



M 2021

Indicadores de Produtividade no Processo de Fabrico do Couro Artificial

ADRIANA CASTRO FELISBERTO SOARES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA QUÍMICA

Mestrado Integrado em Engenharia Química

***Indicadores de Produtividade no Processo de
Fabrico do Couro Artificial***

Dissertação de Mestrado

de

Adriana Castro Felisberto Soares

Desenvolvida no âmbito da unidade curricular de Dissertação

realizado em

Monteiro, Ribas - Revestimentos, S.A.



Orientador na FEUP: Prof. Fernando Martins

Coordenador na Monteiro, Ribas - Revestimentos, S.A: Eng.ª Tiago Meireles



julho de 2021

Agradecimentos

Concluindo esta etapa não posso deixar de agradecer a todos aqueles que me proporcionaram e me acompanharam nesta experiência única na minha vida académica.

Agradeço à empresa Monteiro, Ribas pela confiança que depositou em mim ao me proporcionar a realização deste estágio. Ao meu coordenador, Eng.º Tiago Meireles por se mostrar sempre disponível e me ter acompanhado em todas as etapas deste estágio.

Obrigada ao professor Fernando Martins, orientador da FEUP, que teve um papel fundamental neste percurso mostrando sempre confiança no meu trabalho e tendo sempre uma palavra de motivação perante as dificuldades.

Um especial agradecimento a todos os colaboradores do laboratório de cor, nomeadamente Sr. Rui, Jorge e Catarina que sempre me fizeram sentir parte da equipa, proporcionando bons momentos no decorrer da dissertação. Agradeço também à Eng.ª Patrícia Caetano e à Eng.ª Tatiana Castro pela companhia, simpatia prestada em todas as ocasiões.

Por fim, um enorme obrigada à minha família, mais especificamente ao meu pai e irmã que sempre me apoiaram nos momentos mais difíceis e de tudo fizeram para eu ser feliz e por demonstrarem o orgulho que sentem no meu percurso académico. À minha mãe que me acompanhou de uma maneira diferente, mas que impulsionou todo o meu percurso. Não esquecendo do meu namorado, dos amigos de faculdades e das minhas colegas de casa pela companhia e boa disposição que tão bem os caracteriza.

O Prof. Fernando Martins, orientador desta dissertação, é membro integrado do LEPABE – Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia, financiado por: Financiamento Base - UIDB/00511/2020 da Unidade de Investigação - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia – LEPABE - financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

Resumo

Atualmente as empresas necessitam de analisar e melhorar continuamente o seu processo de produção, reduzindo tempos improdutivos e, como consequência direta, aumentar a produtividade.

Numa fase inicial analisou-se a qualidade de cada fonte de defeito para os 5 artigos mais produzidos, no ano de 2020, concluindo-se que a maior percentagem de 2ª qualidade advém de acessórios, maioritariamente pontas. Em termo de setores, o maior responsável pela 2ª qualidade é o recobrimento e, em contrapartida, o setor das estampagens é o que apresenta menor 2ª qualidade.

Na avaliação da produtividade existem diversas metodologias, entre elas destaca-se a *Manutenção Produtiva Total* pela aplicação da filosofia de melhoria contínua nos processos de fabrico, minimizando as paragens de produção. Assim, implementaram-se 7 indicadores de processo para os setores da produção, planeamento, qualidade, manutenção e energético.

Visando o principal objetivo, avaliou-se a **Eficiência Global do Equipamento** nas 8 máquinas do processo, tendo-se definido valores de referência para cada setor, a partir de máquinas consideradas como referência. Na avaliação da **Validação do Planeamento de Produção** concluiu-se que o setor do planeamento fornece previsões rigorosas ao departamento da produção. O **Índice de Retrabalho** obtido, para o ano de 2020, foi de 0,92 da produção não conforme e de 0,028 da produção total. O Artigo C apresentou os resultados de **Pedidos Perfeitos** menos satisfatórios e o Artigo B índices de **Pedidos Perfeitos** superiores em todas as gamas, de entre os 5 artigos analisados.

Relativamente à manutenção, as máquinas R1 e G1 apresentaram valores de disponibilidade de manutenção menores, devido a possuírem um **Tempo Médio Entre Falhas** de 255 horas (11 dias) e 74 horas (3 dias), respetivamente, e um **Tempo Médio de Reparação** de 5 horas e 10 horas, respetivamente.

Em 2019 e 2020, o Gás Natural foi a forma de energia mais utilizada, verificando-se um **Consumo Energético Específico** médio anual, por matéria-prima de 0,06 GJ/kg e 0,11 GJ/m, para o ano de 2019 e, no ano de 2020, 0,07 GJ/kg e 0,12 GJ/m.

De entre os indicadores selecionados e implementados, caracterizou-se o estado atual da empresa e enquadrrou-se, quando possível, com valores de referência presentes na literatura, sendo no futuro, o ponto de referência para avaliação da evolução da empresa.

Paralelamente, procedeu-se à avaliação da situação atual das sugestões de melhoria contínua, tendo-se sugerido 5 novas propostas direcionadas à integração dos colaboradores no processo de melhoria contínua.

Palavras-chave: TPM; Produtividade; Indicadores de Desempenho; KPI; Manutenção; OEE

Abstract

Nowadays companies need to analyze and continuously improve their production process, reducing unproductive times and, as a direct consequence, increasing productivity.

In an initial phase, the quality level of each defect source was analyzed for the five most produced items in 2020, concluding that the highest percentage of 2nd quality comes from the cause of accessories, mostly tips. In terms of sectors, the most responsible for the 2nd quality is the coating and, on the other hand, stamping sector is the with the lowest 2nd quality.

To evaluate productivity there are several methodologies, among which *Total Productive Maintenance* stands out for applying continuous improvement in manufacturing processes, minimizing production stoppages. Thus, seven process indicators were implemented on the production, planning, quality, maintenance, and energy sectors.

Aiming at the principal objective, the **Overall Equipment Effectiveness** was evaluated in all the eight process machines, defining reference values for each sector, from machines considered as reference. In the evaluation of the *Production Planning Validation*, it was concluded that the planning sector provides accurate forecasts to the production sector. The **Rework Rate** obtained, for 2020, was 0,92 of nonconforming production and 0,028 of the total production. Article C had the least satisfactory **Perfect Orders** results and article B had the highest **Perfect Orders** indicators in all ranges among the five articles analyzed.

Regarding maintenance, as machines R1 and G1 had lower maintenance availability values, due to a **Mean Time Between Failures** of 255 hours (11 days) and 74 hours (3 days) and a **Mean Time to Repair** of 5 hours and 10 hours, respectively.

In 2019 and 2020, Natural Gas was the most used energy source, with an average annual **Specific Energy Consumption** per feedstock of 0,06 GJ/kg, 0,11 GJ/m for 2019 and in 2020, 0,07 GJ/kg and 0,12 GJ/m.

Among the selected and implemented indicators, the current state of the company was characterized and combined, when possible, with reference values present in the literature, being in the future, the benchmark for evaluating the evolution of the company.

Simultaneously, it was evaluated the current state of the improvement suggestions, with resulted in five new proposals directed to the integration of employees in the continuous improvement process.

Keywords: TPM; Productivity; Performance Indicators; KPI; Maintenance; OEE

Declaração

Declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas com identificação da fonte.

Adriana Soares

05/07/2020

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Enquadramento e Apresentação do projeto	1
1.2.	Apresentação da Empresa	2
1.3.	Contributos da autora para o Trabalho	3
1.4.	Organização da Dissertação	4
2.	Contexto e Estado da Arte	5
2.2.	Manutenção Produtiva Total – TPM	7
2.2.1.	Origem TPM	7
2.2.2.	Os 8 Pilares do TPM	8
2.2.3.	Perdas de Equipamento	8
2.2.4.	OEE - <i>Eficácia Global do Equipamento</i>	9
2.3.	Medição do Desempenho	11
3.	Indicadores de Avaliação do Processo	13
3.1.	Indicadores - Chave de Desempenho (KPI)	13
3.1.1.	OEE – Eficácia Global do Equipamento	13
3.1.2.	OOE - Eficácia Global das Operações	18
3.1.3.	TEEP - Desempenho Total Eficaz do Equipamento	19
3.1.4.	VPP - Validação do Planeamento de Produção	19
3.1.5.	IR - Índice de Retrabalho	19
3.1.6.	PP - Pedidos Perfeitos	20
3.2.	Indicadores - Chave de Resultados (KRI)	20
3.2.1.	MTBF – Tempo Médio Entre Falhas	20
3.2.2.	MTTR – Tempo Médio de Reparação	20
3.3.	Indicadores de Resultados (RI) e Desempenho (PI)	21
3.3.1.	Rotatividade Organizacional - RO	21
3.3.2.	Número de sugestões de melhoria	22
3.3.3.	Índice De Reclamação do Cliente - RC	22
3.3.4.	Consumo Energético Específico - CEE	22
4.	Resultados e Discussão	23
4.1.	Produção MRR	23
4.2.	Origem da 2ª Qualidade	25

4.2.1.	Artigo A	25
4.2.2.	Artigo C.....	26
4.2.3.	Artigo D	27
4.2.4.	Artigo E.....	28
4.3.	Indicadores do Processo	30
4.3.1.	OEE	30
4.3.2.	Validação Planeamento Produção	37
4.3.3.	Índice de Retrabalho	38
4.3.4.	Pedidos Perfeitos.....	39
4.3.5.	Tempo Médio Entre Falhas e Tempo Médio de Reparação	40
4.3.6.	Consumo Energético Específico.....	41
5.	Conclusões.....	43
6.	Avaliação do Trabalho Realizado	45
6.1.	Outros Trabalhos Realizados	45
6.1.1.	Análise de Percursos por artigo	45
6.1.2.	Melhoria Contínua.....	45
6.2.	Objetivos Realizados	47
6.3.	Limitações e Trabalho Futuro.....	47
6.4.	Apreciação Final	48
	Referências.....	49
Anexo A	Processo Produtivo MRR.....	51
Anexo B	Fichas de Produção	57
Anexo C	Dados OEE.....	59
Anexo D	Dados indicadores	61
Anexo E	Percursos Artigos	63

Lista de Figuras

Figura 2.1 Representação gráfica de MURI, MUDA e MURA ao longo do tempo.....	7
Figura 2.2 Tridimensionalidade do OEE.	10
Figura 2.3 Modelo Parmeter	12
Figura 3.1 Distribuição temporal dos componentes do OEE.	14
Figura 3.2 Comparação dos métodos de cálculo da P, para a R2.	17
Figura 4.1 (a) Associação da 2ª Qualidade por máquina e respetivos metros fabricados; (b) Associação da 2ª qualidade total, artigo A.	25
Figura 4.2 (a) Associação da 2ª Qualidade por máquina e respetivos metros fabricados; (b) Distribuição 2ª qualidade total, Artigo C.	26
Figura 4.3 (a) Associação da 2ª Qualidade por máquina e respetivos metros fabricados; (b) Distribuição 2ª qualidade total, artigo D.....	27
Figura 4.4 (a) Associação da 2ª Qualidade por máquina e respetivos metros fabricados; (b) Distribuição 2ª qualidade total, artigo E.	28
Figura 4.5 Percentagem de 2ª qualidade por setor por artigo.	29
Figura 4.6 Média anual das componentes do OEE para as diferentes máquinas da MRR.	31
Figura 4.7 Diagrama de Pareto da produção total de 2020.....	32
Figura 4.8 Valores mensais do OEE e respetivas componentes referentes à R1 e R2, respetivamente.	33
Figura 4.9 Valores mensais do OEE e respetivas componentes referentes à E3	34
Figura 4.10 Valores mensais do OEE e respetivas componentes referentes à G2 e G3, respetivamente.	35
Figura 4.11 Indicador VPP para os cinco artigos com maior produção em 2020, referente à R1.....	37
Figura 4.12 Indicador VPP para os cinco artigos com maior produção em 2020, referente à R2.....	38
Figura 4.13 Gráfico circular da origem do retrabalho.	39
Figura 4.14 Distribuição do tempo de manutenção anual, por equipamento.....	40
Figura 4.15 Variação mensal do CEE em 2019 e 2020.....	42
Figura A.1 Esquema do processo produtivo da MRR.	51
Figura B.1 Ficha de Acompanhamento de Fabrico, FAF.	57
Figura B.2 Discriminação tempos mortos na FAF, implementada em fevereiro 2021.	57
Figura B.3 Ficha de Produtividade, FAF, implementação em julho 2021.	58
Figura C.1 Valores mensais do OEE e respetivas componentes referentes à E1.	59
Figura C.2 Valores mensais do OEE e respetivas componentes referentes à E2.	60
Figura C.3 Valores mensais do OEE e respetivas componentes referentes à G1.....	60
Figura D.1 Número de falhas do equipamento em 2020.	61
Figura E.1 Distribuição da 2ª qualidade por percurso e o respetivo nº de passagens, para o Artigo A	63

Figura E.2	Distribuição da 2ª qualidade por percurso e o respetivo nº de passagens, para o Artigo C.	63
Figura E.3	Distribuição da 2ª qualidade por percurso e o respetivo nº de passagens, para o Artigo D.....	64
Figura E.4	Distribuição da 2ª qualidade por percurso e o respetivo nº de passagens, para o Artigo E.	64

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Os sete desperdícios “Muda”	6
Tabela 2.2 Os 8 Pilares do TPM	8
Tabela 4.1 Distribuição da qualidade, em 2018, 2019 e 2020	23
Tabela 4.2 Distribuição de qualidade por artigo com maior produção, 2020	24
Tabela 4.3 Valores de referência para cada setor da MRR.....	32
Tabela 4.4 Informação R1 e R2 relativamente ao planeamento de produção	37
Tabela 4.5 Pedidos Perfeitos para os 5 artigos com maior produção	40
Tabela 4.6 Indicadores de Manutenção para cada máquina.....	41
Tabela 4.7 Consumo energético referentes a 2018, 2019 e 2020 na MRR	42
Tabela 6.1 Levantamento do ponto de situação das propostas de melhoria apresentadas	45
Tabela C.1 Contributo por máquina para a produção total de 2020.....	59
Tabela D.1 Dados cálculo IR	61
Tabela D.2 Dados para a determinação do indicador PPE	61
Tabela D.3 Valores mensais por tipo de energia consumida, em 2019 e 2020	62

Notação e Glossário

CEE	Consumo Energético Específico
D	Disponibilidade
E1	Estampagem 1
E2	Estampagem 2
E3	Estampagem 3
EHS	Segurança, Saúde e Ambiente
FAF	Ficha de Acompanhamento de Fabrico
FP	Ficha de Produtividades
G1	Gravação 1
G2	Gravação 2
G3	Gravação 3
GN	Gás Natural
IR	Índice de Retrabalho
KPI	Indicador-Chave de Desempenho
KRI	Indicador-Chave de Resultado
MP	Matéria-Prima
MTBF	Tempo Médio Entre Falhas
MTTR	Tempo Médio de Reparação
MRR	Monteiro, Ribas Revestimentos
OEE	Eficácia Global dos Equipamentos
OOE	Eficácia Global das Operações
P	<i>Performance</i>
PI	Indicador de Desempenho
PEP	Pedidos Entregues Perfeitos
PP	Percentagem de Pedidos Perfeitos
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinilo
Q	Qualidade
R1	Recobrimento 1
R2	Recobrimento 2
RC	Índice de Reclamação do Cliente
RI	Indicadores de Resultado
RO	Rotatividade Organizacional
TE	Total de Entregas
TEEP	Desempenho Total e Eficaz do Equipamento
TPM	Manutenção Produtiva Total
TPS	Sistema Toyota de Produção
TQC	Controlo de Qualidade Total
TP	Tempo Produtivo
TTD	Tempo Total Disponível
TPP	Tempo Planeado de Produção
TO	Tempo de Operação
VPP	Validação do Planeamento de Produção

1. Introdução

1.1. Enquadramento e Apresentação do projeto

A evolução do mercado provocou uma maior exigência, coagindo as empresas a competir em condições de instabilidade. De forma a acompanhar a evolução do mercado, as empresas necessitaram de investir num esforço contínuo, melhorando os seus processos através da redução dos prazos e com o aumento da produtividade dos processos, tornando a organização competitiva e rentável, com produtos mais flexíveis e inovadores.

Neste contexto, a constante análise do processo produtivo torna-se fundamental na identificação e, avaliação de lacunas que potenciam a diminuição da produtividade da empresa, de modo a combater a sua estagnação. De forma análoga, surgem métodos de medição do desempenho, com o intuito de avaliar e quantificar o progresso alcançado com a evolução das metodologias, denominados por Indicadores de Desempenho Chave (*Key Performance Indicators*, KPI em inglês). A implementação de indicadores de avaliação do processo permite, por sua vez, a avaliação do estado atual da empresa e a identificação de oportunidades de melhoria.

Para além da relevância de uma análise do processo produtivo, a introdução e valorização da componente humana no estudo da melhoria do processo permite o aumento da eficácia e consequentemente da produtividade, dado que uma equipa em sintonia, motivada e capaz, é um alicerce transversal a qualquer indústria.

A presente dissertação surge no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Química, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP, no ramo de Processos e Produto. Esta realizou-se em ambiente empresarial, na empresa Monteiro, Ribas - Revestimentos, S.A, iniciando-se em 5 de fevereiro de 2021, com término a 5 de julho de 2021.

1.2. Apresentação da Empresa

O **grupo Monteiro, Ribas** é uma empresa familiar, sediada na cidade do Porto, fundada em 1937, pelos sócios Manuel Alves Monteiro e António Bessa Ribas. A atividade iniciou-se no setor dos curtumes sendo, em 1917, fundada a Companhia Portuguesa dos Curtumes, local onde atualmente se situa a sede do grupo Monteiro, Ribas [1].

No final da década de 1940, com o surgimento de materiais alternativos ao couro e já sob a gestão de uma segunda geração ocorreu a expansão da empresa [2].

Devido à descoberta de diversos derivados do petróleo como alternativa ao couro, na década de 1950, foi fundamental proceder à expansão da gama de produtos disponíveis, de forma a acompanhar a evolução do mercado do calçado [2].

Na década de 1960, surgiu a expansão da produção para as Indústrias da Borracha, em 1961, dos Plásticos, em 1962 e do Couro Artificial, em 1967. No início da década de 1970, o grupo adotou a designação de Monteiro, Ribas – Indústrias S.A [2].

Na década de 1990, foi projetada e criada a Unidade de Cogeração de Energia, Monteiro Ribas Produção e Distribuição de Energia, Lda., com o principal objetivo de satisfazer as necessidades energéticas de todo o Grupo e, em simultâneo, reaproveitar o calor gerado pelos diversos processos produtivos [2].

Em 2018, a empresa alterou o seu logótipo e cada unidade passou a ter uma marca associada, sendo constituída por quatro unidades independentes, adaptadas ao respetivo mercado, para além da unidade de Cogeração de Energia [2].

A unidade industrial onde o presente trabalho foi desenvolvido, **Monteiro, Ribas Revestimentos, Lda.**, MRR, é uma dessas unidades de negócio independentes. A sua produção destina-se em cerca de 90 % ao mercado de exportação, e principalmente para países da União Europeia, destacando-se a Alemanha, o Reino Unido e a Itália [2]. Produz revestimentos de couro artificial, tanto à base de Policloreto de Vinilo, PVC, e/ou Poliuretano, PU, tendo como finalidade as indústrias do calçado, automóvel, marroquinaria e estofos, entre outras de menor expressão [1].

1.3. Contributos da autora para o Trabalho

A presente dissertação possuiu como principal objetivo a análise do processo produtivo do fabrico do couro artificial, de modo a quantificar e distribuir a produção anual por artigo, expondo os artigos com maior produção na MRR e analisando o grau de qualidade de fabrico.

A falta de qualidade apresenta-se geralmente associada a uma máquina ou a uma causa inerente ao processo e a análise da sua origem permite atribuir responsabilidades e concluir se se deve a uma máquina em específico ou a um conjunto de máquinas que constitui o percurso de fabrico de um artigo, potenciando a diminuição da qualidade devendo, sempre que possível, evitar-se esse percurso e redirecionar o artigo para outras máquinas.

Uma segunda fase deste trabalho consistiu na avaliação do desempenho do processo produtivo com recursos a indicadores, avaliando-o ao nível do trabalhador, da manutenção, da produtividade, do planeamento, da qualidade e do ambiente.

De modo a acompanhar a melhoria contínua da empresa, procedeu-se ao levantamento do estado atual das propostas sugeridas num trabalho de dissertação realizado anteriormente na empresa e à identificação de novas oportunidades de melhoria direcionadas aos operadores, de modo a minimizar o desperdício Muri¹ e a envolver os operadores na melhoria contínua, favorecendo o aumento da produtividade da empresa [3].

Os objetivos inicialmente traçados para este trabalho foram alcançados e o âmbito desta proposta de dissertação foi explorado com resultados benéficos.

¹ **Muri** consiste num termo japonês, atribuído ao desperdício derivado da sobrecarga dos operadores ou dos processos.

1.4. Organização da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se a introdução e enquadramento do projeto, a apresentação da empresa onde realizou-se a dissertação e a respetiva organização do relatório.

No segundo capítulo, Contexto e Estado de Arte, apresenta-se os fundamentos teóricos necessários à compreensão do tema e trabalho desenvolvido, englobando as metodologias *Lean*, TPM e métodos de medição do desempenho.

O Capítulo 3, Indicadores de Avaliação do Processo, contém os indicadores sugeridos para a avaliação do processo produtivo em diversos setores de produção.

Os Resultados e Discussão apresentam-se no quarto capítulo, referindo-se ao trabalho realizado ao longo da dissertação e a respetiva discussão dos resultados obtidos.

Nas Conclusões, correspondente ao Capítulo 5, sintetizam-se as conclusões obtidas com o trabalho realizado

No sexto capítulo, Avaliação do trabalho realizado, reflete-se sobre o trabalho realizado e faz-se uma avaliação da concretização dos objetivos previstos no início da dissertação, as suas limitações, outros trabalhos realizados e propostas para trabalho futuro.

O sétimo e último capítulo, contém as referências utilizadas como suporte ao longo do desenvolvimento da dissertação.

2. Contexto e Estado da Arte

Uma empresa de modo a destacar-se no mercado em que se insere, necessita de permanecer em constante progressão, melhorando os seus processos através da redução de prazos de entrega e do aumento da produtividade dos processos, tornando a organização competitiva e rentável.

Neste contexto, surgem os processos de melhoria contínua que envolvendo a organização como um todo, visam o planeamento e a implementação de ações de melhoria que conduzam a uma contribuição significativa para o desempenho da empresa.

2.1. Metodologia *Lean*

A metodologia *Lean* foi desenvolvida, na década de 1950, pelo presidente da Toyota, Eiji Toyoda juntamente com o engenheiro, Taiichi Ohno, com o propósito de dar resposta à instabilidade do mercado e à crise verificada no Japão, originando o **Sistema Toyota de Produção, TPS**, um sistema de fabrico inovador em alternativa ao modelo de produção em massa de Henry Ford [4].

O TPS é uma filosofia de gestão que combina as vantagens dos sistemas de produção que lhe antecederam, a produção artesanal e a produção em massa, evitando os custos elevados do primeiro tipo de produção e a rigidez do processo produtivo da segunda [5, 6]. Baseia-se em ferramentas e métodos de melhoria contínua, com o principal objetivo de eliminar o desperdício *Lean*, apostando numa maior variedade de produtos de elevada qualidade e a custo reduzido [7].

O pensamento *Lean* surge como antídoto ao desperdício “**Muda**”, mais especificamente aos desperdícios do processo [8]. Desperdício é algo que não acrescenta valor ao produto final, por isso a sua mitigação é fundamental para uma maior produtividade, com a identificação das fontes de desperdício a ser um passo primordial na sua resolução.

Paralelamente à descoberta do desperdício “*Muda*”, identificaram-se outros dois tipos de desperdício numa organização, vulgarmente referenciados pelos **3 M’s**: *Muda*, *Mura* e *Muri*, sendo transversais ao TPS e tratados em conjunto, de forma a identificar a fonte de ineficiência [9].

Taiichi Ohno identificou os sete desperdícios - “*Muda*” - que caracterizam os processos são apresentados na Tabela 2.1 [7, 8].

Tabela 2.1 Os sete desperdícios “Muda” [8].

1. Sobreprodução	Produção excedente ou antecipada, à pretendida pelo cliente, provocando excesso de stock.
2. Excesso de inventário	Mais do que o necessário para atender à procura do cliente. Um longo stock requer espaço e horas de mão de obra para mover e gerir esse inventário.
3. Defeitos e retrabalho	Todas as formas de retrabalho ou perdas de rendimento durante o processo. Sempre que algo não é feito corretamente da primeira vez, consome recursos para o refazer.
4. Tempo de espera	As utilidades devem estar sempre prontas quando necessário, sem atrasos, de modo a não representar tempo morto no processo.
5. Excesso de transporte	Movimento de materiais que não acrescenta valor ao produto final. O transporte de material entre fases resulta na utilização ineficiente de mão-de-obra, espaço, etc.
6. Excesso de movimento	Deslocações desnecessárias ou esforço no alcance de ferramentas mal localizadas, desviam os trabalhadores do local de trabalho.
7. Processamento acessório	Trabalho além das especificações exigida pelo cliente ou realização de etapas que não são necessárias ao produto final.

O desperdício “**Mura**” baseia-se em inconsistências no produto, processo ou sistemas, eliminando desperdícios tais como: pedidos irregulares do cliente, planeamento irregular de trabalho, distribuição inadequada do volume de trabalho ou qualidade irregular do equipamento de trabalho [8, 10].

O desperdício “**Muri**” deriva da sobrecarga física e mental dos operadores ou da sobrecarga dos processos, tais como, excesso de volume de trabalho, tanto para os operadores como para as máquinas, o trabalho intensivo num curto período de tempo, postura incorreta na realização das diversas tarefas inerentes ao posto de trabalho, desperdício de potencial humano, omissão de processos de qualidade ou manutenção para redução dos tempos de produção [8, 10].

Na Figura 2.1 expõem-se a relação dos três M’s, com base na oscilação do volume de trabalho. Verifica-se que a existência de Mura induz períodos de tempo com carga de trabalho excessiva (Muri), e períodos de baixa atividade, em que os recursos serão desperdiçados (Muda) [10]. Para isso é fundamental analisar o processo e o ambiente de trabalho, verificando se o sistema de produção se encontra estável e devidamente otimizado [10]. Graficamente, o valor central corresponde à carga de trabalho ideal.

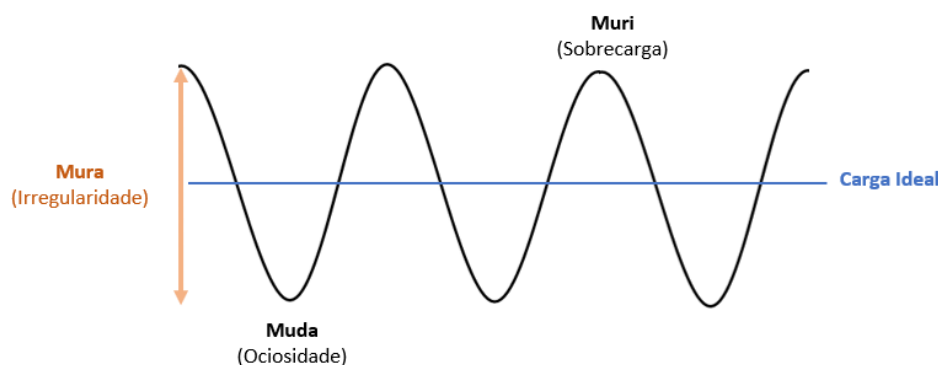


Figura 2.1 Representação gráfica de MURI, MUDA e MURA ao longo do tempo (Adaptado de [10]).

A aplicação do sistema *Lean* é suportada por ferramentas e metodologias que permitem a implementação eficaz e, consequente, a diminuição dos desperdícios, como as metodologias: 5S, *Kaizen*, Gestão Visual, Trabalho Padronizado, Manutenção Produtiva Total, etc.

Devido à relevância da Manutenção Produtiva Total no enquadramento da presente dissertação, a mesma será alvo de uma contextualização na Secção seguinte.

2.2. Manutenção Produtiva Total - TPM

Com a evolução dos padrões de qualidade da produção, tornou-se fundamental alargar o estudo da falta de qualidade para além dos fatores diretamente associadas à produção, procedendo-se ao estudo de fatores envolventes ao processo, como a manutenção. A manutenção, ainda que não considerada como produção, é um fator essencial para o bom funcionamento de qualquer indústria.

2.2.1. Origem TPM

O termo “Manutenção” surgiu na década de 1950, por Seiichi Nakajima, estimulando-o a iniciar o estudo da **Manutenção Preventiva**, de modo a manter a qualidade dos artigos produzidos, evitando paragens do equipamento e corrigindo falhas de desgaste ou deterioração. É com base no último conceito que, anos mais tarde, surgiu o conceito de **Manutenção Corretiva** [11].

Com o intuito de automatizar os equipamentos e, de forma a evitar ou a minimizar a necessidade de manutenção corretiva, desenvolveu-se a noção de **Manutenção Produtiva**. Esta abordagem envolve, exclusivamente, o departamento de produção, sendo colocada em prática pelos operadores de produção [12].

Em 1971, no Japão, o conceito de manutenção evoluiu para **Manutenção Produtiva Total** (*Total Productive Maintenance*), colmatando as lacunas dos conceitos desenvolvidos anteriormente sobre a manutenção, como o conceito de qualidade total (*Total Quality Control*; TQC), envolvendo todos os departamentos de uma empresa [12].

2.2.2. Os 8 Pilares do TPM

O TPM é suportado por temáticas distintas denominados por “pilares” [13]. Cada pilar visa a redução ou eliminação das perdas existentes no processo, como atividades de manutenção e paragens de produção, originando o aumento da produtividade [14].

Na Tabela 2.2 apresentam-se os oito pilares estabelecidos para alcançar os objetivos do TPM.

Tabela 2.2 Os 8 Pilares do TPM [15, 16, 17].

Pilar	Descrição
Manutenção Autónoma (Jishu Hozen)	Os operadores tornam-se responsáveis pela execução da manutenção dos equipamentos.
Manutenção Planeada (Keikaku – Hozen)	Programação da manutenção dos equipamentos, de forma a evitar a sua paragem e promovendo a produção contínua de produtos de qualidade.
Manutenção de Qualidade	Deteção e prevenção de erros de fabrico nos processos de produção, de forma a estabelecer um programa de “zero defeitos”.
Melhoria específica (Kobetsu Kaizen)	Promove a melhoria contínua com o objetivo de eliminar todo o tipo de perdas que reduzem a eficácia global do equipamento (OEE).
Gestão antecipada (Controlo Inicial)	Estabelece um sistema de gestão para novos projetos, minimizando as perdas e os tempos de paragem.
TPM administrativo	Melhora a produtividade e a eficácia das funções administrativas, estabelecendo um programa de TPM nas áreas administrativas.
Educação e treinamento	Desenvolvimento de novas habilidades e conhecimentos, através da ampliação da capacidade técnica e comportamental da manutenção e operação.
Segurança, Saúde e Ambiente (EHS)	Promoção de um ambiente de trabalho seguro e saudável.

2.2.3. Perdas de Equipamento

Okpala e Egwuagu observaram que, o TPM concentra-se na aplicação diária da melhoria contínua na manutenção dos processos de fabrico, minimizando as paragens de produção. Define-se como uma "filosofia de manutenção de máquinas que implica a participação ativa dos colaboradores para assegurar a melhoria da eficácia geral de uma instalação, eliminando ou reduzindo o desperdício de recursos e tempo através da incorporação das competências da mão-de-obra" [18]. Ou seja, para otimizar o sistema produtivo é necessário eliminar as seis grandes perdas [11, 17]:

- 1) **Falhas/Avaria:** Falhas mecânicas que tornam o equipamento indisponível para produção;
- 2) **Arranques e Afições:** Tempo de paragem do equipamento e produção defeituosa, decorrente de ajustes provocados após o término da produção de um item e de modo a satisfazer os requisitos do produto seguinte;
- 3) **Esperas e microparagens:** ocorrem quando a produção é interrompida por uma avaria temporária;
- 4) **Perdas de velocidade:** a produção ocorre a velocidade inferior à velocidade máxima possível para um produto;
- 5) **Defeitos de qualidade e retrabalho:** Produção de itens que não correspondem às especificações de qualidade internas ou do cliente;
- 6) **Perdas de arranque:** perdas de qualidade decorrentes do arranque da máquina até à sua estabilização.

As seis perdas de equipamentos podem ser agrupadas em 3 categorias distintas consoante o seu efeito no equipamento. As duas primeiras perdas são temporais, derivadas de paragens e utilizadas no cálculo da disponibilidade de um equipamento. A terceira e quarta perdas, de velocidade, determinam o desempenho de uma máquina, em condições inferiores às ótimas. As últimas duas perdas devem-se a defeitos, existindo uma relação inversa entre o número de defeitos e a taxa de qualidade das peças.

Para além da eliminação das perdas de equipamentos e de produtividade, a TPM apresenta como objetivo a quantificação das melhorias conseguidas com a sua implementação, visando a sua maximização [17].

2.2.4. OEE - Eficácia Global do Equipamento

Na década de 1980, Nakajima apresentou o OEE ou *Eficiência Global do Equipamento*, definindo-o como: “Uma medida que tenta revelar os custos ocultos”, dado que, estes custos são agrupados com os custos indiretos e com as perdas de produção, sendo por vezes ocultados [11].

O OEE permite obter a eficiência de um equipamento, linha ou unidade industrial, através da determinação da análise da produção dos equipamentos, num determinado período de tempo. A incorporação eficaz deste indicador permite a redução do número de avarias e, como consequência, o aumento da disponibilidade e do desempenho do equipamento [19].

O OEE é um indicador global que consiste na conjugação de três componentes: a disponibilidade (D), o desempenho do equipamento (P - *Performance*) e a qualidade do produto (Q), como representada na Figura 2.2 [11].

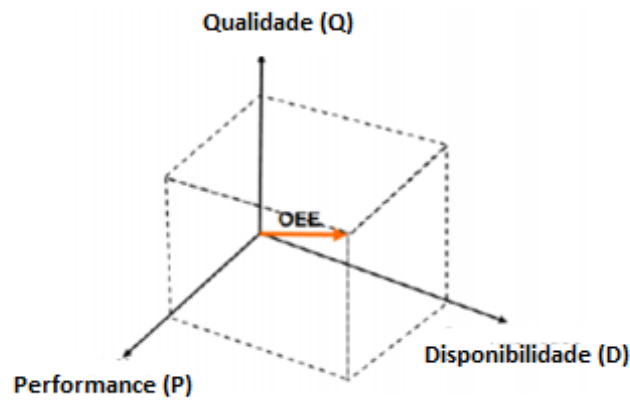


Figura 2.2 Tridimensionalidade do OEE (Adaptado de [20]).

Estes componentes relacionam-se com as **seis grandes perdas** de equipamento, definidas por Nakajima, referidas na Secção 2.2.3. O OEE é então obtido através da Equação 1 [20].

$$\text{OEE} = D \times P \times Q \quad (1)$$

Nakajima definiu intervalos ótimos dos componentes constituintes do OEE, com base na sua experiência e em resultados recolhidos em empresas consideradas como “Ideais”, sendo estes [11]:

- **D > 90 %;**
- **P > 95 %;**
- **Q > 99 %.**

O que resultaria num OEE de aproximadamente 85 %, a partir do qual Nakajima considera uma empresa de nível ideal [21]. Apesar da frequência com que esta referência é utilizada, a literatura não é consensual. Do ponto de vista da otimização, esta metodologia é extremamente exigente, pois apesar das três componentes apresentarem valores superiores a 90 %, o desempenho global (OEE) apresenta um valor de 85%. Segundo Hansen, o resultado do **OEE** pode ser classificado em 4 grupos [22]:

- **< 65 %:** empresa pouco competitiva, devem ser tomadas ações com urgência;
- **65 % - 75 %:** se acompanhados por uma tendência crescente e eliminando as perdas, podem ser aceites com necessidade de implementar a melhoria contínua;
- **75 % a 85 %:** desempenho global controlado e capacidade de atingir o nível ideal;
- **> 85 %:** consiste na meta das empresas, devido a serem considerados valores ideais. Neste nível, as perdas são mínimas, mostrando um desempenho otimizado.

Ljungberg realizou um estudo que permitiu concluir que a maioria das empresas apresentaram uma disponibilidade média de 80 %, aproximando-se do valor definido por Nakajima, dado que uma disponibilidade de 90 % originaria um OEE ideal [23]. Relativamente à qualidade, exibiram um valor médio de 99 %, coincidindo com o valor sugerido por Nakajima. Por fim, apresentaram uma performance média de aproximadamente 70 %, sendo que uma única empresa atingiu o valor de 95%, proposto por Nakajima [23]. Com base na Equação 1, os valores médios obtidos no estudo realizado por Ljungberg resultam num OEE de 55 % [23].

2.3. Medição do Desempenho

A medição do desempenho permite avaliar e, em determinados casos, quantificar o sucesso de uma empresa, através do recurso a indicadores que permitem a comparação entre os resultados planeados e os alcançados.

Um indicador permite a sintetização da informação disponível, de modo a utilizá-la de forma eficiente, potenciando a implementação de melhorias com base nos resultados obtidos [24]. Os indicadores devem ser definidos em conjunto, de modo a caracterizar a situação atual e prevenindo situações futuras, uma vez que, um indicador isolado não remete nem para a causa, nem para a resolução do problema [25]. Com esse propósito, o *Lean* e pensamento *Kaizen* consideram relevante a utilização de indicadores, dado que promovem o acompanhamento de dados, a sua avaliação e, consequentemente, a sua melhoria [26].

Parmeter desenvolveu um modelo homónimo, onde sugere que os indicadores podem ser divididos em dois principais géneros: de **resultados** e de **desempenho** [27].

Os **indicadores de resultados** refletem o trabalho realizado e permitem verificar se os resultados estão de acordo com os objetivos da empresa. Apresentando como desvantagem a difícil identificação de responsabilidade e, consequentemente, a determinação de ações de melhoria. De modo a combater esta dificuldade, surgem os **indicadores de desempenho**, direcionados a uma equipa ou grupo específico de colaboradores, permitindo elucidar sobre e responsabilizar os próprios, em virtude do seu desempenho [27].

Em linguagem empresarial, Parmeter especifica os indicadores em quatro tipos: **KRI** (*Indicadores - Chave de Resultados*); **RI** ou (*Indicadores de Resultados*); **PI** ou (*Indicadores de Desempenho*) e **KPI** (*Indicadores - Chave de Desempenho*). O termo “Chave” relaciona-se com a preponderância dos indicadores [28].

Parmeter compara a descrição das 4 dimensões a uma “cebola”, como exposto na Figura 2.3. A casca representa os KRI e descreve o estado geral e o conjunto de processos da organização. Nas auréolas seguintes, permite aprofundar mais e assim obter mais informação, os RI e PI. No centro encontra-se os KPI, representando o foco dos problemas [28].

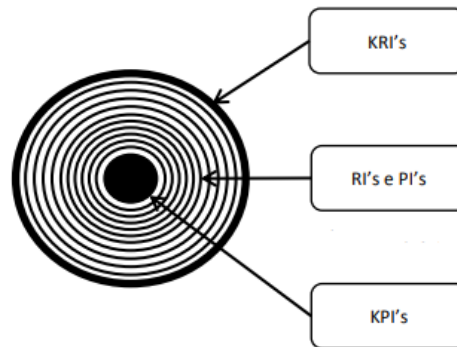


Figura 2.3 Modelo Parmeter (Adaptado de [24]).

Os “*Key Result Indicators*” ou **KRI** fornecem informação sobre o que foi alcançado até ao momento num determinado processo, permitindo concluir se a estratégia definida está a ser seguida. Geralmente é determinado mensalmente, mas no entanto não transmitem informação acerca dos fatores que necessitam de melhoria [28].

Os “*Key Performance Indicators*” ou **KPI** transmitem os aspetos de desempenho críticos da organização, fornecendo informação sobre as áreas que requerem medidas para aumentar significativamente o desempenho. Dada a sua relevância, devem ser medidos com uma maior frequência, por exemplo diariamente, e devem ser transmitidos e compreendidos por todos os colaboradores [28].

Os **RI** e os **PI**, indicadores intermédios entre os KPI e os KRI, apesar da sua importância não são a chave do negócio sendo, portanto, complementares [27].

3. Indicadores de Avaliação do Processo

Atualmente, a empresa efetua a recolha de indicadores que considera relevantes para a análise do processo, tais como os tempos mortos das máquinas e tabelas de produtividade. No entanto, os dados recolhidos não permitem uma análise que evidencie oportunidades de melhoria.

A primeira fase consistiu na definição de indicadores apropriados para a organização, de modo a obter dados detalhados acerca do desempenho do processo, permitindo a redução de resíduos e uma melhor gestão dos recursos através da comparação do desempenho de diferentes organizações na indústria, departamentos, equipas e indivíduos [29].

De modo a avaliar o desempenho atual da empresa, foram propostos doze indicadores, constituindo, assim, um ponto de partida para a melhoria contínua do desempenho da empresa.

3.1. Indicadores - Chave de Desempenho (KPI)

De forma a quantificar e comparar o progresso alcançado com a implementação da metodologia TPM, recorreu-se a KPI. A análise permite identificar potenciais oportunidades de melhoria no processo e, consequentemente, a sua otimização [21].

Os KPI dividem-se em diversas categorias conforme a área em que se enquadram: no setor da produção, para a análise da produtividade, recorre-se ao OEE, apresentado na Secção 2.2.4, e a indicadores derivados deste, o OOE (Eficácia Global das Operações) e o TEEP (Desempenho Total e Eficaz das Operações); no setor do planeamento analisa-se o cumprimento da produção estipulada, VPP; por último, no setor da Qualidade, sugere-se a análise dos indicadores de Retrabalho e Pedidos Perfeitos.

3.1.1. OEE - Eficácia Global do Equipamento

O OEE é um dos principais indicadores utilizados na determinação do desempenho e produtividade dos equipamentos, sendo composto por três componentes distintos, calculados com base nas perdas associadas ao equipamento apresentadas na Secção 2.2.3.

A determinação das perdas de equipamento baseia-se na estratificação dos tempos de operação, como mostra a Figura 3.1.

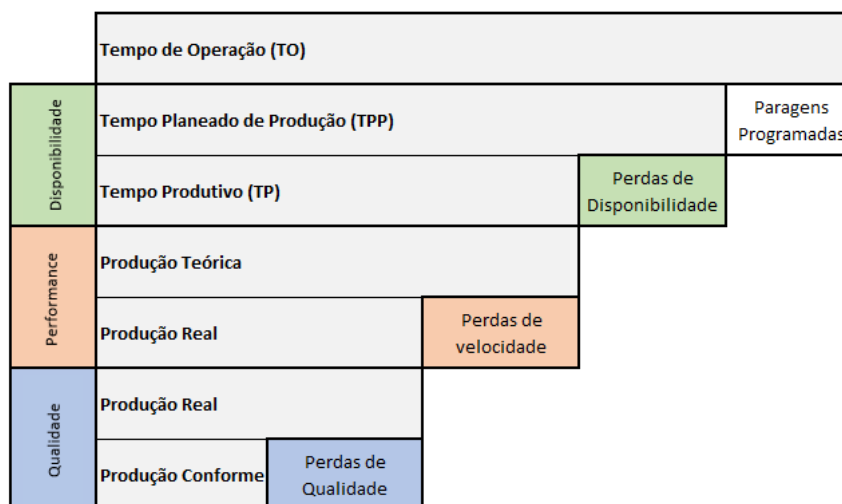


Figura 3.1 Distribuição temporal dos componentes do OEE.

O Tempo de Operação, TO, corresponde ao tempo no qual a indústria está em operação, não contabilizando fins de semana e feriados, dado ser tempo não alocado para produção, mas considera o tempo de almoço.

O Tempo Planeado de Produção, TPP, representa o período de tempo planeado para o funcionamento do equipamento, não contabilizando as paragens programadas, ou seja, os períodos de tempo em que o equipamento para de operar intencionalmente.

O Tempo Produtivo, TP, corresponde ao período de tempo real durante o qual a máquina está a funcionar, não registando as paragens não programadas, ou seja, o período de tempo em que a máquina não funciona devido a alterações na programação, problemas da matéria-prima, falta de energia, avaria da máquina, etc.

- **Disponibilidade**

A Disponibilidade, D , da máquina ou do processo obtém-se com base na Equação 2, através da quantificação da percentagem de tempo que o equipamento está efetivamente a produzir, ou seja, na diferença entre o tempo que o equipamento trabalha e o tempo que estava planeado trabalhar [30, 31].

$$D = \frac{TPP - \text{Perdas D}}{TPP} \quad (2)$$

De forma simplificada, a Equação 2 resume-se na Equação 3.

$$D = \frac{TP}{TPP} \quad (3)$$

Como referido na Secção 2.2.3, as perdas de disponibilidade relacionam-se com o tempo total de paragem, resultante de perdas de arranque e paragens não programadas, tais como: avarias, mudanças de produto, afinações, etc [13].

As perdas de arranque na produção são registadas na Ficha de Acompanhamento de Fabrico, FAF. Com base no processo, a ocorrência da mudança de artigo, denominado por “Arranque A”, ocorre quando o artigo seguinte, por ser diferente do fabricado no momento, exige um novo arranque.

Como resultado do Arranque A derivam outros arranques estruturais, como: a mudança do tipo de gravado – “Arranque G” - que no caso do recobrimento, implica a mudança de papel, e no caso das gravações a mudança do cilindro de gravação; o “Arranque E”, devido à alteração do tipo de estampado, envolve a alteração do cilindro de estampar e poderá implicar a mudança de tinta e/ou lacas; e o “Arranque R” causado pela mudança de rolos.

Para além de arranques estruturais, existem arranques provocados pela alteração das condições de processamento, como por exemplo, a alteração da temperatura das estufas entre artigos distintos ou de cilindros de pré-aquecimento. Para além dos tempos de paragem para arranques, consideraram-se outras paragens não programadas, geralmente com uma duração superior a 5 minutos. Algumas das paragens mais frequentes reportadas pelos operadores são:

- Falta de energia/Avaria - Esta paragem ocorre sempre que um dos elementos da linha avaria. Exemplos de avaria são: perda de temperatura ou velocidade, falta de resposta de sensores ou autómatos, etc;
- Problemas Pastas - Atrasos na produção de pastas, viscosidade não conforme ou impurezas;
- Problemas Papel/Suporte – Atraso ou defeitos do papel/suporte, quer sejam provenientes da origem destes ou criados durante a produção, como por exemplo, a aplicação ineficaz do suporte pode provocar rugas, vazamento da pasta, etc.
- Pessoal destacado para outra máquina/serviço – auxílio a outros setores ou desempenho de tarefas inerentes ao processo.
- Ensaio de artigo ou acerto de cor – Realização de ensaios de novos artigos ou ajustes de tonalidade;
- Passar papel – Ação executada após o término da produção ou substituição da bobine.

- **Performance**

O desempenho de um equipamento ou Performance, P , relaciona a velocidade real do equipamento e a velocidade potencial ideal, tendo em conta a perda de velocidade do equipamento durante o tempo de produção [31]. P calcula-se com recurso à Equação 4.

$$P = \frac{\text{Velocidade Real}}{\text{Velocidade Potencial}} \quad (4)$$

Dado , ser fortemente condicionada quer pelo artigo, quer pelas próprias condições ou estado atual do equipamento, não ser disponibilizada pelo fabricante a velocidade/produção potencial torna-se de difícil definição e análise. Assim, P pode ser obtida de dois modos distintos, sendo que ambas as situações determinam o desempenho do equipamento [31]:

1. Fixar a quantidade de produção, e na sua definição o "desempenho" indica o desvio real da produção no tempo em relação ao tempo de ciclo ideal, representado pela Equação 5 [11];

$$P = \frac{\text{Tempo de Ciclo Ideal}}{\text{Tempo Real}} \quad (5)$$

2. Num tempo fixo, calcular o desvio da produção efetiva face ao planeado, obtido pela Equação 6 [14].

$$P = \frac{\text{Produção Real}}{\text{Produção Potencial}} \quad (6)$$

A P de um equipamento consiste, na sua essência, na relação entre a velocidade de produção e a velocidade a que, efetivamente, se deveria produzir. A velocidade de produção é obtida de forma indireta, através da relação entre os metros produzidos e o tempo produtivo, enquanto que a velocidade potencial não é, atualmente, recolhida nem de fácil obtenção.

Assim, de forma a se poder aferir sobre a performance de um equipamento consideraram-se dois métodos distintos para a aproximação da velocidade potencial: a velocidade máxima a que o equipamento operou - **Método A** e a moda das velocidades – **Método B**. Na Figura 3.2 analisa-se a discrepância dos resultados da performance entres os dois métodos, para a máquina R2.

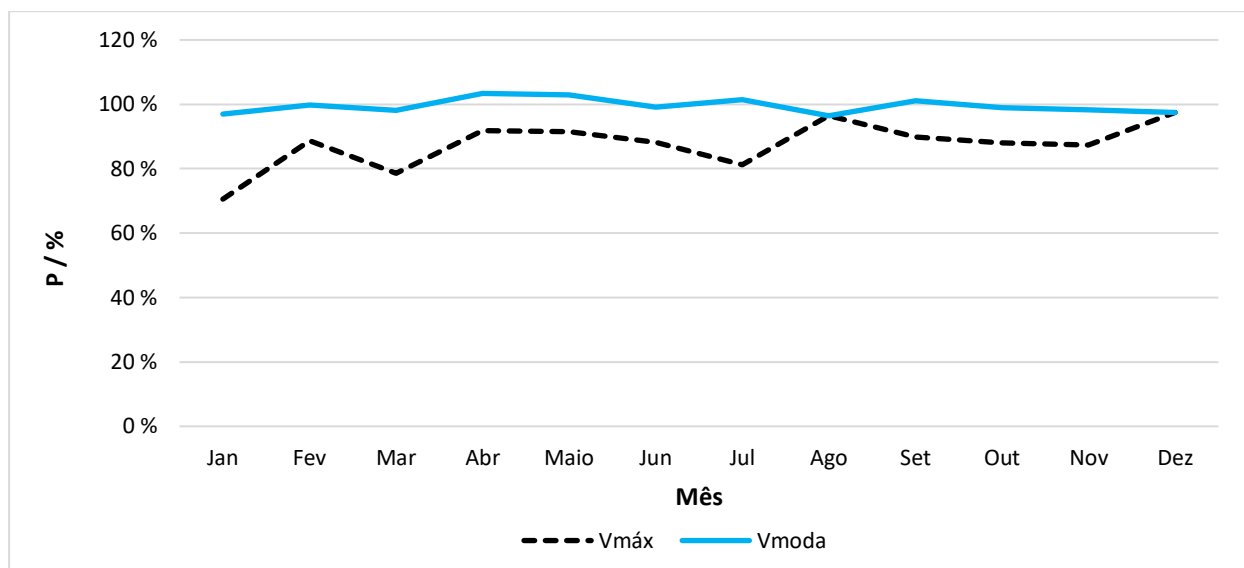


Figura 3.2 Comparação dos métodos de cálculo da P , para a R2.

Na Figura 3.2 verifica-se que ambos os métodos apresentam discrepâncias entre eles e não traduzem a velocidade potencial real à qual o equipamento deveria operar, dado que, no caso particular em análise, o aumento de velocidade de produção dever-se-á a problemas de produção, como por exemplo, como forma de contrariar o aumento indesejado de espessura, já que o aumento de velocidade de recobrimento não permitiria a correta expansão do produto. Assim, a utilização do Método A não é adequada, dado que muitas vezes a maior velocidade não é possível de operar, sendo o reflexo de erros cometidos ao longo do processo produtivo.

Relativamente ao Método B, ou seja, a utilização da velocidade de operação mais frequente, apesar de minimizar o erro - sobretudo para períodos em que a velocidade não exiba uma variação significativa -, pode tomar valores superiores a 100 % e, uma vez que os operadores não a registam de forma rigorosa, a velocidade real era uma forma de cobrir esse erro, não sendo, por isso, favorável.

Optou-se pelo Método A, sugerindo no futuro a ponderação da velocidade potencial conforme o tipo de artigo, sendo previamente estipulado com base na experiência e no estado atual dos equipamentos, devendo ser revista sempre que sejam realizadas intervenções aos equipamentos, alterações estruturais, etc.

- **Qualidade**

A Qualidade, Q , indica a proporção de produção com defeito no volume total de produção. Contudo, deve notar-se que a taxa de qualidade envolve os defeitos que ocorrem na fase de produção designada, ou seja, numa máquina ou linha de produção específica, ou ainda, produtos que necessitam de retrabalho [30]. Q obtém-se com base na Equação 7.

$$Q = \frac{\text{Produção Real} - \text{Perdas Q}}{\text{Produção Real}} \quad (7)$$

A Equação 7 resume-se na relação entre a produção conforme e a produção total, dado pela Equação 8.

$$Q = \frac{\text{Produção Conforme}}{\text{Produção Real}} \quad (8)$$

Existem diversos tipos de defeitos de qualidade por exemplo, em 2020, existiram 67 tipos de defeitos distintos sendo os mais frequentes:

- Desvios – Representa o corte de uma semicircunferência, com cerca de 25 cm de diâmetro na margem do artigo, a cerca de 30 m do início de uma produção, para controlo da cor, peso, adesão e qualidade do artigo;
- Pontas – Garante que o percurso do artigo se encontra conectado e assegura que o arranque da gravação ou da estampagem ocorre no ponto exato onde o artigo foi recoberto, certificando a continuidade do processo;
- Fita Colada – Derivado de porções de fita colada sobre pequenos defeitos no papel ou como forma de unir duas bobines distintas. Contudo e apesar de marcarem o artigo, evitam a ampliação da zona de defeito e o rebentamento do papel, reduzindo a quantidade de emendas de papel, sendo efetuadas em casos de extrema necessidade;
- Papel - Marcas de emendas de papel na etapa de recobrimento;
- Queimado – Defeito incitado pelo uso de temperaturas de processamento elevadas ou estrutura do artigo desfavorável, normalmente associado ao setor da gravação;
- Manchas – Defeito originário das lacas utilizadas nas máquinas de estampagem e recobrimento, e/ou pastas que constituem o artigo;
- Sujo – Consiste no artigo exibir marcas de sujidade, não sendo possível atribuir com certeza a etapa responsável pelo defeito, pelo que tende a ser atribuído a “Acabamentos”.

3.1.2. OOE - Eficácia Global das Operações

Segundo Ljungberg, uma das desvantagens da utilização do conceito de OEE consiste na consideração única do tempo programado, ou seja, a interrupção da produção de uma máquina devido a etapas de manutenção não é considerada como tempo produtivo [23]. De modo a contornar esta dificuldade, surge a Eficácia Global das Operações (OOE), como um indicador derivado do OEE.

O OOE distingue o tempo que uma máquina está programada para funcionar do tempo de operação, considerando paragens para ensaios, manutenção, entre outros, assumindo que as paragens programadas são fundamentais para o bom funcionamento dos equipamentos e para a melhoria

produtiva [32]. A sua fórmula de cálculo é a apresentada pela Equação 1, sendo que a principal diferença é na componente D , obtendo-se pela Equação 9.

$$D = \frac{TPP - \text{Perdas } D + \text{Paragens manutenção e ensaios}}{TO} \quad (9)$$

De forma simplificada, a Equação 9 representa-se pela Equação 10.

$$D = \frac{TP + \text{Paragens manutenção e ensaios}}{TO} \quad (10)$$

3.1.3. TEEP - Desempenho Total Eficaz do Equipamento

Na década de 1998, Ivancic propôs o TEEP, Desempenho Total e Eficaz do Equipamento (*Total Effective Equipment Performance*, em inglês), como derivada do OEE [33]. Estes dois indicadores distinguem-se pela componente da Disponibilidade, dado que a principal diferença reside na consideração do tempo total disponível, TTD , mostrando que o equipamento é bem utilizado, ou seja, o TEEP assume que uma máquina é capaz de funcionar 24 horas por dia, 7 dias por semana, 365 dias por ano [34].

O TEEP é obtido pela Equação 1, usada na determinação do OEE, sendo que a componente D , obtida pela Equação 11.

$$D = \frac{TP}{TTD} \quad (11)$$

Permite, assim, a identificação da produção adicional possível, se o tempo de trabalho fosse superior, ou seja, a capacidade que pode ser “desbloqueada”, pelo aumento do tempo de trabalho - uma alternativa mais rápida e económica à compra de novos equipamentos.

3.1.4. VPP - Validação do Planeamento de Produção

A validação do planeamento de produção, VPP, tem o intuito de determinar a existência de défice ou excesso de produção, determinando se os operadores estão sobrecarregados, provocando excesso de stock e sendo um custo dispensável para a empresa. Representa-se pela Equação 12, sendo que o seu cálculo deve realizar-se por artigo, ao invés do global, dado a elevada quantidade de artigos diferentes na MRR.

$$VPP = \frac{\text{Produção Real}}{\text{Produção Planeada}} \quad (12)$$

3.1.5. IR - Índice de Retrabalho

O retrabalho consiste na correção de problemas em artigos em produção. A sua quantificação permite concluir o número de horas despendidas na correção de erros ou em mudanças nos serviços programados,

sendo que seria tempo a evitar caso o fabrico se realizasse conforme as especificações, numa primeira produção [35].

3.1.6. PP - Pedidos Perfeitos

O índice de pedidos perfeitos, denominado por PP, permite obter o desempenho da empresa em alcançar pedidos perfeitos para entrega, sendo representado pela Equação 13 [36].

$$PP = \frac{PEP}{TE} \quad (13)$$

Onde *PEP* representa o número de pedidos entregues perfeitos e *TE* o número total de entregas.

3.2. Indicadores - Chave de Resultados (KRI)

De uma forma geral, na manutenção recorrem-se a KRI para analisar e a compreender o ritmo de falhas, os tempos de reparação e a disponibilidade dos equipamentos [37]. Os indicadores da gestão da manutenção mais conhecidos são: o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e o Tempo Médio de Reparação (MTTR) [38].

3.2.1. MTBF - Tempo Médio Entre Falhas

O MTBF ou “*Mean Time Between Failures*” permite detetar se a avaria no equipamento é frequente, priorizando os equipamentos em termos de necessidade de manutenção ou, em último caso, a sua substituição. Consiste no intervalo de tempo entre o fim de uma avaria e o início de outra, ou seja, no tempo médio entre avarias, como representado na Equação 14 [39].

$$MTBF = \frac{TO - \text{Tempo total manutenção}}{N^{\circ} \text{ paragens}} \quad (14)$$

O MTBF tem influência na fiabilidade, isto é, na probabilidade de um sistema ou equipamento executar as suas funções, em determinadas condições e num intervalo de tempo específico $[0, t]$, sem que ocorram avarias. A fiabilidade de um equipamento, representa-se pela Equação 15 [40].

$$\text{Fiabilidade} = e^{-\frac{\text{tempo}}{MTBF}} \quad (15)$$

3.2.2. MTTR – Tempo Médio de Reparação

O MTTR ou “*Mean Time To Repair*” consiste no tempo de recuperação do sistema após avaria, tal como representado na Equação 16 [38]. Recorre-se a este indicador de modo a aferir se a equipa de manutenção é suficiente em termos de meios humanos e/ou materiais.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total manutenção}}{\text{N}^{\text{a}} \text{ paragens}} \quad (16)$$

Este indicador de desempenho, possui influência sobre a disponibilidade, representada como o índice de tempo em que o equipamento está operacional [38].

A Equação 17 exibe a influência do MTBF e do MTTR na disponibilidade de um equipamento. Destacando que, com o aumento do MTBF, a disponibilidade também aumenta. Contudo, com o aumento do *MTTR*, a disponibilidade diminui [38].

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (17)$$

3.3. Indicadores de Resultados (RI) e Desempenho (PI)

Para além da manutenção, é importante avaliar o desempenho das restantes áreas do processo, quer a nível do trabalhador, e da sua preocupação com a melhoria dos resultados, quer a nível ambiental.

3.3.1. Rotatividade Organizacional - RO

Rotatividade organizacional (RO) ou *Turnover* representa "o rácio do número de membros organizacionais que saíram durante o período considerado dividido pelo número médio de pessoas nessa organização durante o período", ou seja, refere-se à relação entre as admissões e o desvinculo voluntário ou involuntário dos colaboradores, sendo obtido pela Equação 18 [40, 41].

$$RO = \frac{(\text{N}^{\text{o}} \text{ admissões} + \text{N}^{\text{o}} \text{ demissões})/2}{\text{N}^{\text{o}} \text{ funcionários ativos}} \quad (18)$$

A rotatividade de pessoal possui uma elevada influência no desempenho do processo, nos resultados e nos custos económicos e financeiros envolvidos, refletindo a capacidade da empresa em assegurar os colaboradores [40]. Interliga-se com o desperdício "Muri", referido na Secção 2.1.4, dado que um turnover elevado pode ser um sinal da insatisfação ou a falta de motivação dos colaboradores, devido a problemas de comunicação, mudanças de cargo, condições de trabalho, remunerações, entre outros.

De modo a compreender a origem de um índice de rotatividade elevado é necessário observar vários fatores, como o nível de satisfação do colaborador, remuneração, benefícios ou a recolocação de colaboradores [41].

3.3.2. Número de sugestões de melhoria

Atualmente, a envolvimento da componente humana na melhoria do desempenho de uma indústria é um fator determinante no sucesso de uma indústria, uma vez que, os operadores sentem-se valorizados e motivados face ao sucesso da empresa.

A avaliação da preocupação dos colaboradores em relação à melhoria contínua pode obter-se com base no número de sugestões de melhoria submetidas por estes. Após implementação cabe à empresa garantir que as sugestões de melhoria são concretas e de valor para esta.

3.3.3. Índice De Reclamação do Cliente - RC

O índice de reclamação do cliente, denominado por RC, permite monitorizar o número de reclamações dos clientes, num total de encomendas entregues [35]. A sua determinação é conseguida recorrendo à Equação 19, permitindo caracterizar o estado atual face a períodos anteriores.

$$RC = \frac{\text{Nº de reclamações}}{\text{Nº de entregas}} \quad (19)$$

3.3.4. Consumo Energético Específico - CEE

A exploração excessiva da energia é cada vez mais uma preocupação ambiental. As indústrias, em Portugal, integram um dos sectores com consumos energéticos mais elevados e com forte dependência de recursos energéticos não renováveis, representando cerca de 30 % do consumo de energia do país [42].

A distribuição global dos consumos energéticos de uma indústria permite atribuir os custos a cada setor de atividade, avaliando a eficiência energética por matéria-prima (MP) consumida ou por quantidade produzida, dada pela Equação 20, permitindo analisar a possibilidade de redução dos consumos energéticos, através da seleção de opções mais benéficas a nível ambiental e, que simultaneamente, causem uma redução de custos.

$$CEE = \frac{\text{Energia consumida}}{\text{MP consumida}} \quad (20)$$

Devido à falta de valores de referência e à especificidade da MRR, tendo em conta a indústria onde se insere ou a quantidade de MP distintas consumidas, este será um indicador comparativo face aos resultados anteriores da MRR.

4. Resultados e Discussão

Neste capítulo apresentam-se os resultados obtidos ao longo do trabalho e a respetiva discussão dos mesmos. Numa primeira fase do trabalho, analisou-se a produção e a distribuição de qualidade numa gama de produtos de couro artificial na MRR. Numa segunda fase, procedeu-se à avaliação e definição de novos indicadores de produtividade, para posterior implementação na MRR, de modo a avaliar o seu estado atual e se a recolha de informação era suficiente e coerente, propondo melhorias futuras.

4.1. Produção MRR

Ao longo do processo de fabrico, apresentado no Anexo A, o artigo é acompanhado por um documento impresso, denominado por Ficha de Acompanhamento de Fabrico (FAF), equivalente ao apresentado no Anexo B. Na FAF registam-se informações relevantes como os metros recobertos, a espessura do artigo, as diversas operações e máquinas pelas quais o artigo passou, a distribuição da qualidade, o tipo de defeito, a descrição das operações e o operador responsável. Para além do já referido, existe ainda um campo aberto destinado a observações, onde o operador descreve situações que possam ter ocorrido, de forma a uma melhor compreensão das causas de não conformidade. Posteriormente, na etapa de medição, a informação é transposta para o “*CART*”, aplicação informática interna utilizada como base de dados na MRR.

Numa fase inicial procedeu-se à análise e comparação dos dados de fabrico entre 2018 e 2020, armazenados em formato digital pela empresa, de modo a verificar a existência de discrepâncias de qualidade nos últimos dois anos e o impacto da covid-19 na produção da MRR.

Na etapa de Medição final, o operador revista o artigo e atribui uma classificação ao artigo, de acordo com a sua qualidade: **1ª Qualidade** quando o artigo está de acordo com as especificações do cliente; **Saldo** quando o artigo apresenta características diferentes das pretendidas, não impedindo a sua utilização; **2ª Qualidade**, quando apresenta um defeito que invalida a sua utilização, sendo vendido a preço reduzido. Os resultados da distribuição percentual por grau de qualidade, apresentam-se na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 Distribuição da qualidade, em 2018, 2019 e 2020.

	2018	2019	2020
1ª Qualidade / %	94,5	93,3	94,1
Saldo / %	1,8	2,0	2,1
2ª Qualidade / %	3,7	4,7	3,8

Através da análise da Tabela 4.1 verifica-se que a qualidade da produção anual dos últimos 3 anos não possui variações significativas, contudo em termos de produção é de notar que comparativamente a 2018, em 2019 ocorreu um aumento de 54 % na produção, em metros, e em 2020 existiu uma quebra de 55 % face a 2019. Concluindo que apesar de 2020 ter sido um ano atípico, derivado da pandemia da Covid-19, a sua produção assemelha-se ao ano de 2018, considerado como um ano “normal” de produção, com produção semelhante tanto ao nível da qualidade como ao nível da quantidade. Assim procedeu-se à análise dos dados de produção da MRR referentes a 2020, sendo cerca de 94 % da metragem total produzida de 1ª qualidade, 2 % de Saldo e os restantes 4% de 2ª qualidade.

Devido ao elevado número de artigos produzidos, o levantamento e estudo da qualidade efetuou-se para os cinco artigos com maior produção em 2020, denominados de A a E por questões de confidencialidade, correspondendo a cerca de 60 % da metragem total de 2020, sendo que os resultados se apresentam na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 Distribuição de qualidade por artigo com maior produção, 2020.

Artigo	Produção / %	1ª Qualidade / %	Saldo / %	2ª Qualidade / %
A	2,6	95,4	1,0	3,6
B	2,9	96,4	1,2	2,4
C	3,1	96,0	0,6	3,4
D	5,8	94,7	0,9	4,4
E	43,5	95,8	0,7	3,5

Comparando a qualidade de cada artigo, com a distribuição global apresentada na Tabela 4.1, verifica-se que os 5 artigos mais produzidos possuem 1ª qualidade ligeiramente superior, saldo e 2ª qualidade inferior à global. Portanto, conclui-se que os 5 artigos com maior produção em 2020, contêm resultados favoráveis à qualidade global.

De modo a determinar a origem da 2ª qualidade, procedeu-se à recolha e análise de dados das FAF de cada artigo. O Artigo B, não sofre qualquer acabamento após o recobrimento, sendo denominado por “artigo direto”, representando apenas uma etapa de produção e, portanto, a sua análise não é justificável para os efeitos pretendidos.

4.2. Origem da 2ª Qualidade

A falta de qualidade, na etapa de medição final, é atribuída a um setor do processo produtivo: Recobrimento, Estampagem ou Gravação. Em determinados casos, porém, a atribuição da falta de qualidade a um setor em específico não é possível, sendo assim definido como “Acabamentos”. Contudo e para além dos setores de fabrico, a origem da 2ª qualidade pode ser atribuída a fatores inerentes ao processo, denominados por “acessórios”, como pontas, emendas, suporte, papel, entre outros.

Atualmente, a MRR apresenta um total de 9 máquinas: duas de recobrimento, R1 e R2; três máquinas de gravação, G1, G2 e G3; quatro máquinas de estampagem, E1 a E4, sendo que apenas 3 delas atualmente se encontram em funcionamento. De modo a tirar conclusões e a não ocultar responsabilidades, realizou-se uma análise mais detalhada, associando a 2ª qualidade às máquinas de cada setor.

4.2.1. Artigo A

Na Figura 4.1 - a apresenta-se a distribuição da 2ª qualidade do Artigo A por máquina e os respetivos metros produzidos, excluindo a 2ª qualidade associada aos acessórios. Na Figura 4.1 – b representa-se, sobre a forma de gráfico circular, a 2ª qualidade associada a cada fonte de defeito, com a discriminação das diversas fontes que compõe o grupo de acessórios.

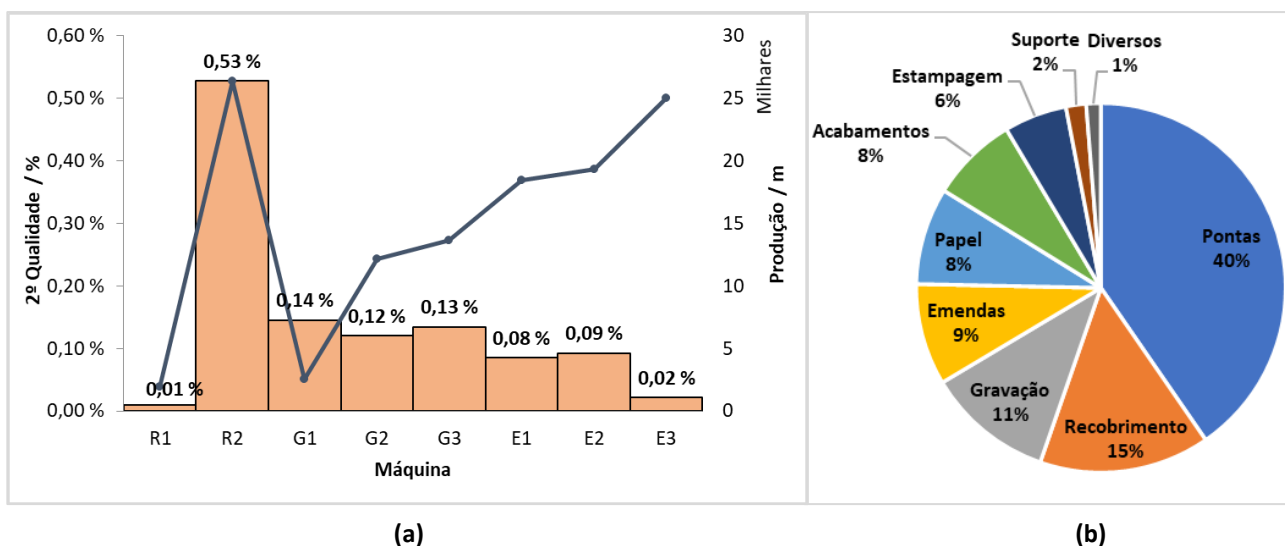


Figura 4.1 (a) Associação da 2ª Qualidade por máquina e respetivos metros fabricados; (b) Associação da 2ª qualidade total, artigo A.

Pela análise da Figura 4.1, verifica-se que, em termos de recobrimentos, a principal fonte de 2ª qualidade é a R2, 0,53 % face a 0,01 % na R1. No entanto, é na referida máquina que ocorreu 93 % da produção de 2020. Somando ambas, o setor recobrimento é responsável por 0,54 % de 2ª qualidade do total produzido, o que corresponde a 15 % da 2ª qualidade do artigo, dado este artigo possuir um processamento complexo, devido a ser mais pesado e mais denso, sendo sensível a variações na etapa de recobrimento.

Relativamente às gravações, os valores de 2ª qualidade são semelhantes, sendo que a G1 teve uma produção inferior, e uma 2ª qualidade ligeiramente superior às restantes gravações, isto deveu-se a um caso esporádico, onde uma produção apresentou 38 m de 2ª qualidade oriundos da G1, dos 41 m de 2ª qualidade total.

Nas estampagens verifica-se uma maior discrepância de valores, tanto a nível de 2ª qualidade como de metros produzidos. A E3, apesar de ser a estampagem com maior produção, apresenta os melhores resultados 2ª qualidade, dado que, apenas lhe tem associado 0,02 % da 2ª qualidade. Assim, conclui-se que numa primeira instância deve ser dada prioridade à E3 aquando do fabrico deste artigo.

Como referido, a 2ª qualidade apresenta causas adjacentes às máquinas, como apresentado na Figura 4.1 – b, verificando que mais de 50 % da 2ª qualidade, do Artigo A, tem origem nos “acessórios”, sendo o principal responsável pela falta de qualidade as pontas, com 40 % da 2ª qualidade do Artigo A.

Relativamente às emendas, apresentam alguma preponderância, cerca de 9 %, dado ser um artigo de tela (com maior peso e espessura), armazenado em rolos de menores dimensões e, portanto, o número de emendas torna-se mais frequente.

4.2.2. Artigo C

Na Figura 4.2 - a apresenta-se a distribuição da 2ª qualidade do Artigo C por máquina e os respetivos metros produzidos, excluindo a 2ª qualidade associada aos acessórios. Na Figura 4.2 – b representa-se, sobre a forma de gráfico circular, a 2ª qualidade associada a cada fonte de defeito.

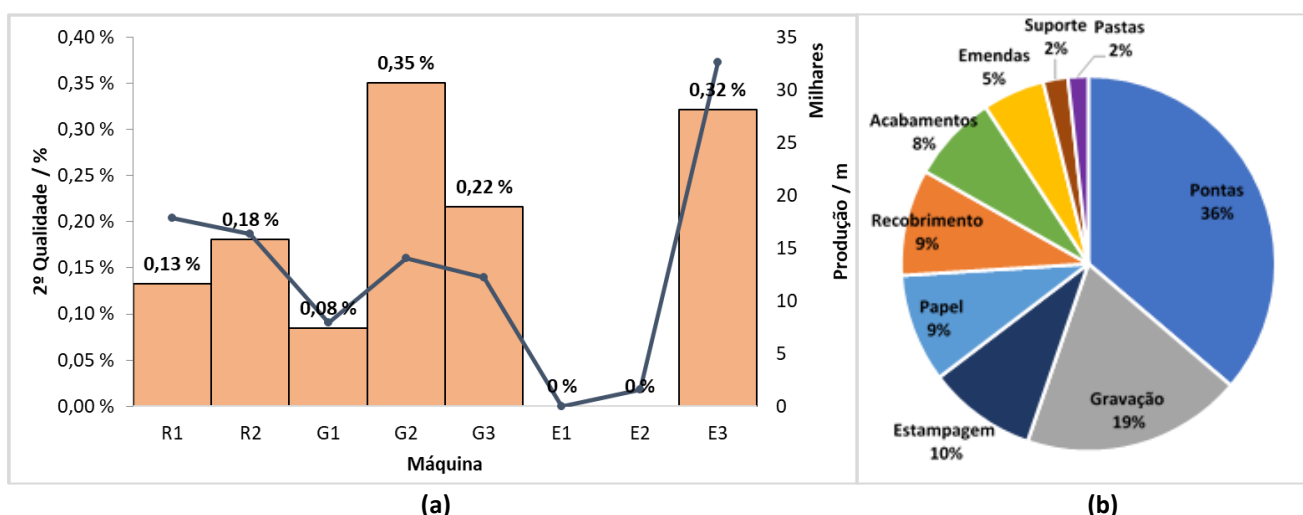


Figura 4.2 (a) Associação da 2ª Qualidade por máquina e respetivos metros fabricados; (b) Distribuição 2ª qualidade total, artigo C.

Analisando a Figura 4.2 – a, a R2 apesar de apresentar uma produção semelhante à R1, apresenta uma 2ª Qualidade ligeiramente superior, cerca de 0,18 % face a 0,13 %. No caso das gravações, verifica-se que a G2 apresenta cerca do dobro da produção da G1, respetivamente, contudo G2 apresenta uma 2ª qualidade 4 vezes superior à G1, podendo ser um indicativo de falta capacidade da máquina G2 para a produção do Artigo C ou de limitações na sua produção.

No caso das estampagens, a E1 não apresentou fabricos do Artigo C e a E2 uma produção pouco significativa, não podendo apresentar um termo de comparação relativamente à E3, estampagem com 95 % da produção total.

Este artigo apresenta características bielásticas, ou seja, operações com tensionamento de bobines e apertos provocam a expansão do artigo na vertical e na horizontal, dado que ultrapassa o limite de elasticidade do artigo, deformando-o não retornando ao estado inicial. Dado que as gravações e as estampagens trabalham com bobines e apertos, apresentam cerca de 10 % e 19 %, respetivamente, da 2ª qualidade total, sendo tais defeitos enquadrados nos parâmetros de qualidade.

Analogamente ao verificado no Artigo A, as pontas são a causa adjacente ao processo responsável pela maioria da 2ª qualidade, como apresentado na Figura 4.2.

4.2.3. Artigo D

Na Figura 4.3 – a apresenta-se a distribuição da 2ª qualidade do Artigo D por máquina e os respetivos metros produzidos, excluindo a 2ª qualidade associada aos acessórios. Na Figura 4.3 - b representa-se, sobre a forma de gráfico circular, a 2ª qualidade associada a cada fonte de defeito de acessório. De notar que o Artigo D, geralmente, apresenta maiores percentagens de 2ª qualidade, comparativamente aos restantes artigos analisados.

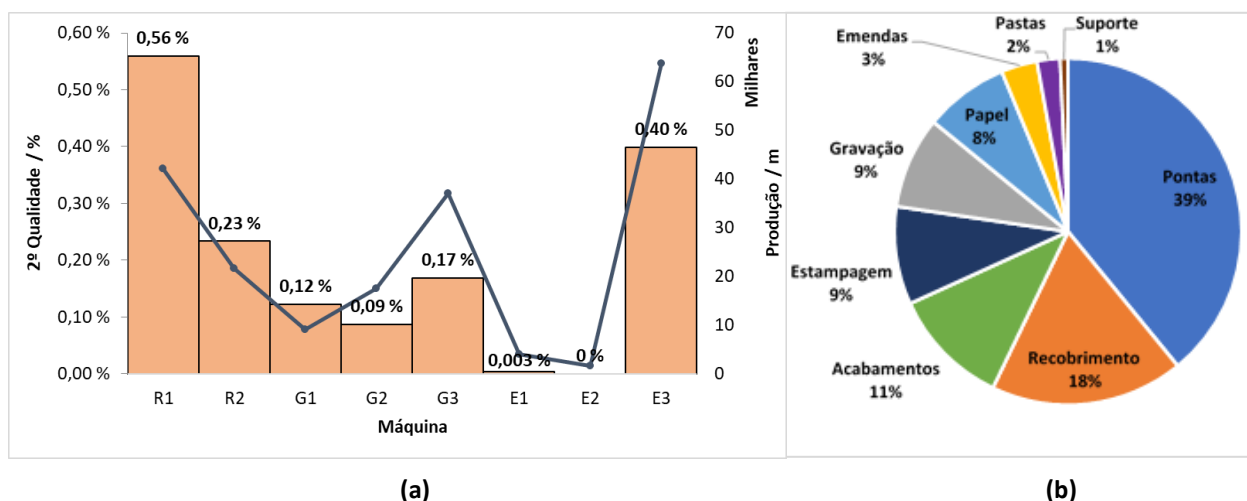


Figura 4.3 (a) Associação da 2ª Qualidade por máquina e respetivos metros fabricados; (b) Distribuição 2ª qualidade total, Artigo D.

Como verificado anteriormente, na Tabela 4.2, o Artigo D constitui a maior percentagem de 2ª qualidade na gama dos 5 artigos analisados. A 2ª qualidade deve-se, maioritariamente, ao recobrimento, sendo responsável por 18 % da 2ª qualidade, mais especificamente, a R1 apresenta a maior 2ª qualidade de todas as máquinas, com 0,56 %. O Artigo D tem como destino um setor com restrições maiores nas especificações técnicas, sendo mais sensível e mais dependente da etapa de recobrimento, tendo-lhe associado uma maior 2ª qualidade.

Este artigo apresenta uma quantidade de fabrico pouco significativa na E1, não existindo qualquer produção com passagem pela E2, não existindo assim, um termo de comparação relativamente à E3.

Na Figura 4.3 – b verifica-se que 11 % da 2ª qualidade é atribuída a “Acabamentos”, correspondendo a uma percentagem superior à associada aos setores de estampagem ou gravação, ou seja, em determinados casos, a falta de qualidade relativamente à estampagem e/ou gravações está oculta dada a dificuldade em atribuir responsabilidade, sendo denominado por “acabamentos”.

4.2.4. Artigo E

Na Figura 4.4 - a apresenta-se a distribuição da 2ª qualidade do Artigo E por máquina e os respetivos metros produzidos, excluindo a 2ª qualidade associada aos acessórios. Na Figura 4.4 – b representa-se, sobre a forma de gráfico circular, a 2ª qualidade associada a cada fonte de defeito. de acessório.

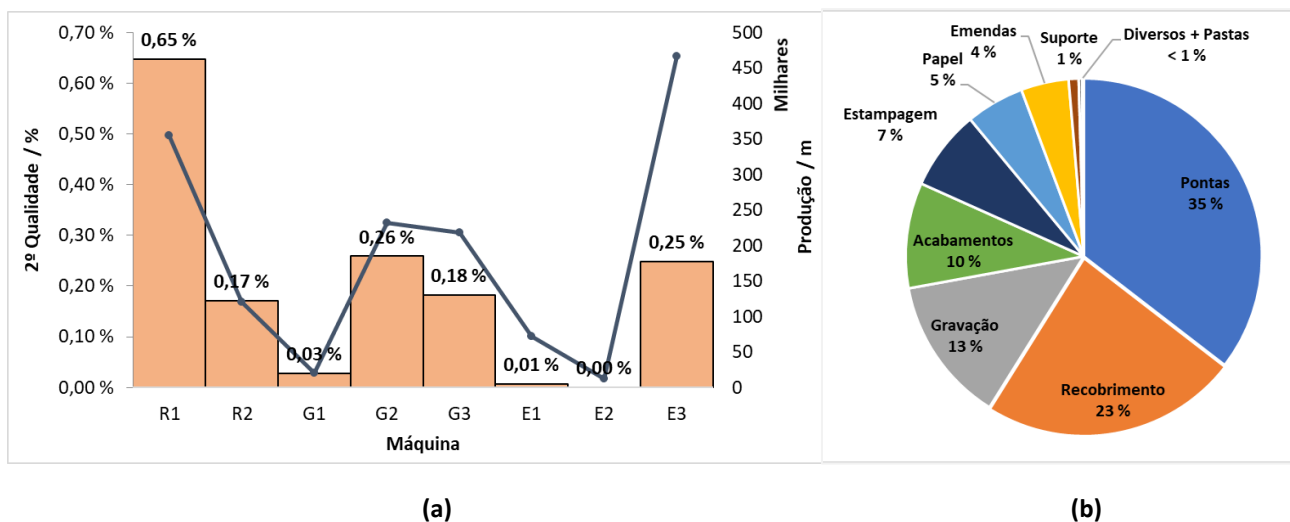


Figura 4.4 (a) Associação da 2ª Qualidade por máquina e respetivos metros fabricados; (b) Distribuição 2ª qualidade total, artigo E.

O Artigo E corresponde a 47 % da produção anual da MRR, como já apresentado Tabela 4.2, sendo que mais de metade da produção é recoberta pela R1, sendo, também, a máquina que apresenta maiores resultados de 2ª qualidade, cerca de 0,65 % conforme verificável na Figura 4.4 - a.

Relativamente às gravações, as mesmas apresentam resultados semelhantes entre a quantidade produzida e a 2ª qualidade associada, dado que com o aumento da produção ocorre o aumento do peso percentual da 2ª qualidade associada à máquina.

No caso das estampagens, equivalente aos artigos anteriores, a E3 apresenta a totalidade da produção dentro do setor das estampagens, não existindo, por isso, termo de comparação possível entre as diversas máquinas que compõem o setor.

Comparativamente aos restantes artigos e pela análise da Figura 4.4 – b, verifica-se que o Artigo E apresenta uma elevada percentagem de 2ª qualidade associada ao recobrimento, cerca de 23 %, justificável devido aos operadores apresentarem uma maior confiança na produção deste artigo, dada a sua facilidade de fabrico, sendo mais propício a ocorrência de pequenos defeitos que poderiam ser evitados. Assim, no futuro deve existir um cuidado especial no recobrimento deste artigo, de modo a minimizar a falta de qualidade neste setor.

4.2.5. Considerações Gerais

Na Figura 4.5 representa-se a percentagem de 2ª Qualidade associada a cada setor de produção.

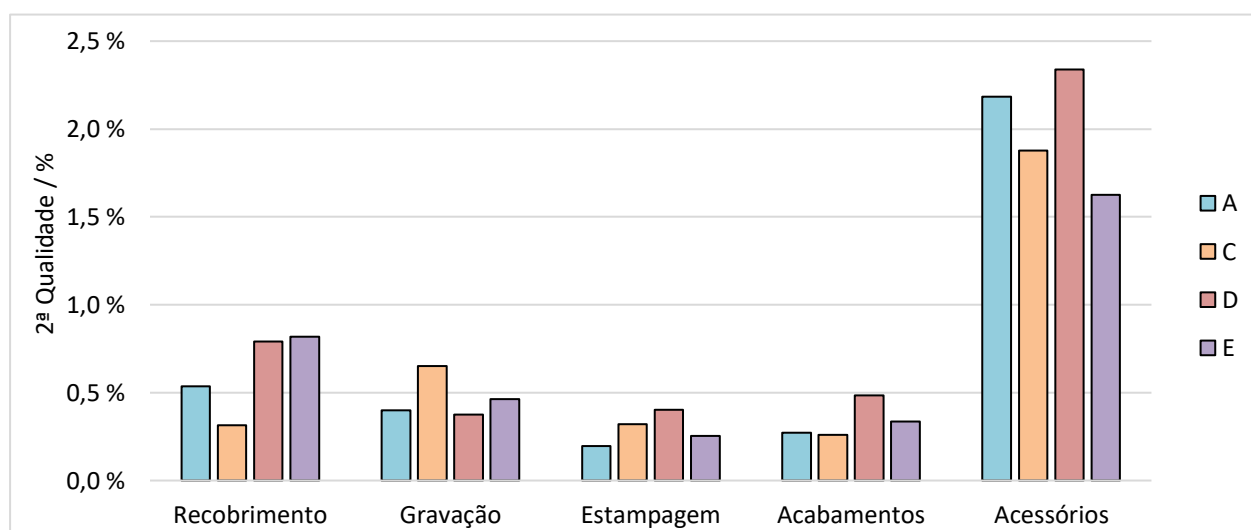


Figura 4.5 Percentagem de 2ª qualidade por setor por artigo.

Pela análise da Figura 4.5 conclui-se mais uma vez que a maior percentagem de 2ª qualidade tem origem nos acessórios, cerca de 1,6 a 2,3 %, uma vez que todos os artigos apresentam emendas, pontas, entre outros. Contudo, era expectável que num cenário ideal, cada artigo possuísse unicamente 3,5 m de pontas por rolo de 300 m e 1,17 % de acessórios. No entanto, o que se verifica na análise ao processo é que a fonte de defeito ponta apresenta cerca de 4 a 6 m por rolo. Com o comprimento total das pontas a ser constante, independentemente do comprimento do rolo e com o menor comprimento dos rolos em produção, a sua relevância para a 2ª qualidade tende a aumentar percentualmente - para um rolo de 150 m, os mesmos 3,5 m de comprimento de ponta ideal representam cerca de 2,33 %.

De forma generalizada, nos cinco artigos analisados verificou-se que a estampagem é o setor que origina a menor quantidade de 2ª qualidade. Em contrapartida, o recobrimento é responsável pela maior 2ª qualidade, derivado de constituir a primeira etapa do processo, qualquer variação ou defeito originário desta etapa provocará outros defeitos nas etapas subsequentes, por exemplo, originar trilhados e riscos nas estampagens e queimados nas gravações, contudo a origem é atribuída ao recobrimento.

As gravações apresentam genericamente a tendência para uma 2ª qualidade elevada, dado trabalhar com temperaturas e apertos, tornando esta etapa mais propícia a defeitos.

4.3. Indicadores do Processo

A segunda fase da dissertação consistiu na implementação e avaliação de alguns dos indicadores apresentados no Capítulo 3, sendo que a RO, o Número de Sugestões de Melhoria e o IRC, já se encontravam implementados na MRR. Os indicadores foram selecionados com o intuito de atingir o objetivo do estudo, ou seja, analisar a produtividade e o desempenho do processo, promovendo a orientação para ações de melhoria, específicas a uma máquina ou a um setor ou processo.

4.3.1. OEE

Diariamente os chefes de máquina preenchem uma ficha de produtividade, FP, semelhante à apresentada na Figura B.2 do Anexo B onde se registam as informações relevantes da produção, entre as quais, a hora de início e fim da produção, o tempo de arranque, o número de cilindros e de lacas/tintas utilizadas, o número de artigos produzidos e a sua discriminação, os tempos e, respetivas causas de paragem da produção, a velocidade média e os metros produzidos por artigo.

Com base nas informações registadas nas FP, é possível obter as informações necessárias ao cálculo das componentes D e P de cada máquina, através do tempo produtivo, do tempo planeado de produção e das respetivas perdas D . A componente da qualidade, como referido na Secção 4.2, é recolhida pela informação registada na etapa de controlo final, isto é, nas FAF.

Note-se que o TEEP não foi avaliado por não existir uma laboração em contínuo, e o OOE por visar um departamento que não depende unicamente da empresa. Contudo sugeriu-se a alteração da componente da disponibilidade do indicador OEE de modo a compreender o OOE e adequar às necessidades da empresa, optando por considerar os tempos para realização de ensaios como tempo produtivo ao invés de paragens não programadas, dado ser tempo útil e inevitável, tendo esta sugestão sido aceite pela empresa e implementada.

Na Figura 4.6 expõem-se os resultados médios anuais do OEE e das suas componentes para as diferentes máquinas do processo.

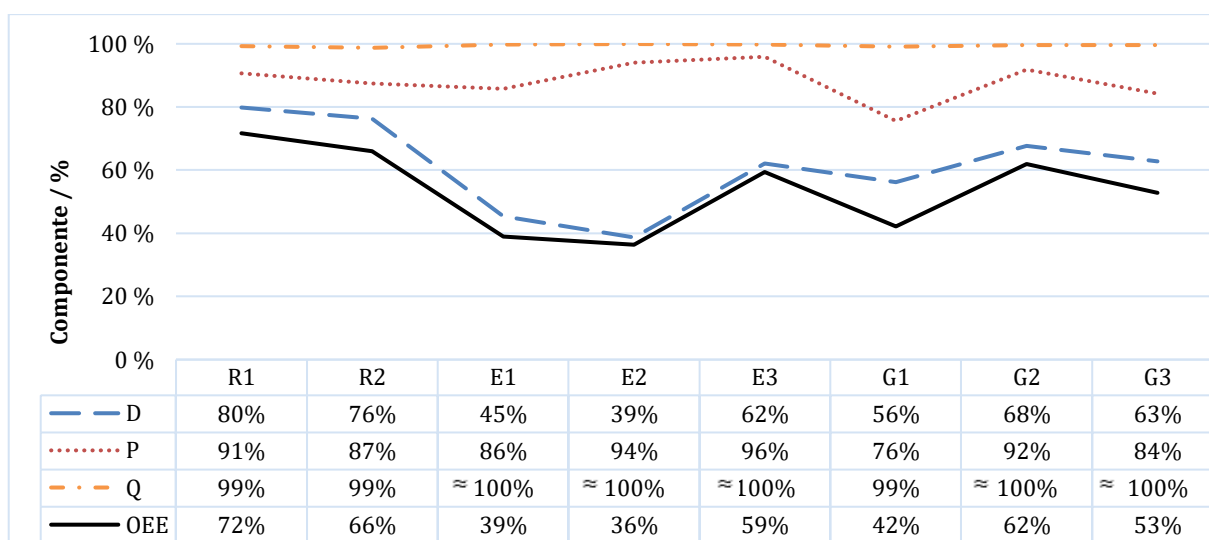


Figura 4.6 Média anual das componentes do OEE para as diferentes máquinas da MRR.

Genericamente e pela análise da Figura 4.6, verificou-se que a componente da **qualidade** nas diferentes máquinas apresenta valores semelhantes, na ordem dos 99 % - 100 %, sendo considerada de nível ideal de acordo com Nakajima, não apresentando impacto negativo no indicador OEE.

No caso da Performance, os valores médios situam-se entre 76 % - 96 %, sendo que apenas a máquina E3 apresenta uma componente *P* superior a 95 %, nível ideal segundo Nakajima e no global todas as máquinas cumprem o valor sugerido por Ljungberg, superior a 70 %.

Graficamente, verificou-se uma relação entre a variação do OEE e da **disponibilidade**, dado que adquirem uma tendência idêntica, concluindo numa primeira instância que *D* é a componente com um maior impacto negativo no **OEE**.

Uma das particularidades do OEE consiste na análise individual e na comparação exclusiva entre máquinas do mesmo setor, de modo a não generalizar e a atender às suas particularidades. Assim, pela análise dos resultados do setor do **recobrimento**, averigua-se que a máquina R1 apresenta os resultados mais favoráveis em todas as componentes, uma vez que existem menos tempos mortos durante a produção, tempos de arranque menores, produtos menos sensíveis, logo menos problemas associados, contudo a máquina R2 apresenta resultados semelhantes e igualmente benéficos, perfazendo um OEE médio anual de 66 %. As **estampagens** são o setor com resultados menos favoráveis, sendo que apresenta valores de Q ideais e de P superior a 86 % (máquina E1), apresentando a componente *D* bastante inferior aos restantes setores, tendo um máximo de 62 %, derivado de tempos de arranque elevados, etapas de limpeza e de verificação do estado de lacas e tintas. Nas **gravações**, a máquina G2 apresenta os resultados mais favoráveis e, em contrapartida, a máquina G1 apresenta um OEE baixo uma vez que as componentes *D* e *P* são reduzidas e apresentam uma maior diferença na componente *D*, relativamente à G2, cerca de 12 %, derivado de apresentar mais etapas de manutenção na G1.

Dada a bibliografia não ser consensual na definição de valores de referência e de forma a gerar valores representativos da situação da MRR, definiu-se um ponto de referência interno (*benchmark* interno), ou seja, valores de referência para cada setor. Deste modo, e com base na análise da Figura 4.6, a R1, E3 e G2 foram as máquinas de referência, dado exporem os melhores valores em todas as componentes. Na Tabela 4.3 apresentam-se os valores de referência definidos com base nos resultados do ano de 2020.

Tabela 4.3 Valores de referência para cada setor da MRR.

	Disponibilidade	Performance	Qualidade	OEE
Recobrimento - R1	80 %	91 %	99 %	72 %
Estampagem - E3	62 %	96 %	≈ 100 %	59 %
Gravação - G2	68 %	92 %	≈ 100 %	62 %

Na Figura 4.7 expõe-se sob a forma de Diagrama de Pareto, a participação de cada máquina relativamente à produção total, com base nas frequências relativas e nos metros produzidos, apresentados na Tabela C.1. Esta informação é relevante dado que permite relacionar o indicador OEE com a respetiva produção, avaliando as máquinas que necessitam de uma avaliação mais pormenorizada.

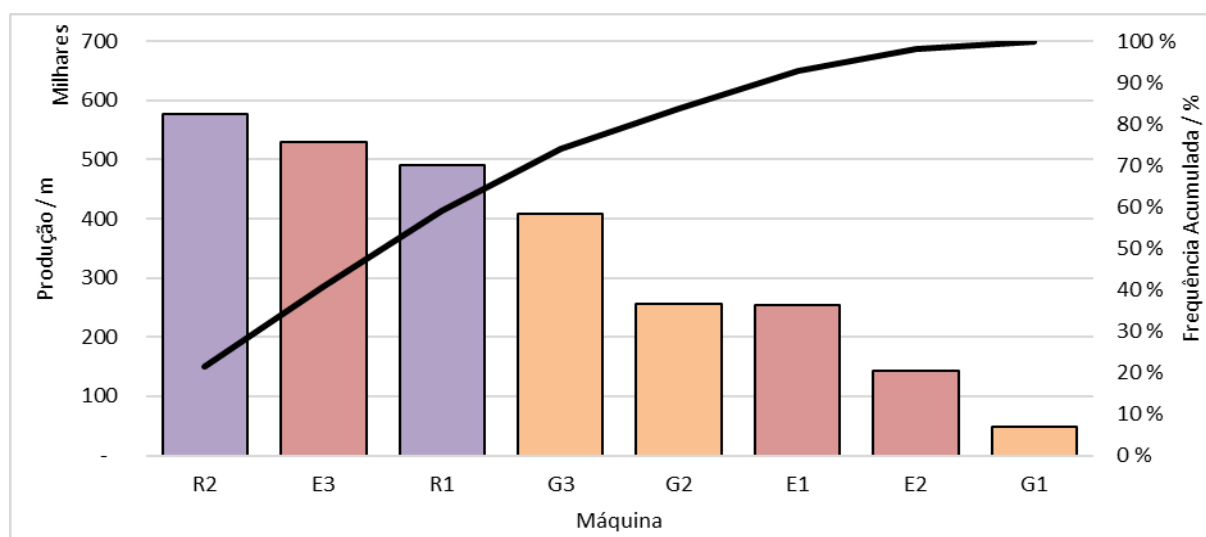


Figura 4.7 Diagrama de Pareto da produção total de 2020.

Aplicando o Princípio de Pareto² e com base na análise da Figura 4.7, verifica-se que 84 % da produção de 2020, deve-se a 63 % das máquinas, **R1, R2, E3, G2 e G3**, sendo os esforços da empresa focados nestas cinco máquinas, de modo a melhorar a sua eficiência global. Deste modo realizou-se uma avaliação individual para estas máquinas, com vista a realizar uma análise mais pormenorizada. Apesar das máquinas E1, E2 e G1 apresentarem valores reduzidos do indicador OEE, têm uma menor participação na produção, aproximadamente 9 %, 5 % e 2 %, respetivamente.

²Princípio de Pareto ou Regra do 80/20 afirma que, aproximadamente, 80 % dos efeitos devem-se a 20 % das causas.

• Recobrimento

Na Figura 4.8 exibe-se a distribuição mensal das componentes para as duas máquinas de recobrimento, R1 e R2, com 46 % e 54 % da produção total recoberta da MRR referente ao ano de 2020. De notar que no mês de Junho, não existiu produção na máquina R1.

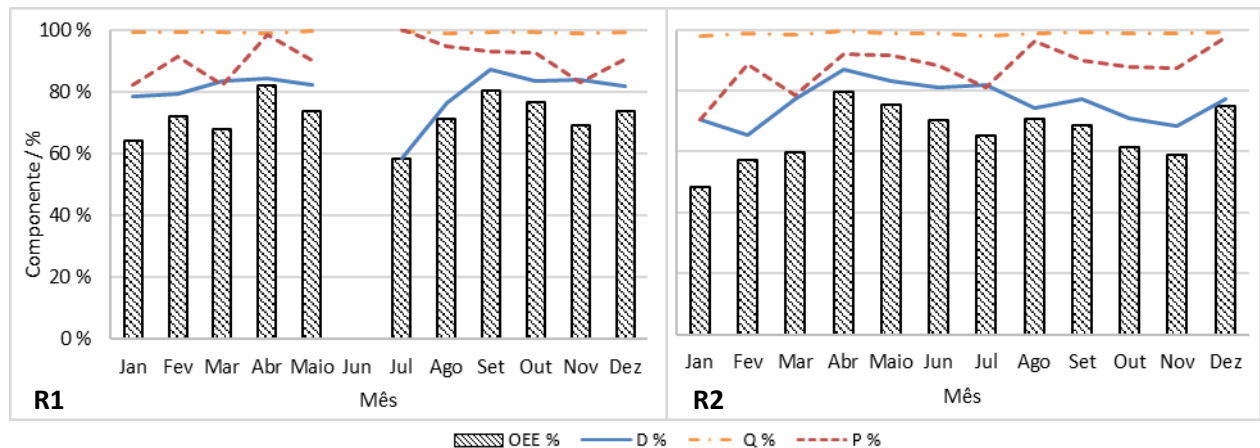


Figura 4.8 Valores mensais do OEE e respetivas componentes referentes à R1 e R2, respetivamente.

Apesar de semelhantes, ambas as máquinas de recobrimentos possuem desigualdades entre elas. A máquina R1 apresenta três zonas de aplicação de pastas, ou seja, recobre artigos de 3 camadas, maioritariamente artigos PVC. Esta condição permite que se produza tendencialmente o mesmo tipo de artigo, não exigindo a alteração das condições estruturais e de operação da máquina, dado que utiliza maioritariamente o mesmo tipo de papel e uma temperatura média de 180 °C.

Na máquina R2 são recobertos produtos com 4 camadas ou 3 camadas e uma laca, sendo que, em caso de sobreprodução de produtos de 3 camadas, esta concede apoio à máquina R1. Na sua estrutura, apresenta um acumulador que permite a produção contínua, sem necessidade de paragem da produção para mudanças de rolo, realização de emendas de papel, etc. Relativamente às alterações estruturais, apresenta uma gama de diferentes tipos de papéis, com ou sem gravado e recobre artigos distintos de PU e/ou PVC e devido a apresentar um maior controlo de parâmetros, produz os artigos mais sensíveis.

Posto isto e analisando a Figura 4.8 conclui-se que o índice da qualidade está totalmente otimizado para as duas máquinas, produzindo uma percentagem reduzida de peças não conformes durante todo o ano, variando entre 99,0 % e 99,7 %, sendo considerado de nível mundial de acordo com Nakajima. Em termos de Performance, verificam-se oscilações mensais, sem uma tendência ao longo do ano, contudo apresentam valores semelhantes e ideais, sendo a componente P na máquina R2 menor, uma vez que fabrica produtos mais sensíveis, possuindo uma maior dificuldade em cumprir a produção estipulada, derivado da realização de ensaios e variações da temperatura, estando mais sujeitas a paragens ou erros derivados de apresentar uma zona adicional de aplicação de pasta, mais uma estufa e uma maior extensão, potenciando a probabilidade de problemas.

A Disponibilidade é a componente com impacto menos favorável no indicador OEE, sendo espectável que a máquina R1 apresente um valor superior à máquina R2, 80 % e 76 %, respetivamente, dado que na R1 existem menos ensaios e menos tempos mortos durante a produção e exige tempos de arranque menores. Concluindo, R1 e R2, apresentam um indicador OEE médio anual de 72 % e 66 %, respetivamente, demonstrando que os processos neste setor estão devidamente controlados.

Contudo e uma vez que a componente *D* apresenta os resultados menos satisfatórios, propõem-se no futuro: um acompanhamento prévio da produção, de modo a garantir que as condições de arranque cumprem os requisitos ao nível da qualidade do papel, suporte, pastas, entre outros, e assim evitar paragens forçadas. A contínua redução do número de artigos distintos em produção permitirá uma diminuição de tempos mortos e de arranque, aumentando, assim, a disponibilidade do setor recobrimento.

• Estampagem

Na Figura 4.9 apresenta-se a distribuição mensal das diferentes componentes para a máquina E3, com 57 % da produção estampada da MRR no ano de 2020.

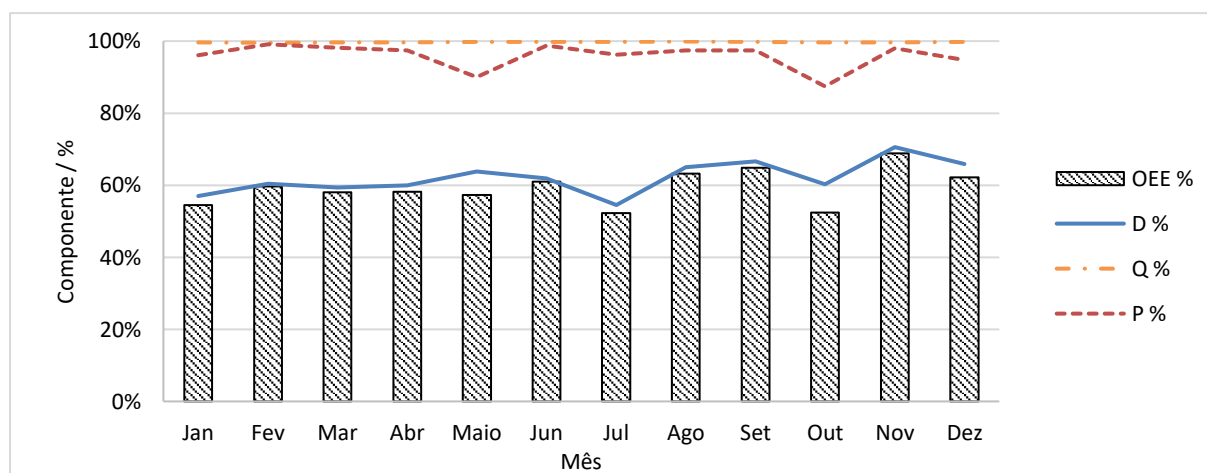


Figura 4.9 Valores mensais do OEE e respetivas componentes referentes à E3

Existem três máquinas de estampagem, sendo que estampam e/ou aplicam uma laca no artigo. A máquina E1 trabalha com elevado número de cilindros e realiza elevado número de ensaios de cor e amostras piloto ou desenvolvimento de novas coleções, ou seja, contabiliza muitas paragens para ensaio (considerados como tempo produtivo) mas que envolve tempos de arranque e tempos mortos elevados, ou seja, uma componente *D* reduzida. A máquina E2 trabalha com artigos particulares e com um único cilindro, fixo. Estas duas máquinas dão apoio à máquina E3 em situações de excesso de trabalho, sendo a E3 a máquina de estampagem prioritária, dado que possui duas cabeças, aplicando duas lacas num artigo com uma única passagem, apresenta 3 cilindros específicos desta máquina sendo que, utiliza dois cilindros simultaneamente, contém um acumulador que permite que as emendas sejam realizadas sem que ocorra a paragem da máquina.

Na Figura 4.6 constata-se que a E1 e E2 apresentam uma disponibilidade média inferior a 50 %, cerca de 45 % e 39 %, respetivamente, ou seja, apresentam tempos de paragem superiores ao tempo produtivo, contudo possuem um contributo reduzidos, cerca de 9 % e 5 %, respetivamente, não sendo alvo de análise atualmente. Nesse sentido, melhorias em ambas as máquinas passariam pela redução do tempo de paragem e não pelo aumento do tempo produtivo, através de melhorias nos acessórios, limpezas mais rápidas, por exemplo, através da formação de um segundo operador que auxilie nas tarefas em causa. Apesar disso, a disponibilidade não poderá ser otimizada, dado que o número de ensaios necessários, cilindros e tintas utilizadas, é impossível de prever, sobretudo aquando na fase da definição de artigos e acabamentos para novas coleções. A representação gráfica relativa a estas duas máquinas encontra-se nas Figuras D.3 e D.4 do Anexo C.

Com base na Figura 4.9, a máquina E3 apresenta valores de OEE favoráveis comparativamente às restantes estampagens, justificável devido a possuir componentes *P* e *Q* elevadas, considerados de nível ideal, e um maior valor da componente *D*, dado que paragens para troca de rolos e para emendas não exige a paragem da produção, uma vez que apresenta um acumulador. Tendo como base uma dissertação realizada anteriormente na MRR, o tempo de arranque da E3 ronda os 40 - 60 minutos, sendo composto por: Ir buscar o rolo para iniciar máquina, forrar as duas tinas e enchê-las com laca seguido de verificar os parâmetros operatórios para o arranque. Para além do arranque, etapas de limpeza ou de verificação do estado de lacas e tintas – necessárias para o bom funcionamento da máquina e cumprimento do padrão de qualidade – condicionam, também, a componente *D* real da máquina.

• Gravação

Na Figura 4.10 apresenta-se a distribuição mensal das diferentes componentes para as máquinas G2 e G3, com 57 % e 36 % da produção gravada da MRR no ano de 2020, respetivamente. Reforçado que a máquina G2 representa os valores de referência das gravações.

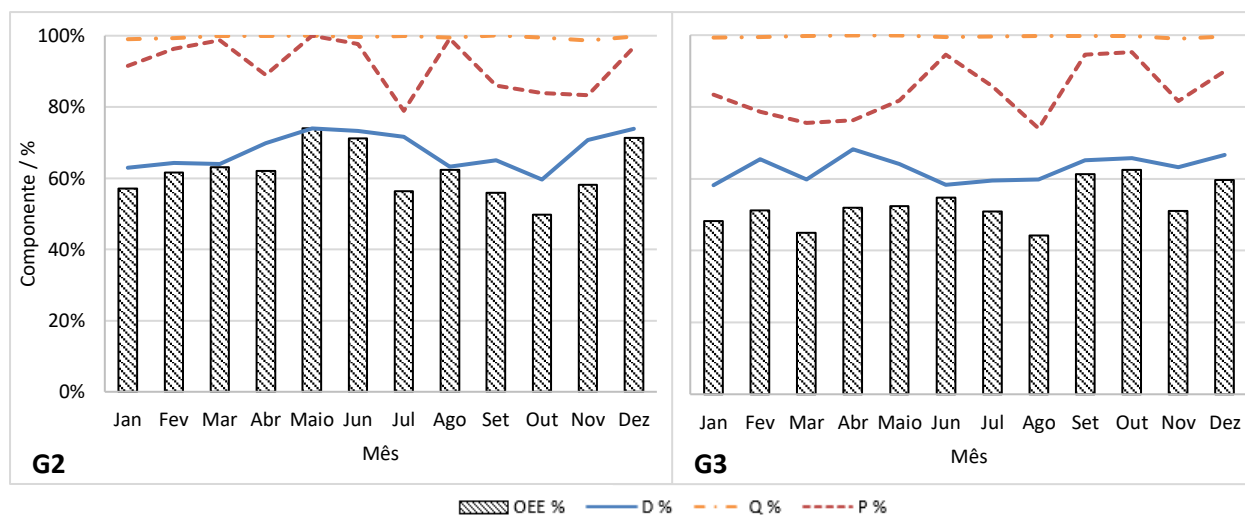


Figura 4.10 Valores mensais do OEE e respetivas componentes referentes à G2 e G3, respetivamente.

De forma análoga às estampagens, as gravações apresentam variações ou limitações entre elas: a G1 destina-se a produzir artigos de maior largura com cilindros de maiores dimensões e apresenta maior dificuldade no controlo de temperatura, não sendo prioritária e, conseqüentemente, apresenta pouca produção; a G2 apresenta um maior percurso de artigo ao longo da máquina e maiores velocidades de produção; a G3 apresenta controlo automatizado e possibilita gravados com maior ênfase no detalhe e definição do gravado, sobretudo cilindros específicos para gravados geométricos e de maior sensibilidade.

Com base na Figura 4.10 conclui-se que a componente *P* apresenta grandes oscilações, contudo a máquina G2 apresenta resultados mais próximos aos recomendados, isto deve-se a geralmente trabalhar a velocidades superiores à máquina G3. Em determinados meses atinge performances superiores a 95 % dado trabalhar próximo à velocidade máxima da máquina.

As máquinas de gravação não apresentam tempos de limpeza, contudo e pela análise da Figura 4.10, apresentam a componente *D* bastante reduzida. Na máquina G3 justifica-se devido ao tempo despendido na troca de cilindro de gravação ser elevado dado utilizar cilindros específicos e a sua troca exigir a paragem de produção com tempos elevados. No caso da G3, a mudança de cilindro implica remover a água do seu interior, que por ser proveniente de um *chiller*, não recupera diretamente a água em causa, apesar de recuperar e recircular a água dos cilindros de arrefecimento – dois circuitos distintos. Na G2, os tempos de paragem são mais reduzidos devido a uma maior proximidade do local de cilindro e com o facto de possuir um único circuito de água integrado que recolhe a água diretamente do cilindro de gravar e dos cilindros de arrefecimento. De modo a contrariar o valor baixo da componente *D*, sugere-se a implementação de um circuito de remoção e recuperação de água do *chiller* e, ainda, a possibilidade de organizar uma equipa responsável pela preparação do cilindro e a sua colocação na máquina, reduzindo tempo de paragem e tempo de arranque.

Deveria ter-se efetuado uma análise detalhada do tipo de perdas de cada setor, contudo salienta-se o facto de ser um trabalho exigente e exaustivo dado que parte da informação não se encontra informatizada e os operadores apresentam dificuldade em perceber a relevância e importância da recolha e utilização dos dados. Não compreendendo a importância de se lançar as informações corretamente, acabam por condicionar os dados e, como consequência, o objetivo final. Assim, no futuro propõe-se uma maior formação e acompanhamento rigoroso, no registo da informação de produção e da veracidade dos resultados, pelo que a valorização do papel do colaborador e a sua compreensão dos objetivos a atingir com a recolha dos diversos dados é essencial.

Atualmente, a empresa MRR efetua o cálculo da produtividade de cada máquina do processo [3], sendo os resultados disponibilizados e anexados junto do respetivo posto de trabalho. Comparativamente ao OEE, os resultados são concordantes, contudo o OEE dado ser um indicador de produtividade tridimensional permite uma análise mais detalhada.

4.3.2. Validação Planejamento Produção

Semanalmente, o responsável pelo planejamento de produção disponibiliza o planejamento semanal a cada posto de trabalho, realizando um acompanhamento diário e, em caso de necessidade, procede-se à sua retificação. Até ao momento da dissertação, a informação acerca dos metros recobertos e planeados não constava em formato digital, tendo-se procedido ao levantamento da informação das FP. Na Tabela 4.4 apresenta-se a informação relativa aos metros planeados e aos metros recobertos. De notar que os metros planeados apresentam uma margem de segurança para cumprimento da 1ª qualidade estipulada previamente.

Tabela 4.4 Informação R1 e R2 relativamente ao planeamento de produção.

	Nº artigos	Tipos de papéis	Δ Produção
R1	30	1	-0,87%
R2	157	32	0,98%

No ano de 2020, a máquina R1 produziu 30 artigos utilizando um único tipo papel, tipo 1. Contrariamente, a máquina R2 fabricou 157 artigos distintos, utilizando 32 tipos de papel diferentes, sendo que a R1, no global, apresentou uma subprodução de 0,87 % e a R2 sobreprodução de 0,98 %,.

De modo a verificar se o tipo de papel utilizado no recobrimento do artigo influencia a variação da produção, realizou-se uma análise do indicador VPP para as duas máquinas de recobrimento e para os 5 artigos mais produzidos, dado apresentarem uma maior influência nos dados globais da empresa. Na Figura 4.11 apresenta-se os resultados do VPP para a máquina R1.

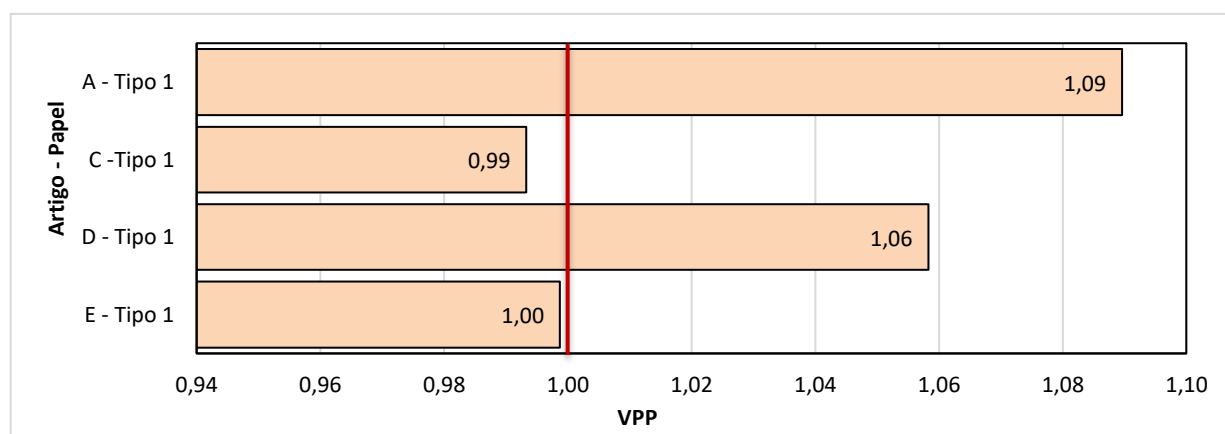


Figura 4.11 Indicador VPP para os cinco artigos com maior produção em 2020, referente à R1.

Note-se que para os valores apresentados, quando superiores a 1 significa que a produção executada foi superior ao inicialmente planeado e, no caso contrário, quando é inferior a 1, a produção real foi inferior às previsões do planeamento.

Pela Figura 4.11 constata-se que os valores obtidos para o indicador VPP analisados são bastante positivos, uma vez que os valores encontram-se próximos da taxa objetivo de 1. O Artigo E, sendo o que apresenta 60 % da produção total de 2020, apresentou o índice de 1, sendo um fator positivo entre o planeamento e a execução. Dado que a R1 utiliza um único tipo de papel, não é possível concluir uma relação com o índice VPP. Na Figura 4.12 apresenta-se os resultados do indicador VPP para a máquina R2.

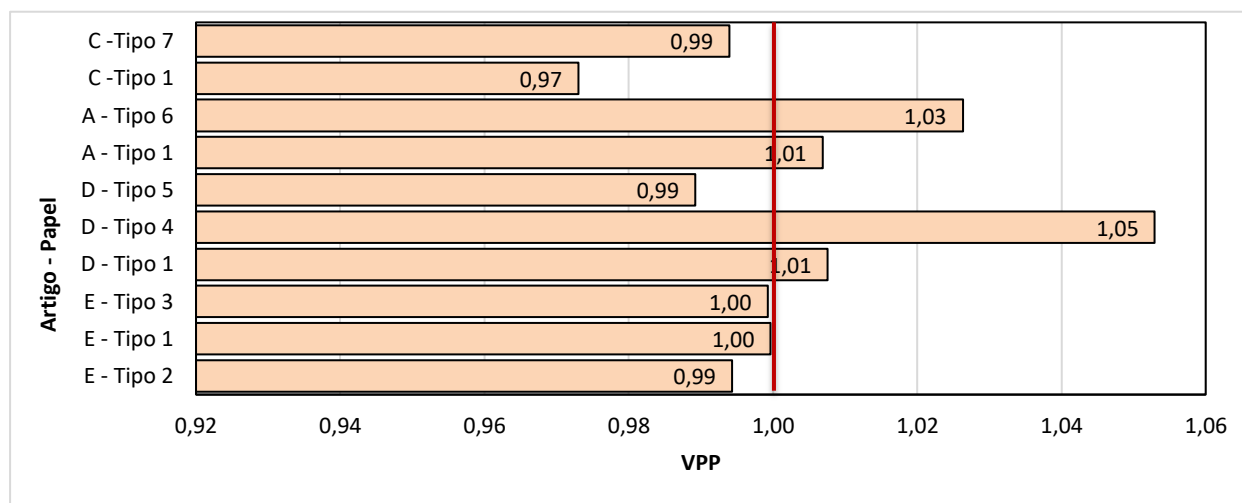


Figura 4.12 Indicador VPP para os cinco artigos com maior produção em 2020, referente à R2.

Com base na Figura 4.12 verifica-se que os resultados apresentam discrepâncias pouco significativas, à exceção do Artigo D quando recoberto no papel tipo 4, dado apresentar uma sobreprodução de 5 %, sendo no futuro aconselhado uma redução da quantidade planeada. Para além do já referido, importa ainda realçar que apenas o papel Tipo 1 se repete na máquina R2, pelo que nenhuma conclusão é possível de obter quanto à variação do VPP para os diversos tipos de papel, sem alargar a análise aos restantes artigos.

Após avaliação desta métrica, VPP, é notório que tantos os resultados para a máquina R1 como para a R2, a relação existente entre o planeamento e a execução é positiva, concluindo que o setor do planeamento de produção fornece previsões rigorosas derivado de ajustes diários e do acompanhamento próximo com a produção.

4.3.3. Índice de Retrabalho

Na etapa de medição final, onde existe o controlo do produto, após ser classificado como “não conforme” existem duas possibilidades, efetuar o seu retrabalho de maneira a cumprir as especificações ou em último caso não proceder a correção, sendo encaminhado para saldo. Assim, de modo a entender o retrabalho efetuou-se a análise de dados, tendo-se avaliado o IR por metros de artigo ao invés do número de artigo, uma vez que o retrabalho pode ser realizado apenas a uma parte do artigo não inviabilizando a sua utilização.

Da produção total do ano de 2020, cerca de 3 % da produção designou-se como “produção não conforme”, dado que não cumpriam as especificações de qualidade. Conclui-se, então, que das produções não conformes 92 % dos metros foram retrabalhados e os restantes 8 % definidos como “sem correção”, coexistido num indicador IR de 0,92 da produção não conforme e de 0,028 da produção total. Na Figura 4.13 apresenta-se a distribuição circular da origem do retrabalho.

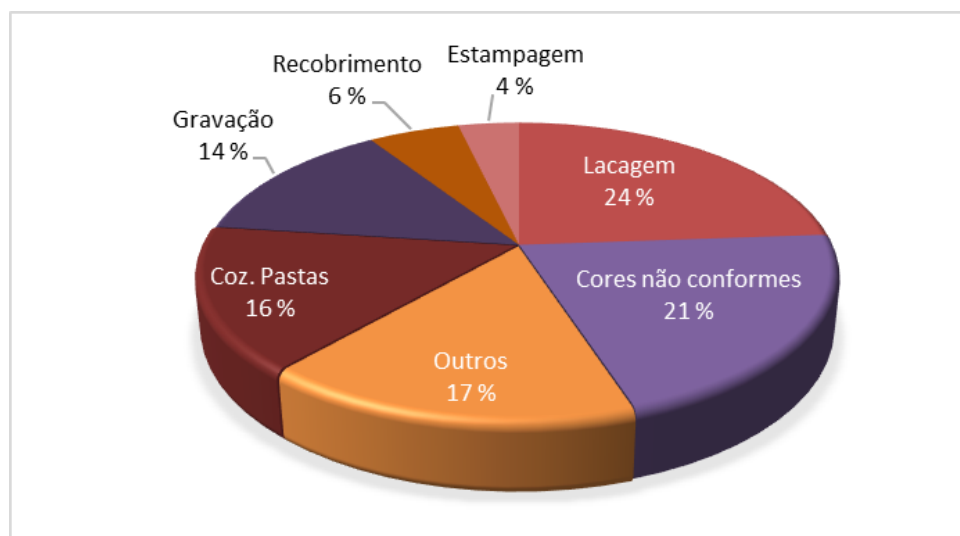


Figura 4.13 Gráfico circular da origem do retrabalho.

Pela Figura 4.13 conclui-se que 45 % do retrabalho deve-se à lacagem do produto e a cores não conformes originárias do recobrimento ou cozinha de pastas, sendo 24 % e 21 %, respetivamente.

4.3.4. Pedidos Perfeitos

Com o intuito de avaliar o desempenho da qualidade, aplicou-se o índice de pedidos perfeitos, PP. A avaliação deste indicador realizou-se para os cinco artigos mais produzidos, no ano de 2020, dada a dificuldade do levantamento de dados e reaproveitando os dados utilizados na análise da origem da 2ª qualidade por artigo, na Secção 4.1.

Um pedido “perfeito” seria um produto com 2ª qualidade e saldo inexistente, contudo isto não é representativo da realidade industrial, tendo-se avaliado numa gama de percentagem de 2ª qualidade inferior a 3 %, resultados apresentados na Tabela 4.5. De notar que a gama de “< 2 %” engloba os pedidos da gama “< 1 %” e assim sucessivamente, sendo os resultados acumulativos.

Esta análise permite quantificar a distribuição da 2ª qualidade por número de pedidos e futuramente permitirá uma comparação com a alteração dos resultados deste indicador, possibilitando ajustes no processo de modo a contrariar resultados menos favoráveis.

Tabela 4.5 Pedidos Perfeitos para os 5 artigos com maior produção.

Artigo	PP		
	< 1 %	< 2 %	< 3 %
A	-	0,17	0,51
B	0,18	0,42	0,75
C	-	0,07	0,33
D	0,01	0,10	0,36
E	0,01	0,18	0,48
Média	0,04	0,19	0,49

Com base na Tabela 4.5 conclui-se que para o Artigo A, metade dos pedidos entregues apresentam 2ª qualidade inferior a 3 %, sendo superior ao valor médio verificado nesta gama de artigos. O Artigo B apresenta índices de PP superiores em todas as gamas, tal como era de prever, dado que segundo a Tabela 4.2 este artigo apresenta uma 2ª qualidade inferior comparativamente aos restantes artigos, com apenas 25 % dos pedidos a apresentarem 2ª qualidade superior a 3 %. O Artigo C apresenta os resultados menos satisfatórios dado que não possui pedidos com 2ª qualidade inferior a 1 % e tem um indicador PP de 0,33 para uma 2ª qualidade inferior a 3 %, ou seja, cerca de dois terços dos pedidos apresentaram 2ª qualidade superior a 3 %, pelo que se sugere uma análise exaustiva à estrutura e processamento do artigo.

4.3.5. Tempo Médio Entre Falhas e Tempo Médio de Reparação

É importante que os equipamentos estejam disponíveis o máximo tempo possível, para produção, sendo fundamental que a reparação do equipamento seja eficiente e o tempo de reparação reduzido. Diante do levantamento dos principais componentes do equipamento estudado, foi analisado a quantidade de falhas de cada componente e o somatório do tempo de reparações no ano 2020, Figura 4.14.

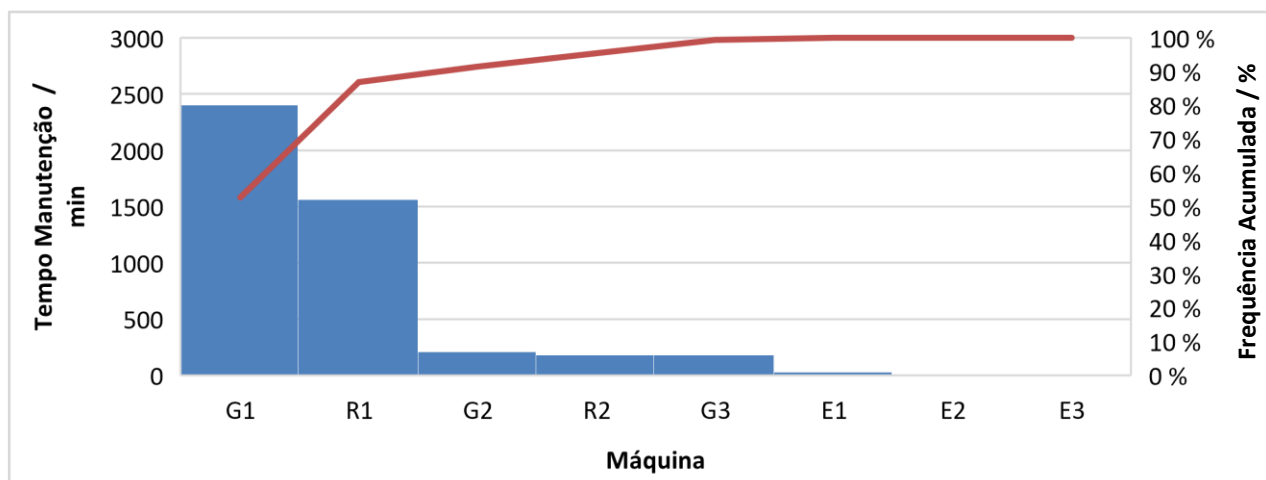


Figura 4.14 Distribuição do tempo de manutenção anual, por equipamento.

Como se constata na Figura 4.14, as máquinas G1 e R1 apresentam tempos de manutenção mais elevados, 2 400 min e 1 560 min, respetivamente. As estampagens 2 e 3 não apresentam tempo de manutenção, dado a E2 não ser uma máquina prioritária e apresentar um volume de produção, e a E3 apresentar elevado número de manutenções preventivas que minimiza as etapas corretivas e consequentemente uma disponibilidade reduzida, logo não possuem índices de MTBF e MTTR. Na Figura D.1 apresenta-se a distribuição do número de falhas de cada equipamento para posterior cálculo dos indicadores de manutenção.

Juntamente ao MTBF e MTTR, um outro indicador de interesse para a manutenção e calculado com base nos anteriores é a disponibilidade em termos da manutenção dos equipamentos, obtido através da Equação 17. Na Tabela 4.6 apresentam-se os valores do MTTR e da disponibilidade dos equipamentos.

Tabela 4.6 Indicadores de Manutenção para cada máquina.

Máquina	MTBF (hr)	MTTR (hr)	D _{manutenção} (%)
R1	255	5	98 %
R2	602	1	≈ 100 %
G1	74	10	88 %
G2	352	1	≈ 100 %
G3	1 836	3	≈ 100 %
E1	1 550	1	≈ 100 %

Como se pode constatar, as máquinas R1 e G1 apresentam uma disponibilidade menor, comparativamente às restantes máquinas, pode dever-se no facto de apresentar um elevado número de falhas. A G1 apresenta um MTBF de 74 horas, ou seja, um tempo médio entre falhas muito reduzidos, sendo frequente as falhas e um tempo médio de reparação de 10 horas, ou seja, uma disponibilidade reduzida e expectável devido ao facto desta máquina apresentar um indicador de OEE baixo, com uma componente *D* reduzida. No futuro, sugere-se etapas de manutenção preventiva de modo a minimizar as etapas de manutenção corretiva e uma maior eficiência e rapidez na sua resolução.

4.3.6. Consumo Energético Específico

Na MRR são utilizadas 3 fontes de energia principais: gás-natural (GN), energia elétrica e energia térmica (sob forma de vapor e de água quente). Os consumos energéticos foram obtidos através dos relatórios das auditorias energéticas. Atualmente, o GN é consumido no equipamento de incineração de compostos orgânicos voláteis. Existe uma central de termofluido com duas caldeiras com queima de gás natural, onde é feito o aquecimento do termofluido alimentado às máquinas da fábrica.

Atualmente na MRR, o CEE é calculado por metros lineares, mas devido à diferença de largura nos produtos fabricados e o peso por metro linear ser variável, esta unidade de produção não se adequa ao cálculo do CEE, tendo-se considerado, assim, a quantidade de matéria-prima processada.

Tabela 4.7 Consumo energético referentes a 2018, 2019 e 2020 na MRR.

	Energia Elétrica		Energia Térmica		Consumo Específico Energia	
	Eletricidade	Gás natural	Vapor + termofluido		CEE (GJ/kg)	CEE (GJ/m)
2019	15 %	72 %	13 %		0,005	0,006
2020	15 %	72 %	13 %		0,009	0,008

Conforme apresenta-se na Tabela 4.7, a forma de energia mais utilizada foi o GN, com 72 % do consumo total de energia, em 2019 e 2020, a energia elétrica representou 15 % e o vapor e termofluido cerca de 13 %. Verificou-se um indicador CEE médio anual de 0,005 GJ/kg, por matéria-prima, pigmentos e papeis, 0,009 GJ/m em suportes, para o ano de 2019. O ano de 2020, apresenta valores semelhantes, com um CEE de 0,006 GJ/kg e 0,008 GJ/m, respetivamente. Na Figura 4.15 apresenta-se o CEE mensal, em GJ/kg, obtido nos últimos 2 anos de produção na MRR.

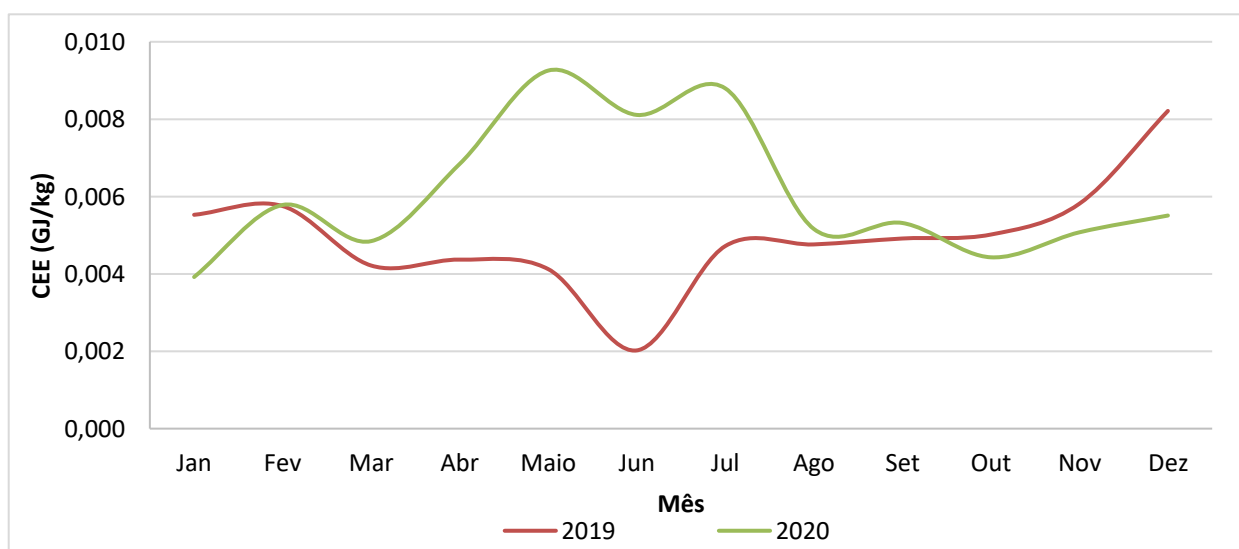


Figura 4.15 Variação mensal do CEE em 2019 e 2020.

O CEE por matéria-prima consumida, kg, apresenta valores anuais semelhantes, sendo que graficamente, pela Figura 4.15, verifica-se que 2020 apresentou um aumento no consumo específico de energia, dado que se produziu menos no meio do ano devido à pandemia da Covid-19.

5. Conclusões

No desenvolvimento da dissertação foram seguidas duas fases distintas, a primeira consistiu na análise do processo, através da quantificação da qualidade de cada fonte de defeito, no ano de 2020, e a segunda fase compreendeu a implementação de 7 indicadores desempenho do processo para os setores da produção, planeamento, qualidade, manutenção e ambiental, de forma a caracterizar o estado atual da empresa.

Da avaliação das principais fontes de 2ª qualidade no processo de produção do couro artificial, na MRR, para os 5 artigos mais produzidos (codificados de A a E), no ano de 2020, concluindo-se que a maior percentagem de 2ª qualidade advém da causa “Acessórios”, maioritariamente pontas, correspondendo a cerca de 35 - 40 % da 2ª qualidade total do artigo. Tal deve-se à falta de padronização do seu comprimento, algo já proposto na dissertação que antecedeu a atual sendo o seu comprimento revisto de 13 m que satisfazia a máquina analisada para os 18 m, satisfazendo assim todo o processo produtivo.

Na análise por artigo concluiu-se que no **Artigo A**, o setor recobrimento foi responsável por 15 % da 2ª qualidade do artigo, devido à complexidade de processamento nessa etapa. Nas máquinas de estampagem, a E3, apesar de possuir uma maior produção (cerca de 84 %), apresentou uma menor 2ª qualidade, 0,02 %, concluindo que deve ser dada prioridade à E3 no fabrico deste artigo. Em relação ao **Artigo C**, concluiu-se que a máquina de gravação G2 apresentou 2ª qualidade 4 vezes superior à G1, podendo ser um indicativo de falta capacidade ou limitações da máquina para a sua produção. O **Artigo D** constituiu a maior percentagem de 2ª qualidade, devendo-se, 18 % da 2ª qualidade ao setor do recobrimento, dado que este artigo apresenta maiores restrições nas especificações técnicas nesta etapa. O **Artigo E** corresponde a 47 % da produção anual da MRR, sendo recoberto maioritariamente pela máquina R1, com maior 2ª qualidade, 23 % da 2ª qualidade total, devido à sua facilidade de fabrico, sendo assim mais propício a ocorrência de defeitos pontuais, que devem ser evitados.

A **Eficácia Global do Equipamento** foi o indicador principal avaliado para as 8 máquinas do processo e enquadrando as perdas detetadas, sob as perspetivas das componentes de Disponibilidade, Performance e Qualidade e definindo valores de referência para cada setor, utilizando a R1, E3 e G2 como máquinas de referência. A componente Qualidade nas diferentes máquinas não apresentou impacto negativo no indicador OEE, com valores na ordem dos 99 - 100 %. No caso da Performance, os valores situaram-se entre 76 - 96 %. Relativamente à componente *D*, concluiu-se ser a componente com um impacto negativo maior no indicador.

A máquina de recobrimento R1 apresentou os melhores resultados nas 3 componentes, devido à existência de tempos mortos e tempos de arranque maiores, produtos menos sensíveis, obtendo-se um OEE de 72 %. As estampagens são o setor com resultados menos favoráveis, apresentando a componente

D inferior aos restantes setores, com um máximo de 59 %, devido a um número de ensaios, cilindros e tintas elevado, que provoca uma disponibilidade inferior. A máquina de gravação G1 apresenta um OEE baixo, dado que as componentes Disponibilidade e Performance são reduzidas e apresentam uma maior diferença na componente Disponibilidade, derivado de a máquina G1 apresentar um tempo de manutenção mais elevado, comprovando-se através de indicadores de manutenção, **Tempo Médio entre Falhas** de 74 horas e um **Tempo Médio de Reparação** de 10 horas.

Na avaliação da **Validação do Planeamento de Produção**, concluiu-se que o setor do planeamento fornece previsões rigorosas ao departamento de produção, pelo que os valores encontram-se ajustados à capacidade real das máquinas e às suas limitações, contudo deverá ser revisto periodicamente, uma vez que com a diminuição da 2ª qualidade, a quantidade planeada também deverá reduzir, otimizando assim os recursos. O **Índice de Retrabalho** obtido, para o ano de 2020, foi de 0,92 da produção não conforme e de 0,028 da produção total, sendo que 45 % do retrabalho deve-se à lacagem do produto e a cores não conformes. O Artigo C apresentou os resultados de **Pedidos Perfeitos** menos satisfatórios e o Artigo B índices de PP superiores em todas as gamas, de entre os cinco artigos analisados.

No caso de indicadores ambientais o objetivo consiste na sua redução continua, sendo neste caso específico, a racionalização das MP. Em 2019 e 2020, o Gás Natural foi a fonte de energia mais utilizada, verificando-se um **Consumo Energético Específico** médio anual de, por matéria-prima, 0,06 GJ/kg e 11 GJ/m, para o ano de 2019 e, no ano de 2020, 0,07 GJ/kg e 0,12 GJ/m.

De entre os indicadores selecionados e implementados, caracterizou-se o estado atual da empresa e enquadrou-se, quando possível, com valores de referência presentes na literatura, sendo no futuro, o ponto de referência para avaliação da evolução da empresa, devendo ser recalculados e reanalisados, ajustando-se aos objetivos da empresa.

No âmbito da melhoria contínua, procedeu-se à avaliação da situação atual das sugestões propostas numa dissertação realizada anteriormente na Monteiro Ribas - Revestimentos, tendo-se sugerido 5 novas propostas direcionadas à integração dos colaboradores, prevendo-se o aumento da produtividade, apesar da sua quantificação não ter sido realizada.

6. Avaliação do Trabalho Realizado

6.1. Outros Trabalhos Realizados

6.1.1. Análise de Percursos por artigo

De forma análoga à análise da origem da 2ª qualidade nos cinco artigos mais produzidos na MRR, verificou-se a existência de acabamentos distintos e uma sequência de diferentes máquinas pelas quais os artigos passam, denominado doravante por percurso.

Os resultados obtidos relativos aos diferentes percursos seguidos por cada artigo, apresentados no Anexo E, permitiram verificar um número elevado de percursos existentes, sendo a principal razão os diversos acabamentos. O número de máquinas semelhantes, em termos de função base, pode ser um indicativo de ganhos de produtividade passíveis de serem atingidos tendo um planeamento mais adequado.

Tal como referido anteriormente, o número elevado de percursos existentes para um mesmo artigo, não permite associar, com eficiência, a origem da 2ª qualidade a um percurso específico, pelo que a análise realizada funcionará, sobretudo, como fator de decisão entre duas máquinas possíveis.

6.1.2. Melhoria Contínua

A presente dissertação surgiu no âmbito da continuação de uma dissertação realizada na MRR [3]. Assim, um dos objetivos consistiu no levantamento de propostas de melhoria com base na metodologia *Lean*, de modo a avaliar a situação atual das propostas de melhoria sugeridas anteriormente. Na Tabela 6.1 apresenta-se o ponto de situação das propostas de melhoria.

Tabela 6.1 Levantamento do ponto de situação das propostas de melhoria apresentadas.

Proposta de melhoria	Metodologia	Fase da Implementação (02/21)	Ponto de situação (07/21)
E3			
Organizar e simplificar o local de trabalho	Kaizen e 5S	Implementada	Implementada
Padronizar comprimento de pontas para um valor adequado	Padronização	A implementar no futuro	Em implementação
Arranjar um carrinho de transporte adequado	Kaizen e 5S	A implementar no futuro	A implementar no futuro
Organizar e categorizar o layout dos estrados	5S e Gestão Visual	Em implementação	Em implementação
Melhor gestão dos recursos humanos disponíveis	Kaizen e 5S	Em implementação	Em implementação
Outras máquinas			
Criar local de armazenamento	5S	Implementada	Implementada
Arranjar etiqueta para que seja visível a não conformidade	Gestão visual	Implementada	Implementada
Identificar e organizar caixas	5S e Gestão Visual	Em implementação	Em implementação
Organizar os cilindros	5S	A implementar no futuro	Em implementação
Incluir a categoria de “Limpeza” nos tempos mortos das folhas de produtividade	5S	A implementar no futuro	Implementada

As propostas implementadas em fevereiro de 2021 mantêm-se, dado consistirem em propostas de melhoria sistemática, requerendo uma aplicação contínua e sobre as quais não se verificou qualquer retrocesso. No ponto de situação atual, a sugestão “a implementar no futuro”, apesar de aprovada, definiu-se como “menos prioritária”.

Atualmente, a padronização do comprimento de pontas encontra-se em implementação, através da criação de um posto de trabalho dedicado exclusivamente a esta proposta de melhoria, com as principais funções do colaborador a serem a eliminação de pontas não conformes e o corte e disponibilização de pontas com o comprimento adequado. Ainda referente a esta medida, convém referir que o valor de ponta padrão definido para satisfazer as necessidades foi revisto, passando dos 13 metros, inicialmente definidos no âmbito da dissertação anterior para a E3, para os 18 metros capazes de serem utilizados em qualquer máquina e reduzindo limitações inerentes ao comprimento das mesmas. A inclusão da categoria de “Limpeza” nas FP foi implementada, tendo-se aproveitado para acrescentar novos campos correspondentes às restantes causas com valores significativos e que foram de interesse discriminar, como: trabalhos acessórios; material não disponível; Limpeza de tintas/rolos/cilindros e outros. Nas Figuras B.2 e B.3, do Anexo B apresentam-se a estrutura da FP pré e pós implementação das sugestões.

Em paralelo, procedeu-se ao levantamento de propostas de melhoria direcionadas aos colaboradores, de modo a minimizar o desperdício *Muri* através da integração dos colaboradores no processo de melhoria contínua. O seu envolvimento permite motivar os colaboradores, incitando ao aumento da rapidez e da qualidade das atividades desenvolvidas, consequentemente, ao aumento do desempenho do processo.

As principais propostas de melhoria direcionadas aos colaboradores foram:

1. **Iniciar o turno de produção com uma reunião** orientada pelo chefe de produção e com a participação dos operadores, expondo os resultados do dia anterior, os problemas mais críticos de forma a minimizá-los e apresentar o plano de trabalho do dia, motivando e envolvendo os operadores para as sugestões de melhoria.
2. **Envolver os operadores numa auditoria mensal** utilizando a metodologia 5S, com o intuito de estes apresentarem sugestões de melhoria a um posto de trabalho distinto do seu. A participação nesta auditoria seria uma oportunidade de formação noutros processos, bem como ajudá-los-ia a compreender melhor o que se passa noutras máquinas e os problemas que outros colaboradores enfrentam.
3. **Desenvolver protocolos** entre a empresa e outras entidades externas, permitem aos colaboradores usufruir de condições especiais em diversos serviços, nomeadamente, descontos em hotéis/ pousadas, viagens, ginásios, combustível, telecomunicações, clínicas, etc.
4. **Definir, mensalmente, o operador do mês** que colaborou na resolução de problemas de qualidade provocado pelo processo, pelas matérias-primas ou outros. Como forma de

reconhecimento e de motivação, pelo seu envolvimento na melhoria contínua, o colaborador seria premiado e ser-lhe-ia atribuído um certificado de “colaborador do mês”.

5. **Desenvolver um programa de sugestões de melhoria**, que descreva um problema e apresente uma solução, promovendo o envolvimento do operador no processo de melhoria contínua e incentivando os colaboradores a sugerirem alterações ao seu posto de trabalho, permitindo aumentar o nível de satisfação do colaborador.

6.2. Objetivos Realizados

Os objetivos foram cumpridos ao longo do período do desenvolvimento da presente dissertação. O principal objetivo consistiu na implementação de indicadores de produtividade, tendo sido avaliados 7 indicadores de desempenho do processo, de forma a caracterizar o estado atual da empresa e potenciando a sua melhoria, reduzindo erros e aumentando o desempenho e produtividade. Contudo, o período de estágio permitiu avaliar o estado atual da empresa não possibilitando a quantificação das melhorias implementadas, prevendo um aumento da produtividade com a restante implementação das medidas propostas.

6.3. Limitações e Trabalho Futuro

A principal limitação relacionou-se com a informação não estar totalmente informatizada, denotando uma certa variabilidade no preenchimento dos registos de produção, dado que os colaboradores não compreenderão, totalmente, o seu impacto na avaliação de indicadores e por vezes prejudicando a veracidade dos dados, sendo necessário um acompanhamento rigoroso no futuro. Para além disso, verificou-se uma incerteza associada aos vários planos de contingência que foram sendo postos em vigor, derivado da pandemia que o mundo atravessa.

Apesar do tempo de realização da dissertação ter sido curto, levantaram-se um número elevado de questões com importância e relevância, que deverão servir de base para um estudo contínuo, usando o estado atual caracterizado como o ponto de referência para avaliar a evolução da empresa.

Como trabalho futuro e numa perspetiva de avaliação e melhoria contínua, sugere-se a continuação deste estudo, de forma a avaliar potenciais origens de 2ª qualidade e minimizando erros de produção e, consequentemente, o aumento da produtividade da empresa, assim como a elaboração de novas propostas de melhoria no processo produtivo.

6.4. Apreciação Final

Pessoalmente, o trabalho desenvolvido ao longo da dissertação foi de encontro aos objetivos propostos, tendo a estadia na empresa permitido o contacto com a indústria e proporcionado o conhecimento das diversas áreas inerentes ao processo industrial.

Ao longo da dissertação, realizaram-se tarefas de valor para a empresa de forma a avaliar o estado atual da empresa através da implementação de indicadores de produtividade, existindo bases para a continuação do trabalho no futuro, de forma a aumentar a confiança dos resultados obtidos e obter melhorias na produtividade.

Referências

- [1] (2021). Obtido de Monteiro Ribas: <https://www.monteioribas.com/pt/>
- [2] Guia de Acolhimento Monteiro, Ribas, Documento Interno. (2020).
- [3] Xavier, M. (2021). *Análise e Otimização de Produtividades na Produção de Couro Artificial*. Tese de Mestrado, FEUP, Engenharia Química.
- [4] Becker, R. (1998). *Lean Manufacturing and The Toyota Production System*.
- [5] Jones, D. & Womack, J. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. New York: Rawson Associates.
- [6] Jones, D. & Ross, D. et al. (2003). *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Londres: Simon and Schuster.
- [7] Ohno, T. (1998). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. CRC Press.
- [8] International Labour Organization. (2017). *Lean Manufacturing Techniques for Textile Industry. Competitive Industries*. (https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---africa/---ro-abidjan/---sro-cairo/documents/publication/wcms_621441.pdf)
- [9] Kato, I. & Smalley, A. (2010). *Toyota Kaizen methods: Six steps to improvement*. CRC Press.
- [10] Rodriguez, T. (2018). Produção Lean: os três M's para melhorar o seu negócio. Acedido em 23 de abril de 2021: <https://medium.com/drill/lean-production-2-the-three-ms-to-improve-your-business-3977c7b08f87>
- [11] Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge: MA: Productivity Press Inc.
- [12] Ahuja, I. & Khamba, J. (2008). *Total productive maintenance: Literature review and directions*. International Journal of Quality & Reliability Management, 25(7), 709-756.
- [13] Högfeldt, D. (2005). *Plant efficiency: a value stream mapping and overall equipment effectiveness study*. Tese Mestrado, Lulea University of Technology, Applied Physics and Mechanical Engineering.
- [14] De Groote, P. (1995). *Maintenance performance analysis: a practical approach* (Vol. 1). Journal of Quality in Maintenance Eng.
- [15] Kigsirisina, S., & Pussawiroa, S. (2016). *Approach for Total Productive Maintenance Evaluation in Water Productivity. A Case Study at Mahasawat Water Treatment Plant*.
- [16] Adesta, E., Agusman, D. et al (2018). *Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2-3. Acedido em 01 de maio de 2021: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/290/1/012024/pdf>
- [17] Chikwendu, A., & Chima, O. (2018). *Overall Equipment Effectiveness and the Six Big Losses in Total Productive*. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(4), 156-164. Acedido em 01 de maio de 2021: <http://oaji.net/articles/2019/4834-1563171814.pdf>
- [18] Egwuagu, O. & Okpala, C. (2016). *Benefits and Challenges of Total Productive Maintenance Implementation*. 7(3).
- [19] Barros, J., & Lima, G. (2009). *A influência da gestão da manutenção nos resultados da organização*. Rio de Janeiro.
- [20] Silva, J. (2013). *OEE – A forma de medir a eficácia dos equipamentos*. Acedido em 08 de maio de 2021: <https://pt.scribd.com/doc/15122575/OEE-A-FORMA-DE-MEDIR-A-EFICACIA-DOS-EQUIPAMENTOS>
- [21] Queiroz, L. (2015). *Planejamento e controle da manutenção aplicados ao processo de manufatura no ramo alimentício*. Fortaleza. (http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn_stp_206_224_28460.pdf)
- [22] Hansen, R. (2006). *Eficiência Global dos Equipamentos: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros*. Porto Alegre: Bookman.

- [23] Ljungberg, O. (1998). *Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities*. International Journal of Operations & Production Management, 18(5), 495- 507.
- [24] Cunha, A. (s.d.). *Development of Solutions for Improvement of the Productive System*. Instituto Superior Técnico, Engenharia Mecânica.
- [25] Reh, F. (2020). *The Basics of Key Performance Indicators*. The Balance Carrers.
- [26] Lean KPIs. (s.d.). (Lean Manufacture) Acedido em 26 de maio de 2021: <http://www.leanmanufacture.net/kpi.aspx>
- [27] Parmeter, D. (2014). *How to implement winning KPIs*. (https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4282325/mod_resource/content/0/INTRODUCTION%20DO%20IMPLEMENTING%20WINNING.pdf)
- [28] Parmenter, D. (2007). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- [29] Awan, H., Bhatti, M. et al. (2013). *Os indicadores-chave de desempenho (KPIs) e seu impacto no desempenho organizacional geral*. Quality & Quantity, pp. 3127-3143.
- [30] Aristiara, N., Purba, H. et al (2018). *Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) with Total Productive Maintenance Method on Jig Cutting: A Case Study in Manufacturing Industry*. Journal of Scientific and Engineering Research, 5(7), 397-406. (https://www.researchgate.net/publication/327672117_Analysis_of_Overall_Equipment_Effectiveness_OEE_with_Total_Productive_Maintenance_Method_on_Jig_Cutting_A_Case_Study_in_Manufacturing_Industry)
- [31] Dal, B., Greatbanks, R. et al (2000). *Overall equipment efectiveness as a measure of operational improvement*. Internacional Journal of Operations & Production Management, 20(12), 1488-1502.
- [32] Toolshero. (s.d.). Acedido em 16 de maio de 2021: <https://www.toolshero.com/quality-management/overall-operations-effectiveness/>
- [33] Ivanic, I. (1998). *Development of maintenance in modern production*. Euromaintenance'98 Conference Proceedings. CRO.
- [34] Lannone, R. & Nenni, M. (2013). *Managing OEE to Optimize Factory Performance*.
- [35] Pinheiro, J. (2011). *Indicadores-chave de Desempenho (Key Performance Indicators) aplicados à construção*. Tese Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Engenharia Civil.
- [36] Trigo, A. (2015). *Desenvolvimento de KPIs para avaliação da logística interna do armazém da empresa UNIVEG*. Tese de Mestrado, Técnico de Lisboa, Engenharia e Gestão Industrial.
- [37] Cabral, J. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção*. Lisboa: Lidel.
- [38] Torrel, w., & Avelar, V. (2004). *Mean Time Between Failure: Explanation and Standards*. Schneider Electric – Data Center Science Center , pp. 3-4.
- [39] Freitas, J. (2012). *Organização e melhoria do desempenho do centro de manutenção de apoio às linhas de montagem de autorrádios*. Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Engenharia e Gestão Industrial. Acedido em 12 de maio de 2021: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/23173/1/Tese%20Jo%C3%A3o%20Freitas%202012.pdf>
- [40] Iqbal, A. (2010). *Employee Turnover: Causes, Consequences and Retention Strategies in Saudi Organizations*. pp. 275-281. (https://www.researchgate.net/publication/215912138_Employee_Turnover_Causes_Consequences_and_Retention_Strategies_in_Saudi_Organizations)
- [41] Dias, E. (s.d.). *Dicionário Financeiro*. Acedido em 18 de maio de 2021, de <https://www.dicionariofinanceiro.com/turnover/>
- [42] ADENE - Agência para a energia. (s.d.). (adene) Acedido em 2021 de maio de 19, de <https://www.adene.pt/industria/>

Anexo A Processo Produtivo MRR

O couro artificial pode ser produzido com base em resinas de PU e/ou PVC. De um modo geral, são constituídos por três camadas distintas. Uma primeira camada compacta designada por **Top**, responsável pela cor e por vezes pelo gravado do artigo. Uma segunda camada, denominada por **espuma**, tem como função dar espessura ao artigo, sendo que, em artigos de PU, esta camada é facultativa. Por último, uma terceira camada designada por camada **adesiva**, com a função de agregar as camadas anteriores a um substrato têxtil, denominado como **suporte**, podendo ser malha, microfibra, coagulo, etc.

Na Figura A.1 representa-se um esquema do processo de produção na MRR.

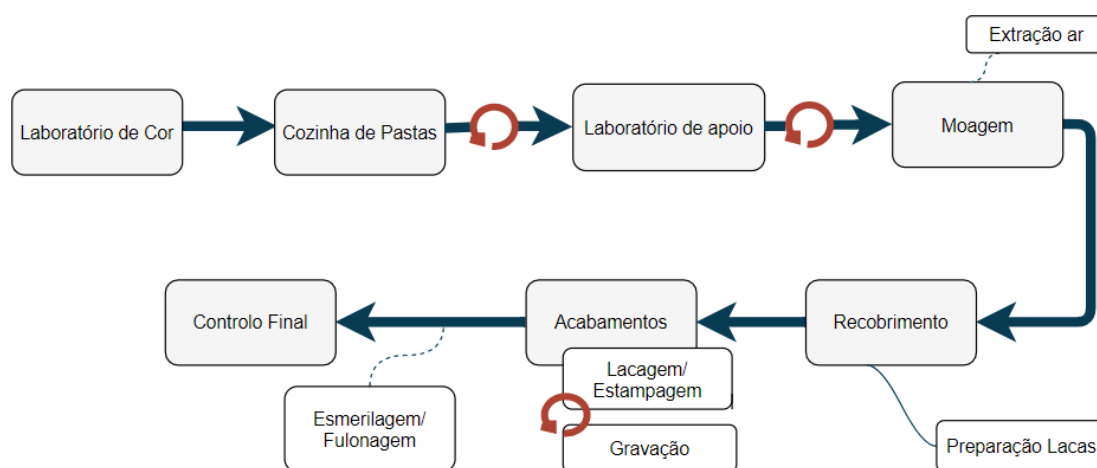


Figura A.1 Esquema do processo produtivo da MRR.

Laboratório de Cor

Por norma, o processo de fabrico de couro inicia-se no laboratório de estudo de cor, consoante três situações distintas:

1. Reformulação de uma cor já existente, devido a problemas causados pela utilização de um pigmento específico, pela interrupção da produção desse mesmo pigmento, ou ainda pela alteração da formulação desse pigmento, caso este venha em condições diferentes das habituais do fornecedor, quer estas sejam de origem física, química ou da própria tonalidade.
2. Produção de cores próprias, para incorporação no catálogo ou na coleção da próxima estação.
3. Especificação do cliente, através da formulação de uma nova cor a partir de uma amostra enviada pelo mesmo ou sob sua indicação.

As cores dos produtos obtêm-se pela conjugação de dois métodos: i) espectrofotometria, através de uma aplicação informática que realiza a comparação de cores e; ii) visualmente, através da experiência dos operadores, observando as amostras numa câmara de luz artificial.

As formulações realizam-se pela adição de 100 g de pasta virgem, livre de pigmentos, às quantidades de pigmento utilizadas para cada caso, sendo esta variável até se atingir a tonalidade pretendida. Para isso, as amostras leem-se num espectrofotómetro e comparam-se com uma amostra padrão que poderá ser um artigo já produzido, uma amostra de um cliente, ou outra amostra que se pretenda igualar em termos de tonalidade.

As cores aqui estudadas e formuladas, após *scale-up*, são produzidas à escala industrial, de acordo com a quantidade que o cliente deseja.

Cozinha de Pastas

Na cozinha de pastas, com base na ficha da formulação do produto que foi aprovada, pesam-se os componentes da pasta e adicionam-se a uma cuba, para agitação mecânica, de forma a obter uma pasta visualmente homogénea. Seguidamente, procede-se à adição dos pigmentos descritos na ficha de formulação de cor, procedendo-se a nova agitação, de modo a garantir a dispersão total e homogénea dos pigmentos.

Preparação de Lacas

Neste posto, os componentes que irão formar lacas ou tintas específicas, quer para retrabalho ou estampagem de um artigo, são vistoriados consoante o estado em que chegaram às instalações e comparados com o encomendado, tendo especial atenção algumas características que poderão indicar alguma anomalia no produto, como a tonalidade, transparência ou viscosidade.

Laboratório de Apoio

Das cubas, retiram-se amostras das pastas e simulada a sua produção recorrendo a uma estufa de menores dimensões, *Mathis LabDryers*, sendo esta mantida a 200 °C.

Após saída da estufa, a amostra é arrefecida, retirada do papel e comparada visualmente pelo operador com o padrão previamente estabelecido, sendo de seguida lida no espectrofotómetro, onde é comparada com o padrão previamente gravado no computador associado à amostra que foi estudada em laboratório.

Caso a diferença de cor seja pouco significativa, a cuba segue para a próxima etapa, a moagem. Caso contrário, o responsável adiciona novos pigmentos à cuba, de forma a corrigir a diferença lida pelo espectrofotómetro, realizando um novo teste de cor até que a diferença detetada no espectrofotómetro seja pouco significativa, seguindo, tal como no primeiro caso, para a moagem.

Moagem e Extração de ar

As pastas sofrem um processo de moagem, através da passagem por um moinho tricilindrico, de forma a homogeneizar o tamanho das partículas, impedindo a existência de grumos ou manchas de pigmentos.

Após os moinhos, o artigo é, novamente, simulado na estufa de forma a garantir que a homogeneização não alterou, significativamente, a tonalidade da amostra, ou seja, que a amostra retirada antes das pastas passarem nos moinhos era fidedigna e proveniente de pastas homogêneas. Caso contrário, é efetuado um novo acerto pelo operador e são repetidos todos os passos anteriormente descritos, até que após aprovação pré e pós-moinhos a pasta siga para extração do ar.

A extração de ar, realiza-se maioritariamente nas camadas *top*, uma vez que as bolhas de ar presentes na segunda camada, são responsáveis pela espessura e expansão do artigo. Esta é realizada numa cuba sob vácuo, isolada e agitada, de forma a remover bolhas de ar provocadas devido à elevada viscosidade de determinadas pastas, evitando assim a formação de crateras e manchas no artigo. Seguindo para a etapa de recobrimento.

Recobrimento

No recobrimento, o equipamento é constituído por zonas de aplicação de pasta, denominadas por cabeças, procedidas por estufas, onde se procede, essencialmente, a gelificação e cura das diferentes pastas. O sistema é composto por roldanas onde circula o papel e onde ocorre a aplicação, por ordem inversa, das camadas de pasta, sendo separado no final o papel do artigo.

A primeira camada do artigo, a qual pode ser uma laca ou a camada *top*, entra na primeira estufa, solidificando. De seguida, aplica-se a segunda camada e o artigo entra numa segunda estufa que se encontra a uma temperatura suficiente para gelificar esta camada, não ocorrendo a sua expansão. Por último, aplica-se a camada adesiva e o suporte, e numa última estufa, ocorre a correta adesão da última camada ao suporte, a expansão da segunda camada, a gelificação da primeira camada e a secagem da laca.

Ao longo do recobrimento, são retiradas amostras das diferentes camadas, para comparação com o padrão, de forma a garantir que o peso se encontra dentro do pretendido para aquele determinado artigo. Existem alguns parâmetros que devem ser controlados durante a produção de artigos, como o caso da espessura, que irá condicionar a velocidade de funcionamento da máquina e, respetivamente, o tempo de passagem na estufa. Este tempo, não pode ser excessivo de modo a provocar sobre-exposição, causando entre outros problemas a oxidação de determinados pigmentos ou a ocorrência de manchas de queimado.

No final da produção é ainda retirada uma amostra do artigo, de forma verificar, se a tonalidade obtida está conforme o pretendido, com o auxílio de um espectrofotómetro. Em caso afirmativo, o produto segue

para acabamento, caso contrário, segue para ensaio, de modo a determinar se os restantes acabamentos irão atenuar a diferença obtida ou intensificá-la. Caso se conclua que o artigo não será corrigido pelos acabamentos, inicia-se uma etapa de retrabalho. Este retrabalho consiste no recobrimento do artigo com uma laca de cor, que corrija a diferença detetada após o recobrimento inicial do artigo e que aproxime da tonalidade pretendida.

Estampagem/Lacagem

Após o processo de recobrimento, o artigo pode seguir diretamente para a medição e controlo final, ou então sofrer acabamentos. O processo de estampagem consiste num circuito de roldanas por onde passará o artigo, sendo que a estampagem ocorrerá pelo contacto de dois ou três cilindros, consoante a máquina.

Nesta etapa, ao artigo poderá ser aplicada uma laca, com o intuito de alterar certas propriedades como, diminuir a migração do plastificante para a superfície, o aumento da resistência, a alteração do tato e/ou do brilho do artigo. Em alternativa, o artigo poderá ser estampado, sem cor ou com uma cor diferente da do artigo, utilizando para tal um cilindro com o estampado em negativo. Nesta fase, pode realizar-se ensaios no artigo, de forma a acertar a tonalidade da laca a aplicar, consoante a amostra padrão.

Gravação

A gravação pode ser efetuada de duas formas distintas: pelo próprio papel usado no recobrimento, que já se encontra gravado e transportará esse efeito para a superfície do artigo, ou recorrendo a um cilindro de gravação. Este cilindro gravará a superfície do Artigo A diferentes níveis, ou seja, uma gravação mais ou menos profunda, consoante o nível de aperto e temperatura dos infravermelhos (chamadas infras), que causará novamente a fusão parcial da superfície do artigo. Para além disto e de forma a suavizar o aquecimento efetuado pela prensa e a reduzir a hipótese de o artigo queimar, existe um pré-aquecimento, fornecido por um tambor onde circula óleo térmico. Nesta fase, o cilindro de gravação estará em rotação e gravará à medida que o artigo for passando nesta fenda de contacto, criada entre este cilindro e um cilindro de borracha fixo que sofrerá o encosto (ou ataque) do cilindro que contém o padrão a gravar no artigo.

Esmerilagem/Fulonagem

Determinados artigos necessitam de uma etapa de esmerilagem, a qual consiste no polimento da superfície do artigo, conferindo-lhe um toque mais macio. A fulonagem baseia-se no esmagamento contínuo do artigo até que este se torne mais macio e mais flexível, perdendo a sua dureza.

Medição e Controlo Final

Depois de serem efetuados os acabamentos necessários para que o artigo seja concluído, este chega à medição e controlo final, onde o rolo é revisto, de modo a verificar a existência de defeitos pontuais ou cíclicos que poderão ter ocorrido durante a produção do artigo, como por exemplo, riscos, manchas, sujidade, falhas no gravado e/ou estampado,.

Se o produto estiver em conformidade, sem defeito, é dividido em rolos menores, embalado e identificado. Caso existam defeitos, o artigo é avaliado como: 1ª qualidade, 2ª qualidade, saldo ou não-qualidade. Sendo que lhe poderá estar associado nenhum desconto na venda, desconto automático ou calculado consoante o defeito para escoamento do stock e rentabilização do artigo.

Anexo B Fichas de Produção

Na Figura B.1 apresenta-se a estrutura da FAF utilizada ao longo do processo produtivo da MRR.

PRODUTO: _____

ENCOMENDA Nº _____ FICHA PRODUTO Nº _____

METRAGEM (m) _____ ROLO Nº _____

SUPORTE _____ FORNECEDOR _____ G.R. Nº _____

SUPORTE _____ FORNECEDOR _____ G.R. Nº _____

PAPEL _____ FORNECEDOR _____ DESCOLAGEM _____ Nº BOBINE _____

MÁQUINA	METROS	RUBRICA	TURNO / DATA	
			1º	2º
RECOBRIMENTO 1				
RECOBRIMENTO 2				
ESTAMPAGEM Nº				
ESTAMPAGEM Nº				
ESTAMPAGEM Nº				
ESTAMPAGEM Nº				
GRAVAÇÃO 1				
GRAVAÇÃO 2				
GRAVAÇÃO 3				
ESMERILAGEM				
FULÃO				

ESPESSURA ENTRADA G1/G2/G3 (mm)	Início do rolo		Meio do rolo		Fim do rolo	
	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.
ESPESSURA SAÍDA G1/G2/G3 (mm)	Início do rolo		Meio do rolo		Fim do rolo	
	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.

MEDIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME
	DATA: ____/____/____	RUBRICA: _____

OBSERVAÇÕES: _____

Figura B.1 Ficha de Acompanhamento de Fabrico, FAF.

Nas Figuras B.2 e B.3 apresenta-se as alterações efetuadas na FAF em fevereiro de 2021 e a atual, após novas sugestões de melhoria na discriminação dos tempos mortos.

TEMPO MORTO		
. Alteração da programação.....	☐	_____
. Problemas de tintas/lacas/cilindros/outros.....	☐	_____
. Ensaio	☐	_____
. Pessoal destacado para outra máquina ou serviço.....	☐	_____
. Limpeza da máquina.....	☐	_____
. Falta de energia/avariação da máquina/ Outras situações.....	☐	_____
. Obs.: _____		

Figura B.2 Discriminação tempos mortos na FAF, implementada em fevereiro 2021.

TEMPO DE PREPARAÇÃO				Cálculo da taxa de produtividade	
Início de Produção	__h__m	Tempo de preparação	Minutos	Tempo de presença:	__(m)
Reinício de Produção	__h__m	Tempo de preparação		TP+TM+TProd.	__(m)
Fim de Produção	__h__m	Tempo de preparação		Desvio	__(m)
				Prod. Teórica	__(%)

MÁQUINA DE ACABAMENTO TEMPO AUXILIAR					
GRAVAÇÃO		Nº de cilindros	Nº de peças		
1	2				
ESTAMPAGEM		Nº de cilindros	Nº de peças	Nº de lacas	Nº de tintas
1	2			PVC	PU

TEMPO MORTO	
.Alteração da programação	☐ _____
.Problemas de tintas/lacas/cilindros/outros	☐ _____
.Ensalos	☐ _____
.Pessoal destacado para outra máquina ou serviço	☐ _____
.Falta de energia/avaria da máquina/outras situações	☐ _____
.Limpeza de tintas/rolos/cilindros/máquina/outros	☐ _____
.Material não disponível	☐ _____
.Trabalhos acessórios	☐ _____
.Outras situações	☐ _____
.Observações: _____	

TEMPO PRODUTIVO				
OPERADORES	ARTIGO	METROS	VEL.	
1º TURNO ☐ 2º TURNO ☐				
DATA: __/__/__				
RUBRICAS				
CHEFE DE MÁQUINA: _____				
AJUDANTE DE MÁQUINA: _____				

Figura B.3 Ficha de Produtividade, FAF, implementação em julho 2021.

Anexo C Dados OEE

Na Tabela C.1 apresenta-se o contributo de cada máquina do processo relativamente à produção de 2020.

Tabela C.1 – Contributo por máquina para a produção total de 2020.

Máquina	Frequência Relativa	Frequência Relativa Acumulada
R2	21,3 %	21,3 %
E3	19,5 %	40,9 %
R1	18,1 %	59,0 %
G3	15,1 %	74,1 %
G2	9,5 %	83,6 %
E1	9,4 %	93,0 %
E2	5,3 %	98,2 %
G1	1,8 %	100,0 %

Nas Figuras C.1 a C.3 exibe-se a distribuição mensal dos componentes e do indicador OEE, para a E1, E2 e G1.

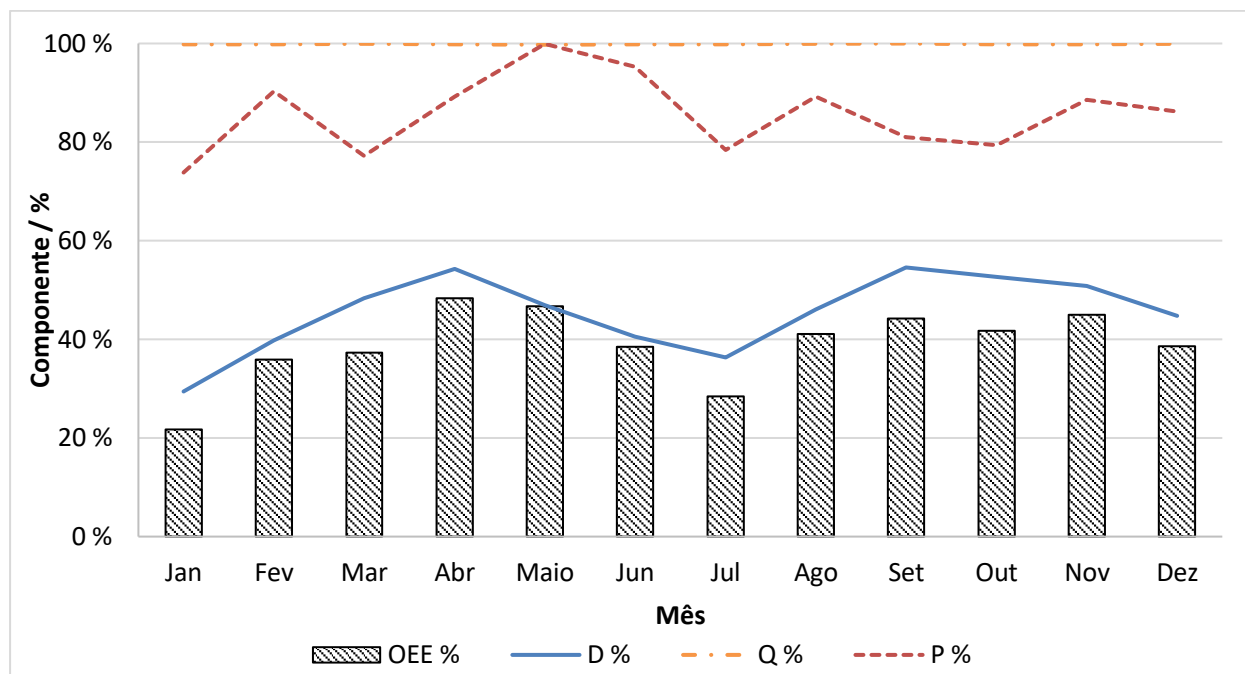


Figura C.1 Valores mensais do OEE e respetivas componentes referentes à E1.

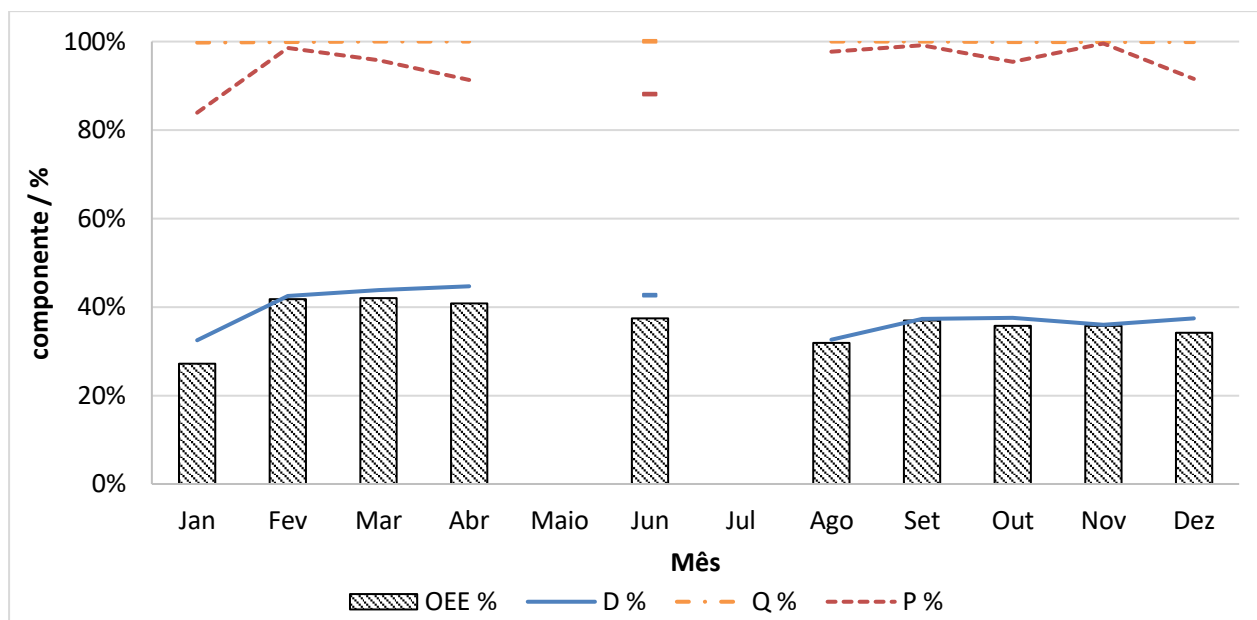


Figura C.2 Valores mensais do OEE e respectivas componentes referentes à E2.

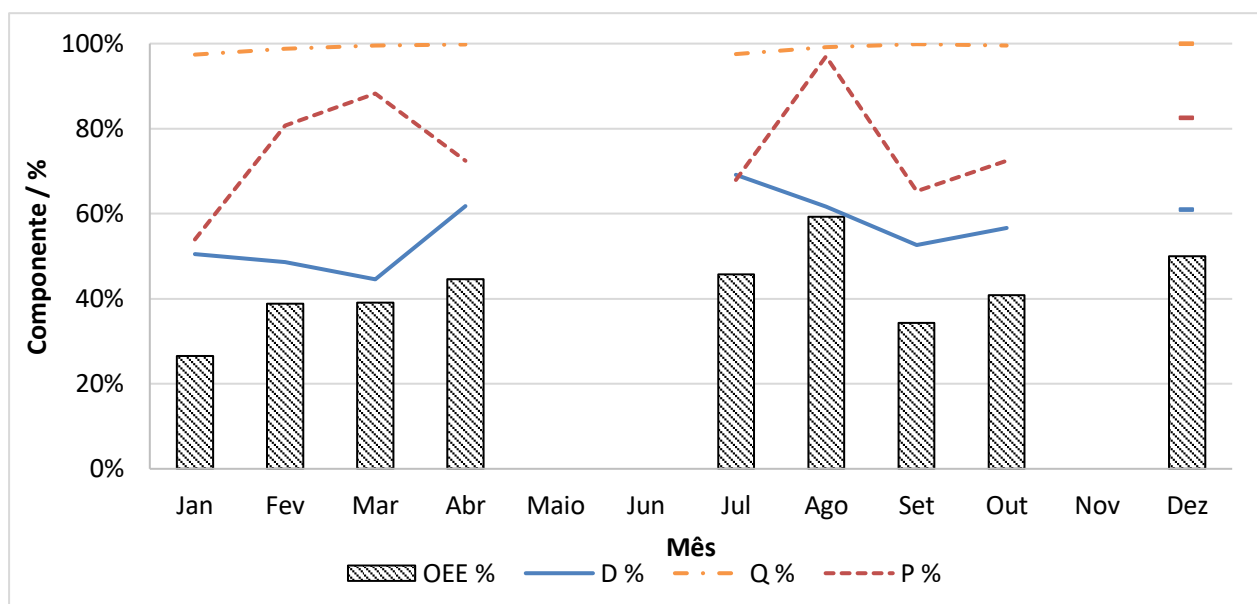


Figura C.3 Valores mensais do OEE e respectivas componentes referentes à G1.

Anexo D Dados indicadores

Na Tabela D.1 apresenta-se a informação relativa ao retrabalho, não conformidades, correções e os respetivos IR, consoante os metros produzidos e o número de artigo.

Tabela D.1 Dados cálculo IR.

	Sem correção	Retrabalhada	Não conformes	IR
Produção (m)	2 837	32 522	35 359	0,92
Número de artigo	12	97	109	0,87

Na Tabela D.2 apresentam-se a distribuição do PEP nas diferentes gamas e artigos considerados no cálculo do PP.

Tabela D.2 Dados para a determinação do indicador PPE.

Artigo	PEP (1 %)	PP (2 %)	PP (3 %)	TTE
A	-	11	33	65
B	14	33	59	79
C	-	2	10	30
D	3	25	88	247
E	4	109	285	596

Na Figura D.1 mostra a distribuição do número de falhas de cada máquina, para cálculo dos indicadores MTBF e MTTR.

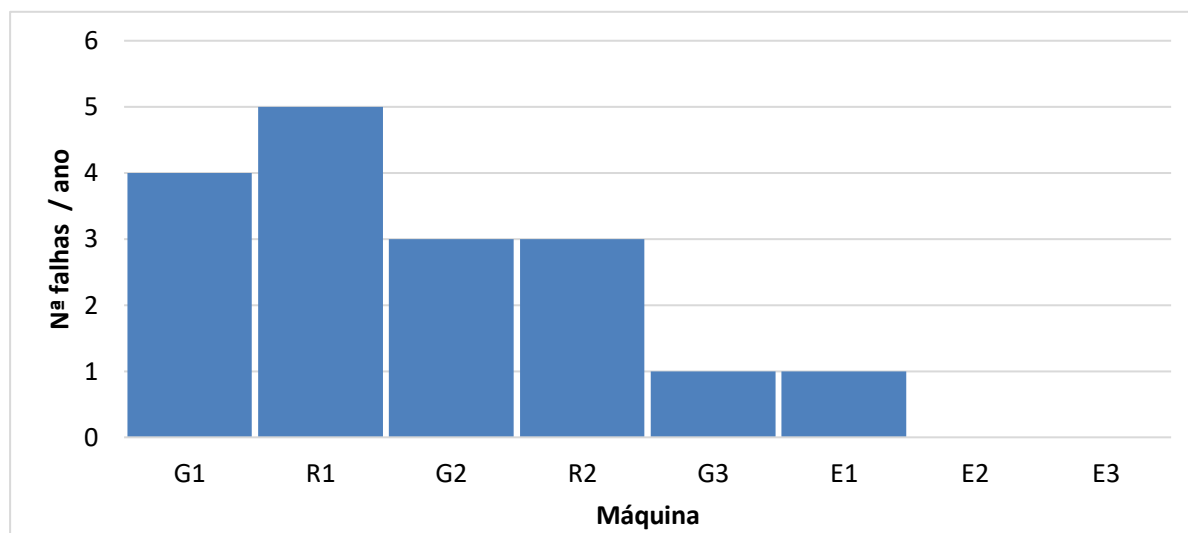


Figura D.1 Número de falhas do equipamento em 2020.

Na Tabela D.3 apresenta-se os valores mensais obtidos por tipo de energia consumidas em 2019 e 2020 para cálculo do CEE.

Tabela D.3 Valores mensais por tipo de energia consumida, em 2019 e 2020.

	2019			2020		
	Vapor + Termofluido (GJ)	Energia elétrica (GJ)	GN (GJ)	Vapor + Termofluido (GJ)	Energia Elétrica (GJ)	GN (GJ)
Janeiro	405	344	2 290	329	307	1 919
Fevereiro	338	329	1 745	302	276	1 650
Março	209	337	1 448	341	305	1 853
Abril	284	346	1 697	330	289	1 379
Maio	334	391	1 939	187	301	1 375
Junho	267	338	1 456	222	279	964
Julho	351	401	2 033	241	340	1 159
Agosto	55	252	448	105	282	912
Setembro	329	358	1 762	259	323	1 674
Outubro	360	369	1 992	258	296	1 606
Novembro	313	337	1 727	265	282	1 507
Dezembro	235	270	1 204	188	255	863
Total	3 480	4 072	19 741	3 024	3 536	16 860

Anexo E Percursos Artigos

Nas Figura E.1 a E.4 exibe-se a variação da 2ª qualidade por percurso de cada artigo e o respetivo número de passagem de artigos nesse percurso. Devido ao número elevado de percursos de cada artigo, apresentou-se graficamente os percursos com 2ª qualidade superior a 2 %.

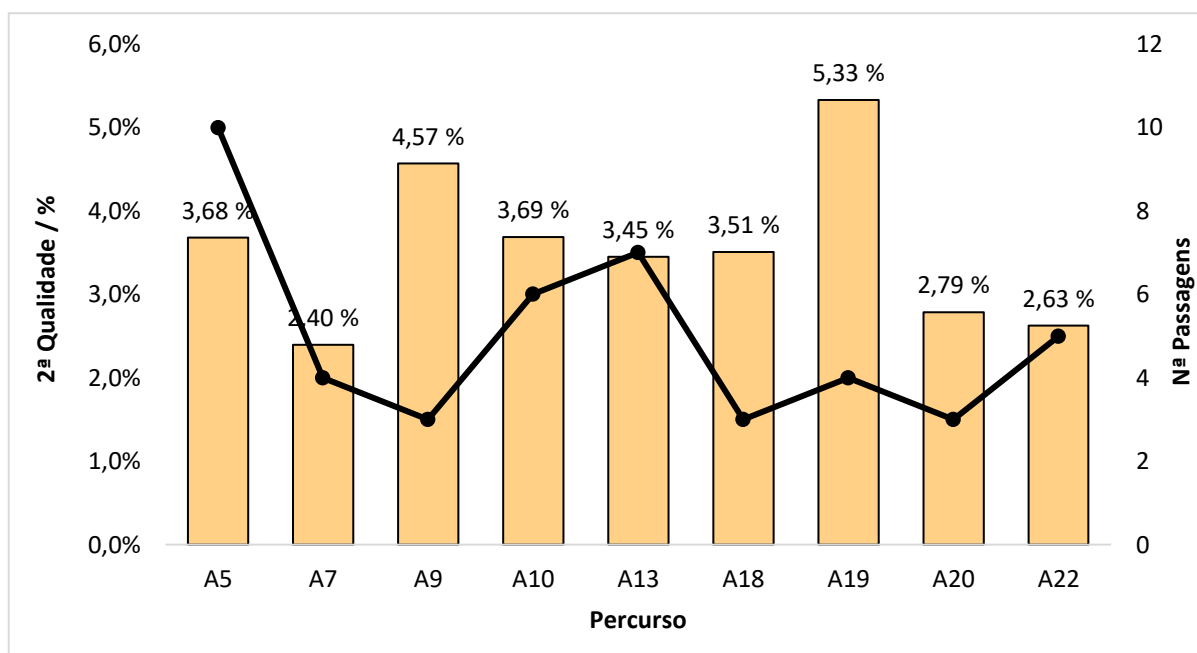


Figura E.1 Distribuição da 2ª qualidade por percurso e o respetivo nº de passagens, para o Artigo A

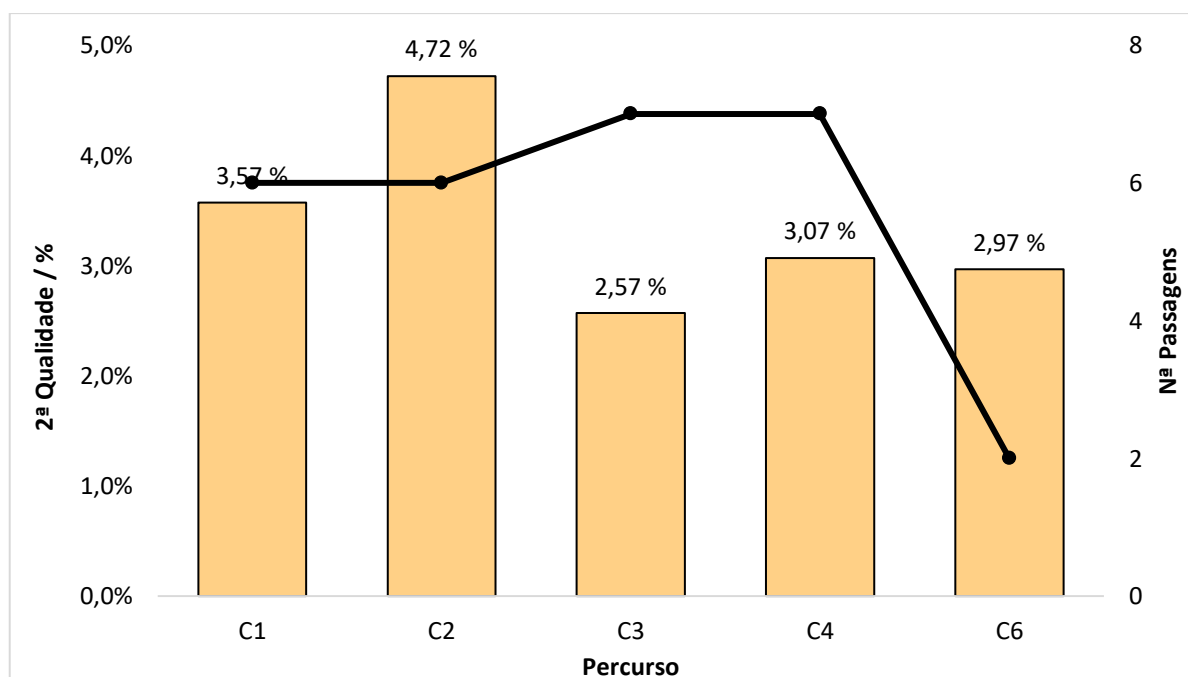


Figura E.2 Distribuição da 2ª qualidade por percurso e o respetivo nº de passagens, para o Artigo C.

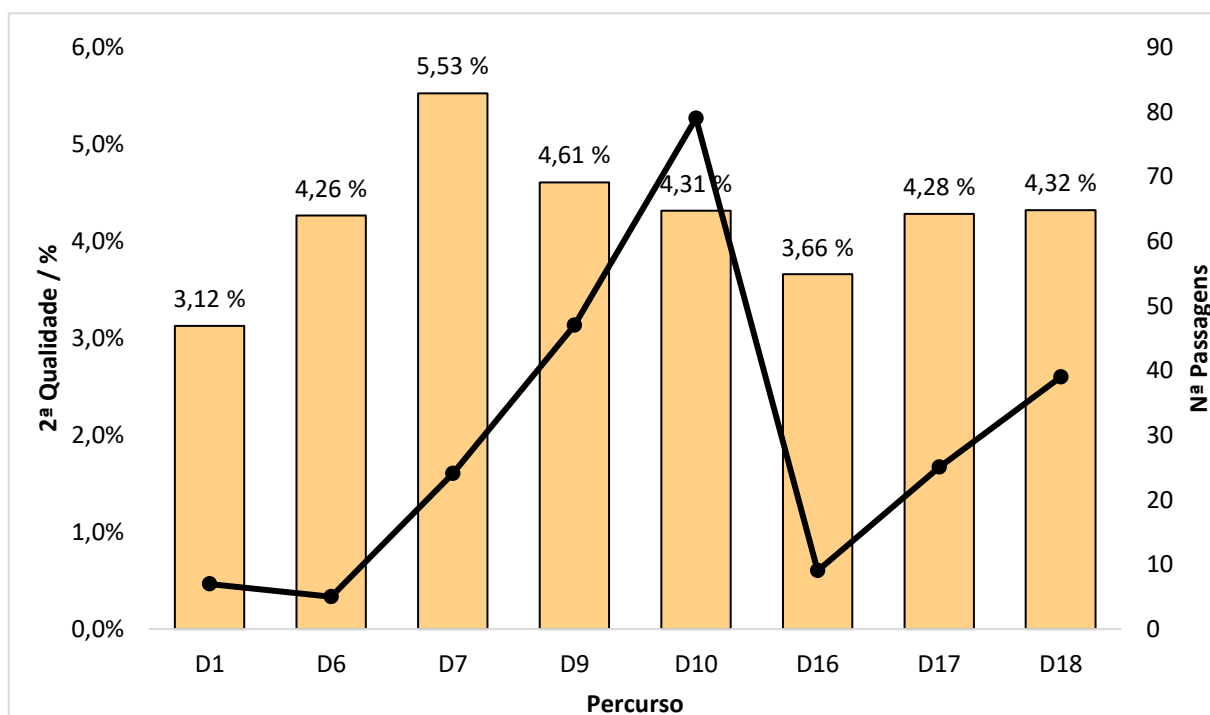


Figura E.3 Distribuição da 2ª qualidade por percurso e o respetivo nº de passagens, para o Artigo D

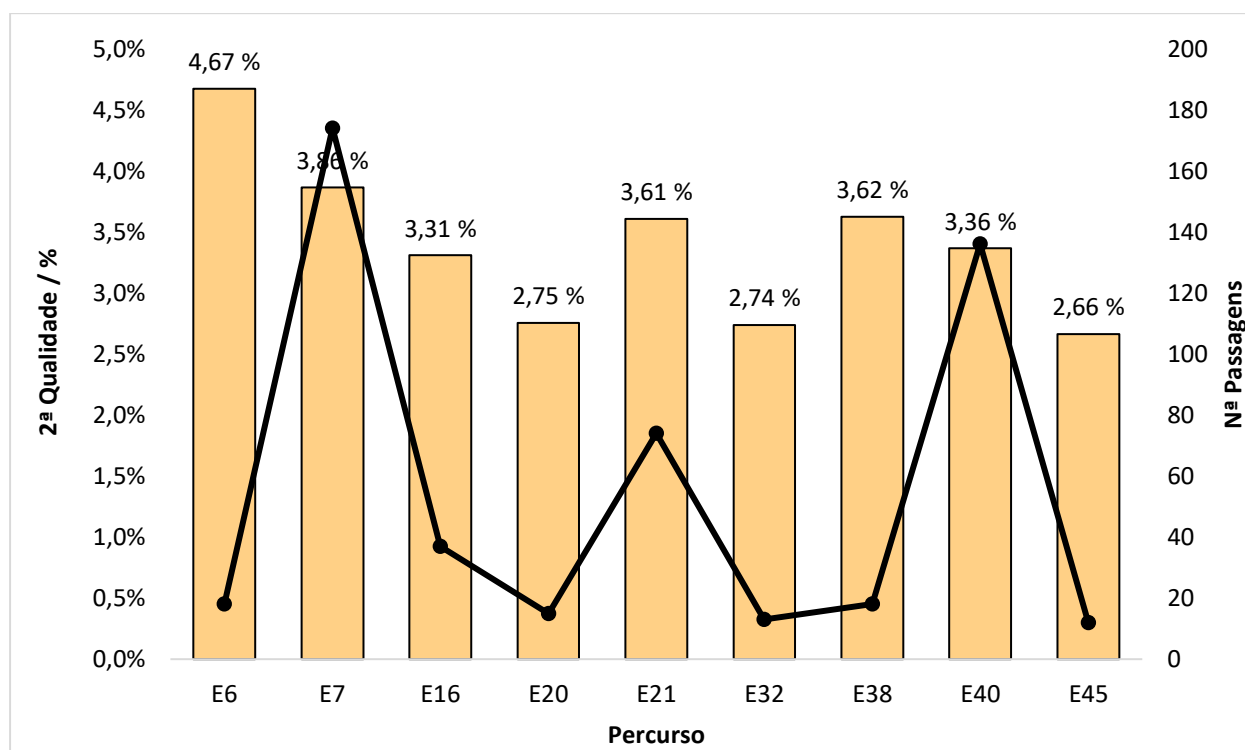


Figura E.4 Distribuição da 2ª qualidade por percurso e o respetivo nº de passagens, para o Artigo E.