MESG

MESTRADO EM ENGENHARIA DE SERVIÇOS E GESTÃO

Otimização da utilização de recursos através da metodologia Lean na área de tinturaria e acabamento numa empresa têxtil

Inês Isabel Carvalho Garcia Pinto Pereira

Tese de Dissertação de Mestrado

Supervisor na FEUP: Professor Alcibíades Paulo Guedes

Supervisor na Cottonanswer: Engenheiro José Morais

U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

2020-07-06

"Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive."

Ricardo Reis

Resumo

Este projeto foca-se no desenvolvimento de novas práticas de gestão dos recursos, nomeadamente energéticos e dos equipamentos industriais, tendo por base os princípios da metodologia Lean e uma das suas inovadoras ferramentas desenvolvidas recentemente – a metodologia MSM (Mapeamento das Camadas do Fluxo de Valor).

Foram aplicadas técnicas e ferramentas adjacentes ao pensamento Lean, que permitem uma orientação para o objetivo de otimização da utilização dos recursos nos processos das áreas de tinturaria e acabamento de matéria prima. Uma diminuição do consumo e desperdício energético e do equipamento industrial têxtil, e um consequente aumento da eficiência destes recursos, são também objetivos principais em estudo. A aplicação do MSM é um exemplo de uma estrutura de melhoria contínua, na medida em que combina camadas do fluxo de valor avaliadas pelo princípio conjugado da eliminação de resíduos com a criação de valor. É então identificada para uma variável a parte que agrega valor da que não agrega valor, em que os resultados concluem sobre o valor percentual da eficiência dos indicadores calculados. Esta componente quantitativa é aliada a um atributo qualitativo de gestão visual, o que atribui a esta metodologia uma compreensão mais fácil e intuitiva a quem beneficie da sua análise.

No sentido de alcançar os objetivos propostos, numa primeira fase, efetuou-se a identificação e caraterização dos equipamentos industriais existentes na empresa. O desenvolvimento desta atividade permitiu definir os principais equipamentos industriais no que concerne à utilização da energia, quer a nível de eletricidade, quer de gás natural, para posterior proposta de medidas assentes no contexto de melhoria e soluções Lean. Para tal**,** também foi necessário proceder-se à identificação do processo produtivo global da organização têxtil, de forma a melhor conhecer a organização e interpretar o problema. Os dados recolhidos, através de métodos de investigação qualitativa, serviram de base para posterior cálculo das potenciais eficiências da empresa. Após a análise das eficiências das variáveis que melhor definiam o problema das áreas produtivas referidas, foram também estudadas medidas que satisfaziam os requisitos legais inerentes a uma empresa que opera neste setor em estudo e as expectativas desta dissertação.

Em suma, este foi um projeto de otimização da utilização dos recursos e da gestão do fluxo de valor, através de sugestões de ações de melhoria, orientadas para as áreas de tinturaria e acabamento de matéria prima de uma empresa do setor têxtil. O desenvolvimento de um conjunto de propostas de implementação teve base na situação atual das áreas enunciadas da organização e na aplicação da metodologia MSM. Assim, os resultados obtidos foram analisados para criar soluções com o intuito de uma redução de desperdícios, de custos e de impacto ambiental, assim como a promoção do potencial aumento das eficiências dos equipamentos industriais, e a consequente sustentabilidade da organização no competitivo mercado atual. É expectável, através da correta implementação das propostas de soluções encontradas, que a empresa consiga reduzir os seus consumos e emissões de gases poluentes e, efetivamente, deixar de ser considerada uma instalação fabril Consumidora Intensiva de Energia (CIE), uma das motivações primordiais em torno da problemática em estudo.

Abstract

This project focused on the development of a new energy resource management strategy, namely considering the electric power and natural gas resources, based on an innovative Lean technique – MSM (Multi-Layer Stream Mapping).

In fact, the techniques and tools from Lean Thinking were applied in this project, allowing an orientation towards the objective of optimization of the processes' flow in the textile areas of dyeing and finishing of raw materials. Also are considered as objectives, a decrease in the energy consumption and waste and a decrease in the usage of textile industrial equipment, in these productive areas, and a consequent increase in the efficiency of these resources. The MSM methodology is an example of continuous improvement' structure, in which the layers of value flow are combined and evaluated by the principle of waste elimination and value creation, by identifying the variable part that adds value from the one that does not add value. In which, the results from this separation will representing the indicators' efficiency. These results that are presented in percentage and with a high visual management attribute, which gives an easier and more intuitive understanding for the users that are interested in this analysis.

To achieve the proposed objectives, an identification and characterization of the existing industrial equipment in the company was produced. The development of this activity made it possible to define the main industrial equipment in terms of energy use, electricity, and natural gas, for an implementation of improvement measures based on Lean solutions. To this end, it was also necessary to identify the overall production process of the textile organization, to better understand the organization itself and the problem's interpretation. The data collected, through qualitative research methods, served as a basis for the calculation of the company's resources' efficiencies. The studied resources were the ones that were considered to best defined the actual problem that this project aims to solve. The need to meet the legal requirements of the textile sector that the company is obliged to reach is also an objective for this report. After all the analysis of the data and the results obtained, by applying the MSM methodology, there are several proposed solutions, always with a continuous improvement vision.

In conclusion, this was a project to rationalize the value flow management and optimize the organization' resources through actions and suggestions for improvement, oriented specially to the areas of dyeing and finishing of raw material of a company in the textile sector. The development of a set of implementation proposals was based on the current situation of these organization's productive areas and the application of the MSM methodology. The results obtained were analyzed to create solutions with the goal of reducing waste, costs, and environmental impact, as well as the promotion of industrial equipment global efficiencies and the consequent sustainability of the organization in the current competitive market.

Agradecimentos

Primeiramente, quero agradecer ao meu orientador da FEUP, o Professor Alcibíades Paulo Guedes, por toda a disponibilidade ao longo do desenvolvimento da dissertação, pela forma como orientou, e principalmente, pelas críticas construtivas e sugestões que encaminharam o presente estudo.

Quero também deixar o meu agradecimento ao Sr. Engenheiro António Santos, ao Engenheiro José Morais e à Engenheira Marta Pimenta, da Cottonanswer, pela informação disponibilizada, cooperação e colaboração prestadas nos difíceis tempos que a empresa vivenciou. Assim como a todos os colaboradores que prontamente me ajudaram e enquadraram na temática do setor em estudo.

Agradeço, também, ao Dr. Rui Pereira Dias e à Professora Drª. Odete Paiva Leite pelo papel relevante que possuíram nesta dissertação.

Aos meus amigos, por me motivarem e encorajarem nos momentos mais difíceis, pela manutenção da minha sanidade mental, e pela amizade ao longo dos últimos anos, o meu enorme agradecimento.

Finalmente, à minha família pela oportunidade, condições, ajuda e confiança que sempre me proporcionaram e depositaram. Não podendo de deixar de referir pai, mãe e irmã, que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a ser mais e melhor. Sem eles nada disto seria possível.

Citando Antoine de Saint-Exupéry, “Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.”

A todos o meu muito obrigada.

Tabela de Índice

1. Introdução 1
1.1 Enquadramento do projeto 1
1.2 Descrição do problema na Cottonanswer 2
1.3 Objetivos do projeto 3
1.4 Organização e conteúdos abordados 3

2. Revisão da literatura 5
2.1. Indústria têxtil 5
2.1.1 Enquadramento histórico 5
2.1.2 Caraterização e evolução da Indústria 6
2.1.3 Consumo de energia nas Indústrias transformadoras 7
2.1.4 Consumo de energia na Indústria têxtil 9
2.2. Metodologia Lean 10
2.2.1 Enquadramento histórico e evolução 10
2.2.2 Princípios e pensamento Lean 11
2.2.3 VSM - Mapeamento do fluxo de valor 13
2.2.4. MSM - Mapeamento das camadas do fluxo de valor 16
2.2.4.1 Descrição 17
2.2.4.2 KPIs – indicadores-chave de desempenho 19
2.2.4.3 Scorecards – cartões de pontuação 23
2.3 Lean nas Indústrias de processo 24
2.4 Lacunas na literatura 26

3. Identificação do problema 27
3.1 Definição do caso de estudo: Cottonanswer 27
3.2 Caraterização dos consumos e custos energéticos 29

4 Metodologia de investigação 31

5. Resultados - caso de aplicação na Cottonanswer 33
5.1 Observação: levantamento do processo produtivo 33
5.2. Análise dos dados recolhidos 36
5.2.1 Definição dos KPIs 36
5.2.2 Equipamentos analisados 40
5.3 Resultados obtidos 41
5.4 Soluções propostas 47

6 Conclusões e propostas para trabalho futuro 52

Referências 54

Anexo A: Tabela de organização dos dados referentes aos KPIs 57

Anexo B: Caraterização da planta do piso 0 da Cottonanswer, em Barcelos 58

Anexo C: Caraterização dos tipos de processo de tingimento da Cottonanswer no ano de 2018, e caraterização de cores 59

Anexo D: Lista dos equipamentos referentes à área da tinturaria 60

Anexo E: Lista dos equipamentos referentes à área de acabamento 62

Anexo F: Caraterização dos Jets por capacidade e tipo de processo de tingimento. 63
Anexo G: *Scorecard* N2. Linha 1 64
Anexo H: *Scorecard* N0. Máquina de Preparação 4 66
Anexo I: *Scorecard* N0. Jet 27 67
Anexo J: *Scorecard* N0. Espremedeira 2 68
Anexo K: *Scorecard* N0. Secadeira 69
Anexo L: *Scorecard* N0. Râmula 1 70
Anexo M: *Scorecard* N0. Sanfor 71
Anexo N: *Scorecard* N2. Linha de Tinturaria 1 72
Anexo O: *Scorecard* N2. Linha de Acabamento 1 73
Anexo P: *Scorecard* de Recursos 74
Anexo Q: *Scorecard* de Operações 75

Lista de Figuras

Figura 1- Evolução da ITV relativo a 2010-2017, retirado de DGAE (2019) 7

Figura 2- Evolução do peso da Indústria têxtil na Indústria transformadora, relativo ao consumo de gás natural e de eletricidade, de 1990 a 2018, criado com base nos Balanços Energéticos anuais da DGEG 8

Figura 3- VSM exemplificativo, adaptado de Rother & Shook (2003) 14

Figura 4- Comparação entre VSM e MSM, adaptado de Lourenço et al., 2013 18

Figura 5- Legenda de Cores referente à metodologia MSM 19

Figura 6– Estrutura MAD, adaptada de © 2009 TDWI 21

Figura 7– Cascata Vertical e Horizontal, adaptado de Eckerson (2009) 22

Figura 8– Scorecard resumo exemplificativo, adaptado de Lourenço et al., 2013 24

Figura 9- Planta da fábrica da Cottonanswer, em Barcelos 28

Figura 10- Fluxograma da Cottonanswer, adaptado ao âmbito do caso de estudo 28

Figura 11- Consumos, custos e emissões de GEE por fonte de energia na Cottonanswer, 2015 29

Figura 12- Consumo por fonte de energia por setor, na Cottonanswer, 2015 30

Figura 13– Scorecard resumo, referente à Linha do produto 1 44

Figura 14- Gráfico da divisão de AV e NAV na linha da tinturaria 1 44

Figura 15- Gráfico da divisão de AV e NAV na linha de acabamento 1 44

Figura 16- Gráfico de evolução do mês de janeiro entre o ano de 2019 e 2020 45

Figura 17– Gráfico da evolução dos indicadores estratégicos, entre 2015 e 2016 46

Figura 18– Gráfico da evolução indicadores energéticos, entre 2015 e 2016 46

Figura 19– Gráficos referentes à comparação do consumo energético e emissões GEE, entre 2015 e 2016 47

Lista de Abreviaturas e Símbolos

€ - euro

A – Ampere

AV – Acrescenta valor

D – Desperdício, parte da produção que não acrescenta valor

g/m^2 – grama-metro quadrado

GWh – GigaWatt-hora

h – Hora

kg – quilograma

$kgCO_2e$ – quilograma de gases de efeito estufa equivalentes de carbono

LT – Tempo total de produção (*Lead Time*)

m – Metro

min – minuto

NAV – Não acrescenta valor

ºC – graus Celsius

P – Produção, parte que acrescenta valor

p.p. – pontos percentuais

s – Segundo

t – Tonelada

T – Total de produção

tep – tonelada equivalente de petróleo

V – Volt

W – Watt

Φ – Eficiência

Lista de Siglas e Acrónimos

AE – Auditoria energética

CE – Consumo específico de energia

CIE – Consumidoras Intensivas de Energia

DGAE – Direção-Geral das Atividades Económicas

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

FBCF – Formação bruta de capital fixo

GEE – Gases de efeito estufa

IC – Intensidade carbónica

IE – Intensidade energética

INE – Instituto Nacional de Estatística

ITV – Indústria Têxtil e Vestuário

JIT – Just-*in-time*

KPI – Indicador-chave de desempenho (*Key Performance Indicator*)

LGN – *Lean Global Network*

MAD – Monitorizar, analisar e detalhar (*Monitor, Analyze and Drill*)

MIF – Fluxo de informação e material *(material and information flow*)

MSM – Mapeamento das camadas do fluxo de valor (*Multi-Layer Stream Mapping*)

OEE – Eficiência Global do Equipamento (*Overall Equipment Efficiency*)

PIB – Produto Interno Bruto

SI – Sistema de Informação

SMED - redução dos tempos de *setup* (*Single Minute Exchange of Die*)

STV – Setor têxtil e vestuário

TPS – Sistema de Produção Toyota

UE – União Europeia

VAB – Valor acrescentado bruto

VN – Volume de negócios

VSM – Mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping*)

WS – Normalização do trabalho (Standardized work)

1. Introdução

No presente capítulo é feita uma introdução e exposição ao tema em estudo, através do enquadramento do projeto, da descrição do problema a desenvolver**,** assim como da identificação dos objetivos e pontos que a investigação pretende resolver. Por último, apresenta-se a estrutura de organização da presente dissertação.

1.1 Enquadramento do projeto

O aumento dos custos relacionados com o consumo global de energia, nomeadamente energia elétrica e gás natural, e a sustentabilidade económica e ambiental são conceitos dependentes. Neste contexto, este projeto surge no âmbito da procura constante pela inovação, por parte de uma empresa de prestação de serviços na área da Indústria têxtil, em termos de novas medidas e procedimentos de boa gestão, a fim de assegurar a racionalização e a promoção da eficiência dos equipamentos industriais têxteis, de forma a contribuir positivamente para a manutenção da competitividade de qualquer empresa que opere neste setor. Tal pode ser conseguido através da perspetiva de melhoria contínua, garantida através de ferramentas e princípios Lean (Pacheco, 2014).

No que concerne ao consumo de recursos energéticos em Portugal, a Indústria têxtil tem um peso significativo, cerca de 1,54% no ano de 2017, e a Indústria transformadora, setor onde a ITV (Indústria Têxtil e Vestuário) se insere, foi responsável por cerca de 27,20% nesse mesmo ano. Assim, a preocupação com a eficiência energética, nomeadamente gás natural e energia elétrica, e a importância do setor referido e da Indústria na sua afetação precisa de ser alvo de monitorização constante, tanto através da redução do impacto ambiental como da redução dos custos financeiros incorridos pela organização, que por sua vez poderá ditar a viabilidade da mesma no mercado atual. O estudo da ITV torna-se de real relevância igualmente do ponto de vista do seu peso nas exportações portuguesas, 8,94% em 2017, gerando, aproximadamente, 5,2 mil milhões de euros ao nosso país.

A metodologia Lean tem vindo, cada vez mais, a gerir os modelos de suporte a novas práticas de gestão. A aplicação dos princípios Lean a uma organização traduz-se em diminuir o desperdício e, assim, aumentar a eficiência e o desempenho global do sistema, pela normalização das tarefas subjacentes aos processos e flexibilizando a produção. Neste projeto, ao seguir-se a filosofia Lean, procura-se o desenvolvimento de medidas que assegurem uma boa gestão, a fim de obter uma maior rentabilidade energética sustentável e, pelo menos, mantendo o nível de produção da organização. Neste âmbito, é estudada a metodologia '*Multi-Layer Stream Mapping'*, denominada pela sigla MSM, que foi desenvolvida pelo Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial e apresentada em Singapura, em abril de 2013. Esta inovadora metodologia surgiu, em associação com o Centro de Pesquisa de Recursos Naturais, como uma abordagem combinada de avaliação do nível de ecoeficiência para processos industriais (Lourenço *et al*., 2013). Desde a sua criação, esta metodologia tem sido implementada por vários autores em diferentes setores industriais, tais como o estudo do sistema produtivo da Indústria de madeira compensada (Lourenço *et al*., 2013), de moldagem por injeção (Gomes, 2016), de aglomerados de madeira (Vieira, 2014), e têxtil (Fraga, 2014). Os resultados obtidos levaram à revelação da parte de processos e recursos que não acrescenta valor, o que possibilitou uma posterior melhoria da eficiência sustentável do desempenho desses mesmos recursos utilizados.

1.2 Descrição do problema na Cottonanswer

No setor têxtil, os custos energéticos são um dos maiores elementos dos custos totais das empresas. De facto, para uma empresa têxtil poder operar de uma forma eficaz são necessários diversos equipamentos industriais, muitas das vezes a operar 24h por dia, principalmente na área de tinturaria e acabamento, o que se traduz num elevado consumo de recursos energéticos. É desta forma que a análise contínua da gestão da utilização destes recursos é imprescindível para a obtenção da sua otimização, principalmente nas duas áreas produtivas anteriormente referidas.

A Cottonanswer é uma empresa inserida na ITV, onde emprega mais de 160 trabalhadores, com cerca de metade deste número proveniente da empresa precedente, de forma a aproveitar todo o *know-how* inerente à experiência de laboração no setor. Assim, esta empresa opera nas antigas instalações de uma outra empresa têxtil, mudando tanto o nome como a cultura e atitudes perante os desafios do mercado atual. Sempre com o objetivo de fornecer um produto que o cliente procure, a empresa dá uma grande importância à qualidade do produto final, oferecendo uma grande diversidade de produtos e serviços.

Atualmente, as empresas do setor têxtil, tal como a Cottonanswer, estão a tomar decisões operacionais com especial atenção às questões ambientais, tentando-se manter dentro dos parâmetros de consumo energético considerados aceitáveis a nível nacional e internacional. Paralelamente, os níveis de consumos dos equipamentos industriais têxteis incorrem, em média, em cerca de 30% dos custos totais de uma empresa neste setor. Deste modo, este projeto intende obter medidas que racionalizem os consumos de energia, para que a empresa cumpra os parâmetros estabelecidos legais e também tire vantagens técnico-económicas de uma boa utilização destes recursos. Na verdade, o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia tem como objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos das instalações na área da Indústria denominadas CIE, regulado pelo Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril de 2008 (Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril do Ministério da Economia e da Inovação, 2008). As instalações industriais são consideradas CIE, se apresentarem um consumo anual igual ou superior a 500tep, na medida em que o consumo da Cottonanswer foi de 1.893tep/ano no ano de 2015, denota-se a necessidade da implementação de medidas que não só eliminem o desperdício de valor, mas também eliminem as suas fontes. A IC (intensidade carbónica) medida na empresa nesse mesmo ano foi de 2,57tCO2e/tep e a IC no consumo de energia em Portugal, para o período considerado, foi de 2,19tCO2e/tep, o que denota a importância e urgência em monitorizar e estudar medidas que melhorem o desempenho e o nível de eficiência das empresas, nomeadamente no setor em estudo. A IC é um indicador medido pelo quociente entre o valor das emissões de GEE (gases de efeito estufa) resultantes da utilização das várias formas de energia e o consumo total de energia, informando sobre a qualidade da energia usada, ao nível dos GEE.

Será estudado, deste modo, o equipamento industrial produtivo na área da tinturaria e acabamento da empresa têxtil, e a sua caraterização, de forma a identificar os seus consumos energéticos. Dado o curto espaço temporal disponível para o desenvolvimento deste projeto e o longo processo produtivo da empresa, este projeto foca-se nos processos de capital intensivo**,** onde a energia e os equipamentos têm um peso colossal**,** tanto nos custos globais como no impacto ambiental. Assim, serão excluídos neste estudo a área da confeção e os serviços administrativos, pois não representam significância na estrutura de consumo de energia da empresa – cerca de 6% e 2%**,** respetivamente. Os serviços auxiliares da produção também não

serão estudados, como por exemplo o gerador de vapor. Os armazéns de matéria prima e de produto acabado também não são incluídos**,** pois inserem-se de forma transparente na área fabril e**,** do ponto de vista energético**,** não são significativos. O Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e Vestuário, no ano de 2012, fez um estudo a empresas do ITV**,** a fim de proceder à caraterização energética**,** e os resultados obtidos reportaram que a área da tinturaria, nomeadamente de tecido e de malha, e a de acabamento são os que mostram um dos maiores valores médios de consumo total de energia, representando os valores mais elevados de emissão de GEE, e também de CE (consumo específico de energia) médio e de IC, o que também corrobora a escolha de análise destas duas áreas para o presente caso de estudo. O CE é um indicador medido pelo quociente entre o consumo global de energia e a totalidade da produção da instalação industrial, que informa sobre a quantidade total de energia consumida na fabricação de um determinado produto.

Numa segunda fase, será proposto um plano de ações de melhoria para a otimização do consumo dos recursos energéticos e do equipamento industrial**,** através da implementação de técnicas e princípios adjacentes à metodologia Lean, com a finalidade de otimizar o consumo dos mesmos.

Outra questão fulcral que referencia esta dissertação é a competitividade das empresas, principalmente dentro do setor industrial, ainda que o mercado global também varie com a gestão que as mesmas fazem dos seus recursos, e consequente gestão dos custos. Deste modo, é indubitável a necessidade de garantir um eficiente consumo dos recursos disponíveis, permitindo maximizar a criação de valor. A metodologia MSM integra os conceitos de sustentabilidade ambiental e os princípios de melhoria contínua, permitindo identificar quais as etapas produtivas e/ou equipamentos industriais que estão a operar a baixa eficiência, caso existam, e que, por conseguinte, devem ser alvo de ações de melhoria contínua. Assim, a validação da aplicação desta metodologia por parte da empresa a este caso de estudo foi imediata.

1.3 Objetivos do projeto

Os objetivos principais do projeto estão assentes nos três seguintes pontos:

- Identificar os recursos com maior importância a nível de utilização e de custos nas áreas produtivas de tinturaria e acabamento;
- Identificar os processos destas áreas mais ineficientes na utilização dos recursos, nomeadamente energéticos e do equipamento;
- Propor ações de melhoria para as ineficiências detetadas, e avaliar a viabilidade dessas ações.

Estes objetivos surgiram no âmbito de, aliados à metodologia e princípios Lean, dotar a empresa com medidas que assegurem a racionalização dos recursos e a sustentabilidade no competitivo mercado nacional e internacional, assim como o cumprimento da empresa no que concerne aos níveis de consumos energéticos de instalações empresariais referenciados na legislação portuguesa.

1.4 Organização e conteúdos abordados

A presente dissertação encontra-se dividido em seis capítulos. No primeiro capítulo**,** introduz-se a visão geral do projeto, através do enquadramento e da apresentação e descrição do problema que se pretende desenvolver e solucionar, assim como os objetivos. No capítulo

seguinte, o contexto literário e estado da arte são expostos com uma revisão da literatura, onde são referidas publicações e autores notórios das temáticas relevantes abordadas na dissertação – Indústria têxtil e metodologia de gestão Lean – com o intuito de auxiliar a compreensão. As lacunas consideradas existentes na literatura revista, e que servem de base para a evolução do melhoramento para o desenvolvimento do projeto também são explicadas no final deste capítulo.

A identificação do problema inerente à gestão da utilização dos recursos energéticos e dos equipamentos são investigados e desenvolvidos ao longo do terceiro capítulo, subdividido primeiramente na definição do caso de estudo exposto, seguindo-se uma abordagem mais profunda do consumo energético e dos equipamentos, a nível global do setor têxtil e da empresa em estudo. O capítulo quatro relata a metodologia de investigação adotada neste projeto, com uma breve introdução e comparação de dois métodos de investigação existentes, as principais vantagens da metodologia escolhida e a explicação da recolha dos dados necessários para obter os resultados. O quinto capítulo divide-se em duas partes**:** primeiramente são descritos a observação e a análise dos dados e dos KPIs (indicadores-chave de desempenho) e a sua aplicação com base na metodologia MSM, a fim de obter as eficiências das variáveis. Continua-se na segunda parte com os resultados obtidos e uma análise crítica de modo a extrapolar os resultados inicias para uma aplicação dos mesmos ao equipamento industrial generalizado, propondo soluções assentes no pressuposto Lean de melhoria contínua. No último capítulo, observa-se o culminar do projeto com a apresentação do sumário dos resultados e a sua relação com os objetivos do projeto, assim como com a literatura apresentada no capítulo dois. Uma posterior contribuição para trabalhos futuros e constrangimentos experienciados também são descritos neste capítulo.

2. Revisão da literatura

A Indústria têxtil é uma das maiores e mais amplas Indústrias, empregando um elevado número de pessoas e com uma grande variedade de equipamentos de produção. Para uma empresa que opera nesta Indústria, aliar o seu modelo de gestão ao pensamento Lean pode desenvolver competências diferenciadoras imprescindíveis para a sua competitividade e sustentabilidade no mercado português e internacional. Este capítulo aborda as duas principais temáticas de investigação relevantes para este projeto, a ITV, tanto a nível nacional como europeu, e a metodologia de gestão Lean, contextualizando assim o enquadramento este projeto.

2.1. Indústria têxtil

2.1.1 Enquadramento histórico

A ITV é, de facto, uma das mais tradicionais em Portugal, integrando a Indústria transformadora que, ainda nos dias de hoje, se mantém como uma das suas principais e maiores componentes.

A origem da produção têxtil, e da Indústria, surgiu na Primeira Revolução Industrial, no final do século XVIII, e o desenvolvimento da industrialização potenciou a evolução de unidades produtivas como a fiação, a tecelagem, a tinturaria, o acabamento de malhas, os têxteis-lar e ainda os têxteis técnicos, a cordoaria e a confeção. Foi, então, devido à existência de regimes especiais de acordos mundiais no comércio de vestuário nas décadas de 1770 e 1780, que a ITV portuguesa desenvolveu as suas atividades de forma a equilibrar o comércio internacional neste setor. Em 1788**,** havia 38 unidades de tecido e 18 de tinturaria, em 1852**,** a Indústria têxtil já demonstrava um leve crescimento. Analisando a estrutura da Indústria portuguesa em 1955, o setor têxtil representava 15,72% do produto nacional e empregava 23,87% dos trabalhadores empregados em todos os setores (Alves, 2012).

De acordo com os dados da Associação Têxtil e Vestuário de Portugal, após um máximo histórico no VN (volume de negócios) em 2001, superior a 8 mil milhões de euros, o STV (setor têxtil e de vestuário) viu uma redução significativa no VN e no emprego, produção e exportações nos anos subsequentes. Estas alterações resultaram principalmente das mudanças tecnológicas, da evolução dos custos de produção, da concorrência internacional e da eliminação das quotas de importação (ATP, n.d.; CITEVE, 2012). A crise internacional de 2008 também trouxe consequências negativas a este setor, e em 2009**,** a ITV registou um valor mínimo no VN e de transações com o exterior. No entanto**,** verificou-se, a partir de 2010, uma forte recuperação da atividade industrial, baseada na junção de diversos fatores, tais como o aumento da percentagem do VN deste setor face a Portugal, de 0,34%, e do VAB (valor acrescentado bruto) em relação ao total de Portugal, de 0,39%, ambos entre os anos de 2012 e 2016 (DGAE, 2018b, 2018a). Na verdade, a recuperação do STV seguiu a evolução do VN total da Indústria transformadora, permitindo um crescimento sustentado das respetivas atividades industriais. Também é importante considerar o número de pessoal ao serviço no STV, sendo Portugal o 4.º país da UE (União Europeia) que em 2016 mais empregou, refletindo-se em 3,66% da população empregada portuguesa. Ainda que, de 2010 a 2016, este valor tenha apresentado uma variação negativa de 0,20%, está acima da média da EU, nesse mesmo período, com 1,80% (CENIT, 2017). Atualmente, a Indústria nacional segue princípios de sustentabilidade social e ambiental. Similarmente, se denota que a inovação tecnológica e novos métodos de produção têm sido uma tendência de implementação por parte da ITV, principalmente desde 2014, no nosso país assim como nos seus principais competidores europeus, Alemanha, Itália e Espanha.

2.1.2 Caraterização e evolução da Indústria

A ITV abrange diversas atividades, desde a transformação de fibras têxteis, de origem natural ou sintética, em fios e tecidos, até à produção de uma ampla variedade de produtos finais, como o vestuário. O tratamento de matérias primas, isto é, a preparação ou produção de fibras têxteis muitas vezes inclui a produção de malha e outros tecidos, as atividades de acabamento, integrando, por exemplo, o branqueamento, a impressão, o tingimento, a impregnação. O revestimento e a plastificação, para que os tecidos adquiram os parâmetros desejados, e a transformação desses tecidos em produtos finais pela confeção, também estão englobados.

Portugal destaca-se, dentro da UE, como um dos principais países na produção de vestuário, tal como Itália e Grécia. A ITV europeia, devido às suas caraterísticas, como produtividade aparente do trabalho, rentabilidade operacional bruta, grau de transformação e taxa de investimento, possui um posicionamento competitivo intermédio. Na verdade, a ITV, vista no seu conjunto, é um dos poucos setores industriais em que Portugal apresenta vantagens comparativas e um posicionamento competitivo no contexto europeu. Tal pode ser explicado pelo contributo do saldo comercial dos produtos de vestuário (CENIT, 2017; INE, 2018b).

Através do estudo dos últimos dados apresentados pelo INE (Instituto Nacional de Estatística), é possível observar que os produtos do setor da Indústria transformadora representam um peso nas exportações totais de bens do nosso país de 94,40% em 2017, ano em que se verificou um aumento de 10% nas exportações totais face a 2016 (INE, 2018b). Adicionalmente, as exportações de matérias têxteis e vestuário correspondem a 8,94% das exportações portuguesas, o que demonstra a real importância do seu estudo. Tal também parece explicar a forte recuperação verificada nas exportações portuguesas dos produtos da Indústria, as quais em 2017 atingiram um novo valor recorde de cerca de 5,2 mil milhões de euros, estando no topo do ranking (CENIT, 2017; INE, 2017).

O Centro de Inteligência Têxtil realiza diversos estudos sobre este setor em estudo considerados muito úteis, mais concretamente a avaliação mensal do comércio internacional e o anuário de mercado que compila a informação mais relevante do sector (CENIT, n.d.). De acordo com a publicação mensal de outubro de 2017 desta associação, Portugal ocupava a 9.ª posição no *ranking* dos maiores exportadores europeus, com exportações acumuladas, de janeiro a outubro desse mesmo ano, no valor de 4.388 milhões de euros, apresentando uma variação homóloga face ao ano anterior de +4,40%.

Estudos preveem que o comércio de têxteis e vestuário aumente nos próximos anos, assim como o mercado europeu de fabrico destes produtos, tal como tem ocorrido após o ano de 2016, ainda que se tenha registado uma descida de 0,20% nesse mesmo ano, a uma taxa lenta. Ainda neste ano, Portugal destacou-se pelo facto de ser responsável por uma proporção de 9% do total de pessoal ao serviço e representar 5% do total de VN, aproximadamente, nos STV europeus (CENIT, 2017).

Em suma, no ano de 2017, últimos dados disponíveis da DGAE (Direção-Geral das Atividades Económicas), a ITV representou 0,99% do total de empresas portuguesas e 3,20% de pessoal ao serviço. O VN foi de 3,90%, o VAB de 1,21%, e a FBCF (formação bruta de capital fixo) foi de 0,19%, valores calculados em percentagem do PIB (produto interno bruto). De uma forma muito geral, é possível dizer-se que**,** durante o período anteriormente citado, na ITV, o VN, as exportações, a VAB, o FBCF, em percentagem do PIB, registaram uma evolução positiva e crescente, assim como a variação da taxa de VAB e a produtividade aparente do trabalho. Por

outro lado, o peso dos gastos com pessoal no VAB registou um decréscimo no seu global. Tal é observado pela análise da Figura 1.

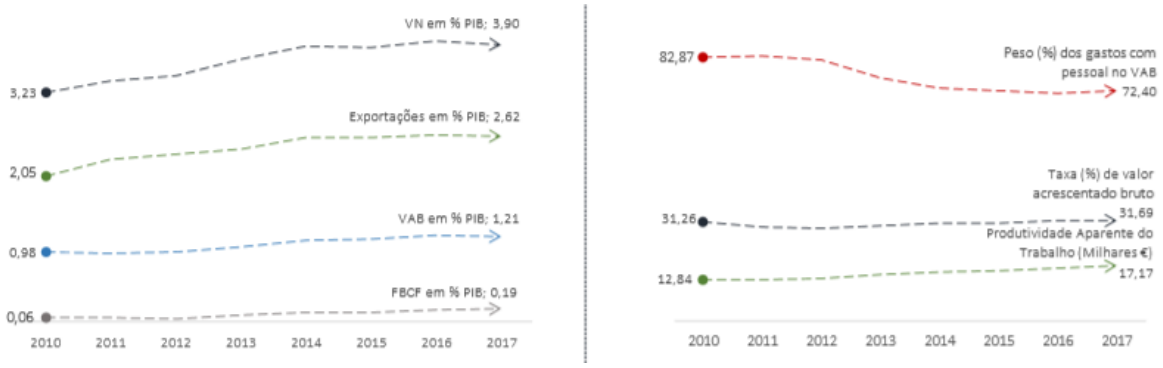


Figura 1- Evolução da ITV relativo a 2010-2017, retirado de DGAE (2019)

No que concerne aos subsetores de têxteis da ITV, o de 'Acabamento de têxteis' é responsável por 20,60% do pessoal ao serviço, 13,95% do VN, 19,54% do VAB, e 28,92% da FBCF**,** em termos do setor têxtil total, em 2016. Nesta linha de pensamento, o subsetor de vestuário 'Fabricação de artigos de malha', no período homólogo, representa 8,49% do pessoal ao serviço, 10,94% do VN, 9,80% do VAB, e 19,02% do FBCF do setor global de vestuário (DGAE, 2018a). Com foco no comércio externo, em 2016, os 'tecidos de malha' representaram cerca de 7% do subsetor têxtil, porém o destaque vai para os, aproximadamente, 68% de exportações do subsetor de vestuário corresponderem ao 'vestuário e os seus acessórios, de malha'.

2.1.3 Consumo de energia nas Indústrias transformadoras

Uma maior racionalização na utilização da energia leva a uma redução dos custos e, consequentemente, traz vantagens ao nível de competitividade das empresas no mercado atual. Para tal**,** é necessário a monitorização do consumo energético, uma vez que as empresas na ITV requerem processos produtivos e equipamentos de elevado consumo energético. Desta forma, adotar medidas de eficiência do consumo parece ser um fator de sucesso do desenvolvimento do setor industrial. Nos dias de hoje, o consumo energético pode ser otimizado de forma a diminuir de modo significativo perdas financeiras, pelo que a otimização na gestão destes recursos é imprescindível.

De acordo com os dados do INE, a Indústria transformadora constitui a segunda atividade com maior peso na estrutura de utilizações energéticas relevantes para as emissões de gases poluentes e de partículas para a atmosfera, representando 20,10% do total em 2017. Ainda que este valor tenha vindo a diminuir desde 2000, apresentando uma taxa inicial de 23,80% entre 2000 e 2004, registou-se um acréscimo das utilizações energéticas relevantes para as emissões de 1,30%, entre 2016 e 2017, aumentando pelo terceiro ano consecutivo. Destaca-se, também, desde 2000, o aumento das utilizações de gás natural em detrimento de outros produtos petrolíferos. Em 2017, o peso da Indústria no consumo total de energia elétrica em Portugal foi de 37,60% (INE, 2018a).

No enquadramento da UE, em 2016, Portugal registou a sexta mais baixa IE (Intensidade energética), podendo ser explicado, principalmente, pelo menor peso da Indústria transformadora e do ramo energético na economia nacional comparativamente a outros

Estados-Membros (INE, 2018a). A IE é um indicador medido pelo quociente entre o consumo total de energia e o VAB.

Analisando o balanço energético de 2017 da DGEG (Direção-Geral de Energia e Geologia), últimos dados atualizados, pode-se observar que**,** no que concerne ao consumo de gás natural, a Indústria têxtil tem um consumo de 120.517tep, valor este englobado no consumo da Indústria transformadora, que por sua vez é de 1.184.038tep. De facto, o setor têxtil é o 6.º a consumir mais gás natural de entre os setores transformadores. Por outro lado, a eletricidade apresenta um valor de 81.575tep consumido pela Indústria têxtil, e a Indústria onde este setor está inserido de 1.321.852tep. Com base na análise da evolução do consumo de gás natural, desde 2010 até aos dados provisórios de 2018, o consumo de energia final em 2018 apresenta um aumento de 3,00% relativamente a 2017, e no ano anterior um aumento de 6,80%. Ainda que**,** nos anos de 2013 e 2014, haja uma diminuição deste consumo final, em 2010, o aumento foi de quase 10,00%. No mesmo contexto, a evolução do consumo de energia elétrica, observa-se igualmente um consumo anual muito díspar ao longos desta última década, a referir que em 2010 o consumo final de eletricidade aumentou 3,90%, no ano seguinte**,** diminui 3,00% e, mais recentemente em 2016, aumentou 1,50%. No ano de 2018, com base em dados provisórios do INE, o consumo final de eletricidade aumentou 0,90% face a 2017 (DGEG, 2017).

No que diz respeito às Indústrias transformadoras no seu global, a partir de dados retirados dos balanços energéticos anuais da DGEG**,** foi elaborado um gráfico de evolução do consumo final de gás natural e de energia elétrica pela Indústria têxtil, desde 1990 a 2018, presente na Figura apresentada em seguida (Figura 2).

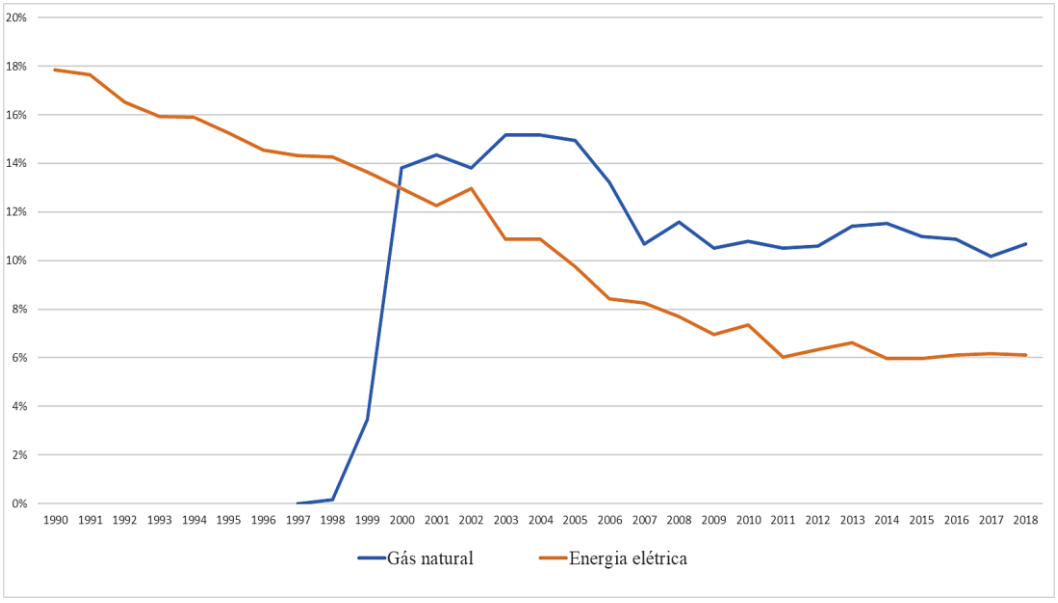


Figura 2- Evolução do peso do consumo de gás natural e de eletricidade da Indústria têxtil na Indústria transformadora, de 1990 a 2018, criado com base nos balanços energéticos anuais da DGEG

Pode-se observar que o consumo de energia elétrica por esta Indústria tem diminuído**,** ao longo dos anos**,** em mais de 65p.p., e o consumo de gás natural, que apenas foi introduzido na Indústria têxtil em 1998, e na Indústria transformadora no ano anterior, tem sido sempre superior ao de energia elétrica, ainda que estes valores também tenham vindo a mostrar uma diminuição. Em 2017, 10,17% do consumo de gás natural e 6,17% de energia elétrica da Indústria transformadora foram referentes ao setor têxtil. Em virtude do peso significativo dos níveis de

consumo destes recursos energéticos na Indústria têxtil em relação aos consumos totais da Indústria transformadora, o seu estudo e otimização constituem tema de relevância.

2.1.4 Consumo de energia na Indústria têxtil

No que concerne à Indústria têxtil em Portugal, verifica-se que a adoção de ações de eficiência no consumo de energia equipa as organizações com vantagens fulcrais para o desenvolvimento do setor, uma vez que atualmente a energia assume um papel essencial nas Indústrias. Assim, a utilização de energia de uma forma eficiente contribui para o desenvolvimento económico de um país, através da poupança em termos de recursos energéticos e financeiros. Em Portugal, as organizações têm procurado diminuir este consumo e, posteriormente, os custos adjacentes, atingidos através da introdução de novas tecnologias, modificação dos processos de fabrico e mudança de comportamentos dos colaboradores. Portanto, um processo de otimização na gestão de energia determinará o sucesso competitivo de uma empresa e a viabilidade das empresas onde o custo da energia é muito relevante (APA & DGEG, 2019). Na verdade, ao longo da última década, os preços da energia elétrica, bem como do gás natural, na Indústria verificam um aumento. O preço médio da eletricidade para os consumidores industriais, comparando a média de Portugal, no ano de 2018, ao da UE, foi apenas 0,50% inferior. Nestes mesmos parâmetros, o preço de gás natural foi cerca de 5,50% menor face ao preço médio da UE. O nosso país, em 2017, apresentava um valor muito elevado de dependência energética do exterior, de 79,70%, sendo o 4.º país com o nível maior, quase 25p.p. acima da média da EU, 55,10% (DGEG *et al*., 2019). Tal pode ser explicado pelo aumento do consumo dos recursos energéticos que, por sua vez, já são recursos escassos, o que leva a que Portugal necessite de os importar, resultando na alta dependência energética do nosso país. Assim, o consumo de energia em Portugal deve-se, entre outros fatores, à expansão da Indústria e dos serviços, que implicam o aumento da utilização de equipamento tecnológico e instalações CIE (APA & DGEG, 2019).

Como referido anteriormente, em Portugal, a Indústria é o setor de atividade que incorre no valor mais elevado de IE, ainda que desde 2007 este valor apresente uma redução no seu global, assim como em todos os restantes setores. No que concerne à IC da economia, no ano de 2017, este valor apresenta um aumento de 4,10% face a 2016, embora se verifique uma redução de mais de 10,20% face a 2007. Tal deve-se, relativamente às fontes de energia, ao elevado consumo de petróleo e de gás natural, pelo que esta última componente registou, no ano de 2017, o seu valor máximo relativo ao período 1997-2017. O consumo energético total referente ao setor da Indústria diminuiu, aproximadamente, 20% no período anterior considerado. Por outro lado, o gás natural aumentou 8p.p. e o consumo de eletricidade em termos absolutos manteve-se constante. E, em 2017, a componente elétrica representou 30% do total de energia consumida.

O gás natural é um recurso não-renovável obtido pela combustão de materiais fósseis, sendo apontado como causa principal do aquecimento global, e o nosso país importa esta fonte de energia. No entanto, atualmente, a energia elétrica é produzida com recurso a diferentes tecnologias e diversas fontes primárias de energia, a partir de centrais e parques de energias renováveis que se encontram presentes em Portugal, cada vez em maior número (REN, n.d.). Deste modo, o ano de 2017 registou valores máximos nas importações de energia relativamente ao período 1990-2017, e tal teve a contribuição do aumento das quantidades importadas, principalmente de gás natural e de eletricidade, de 27,60% e 19,30%, respetivamente. Na verdade, o saldo importador de gás natural aumentou, aproximadamente, 10% de 2008 a 2017, no sentido contrário, o saldo importador referente à energia elétrica é negativo, isto é, as

exportações desta fonte de energia são superiores às importações, e este valor tem vindo a evoluir positivamente, denotando-se no período homólogo uma redução de cerca de 127%. Quanto ao consumo final por forma de energia, verifica-se que, para o ano de 2017, o petróleo continua a ser a principal fonte de energia, embora tenha apresentado, no ano referido, o valor mínimo desde 1995. Seguidamente, encontra-se a eletricidade, representando 25,70%, e o gás natural com 11,10% do consumo final de energia em Portugal. É de notar ainda, que o peso, comparando os valores de 2007 e 2017, da eletricidade e do gás natural, registaram uma subida de 3,20% para a primeira fonte de energia referida, e de 3,40% para a segunda. De facto, em 2017, 40% do consumo de energia primária respeitante ao gás natural foi para produção de eletricidade.

A Indústria têxtil é um setor da Indústria considerado essencial no desenvolvimento do nosso país. Assim, a ITV tem apresentado preocupações com o consumo de energia e a emissão de gases poluentes. Na verdade, com a existência de metas e objetivos máximos para este consumo e a implementação de boas práticas de consumo regulamentados pela legislação portuguesa, na última década, a Indústria apresenta uma diminuição do consumo de energia final (Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril do Ministério da Economia e da Inovação, 2008).

2.2. Metodologia Lean

Serão apresentados, neste subcapítulo, os principais conceitos teóricos relativos à abordagem Lean. Primeiramente, será introduzido um enquadramento histórico e a evolução do Lean na Indústria transformadora e posterior descrição de algumas ferramentas e metodologias associadas ao Lean e aplicadas na Indústria têxtil. As metodologias VSM (Mapeamento do fluxo de valor) e MSM serão descritas, com mais detalhe, na parte final deste capítulo.

2.2.1 Enquadramento histórico e evolução

O termo 'Lean' foi introduzido por Krafcik (1988) e a 'produção Lean' surgiu para descrever as técnicas de produção desenvolvidas pelos fundadores da *Toyota Motor Company***,** por J. Womack**,** no livro *A máquina que mudou o mundo*, no qual foram apresentados os resultados da pesquisa de Jones e Womack, e Roos, para o Instituto de Tecnologia de Massachusetts, iniciada em 1985. Este estudo divulgou o fundamento pelo qual fabricantes japonesas de automóveis, nomeadamente a pioneira *Toyota*, superarem a concorrência ocidental, com níveis mais altos de desempenho, afirmando-se que "o produtor Lean combina as vantagens do artesanato e da produção em massa, evitando simultaneamente o custo elevado do primeiro e a rigidez do segundo. Os produtores Lean empregam equipas de trabalhadores multi-qualificados em todos os níveis da organização e utilizam máquinas altamente flexíveis, e cada vez mais automatizadas, para produzir volumes de produtos numa enorme variedade", em detrimento de quantidade (James P. Womack *et al*., 1992).

No início da década de 60, a *Toyota* já tinha aderido aos princípios da produção otimizada aliados à implementação do TPS (Sistema de Produção Toyota). Quando se compara o TPS desenvolvido desde o final da década de 1940 e a produção em massa observa-se que os produtores Lean fixam explicitamente o seu objetivo no alcance da perfeição, com custos em declínio contínuo, zero defeitos, zero inventários e variedade infinita de produtos (Shingo, 2019; James P. Womack *et al*., 1992). Tendo como fim, atingir um produto com uma melhor qualidade, com base em equipas de trabalho dinâmicas e altamente qualificadas para a rápida resolução de problemas, na lealdade e na integração dos fornecedores e clientes.

O período de 1970 a 1990 é descrito como a fase de descoberta do Lean por Stone (2012) que na verdade explica a evolução do conceito Lean, e o seu sucesso, em cinco fases temporais. Nos anos seguintes**,** passa-se para a fase de disseminação, e em 1997**,** Womack, Jones e Roos introduziram o conceito Pensamento Lean, através do livro *Lean Thinking*, onde são sugeridos princípios Lean para a eliminação de desperdícios, especificação do valor, identificação do fluxo de valor, criação de valor e, por último, alcance da perfeição (J. P. Womack & Jones, 1997). Vários investigadores disseminaram o conceito Lean e termos como o JIT (*just-in-time)* começaram a ser sinónimos de "Lean", "Lean *production*" de "Lean *management*" e difundiram os benefícios da aplicação dos princípios Lean ao "desenvolvimento de produtos Lean" (Stone, 2012). Nessa fase, também é importante mencionar o contributo de Drucker (1981) com a constante procura sobre a explicação do sucesso da gestão japonesa, elemento fundamental para se perceber a base do pensamento Lean (Keys & Miller, 1984).

De 1997 a 2000, verificou-se uma fase intensiva de implementação do Lean, estimulada pelos sucessos iniciais da transformação Lean em organizações de êxito. Os estudos quantitativos e qualitativos feitos nesta fase originaram um acervo literário imprescindível ao pensamento Lean. A denominada fase de empreendimento, de 2001 a 2005, é demarcada pela mudança e expansão do Lean para outras áreas além das operações, como por exemplo**,** desenvolvimento do produto, *marketing*, serviços, contabilidade, logística, entre outras (Stone, 2012). As críticas e problemas associados à implementação desta abordagem também começaram a surgir de forma mais notória, porém o aumento da diversidade de pesquisas e o interesse face ao Lean demonstram a importância do mesmo. Na última fase apontada por Stone, até 2009, fase de desempenho, foi demarcada pelo significativo crescimento do número de artigos e estudos académicos em torno da temática Lean. Tal sucedeu, do ponto de vista do autor, devido ao enorme sucesso da *Toyota*, pelo que muitos autores e organizações tentaram explicar e duplicar esse acontecimento.

Efetivamente, ao longo dos anos**,** o pensamento Lean e os seus princípios foram seguidos por outros setores, tais como a saúde, o governo, os serviços, a construção, sendo que atualmente este modelo de gestão representa uma abordagem alternativa e independente da área, setor ou tamanho da organização onde se insere. Numa organização Lean, os problemas são vistos como oportunidades de aprendizagem significativas, onde os gestores atuam como instrutores, ajudando os outros a sentirem-se à vontade para identificar problemas e praticar a melhoria contínua diária, pelo que o conceito de liderança tem uma grande importância (Liker & Meier, 2008).

2.2.2 Princípios e pensamento Lean

O pensamento e a prática Lean ajudam as organizações a tornarem-se inovadoras e competitivas, o que permite que se tornem sustentáveis no mercado onde estão inseridas. Lewis (2000) referiu que a "vantagem competitiva pode ser definida como o resultado de uma empresa ser um participante particularmente capaz no seu mercado, ou seja, ser melhor, o que pode significar um custo mais baixo, ser Lean, e/ou ser diferenciada no que oferece."

Uma abordagem Lean implica entender o que realmente está a acontecer no *Gemba*, ou seja, no local em que o valor é realmente criado, melhorar os processos pelos quais os produtos e serviços são originados e entregues, desenvolver e capacitar pessoas através da resolução de problemas e treinamento, e desenvolver líderes e um sistema de gestão eficaz (LGN, n.d.).

Em 1990, Womack e Jones propuseram os cinco Princípios Lean orientandos para as organizações em todos os setores (J. P. Womack & Jones, 1997), apesar de estes terem as suas raízes nas fábricas da *Toyota* no Japão:

1. Definir e criar valor, conforme a perceção do cliente;
2. Definir e mapear todas as etapas do fluxo de valor, eliminando as que não contribuem para a criação de valor;
3. Otimizar o fluxo, garantindo que os produtos ou serviços fluam em direção ao cliente de forma suave e contínua, uma vez que as etapas de criação de valor ocorrem numa sequência rígida;
4. Estabelecer o sistema *Pull*, deixando o cliente extrair valor do próximo processo a montante, permitindo que este defina o ritmo produtivo da organização;
5. Procurar alcançar a perfeição, tentando obter uma situação em que o valor seja criado sem desperdício.

Mais recentemente foram acrescentados dois princípios**,** que agora se enunciam**:** conhecer os *stakeholders***,** permitindo focar a atenção no cliente final e não apenas no próximo cliente da cadeia de valor, e inovar constantemente para criar produtos, serviços, processos e**,** por último, valor.

Vários artigos sobre esta ferramenta concluíram que a criação de valor é a base de uma organização eficiente. Na definição dada pela LGN (*Lean Global Network*), o pensamento e a prática Lean enfatiza a importância do desafio de criar mais valor para cada cliente e para a sociedade**,** ao mostrar respeito ao desenvolver pessoas para melhorar continuamente o seu trabalho através da resolução de problemas; focar e**,** continuamente**,** melhorar o trabalho; minimizar e se possível eliminar desperdícios; questionar sobre o tipo de comportamento e sistema de gestão necessários para melhorar e transformar a organização, pelo que é essencial alinhar o propósito (Que valor entregar aos clientes?), o processo (Como melhorar de forma contínua?) e as pessoas (Como respeitar, envolver e desenvolver os seus funcionários/colaboradores?) para que tal aconteça.

Womack e Jones propuseram um conjunto de seis princípios Lean para o consumo Lean de bens ou serviços, em seguida sumarizados, uma vez que os autores acreditam que o consumo Lean, em combinação com o fornecimento de produtos Lean, é o próximo impulso para alcançar a Comunidade Lean. Os princípios passam por resolver completamente o problema do consumidor, identificando e eliminando as causas; não desperdiçar o tempo do consumidor, por exemplo nas filas de espera; fornecer exatamente o que o consumidor quer, que pode ser alcançável com princípios *Pull*; fornecer valor onde o consumidor quiser, com preços atrativos e disponíveis nas proximidades; fornecer valor quando o consumidor quer, transformando os consumidores em parceiros que planeiam com antecedência, diminuindo assim os custos tanto para consumidores como para fornecedores; reduzir o número de problemas que o consumidor precisa de resolver, por exemplo**,** empresas que seguem a liderança da *Toyota* pedem a um número menor de fornecedores que resolvam problemas maiores, reduzindo o tempo de espera e a frustração do consumidor (J. Womack, 2005). Efetivamente, a transformação Lean possibilita a eliminação das ineficiências ao longo das cadeias de valor, dando origem a processos com menos custos e desperdícios. Para tal, requer a aprendizagem de uma nova forma de pensar e agir, caraterizada não apenas pela implementação de uma série de passos ou soluções, mas abordando questões-chave de propósito, processo e pessoas (LGN, n.d.).

As ferramentas de produção Lean desenvolvidas com base nos princípios do pensamento Lean são usados para melhorar a produtividade e a eficiência das organizações (Pacheco, 2014). Neste contexto, o VSM, e mais recentemente o MSM, surgiram no desenvolvimento de permitir que as empresas identifiquem e eliminem atividades sem valor agregado, promovendo um processo contínuo de implementação de melhorias (Chen *et al*., 2010). De facto, e no que diz respeito à ITV pode fazer-se referência às ferramentas que, por Esfandyari *et al*. (2007)(CITEVE, 2012)(CITEVE, 2012), são as mais aplicáveis ao setor em estudo:

VSM, que será explicado em maior detalhe em seguida;

Sistema *Pull* - refere que a produção de um produto ou prestação de um serviço deve ser iniciada apenas quando o cliente a solicita, considerando as caraterísticas que o mesmo estabelece. Aqui aplica-se o conceito do JIT, produzindo ou servindo no momento certo e nas quantidades certas, o que permite a redução do excesso de produção, de inventário e/ou de mão-de-obra. Assim, apenas o trabalho que precisa de ser entregue ao cliente estará a ser produzido;

JIT (*Just-in-time)* - sistema produtivo que está na base da produção Lean, desenvolvido como a finalidade de obtenção de zero inventário e zero consumo de recursos não necessários para a produção, sendo que apenas se produz quando há procura para esses produtos ou serviços;

SMED (redução dos tempos de *setup*) - ferramenta utilizada para reduzir os tempos de *setup* (mudança), e assim diminuir as ineficiências aquando da mudança de produtos a produzir;

os 5S - filosofia japonesa que ajuda na organização e gestão do local de trabalho, com o objetivo de aumentar a eficiência, reduzir os desperdícios e melhorar o fluxo de trabalho. Traduz-se, então, num conjunto de 5 tarefas: *Seiri* (senso de utilização), *Seiton* (senso de organização), *Seiso* (senso de limpeza), *Seiketsu* (senso de normalização) e *Shitsuke* (senso de disciplina);

Kanban - termo japonês referente ao sistema de controlo de operações, desenvolvido pela *Toyota*, resultando, principalmente, na visualização do fluxo de trabalho, na definição de limites do trabalho em curso, na gestão do fluxo, na garantia de políticas explícitas e na melhoria colaborativa, através da construção e análise do respetivo quadro visual;

eliminação dos 7M (*seven Muda*) - *muda* é o termo japonês para designar o desperdício, sendo apontados no Lean 7 desperdícios principais: desperdício de tempo, desperdício de produção excessiva, desperdício de transportação, desperdício de processamento, desperdício de inventário, desperdício de movimentação e desperdício de defeitos no produto. A implementação do sistema *Pull* pode ajudar na eliminação dos diferentes tipos de desperdícios produtivos;

e, WS (normalização do trabalho): forma a base para a melhoria contínua, a manutenção da estabilidade e a resolução dos problemas de uma forma eficaz, uma vez que à medida que o padrão é melhorado, o novo padrão torna-se a linha de base para a criação de novas melhorias.

2.2.3 VSM - Mapeamento do fluxo de valor

O livro "*Learning to see – Value Stream Mapping to create value and eliminate muda"*, de Rother e Shook (1999), é considerado um manual de utilização da ferramenta VSM. Este resultou da procura de um meio de ligação dos conceitos e técnicas Lean por um lado por parte de Rother, que através da perceção da potencialidade do método de mapeamento da *Toyota***,** formalizou a ferramenta e construiu um método em torno da mesma que se revelou bem-sucedido. Por outro lado, Shook conhecia a ferramenta há mais de 10 anos ao trabalhar com a *Toyota*, mas nessa altura o mapeamento era visto apenas como um meio de comunicação.

Na verdade, o método que atualmente na *Toyota* é denominado por VSM era conhecido como mapeamento do MIF (fluxo de informação e material), que retrata a situação atual e futura, ou estados ideais no processo de desenvolvimento de planos para implementar os sistemas Lean. Não era usado o termo fluxo de valor, mas sim estabelecer o fluxo, eliminar o desperdício e adicionar valor. Os colaboradores da *Toyota* aprendem sobre três fluxos na produção, o fluxo de materiais, de informação e de pessoas/processos, e o método VSM tem por base os dois primeiros fluxos para construir os mapas de MIF (Rother & Shook, 2003).

Tal como vários outros autores, Rother e Shook tentaram encontrar formas de ajudar os gestores a pensar em fluxo em vez de processos de produção discretos, a implementar sistemas de melhoria com ligação entre os processos numa visão contínua em vez de processos isolados, assim como executar melhorias sistemáticas e duradouras, com o objetivo de eliminar não só os resíduos como também as suas fontes. O fluxo de valor constitui todas as ações, que acrescentam valor e que não acrescentam valor, necessárias para a existência de um produto através dos dois principais fluxos produtivos: o fluxo de produção da matéria prima até ao cliente e o fluxo de realização desde o conceito até à concretização. No fluxo de produção existem dois fluxos necessários de mapear, o movimento de materiais na fábrica e o fluxo de informação que comunica o que se fazer a cada processo e no seguinte. Para a criação do fluxo de valor acrescentado, este mapeamento é útil na medida em que foca a perceção no fluxo de um estado futuro ideal ou melhorado. Também é importante concentrar o mapeamento numa família de produtos, assim como a escolha de uma pessoa responsável pela compreensão e melhoramento do fluxo de valor da família de produtos selecionada, que reporte ao gestor topo.

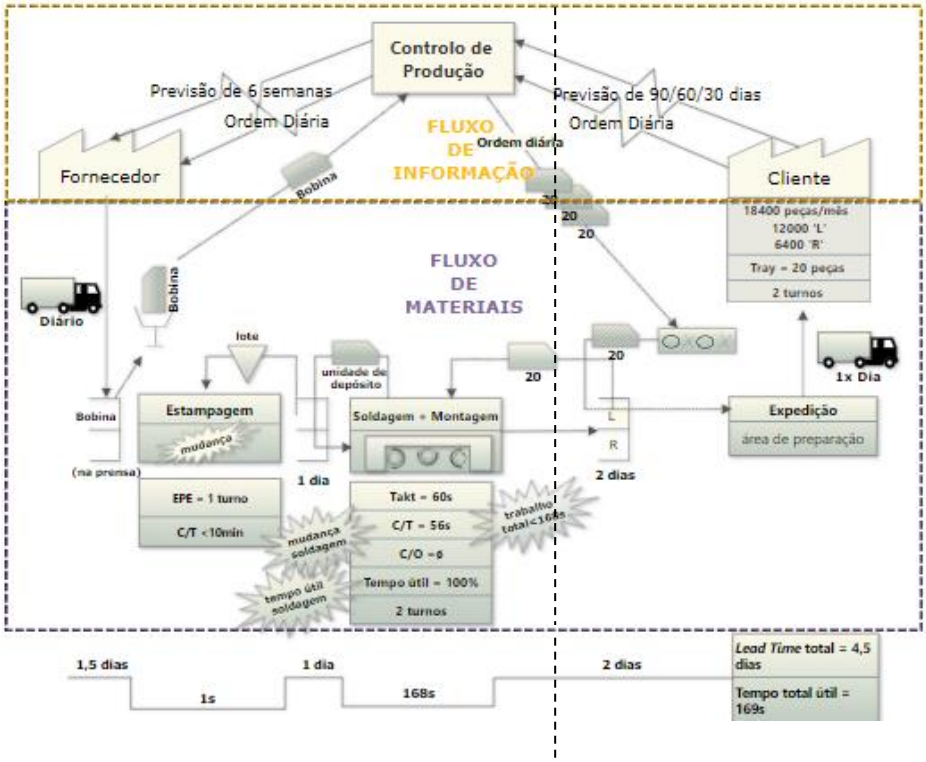


Figura 3- VSM exemplificativo, adaptado de Rother & Shook (2003)

O VSM é uma ferramenta de apoio à gestão, com uma melhor visão, a de compreender o MIF à medida que um produto atravessa o fluxo de valor. Tal como é observado pela análise da Figura 3, o fluxo de informação, representado a laranja, e o fluxo de materiais, a roxo, estão interligados, constituindo o fluxo produtivo. O entendimento desta ferramenta é facilmente

alcançável pelo seguimento da produção desde o cliente até aos fornecedores, e pelo desenho da representação visual de cada processo no fluxo de valor**,** a fim de descobrir as fontes de desperdícios existentes. Esta descoberta é possível através da análise da linha de tempo da Figura acima apresentada, onde é evidenciada a parte que acrescenta valor (Tempo total útil) do tempo total de produção (*Lead Time* total). O VSM encontra-se dividido verticalmente uma vez que há dois fluxos de informação distintos, um desde o cliente até ao departamento de controlo da produção da empresa e outro desde este departamento até ao fornecedor.

A representação visual do VSM segue uma simbologia uniformizada, por exemplo, os ícones de  - *Kaizen lightning burst* – destacam as necessidades de melhoria em processos específicos, que são críticos para alcançar a visão do fluxo de valor. Com a análise deste estado futuro para a organização exemplificativa, observa-se que os requisitos de melhoria passam por: a redução no tempo de mudança e nos tamanhos dos lotes na prensa de estampagem, para permitir uma resposta mais rápida no processos seguintes; a eliminação do longo tempo necessário de mudança entre os dispositivos de acionamento esquerdo (“L”) e direito (“R”) na soldagem, possibilitando um fluxo contínuo de produção desde a soldagem até à montagem; a melhoria do tempo útil da segunda máquina de soldagem, pois esta será usada noutros processos num fluxo contínuo; e, a eliminação de desperdício na célula de soldagem/montagem, para reduzir o tempo total de trabalho para 168s ou menos.

O VSM é uma ferramenta essencial na medida em que:

- Ajuda a visualizar mais do que apenas um nível de processo produtivo;
- Ajuda a visualizar as fontes de desperdícios do fluxo de valor;
- Proporciona uma linguagem comum dos processos de produção, de fácil compreensão para toda a organização;
- Decide sobre o fluxo aparente, para que seja possível a sua discussão e não haja detalhes e decisões tomadas na produção apenas por padrão;
- Une os conceitos e as técnicas Lean;
- Forma a base da implementação de um plano, pelo que os mapas do fluxo de valor se tornam um projeto de simplificação;
- É a única que mostra a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

Finalmente, como vários estudos mostram, quando as fontes de desperdícios são removidas durante um ciclo de produção, muitas vezes há ainda resíduos no ciclo seguinte. Por sua vez**,** estes também podem e devem ser eliminados, e a tarefa dos gestores e equipas Lean é manter este círculo funcional eficaz. Com a introdução de um fluxo de valor Lean é possível aumentar a competitividade do fluxo de valor, dado que este beneficia o cliente com uma duração de um processo globalmente curta, menor custo, maior qualidade e entrega mais fiável, isto é, a otimização deve seguir a visão global dos processos. No entanto, também é preciso existir mudança por parte dos comportamentos dos trabalhadores para auxiliar numa implementação verdadeiramente Lean.

“Sempre que existe um produto para um cliente, existe um fluxo de valor. O desafio está em vê-lo” (Rother & Shook, 2003). Neste mesmo pensamento, os mapas do fluxo de valor podem ser desenhados da mesma forma para praticamente qualquer atividade setorial e expandidos verticalmente na empresa, abrangendo desde as ‘moléculas até ao cliente’.

Lasa *et al.* (2009) investigou a aplicação desta ferramenta como uma extensão da utilização de conceitos Lean, salientando o VSM como uma técnica que engloba e defende, num único método estratégico, o uso de diferentes técnicas Lean para melhorar o desempenho da produção, que pode, por sua vez, resultar num melhor desempenho das empresas envolvidas, concretamente no domínio dos fluxos de produção descontínuos.

2.2.4. MSM - Mapeamento das camadas do fluxo de valor

Lourenço *et al*. (2013) desenvolveu, em 2013, uma metodologia - MSM - com base na VSM com os objetivos de:

- Desenvolver uma multivariável de uso combinado da ferramenta Lean VSM e demonstrar a sua capacidade para avaliar o desempenho energético dos processos unitários e sistemas de produção, de forma rápida e flexível, através do mapeamento dos processos unitários e pela avaliação das suas respetivas eficiências;
- Demonstrar a importância das questões ambientais e desempenho da eficiência por meios visuais através de mapas, a fim de simplificar a compreensão e tomada de decisões futuras por parte dos gestores dos principais indicadores de desempenho ambiental;
- Criar uma abordagem diretamente aplicável a todos os produtos e/ou sistemas de produção, e frequentemente abordados como "análise de estágio isolado";
- Criar uma avaliação facilmente compreensível com base em atributos de gestão visual na maioria dos métodos e ferramentas usada para avaliações de ecoeficiência.

A estrutura MSM combina camadas do fluxo de valor avaliadas pelo princípio de eliminação de desperdício e criação de valor, permitindo uma análise de custos objetiva e desagregada, ao identificar a parte variável que agrega valor da que não agrega valor, quantificando objetivamente o custo da ineficiência. Os princípios Lean devem ser aplicados para a classificação de valor e de desperdícios, tal como no VSM, em '*Gemba Walks'*, termo desenvolvido por Ohno para descrever "o local real onde o trabalho realmente acontece", ou seja, no nível fabril (Ohno, 1978; J. Womack, 2013). Tal deve-se ao facto de tentar diminuir a incerteza e, igualmente, aumentar a representação da realidade, na medida em que "é importante conseguir-se refletir sobre como as coisas realmente acontecem, para concordar sobre a melhor maneira de melhorar a situação", evitando os problemas mais comuns referentes à VSM (Abad, 2019).

Com efeito, é possível identificar, dentro do fluxo, quais são os processos menos eficientes, como no VSM, através da apresentação dos resultados em *scorecards* (cartões de pontuação), pela componente de gestão visual. Esta componente, por sua vez, apresenta elevada importância na estimação, avaliação e quantificação dos aspetos ambientais de um processo ou nível fabril industrial, para que possam ser alvo de futuras ações de melhoria contínua. As diversas variáveis usadas na avaliação da eficiência global criam múltiplos fluxos de valor que, em última análise, permitem uma rápida identificação e quantificação das ineficiências atuais do sistema produtivo, bem como dos custos adjacentes. A metodologia MSM é, então, usada para medir o desempenho de qualquer sistema, por meio de monitorização das variáveis que caraterizam o processo. Destaca-se, pela alta flexibilidade que confere à ferramenta, a capacidade de se adaptar a diferentes áreas e cenários especializados, integrando os conceitos de sustentabilidade e Lean.

Devido ao recente desenvolvimento desta metodologia, trabalhos e estudos anteriores feitos neste âmbito foram analisados e as aplicações e resultados da MSM compreendidos. Vieira (2014), no seu estudo, conseguiu comparar e obter níveis de eficiência das variáveis anteriormente definidas, do desempenho global do sistema, assim como dos recursos e das operações, a fim de servir como base a ações de melhoria. Nesta linha de pensamento, Gomes (2016) estudou sobre esta metodologia aplicada a uma unidade de produção de injeção de plástico num produto específico, avaliando o desempenho inicial do sistema de produção e a eficiência relativamente ao consumo dos respetivos recursos. Os resultados obtidos destacam o nível de desempenho global do processo, pelo que as equipas de gestão podem, posteriormente, medir a eficiência relacionada com os recursos consumidos e outras variáveis de operação associadas ao sistema analisado, de acordo com os *scorecards* obtidos.

Em suma, o conceito da MSM traz uma nova perspetiva em quantificar os resultados das avaliações de ecoeficiência. É também considerado muito versátil e abrangente, podendo ser aplicado a multivariáveis e múltiplas e diversificadas atividades económicas.

A aplicação e interpretação da metodologia devem seguir o método sequencial enumerado:

1. Identificação dos limites do sistema e etapas do processo a estudar;
2. Identificação e definição das variáveis e indicadores relevantes do processo;
3. Definição de quais os KPIs (indicadores-chave de desempenho) a utilizar em cada uma das variáveis**,** anteriormente determinadas, sempre para ser maximizado e com valores compreendidos entre [0-100%];
4. Definição do método de agregação das variáveis para o cálculo da eficiência agregada;
5. Análise dos resultados e das variáveis do processo e unidades de processamento com menor eficiência;
6. Estudo e inferência das ações de melhoria;
7. Implementação destas ações e avaliação dos ganhos de eficiência e redução de custos.

2.2.4.1 Descrição

Na Figura 4 que se segue**,** apresenta-se a relação entre as duas ferramentas anteriormente referidas, com dados meramente ilustrativos.

Pela análise da Figura é possível observar-se que a metodologia MSM é visualmente semelhante a uma matriz "n x m", onde a variável "n" está associada aos diferentes KPIs utilizados para avaliar um produto ou sistema e a variável "m" representa o número de etapas ou processos que caraterizam o produto ou serviço a ser estudado. Os valores localizados abaixo da linha MSM referente a cada variável são aqueles que não agregam valor ao produto, ou seja, representam os desperdícios ou mau uso da variável, por exemplo**,** de tempo, dinheiro ou recursos. Pelo contrário, os valores apresentados acima da linha MSM são aqueles que agregam valor ao produto, representando o "consumo útil" da corrente de fluxo que pode ser analisado para estimar, avaliar e quantificar eficiências do sistema ou da organização.

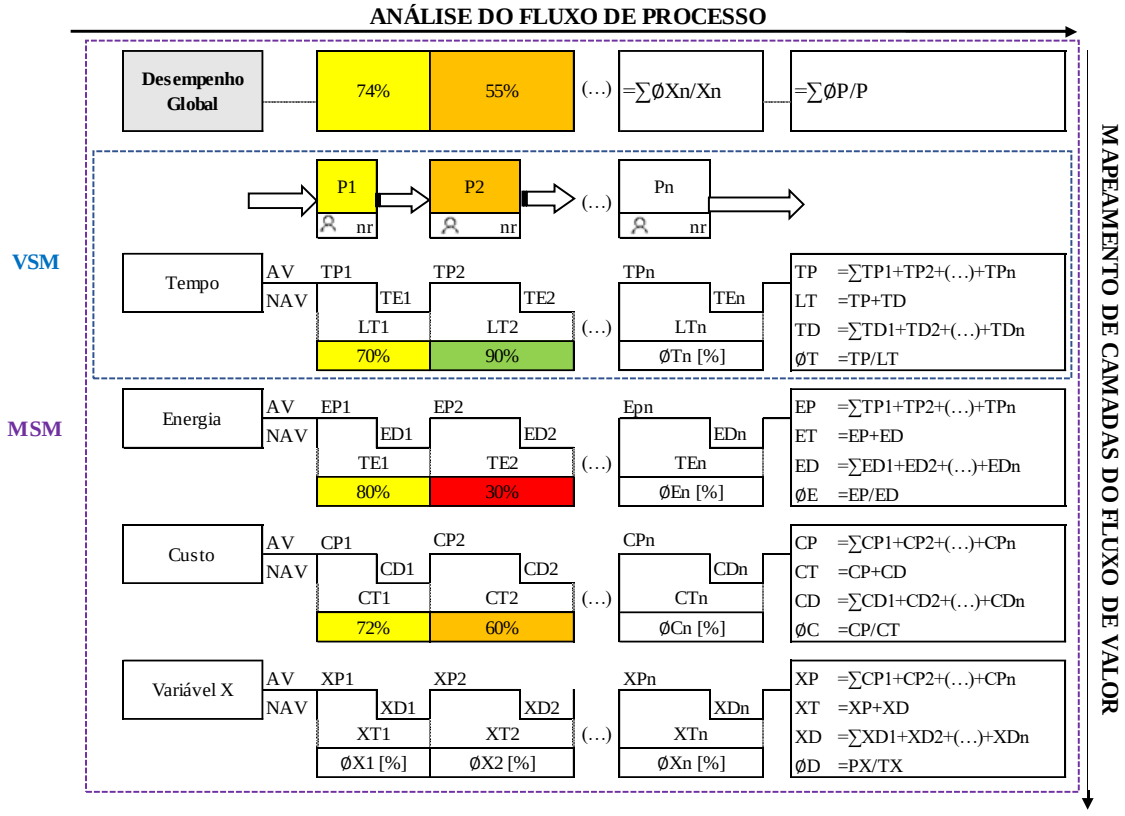


Figura 4- Comparação entre VSM e MSM, adaptado de Lourenço *et al.*, 2013

A abordagem MSM considera rácios sem dimensão, isto é, a variável real dividida pelo valor máximo da variável, na mesma etapa do processo, portanto quanto maior é o resultado da proporção, melhor é o desempenho do fluxo da variável que está a ser considerada. Tal acontece uma vez que as variáveis são definidas sempre com o intuito da melhoria. O resultado da eficiência de cada variável é representado por $\emptyset$, onde $\emptyset_{1=}$ P1/T1 [%], ou seja, a eficiência de uma variável no processo 1 (P1), designado por $\emptyset_1$, é igual à parte efetiva do processo (P) que agrega valor (AV) sobre a parte total (T) do P1. Assim, D1 denomina a parte de desperdício do P1, que não acrescenta valor (NAV) ao processo. Considerando o exemplo da Figura 4, a variável tempo apresenta um valor para a eficiência no P1 de 70%. Por sua vez, esta eficiência média é resultado da agregação média das eficiências da variável tempo em cada uma das linhas de produção do processo, e cada linha será a agregação dos tempos medidos nas máquinas existentes nessa mesma linha produtiva. Desta forma**,** temos o cálculo para avaliar as variáveis individualmente para cada um dos processos (P1, P2, Pn), e devido à forma adimensional dos valores obtidos, através do MSM é também possível avaliar a eficiência de cada um dos processos, agregando os valores das variáveis por coluna, assim como a eficiência média de uma das variáveis por linha, pelo cálculo da ponderação dos diferentes $\emptyset$ obtidos, pela média geométrica e pela eficiência das partes agregadas, respetivamente.

Lourenço *et al*. (2013) referiu, aquando do desenvolvimento da metodologia, que "a análise das variáveis com a ferramenta MSM é quase ilimitada", sendo apontadas como variáveis a considerar a energia elétrica, matéria prima e eliminação de resíduos. Efetivamente, foi pelas suas caraterísticas inovadoras no ambiente industrial e a sua grande flexibilidade que a metodologia MSM apresentou vantagens de aplicação neste caso de estudo em comparação com outras potenciais metodologias, tais como o VSM ou uma investigação exclusivamente quantitativa ou qualitativa. O conceito MSM transforma a base do VSM, implicando o

entendimento da ecoeficiência em algo facilmente quantificável, mais simples, conciso e diretamente aplicável a qualquer sistema de produção, num processo em sequência ou em unidades compartimentadas, isto é, num processo descontínuo. Com isto, este método torna possível a avaliação do desempenho tanto a nível ambiental como financeiro e global de um sistema de produção, pela análise da composição das suas 'camadas', a identificação e quantificação das possíveis ineficiências ou mau uso (Lourenço *et al*., 2013). Em suma, o uso combinado das diferentes camadas do fluxo de valor do VSM surge na tentativa de "ver além" o desempenho ambiental e financeiro global de um sistema de produção de uma maneira mais simples e possibilitar o entendimento das avaliações de ecoeficiência. E, ao mesmo tempo, simplificar a identificação e quantificação de situações específicas de ineficiência (Batista, Lourenço, 2016).

Na verdade, o VSM é uma ferramenta qualitativa, através da qual se descreve, em pormenor, o modo de funcionamento da área fabril de uma organização para criar o fluxo de informação. (Schorn e Seidel, 2015, Rother, Shook, 1999). Uma vez que o MSM consiste em replicar a abordagem do VSM e adicionar várias camadas, sendo na verdade, uma extensão do anterior, pode referir-se que o MSM irá ser, por sua vez, também um método com uma componente altamente qualitativa. Esta abordagem, tal como no seguimento de princípios do pensamento Lean, apresenta uma componente qualitativa de elevada importância, em conjunção com a componente quantitativa descrita anteriormente (Liker, 2004). De facto, os resultados numéricos obtidos são traduzidos numa escala de cores, demonstrando um controlo visual e alarmista, que tem como objetivos primários facilitar a interpretação e identificação dos níveis de eficiência por todos os trabalhadores dos diferentes níveis da organização e, por outro lado, aumentar a rapidez de resposta à resolução de ineficiências, caso existam. A Figura citada a seguir (Figura 5) é relativa à legenda qualitativa da Figura 4 e representa a escala de 4 cores (vermelho, laranja, amarelo e verde) em intervalos de valores crescentes de níveis de eficiência correspondentes, de 0% a 100%.

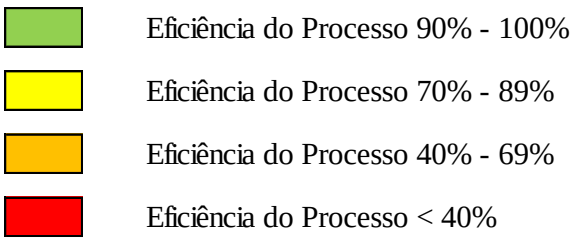


Figura 5- Legenda de Cores referente à metodologia MSM

2.2.4.2 KPIs – indicadores-chave de desempenho

Os KPIs são as métricas focadas nos aspetos do desempenho organizacional, ou seja, são os aspetos mais críticos para o sucesso atual e futuro da organização, concedendo clareza e liderança às equipas de gestão (Parmenter, 2015). Na verdade, os KPIs alinham os diferentes níveis de uma organização com metas e parâmetros claramente definidos e em cascata, para criar responsabilidade e acompanhar o progresso, impulsionando o planeamento contínuo, englobando todos os colaboradores para garantir que estejam a operar de acordo com o mesmo fim (Bauer, 2004). A prestação efetiva dos serviços industriais requer abordagens sistemáticas para planear e organizar os processos da organização, e o sucesso de qualquer programa de gestão de desempenho depende, portanto, da seleção dos KPIs corretos, uma vez que estes

avaliam de forma eficaz o desempenho da organização no seu global, e dos processos ((Meier et al., 2013).

Os KPIs representam, de facto, o desempenho do sistema produtivo e, ao serem comparados ao longo do tempo, podem fornecer evidências objetivas da sua evolução. Estes também podem ser usados para providenciar informações para as decisões estratégicas da alta gestão e medição do desempenho das organizações (Verweire & Van Den Berghe, 2003).

Os seguintes atributos ajudam a criar KPIs eficazes, de forma inteligente – S.M.A.R.T – para definir e desenvolver objetivos e metas (Doran, 1981):

Specific – Específico: direcionados a uma área, processo ou objetivo de melhoria específico e simples para evitar equívocos posteriores, uma vez que os KPIs devem ser de fácil compreensão para todos os trabalhadores, sabendo exatamente o que está a ser medido e como é calculado;

Measurable – Mensurável: quantificar ou, pelo menos, sugerir um indicador estratégico, na medida em que os KPIs devem ser comparáveis e quantificáveis com os objetivos específicos e, de preferência, expressos em números;

Assignable – Atribuível: especificar quem executa o KPI, sendo assim a responsabilidade imputada a alguém individual ou a uma equipa;

Realistic – Realista: os resultados necessitam de ser alcançados e pensados, face aos recursos disponíveis e condições atuais em vez das desejáveis, ou seja, coerentes com a realidade;

Time-based – Relacionado ao tempo: definir um parâmetro temporal para as metas poderem ser alcançadas.

Doran fez, ainda, duas anotações importantes: primeiramente, nem todos os objetivos devem ser medidos nos vários níveis de gestão, uma vez que, em alguns casos, o foco deve estar no plano de ação para alcançar o objetivo; em segundo lugar, nem todos os indicadores atenderão a todos os atributos, pelo que os atributos descritos devem ser vistos como diretrizes (Brudan, 2010). Atualmente, alguns autores acrescentam o atributo de avaliável (*Evaluate*), de forma a se conseguir certificar que este foi bem escolhido, e de re-avaliável (*Reevaluate*), assegurando uma avaliação contínua dos indicadores e dos processos.

Os KPIs têm como objetivo primordial, no VSM e MSM, a avaliação, controlo e medição do nível de desempenho de processos-chave, com o intuito de obter uma gestão adequada no cumprimento das metas ou propostas definidas. Estes indicadores podem ser de diferentes tipos, variando com os seus objetivos, como se enumera, em seguida:

- Indicadores de Produtividade: medem os recursos consumidos relacionados com o resultado dos processos;
- Indicadores de Qualidade: priorizam a satisfação dos clientes e as caraterísticas dos produtos ou serviços;
- Indicadores de Efetividade: identificam as consequências dos produtos ou serviços;
- Indicadores da Capacidade: analisam a capacidade de resultado no processo, através do fluxo por unidade de tempo;
- Indicadores Estratégicos: informam quanto a organização se encontra na direção dos seus objetivos, refletindo o desempenho em relação aos fatores decisivos de sucesso.

Os diferentes tipo de indicadores apresentam o objetivo comum de conseguirem indicar onde estão os principais problemas organizacionais, sendo estes utilizados para melhorar e realizar o acompanhamento dos resultados, podendo-se referir que os indicadores fulcrais para o problema no presente estudo passam, maioritariamente, pelos indicadores estratégicos (Rodrigues & Canelada, 2015).

As métricas de desempenho estratégico são um ponto crítico da gestão de desempenho, alinhando o desempenho com a estratégia. A Gestão de Desempenho aproveita as tecnologias de informação para monitorizar a execução da estratégia de negócio e ajudar as organizações a atingir os seus objetivos. A implementação, alinhamento e integração dos KPIs, em diferentes níveis de um sistema organizacional, devem ser alvo de atenção e estudo. Inclusive, algumas investigações anteriores aplicadas à metodologia MSM tiveram a necessidade de criar uma divisão cronológica que definisse, em concreto, a relação da dimensão temporal dos KPIs com a hierarquia da informação e os níveis da estrutura funcional, de modo a obter dados fiáveis e valores de eficiências agregadas dentro dos parâmetros (0-100%) (Fraga, 2014). Para tal, a estrutura MAD – monitorizar, analisar e detalhar –, criada por Eckerson (2009) parece útil associada à MSM e encontra-se apresentada na Figura 6. As organizações representam um equilíbrio dinâmico entre estratégia, procurando a mudança, e processo, buscando a estabilidade, portanto, os melhores painéis de desempenho analisam os KPIs e os dados, com base na função, nível e tarefa.



Figura 6– Estrutura MAD, adaptada de © 2009 TDWI

O alinhamento dos KPIs em cascata, dividem-se em cascata horizontal e cascata vertical. Entenda-se por cascata vertical a forma como os KPIs são incorporados em cada tipo de painéis de desempenho, movimentando-se em cascata verticalmente, por toda a organização, com o propósito de dar aos executivos uma visão do desempenho em todos os grupos e níveis da organização. Tal permite-lhes monitorizar a execução da estratégia de uma melhor forma, motivando todos os trabalhadores, ao compreenderem, intuitivamente, como as suas ações impactam os resultados finais e ajudam a empresa a atingir os objetivos. Por outro lado, a cascata horizontal alinha os KPIs entre os diferentes painéis independentes - estratégico, tático e operacional - para alcançar o maior grau de coordenação possível, sempre com o intuito de reunir iniciativas que gerem a estratégia com projetos que, por sua vez, gerem os processos. A forma horizontal ajuda a evitar a sobreposição entre os painéis existentes, e garante que os KPIs aparentemente idênticos sejam definidos e interpretados de maneira consistente. Assim, a estratégia pode usar um painel de desempenho tático para monitorar os objetivos e processos departamentais, um painel de desempenho operacional para verificar os principais processos

operacionais de hora em hora, e ainda um painel de desempenho estratégico baseado nos KPIs e derivado de todos esses painéis. A Figura 7 representa a conjunção da cascata vertical e a horizontal, supracitadas.

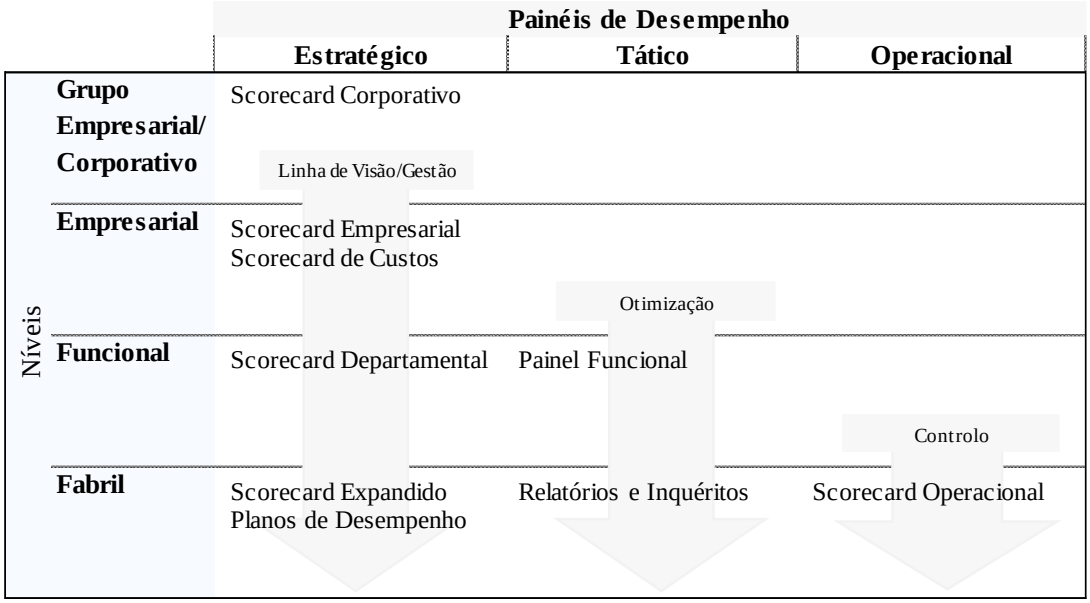


Figura 7– Cascata Vertical e Horizontal, adaptado de Eckerson (2009)

É também necessário fazer-se alusão à estrutura funcional dos KPIs, que pode ser decomposta num grau crescente de 5 níveis organizacionais de aglomeração, onde na base, nível 0, temos os indicadores referentes ao equipamento industrial; no nível 1, se apresentam os referentes à secção produtiva, isto é, o conjunto do mesmo tipo de equipamentos industriais; seguindo-se o nível 2, referente à linha de produção de um determinado produto, passando por diversas secções produtivas, em uma ou mais áreas de produção; o nível 3 que representa o desempenho de cada setor empresarial, obtido com o cálculo do aglomerado das eficiências de todos os produtos gerados nesse setor. Por último, o nível 4 demonstra a eficiência da empresa e o nível 5 a eficiência global do Grupo Empresarial.

Em suma, para qualquer dos 5 níveis funcionais pode ser elaborado o cálculo de eficiências individuais para cada uma das variáveis e a sua agregação, em cada um dos eixos temporais, o que poderá resultar, por exemplo, num painel de desempenho de eficiência para os colaboradores da produção medidos em dias, um painel de desempenho para os gestores intermédios medido em meses e um painel de desempenho para a gestão administrativa medido em anos. Os KPIs são ainda classificados, em cada horizonte temporal, dependendo da sua classe de recurso ou de operação. Alguns destes KPIs dão ainda origem a fulcrais KPIs de fluxo, comummente denominados de informativos, uma vez que ajudam na tomada de decisões considerando diretamente o fluxo de controlo. Os KPIs de operação comtemplam os KPIs referentes a todos os processos operacionais, tais como controlo dimensional, qualidade, produtividade, entre outros; e os KPIs de recurso comtemplam, por sua vez, todos os KPIs referentes aos recursos consumidos na execução da uma atividade produtiva. O Anexo A apresenta a tabela de organização dos dados nas diferentes divisões dos KPIs mencionadas.

Adicionalmente, os KPI podem ser divididos entre reativos (*lagging*), refletindo ações e medindo a produção de atividades passadas, também compreendidos como os KPIs de resultados ("*Outcome"*), e proativos (*leading*), mais focados nos objetivos comuns da

organização, similarmente denominados de KPIs impulsionadores ("*Performance Driver*") que, por sua vez, como o nome indica, têm um impacto significativo nos resultados dos indicadores. Ambos têm as suas vantagens, pelo que são necessários, aquando da avaliação do desempenho em relação aos objetivos e alvos definidos, bem como para controlar os aspetos críticos relacionados com o sucesso atual e futuro da organização (Parmenter, 2015). Tal como citado por Eckerson (2009), "um KPI de resultado num painel de desempenho pode ser um KPI impulsionador noutro". Uma outra desagregação muitas vezes usual e importante é em determinísticos, onde o cálculo das variáveis é com recurso a valores diretos e objetivos, ou não-determinísticos/probabilísticos, através de valores evolutivos e subjetivos.

Cai *et al*. (2009) desenvolveu a metodologia Matriz de transformação de custos de concretização de KPI (*Accomplishment Cost Transformation Matrix*), onde acrescenta uma etapa no já existente ciclo de gestão de 6 estágios – Matriz de custos de concretização de KPI (*Accomplishment Cost Matrix*). Esta nova metodologia traduz-se numa abordagem sistemática para a realização iterativa de KPIs, uma vez que o autor percebeu que entre o estágio de identificação dos KPI aquando da definição do objetivo e o estágio de identificação dos fatores de operação, construção de um modelo de gestão e simulação do desempenho, é importante que exista um 7º – analisar os KPI – e em adição calcular os custos e encontrar padrões de melhoria contínua.

2.2.4.3 Scorecards – cartões de pontuação

Os resultados finais da aplicação direta da metodologia MSM são apresentados na forma de *scorecards*, exibindo claramente, de forma individual ou agregada, informações sobre recursos e aspetos operacionais, o que por sua vez permite a identificação de diferentes tipos de ineficiências do sistema atual. Como referido anteriormente, a componente altamente visual aliada à unidade adimensional da apresentação dos valores, possibilita que todos os colaboradores da empresa consigam interpretar os resultados, promovendo a participação de todos no sucesso organizacional. De facto, as situações críticas observáveis a vermelho identificam as variáveis que estão, atualmente, a operar abaixo do nível de desempenho desejado, o que permite que sejam estudadas mais rápida e intrinsecamente pelas equipas de gestão, para que possam ser alvo de futuras ações de melhoria.

Os *scorecards* ajudam a organização a medir e gerir o desempenho, de acordo com os objetivos, focado para um plano estratégico específico, monitorizando a execução realista e mapeando os resultados dessa execução. Isto é, alinha a concretização operacional com a estratégia de gestão (Eckerson, 2009). Ao contrário de um painel de desempenho, definido como um sistema de monitorização do desempenho, um *scorecard* é um sistema de gestão do desempenho.

Com base nos estudos anteriores referentes às aplicações desta metodologia, sugere-se a apresentação dos seguintes *scorecards*:

Scorecard expandido – contempla todas as variáveis utilizadas no processo, onde os resultados são exibidos sem qualquer tipo de agregação relacionada com a classificação das variáveis;

Scorecard de recurso – exibe informações referentes apenas às variáveis de recurso do processo, principalmente relacionadas com tempo, energia e outros consumíveis utilizados;

Scorecard de operação – contempla, apenas, informações relativas às variáveis de operação, incluindo variáveis como a disponibilidade, *performance* e qualidade de um equipamento;

Scorecard operacional – engloba os dois *scorecards* supracitados, permitindo um entendimento de como a operação está a ser realizada atualmente, em comparação com o seu potencial;

Scorecard resumo – apresenta a eficiência agregada do processo, exibindo informações sobre o desempenho das variáveis que caraterizam o processo. Este cartão tem particular interesse para as equipas de gestão de topo, uma vez que permite facilmente o acesso às eficiências de todas as variáveis em estudo, a nível individual por processo ou agregado a nível empresarial. A Figura 8 seguinte é o exemplo do *scorecard* resumo relativo à Figura 4, em que o nível de desempenho global para a estrutura funcional N4 – empresa – é de 63%, com a componente de desempenho mais urgente de ações de melhoria é a eficiência do consumo de energia no processo 2 (P2).

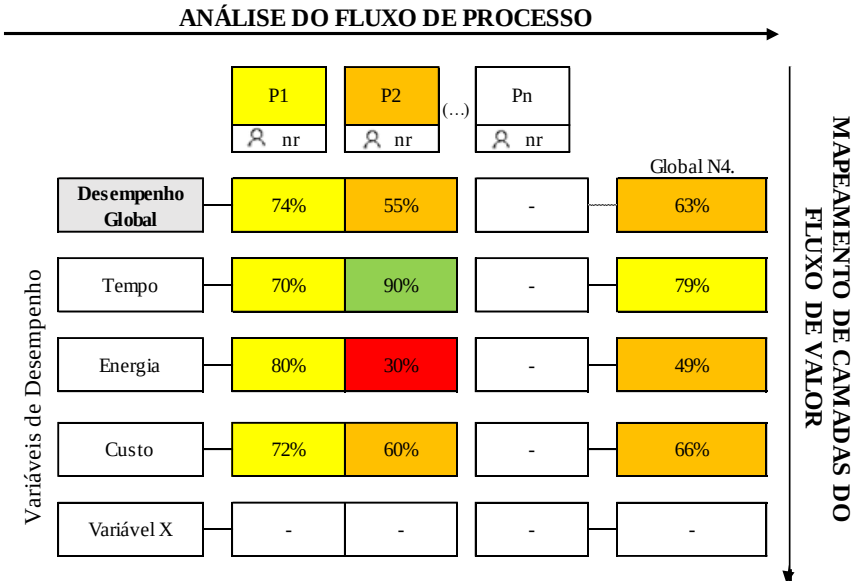


Figura 8– *Scorecard* resumo exemplificativo, adaptado de Lourenço *et al*., 2013

Scorecard de custos – apresentado por Vieira (2014), tem o intuito de "para além de mostrar os valores totais de consumo pretende também indicar o que está a acrescentar ou não valor para o produto final", obtendo com mais detalhe os custos das variáveis estudadas que acrescentam valor ao produto ou serviço final e os custos que não acrescentam valor. Sendo este *scorecard* considerado estratégico, a sua apresentação será através de representações gráficas, ao contrário da definição MSM em matriz.

A nível empresarial também são apresentados gráficos relativos à produção com a finalidade de inferir sobre o desempenho global da empresa, por exemplo através da evolução da produção, produtos, clientes, ordens de fabrico, entre outros. Ou seja, por meio de KPIs estratégicos.

2.3 Lean nas Indústrias de processo

A transformação nas Indústrias de processo nas últimas décadas tem sido uma motivação para os pensadores Lean, e na verdade cada vez mais começa a existir estudos sobre como os processos de produção nestas Indústrias, por exemplo na química e farmacêutica estão a ser aperfeiçoados através do uso de técnicas Lean. Melton (2005) refere que a metodologia Lean traz vantagens quando implementada às Indústrias de processos, indicando "melhorias de desempenho em toda a cadeia de valor, suportando o aumento do desempenho da organização". Esta metodologia permite, igualmente, que estas operações aumentem a probabilidade de

competitividade não só no mercado nacional, bem como o alargamento sustentável para mercados externos, permitindo a sua globalização. De facto, a implementação do Lean tem sido vista como uma revolução e as Indústrias de processos devem estar aptas para a integrar sendo considerada "uma filosofia que tem o potencial de transformar a organização" através de um aumento da velocidade da cadeia de valor e diminuição dos custos de produção, originando melhorias contínuas (Melton, 2005).

Efetivamente, apesar da produção Lean ter sido aplicada principalmente nos setores de produtos químicos e farmacêuticos, e ao originar resultados positivos, o amplo uso adjacente ao pensamento Lean torna possível a sua aplicação a diversas e variadas organizações das Indústrias de processo. Estes processos produtivos podem ser caraterizados por distintas operações com diferentes funcionalidades, integrando os vários estágios de produção. De facto, ainda que a Indústria têxtil seja reconhecida, no seu global, como um sistema por processo, este é composto por operações de fluxo descontínuo e contínuo. Isto é, dependendo da cadeia de valor, as decisões e os métodos são implementados com base nas caraterísticas específicas do sistema de produção (Esfandyari *et al*., 2007). O *layout* por processo é descrito pelo agrupamento dos equipamentos em diferentes áreas produtivas. Tendo como exemplo o sistema típico de produção do tecido, este implica a transferência da matéria prima entre diversos equipamentos produtivos, correspondendo assim a uma operação por processo de fluxo descontínuo. Por outro lado, as áreas específicas de fiação, de tecelagem e de tingimento da matéria prima assemelham-se com a produção contínua, em que a matéria prima flui e é processada de forma contínua durante o tempo de operação, com pequenas ou nenhumas paragens nem interrupções, num único equipamento produtivo. O processo de acabamento é, também, considerado uma operação por processo, em que a matéria prima operada em lotes segue uma linha de produção específica. Este tipo de *layout* é caraterizado por grande automatização dos processos produtivos e da movimentação dos materiais, pelo elevado uso de equipamento específico, pela grande produtividade e, ainda, pelo baixo grau de formação dos operadores. No que concerne à área da confeção, é tipicamente considerada uma operação discreta, idêntica a uma linha de montagem onde o produto se desloca através das várias operações da área produtiva. Neste tipo de operação por lotes, os produtos podem ser produzidos dependendo das suas quantidades, isto é, um lote mais pequeno revela semelhanças à produção unitária, customizada, e um lote maior está em conformidade, por sua vez, com uma produção em massa, artigos padronizados.

Uma abordagem por processos possibilita à organização a realização dos requisitos dos clientes, o foco nos processos que acrescentam valor e a obtenção de um nível de eficiência dos processos superior, na medida em que se particulariza a análise individual de cada subprocesso (Vieira, 2014). Tal é possível através da aplicação da ferramenta Lean VSM. Na verdade, ainda que a evolução do TPS para as diversas Indústrias tenha levado à aplicação das diferentes técnicas Lean a operações por processo, estudos têm demonstrado que o VSM é a técnica que se adequa melhor, quando comparado com as demais técnicas Lean. Ainda assim, pode-se evidenciar que:

- o SMED pode levar à melhoria da eficiência em cada área produtiva através da redução do tempo de mudança do equipamento, assim como em processos com elevada variedade de produtos através da redução do tempo de mudança de produtos;
- o sistema *Pull*, aliado ao sistema de operações *Kanban*, pode ser aplicado em fases de operações discretas na área fabril, a fim de reduzir o trabalho em curso, os níveis de

inventário e melhorar a qualidade do produto. Por outro lado, a sua utilização não é recomendada nos processos contínuos, como por exemplo o de fiação, devido ao baixo grau de flexibilidade destes processos;

- os princípios JIT trazem vantagens quando utilizados para gerir a movimentação, a distribuição e o armazenamento de materiais, possibilitando a resolução dos problemas de escassez de produtos e de atrasos em processos contínuos, como por exemplo na área da fiação. Estes princípios poderão também significar encomendas e entregas mais frequentes, em lotes mais pequenos, de clientes locais e com certificados de qualidade;
- as atividades 5S, aliadas ao WS, especialmente aplicadas entre a área de acabamento e a área da confeção, resultaram na melhoria da produtividade e na redução dos custos, através da criação de um fluxo de trabalho normalizado, da execução das tarefas 5S, tais como a limpeza e a organização do trabalho nestas áreas, e de sistemas visuais;
- e, finalmente, a WS parece trazer vantagens em todas as áreas e operações, embora a sua importância possa ser um pouco menor em sistemas de fluxo contínuo adjacentes a um elevado volume produtivo.

Em suma, as técnicas supracitadas são consideradas vantajosos complementos ao VSM, dependendo da operação têxtil a considerar, uma vez que esta ferramenta Lean pode ser aplicada em qualquer processo produtivo, devido à sua grande flexibilidade. A investigação de Lasa *et al*. (2009) evidencia a utilização do VSM que, em organizações com sistemas de produção de linhas de fluxo descontínuas contribui, na maioria dos casos, para a melhoria do desempenho dos sistemas de produção, passando por redesenhar projetos e cenários futuros mais avançados e adequados, necessários para manutenção da organização no mercado concorrencial atual.

2.4 Lacunas na literatura

Ao longo dos últimos quarenta anos, o paradigma do pensamento Lean tem vindo a sofrer alterações, essencialmente no que diz respeito às novas áreas de aplicação. Com o alargamento do pensamento Lean a toda a organização e a outros setores emergem novos desafios sobre os quais muitos autores se tentam debruçar.

Este projeto tem como objetivo a aplicação da metodologia MSM numa organização do setor têxtil, a fim de medir e desenvolver medidas de melhoria para a redução do consumo dos recursos e para o aumento do desempenho global da organização, tendo presente que os recursos na área de tinturaria e acabamento englobam maioritariamente os equipamentos industriais, as diferentes formas de energia, e por último, a mão-de-obra. Na verdade, os processos produtivos destas áreas registam um enorme consumo de energia, devido aos seus equipamentos CIE. A sustentabilidade económica, aliada à crescente preocupação com a ecoeficiência, tornam-se forças motrizes para o estudo da eficiência energética numa organização pertencente ao setor com o 2.º maior peso no consumo geral de energia, a nível nacional, em 2017.

O MSM, no contexto em epígrafe, apresenta grande potencialidade para o presente estudo e para medidas de melhoria contínua, integrando a diminuição da estrutura de custos e aumentando a eficiência energética da organização, da Indústria, e do mercado português. Sendo o MSM considerado uma inovadora ferramenta Lean, pode-se verificar a tentativa de colmatar, assim, as falhas de aplicação da metodologia Lean a processos descontínuos e por lotes, aliados ao contexto de um elevado consumo energético e consequente impacto ambiental.

3. Identificação do problema

O aumento dos custos relacionados com a energia, nomeadamente energia térmica e energia elétrica, e a sustentabilidade de uma organização têxtil a nível económico estão, de facto, interligados. Pelo que este projeto surge para atribuir mecanismos à organização, que contribuam para a manutenção da sua competitividade na perspetiva de melhoria contínua. Deste modo, no presente capítulo, é primeiramente abordado com maior detalhe o problema a que o caso de estudo pretende dar solução, conectado com os objetivos da investigação. Numa segunda parte, a empresa é apresentada, desde o estudo das suas áreas produtivas, à identificação do respetivo equipamento industrial. Na última parte, procede-se à caraterização do nível do consumo dos recursos energéticos e os custos associados, dados com base na AE (auditoria energética) efetuada à empresa no ano de 2015.

3.1 Definição do caso de estudo: Cottonanswer

A Cottonanswer é uma empresa que se dedica à prestação de serviços na área da Indústria têxtil, mais concretamente nos serviços de acabamento e confeção, tendo como atividade principal, de acordo com a Classificação das Atividades Económicas (CAE) em Portugal, a CAE 14140 - Confeção de vestuário interior e como atividades secundárias a CAE 13301 - Branqueamento e tingimento e a CAE 14131 - Confeção de outro vestuário exterior em série (INE, 2007). Na verdade, esta é uma empresa líder de um Grupo empresarial que opera em praticamente todas as vertentes produtivas têxteis, desde a fase de tingimento de tecido à criação de peças de vestuário e venda das mesmas. Por isso, a aposta nas novas tecnologias é muito intensa, bem como a procura de soluções inovadoras nas áreas da produção, gestão de *stocks* e financeira, comercialização e *marketing*, sendo neste momento essencial para o Grupo Cottonanswer poder contar com trabalhadores que apontem o know-how mais recente nas referidas áreas, a fim de conseguir a melhor qualidade dos produtos, a satisfação dos clientes e uma adequada gestão e racionalização de recursos.

Na empresa em estudo, os custos associados ao consumo de energia representam a maior componente dos custos totais, cerca de 40%. Como tal, torna-se necessário tomar uma atitude pró-ativa e preventiva, atuando em termos de adequação efetiva dos equipamentos, recorrendo a novas tecnologias e estratégias a implementar. Foi nesse sentido que, através da metodologia e princípios Lean, este caso de estudo se definiu. Ainda na estrutura de custos da empresa, para os setores de tinturaria e acabamento, o equipamento industrial e a sua depreciação é cerca de 35%, seguindo-se com, aproximadamente, 15% em mão-de-obra, e o restante referente à aquisição de produtos e componentes industriais químicos. Desta forma, é possível verificar-se que estamos no âmbito de uma empresa de capital intensivo, sendo a análise do consumo energético ao nível dos equipamentos um ponto importante de otimização.

Na empresa, há dois conceitos pilares aquando das decisões futuras, a qualidade dos produtos finais e o impacto ambiental. A qualidade certificada, através da adoção de Sistemas de Gestão de Qualidade é uma das vantagens da Cottonanswer, permitindo operar com maior eficiência, controlar os custos operacionais e valorizar os recursos. No STV, é fundamental a garantia da qualidade e durabilidade na produção, para assegurar o posicionamento na cadeia de valor do setor. No mercado, tanto nacional como internacional, a certificação de qualidade significa aumentar a competitividade e a credibilidade da empresa e, igualmente, a abertura a novos mercados (Juran & Godfrey, 1998). O impacto ambiental é a outra grande preocupação da Cottonanswer, e através da aposta em materiais recicláveis consegue reduzir este impacto e, consequentemente, o desperdício de recursos como água e energia. A empresa dispõe também

de uma Estação de Tratamento de Águas interna para o tratamento de águas processuais, para posterior descarga no coletor das Águas de Barcelos, com o qual vigora atualmente uma parceria de estratégia ambiental. Efetivamente, na ITV há equipamentos onde o consumo energético é intensivo e é relevante identificá-los para alcançar continuamente a eficiência energética na organização. No presente caso de estudo, a fim de aplicar corretamente a metodologia MSM para monitorização dos procedimentos da empresa é necessário avaliar, primeiramente, os equipamentos industriais existentes e a sua importância a nível do consumo energético, presente nos próximos subcapítulos.

A unidade industrial em estudo está implementada na freguesia de Lijó, Barcelos, e dividida em 2 pisos, com uma área fabril concentrada no piso 0, apresentada na Figura 9 (complementado com Anexo B), que por sua vez é onde se verifica o maior consumo energético e, consequentemente, maior impacto ambiental. O perfil do funcionamento da instalação varia consoante a área produtiva, sendo que a de tinturaria e acabamento laboram 24h por dia, divididas em 3 turnos, com descanso semanal aos sábados e domingos para todos os trabalhadores.

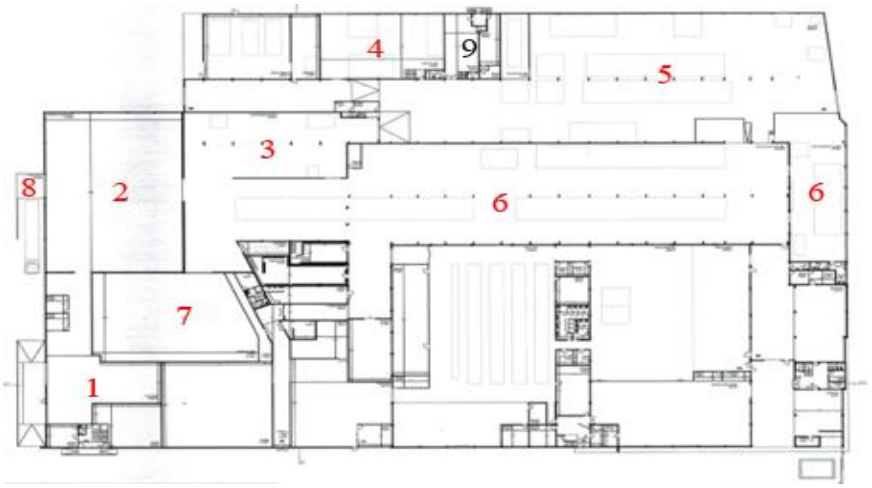


Figura 9- Planta da fábrica da Cottonanswer, em Barcelos

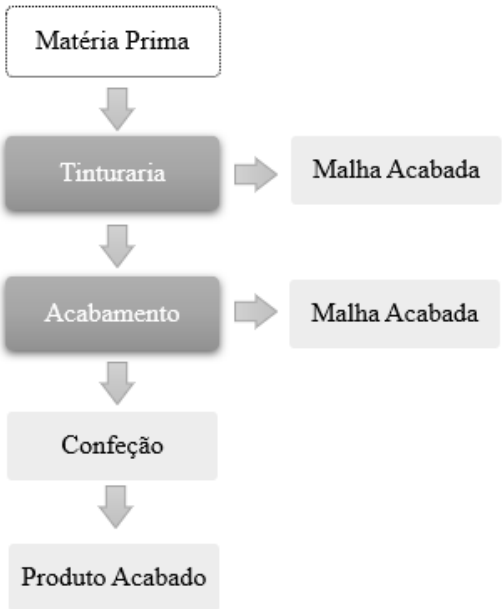
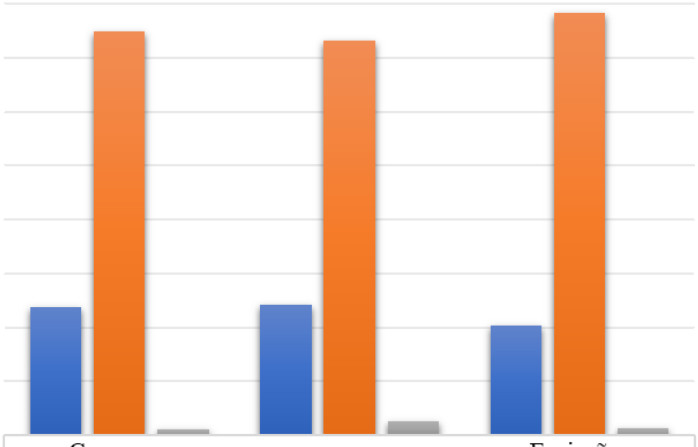


Figura 10- Fluxograma da Cottonanswer, adaptado ao âmbito do caso de estudo

O fluxograma do processo produtivo, descrito acima na Figura 10, refere-se, simplificadamente, às três grandes áreas que a empresa executa, e como justificado em seguida, o foco é nas áreas relevantes a nível dos recursos de energia e dos equipamentos – tinturaria e acabamento. De facto, a Cottonanswer não executa os processos produtivos de fiação nem tecelagem, em muitas empresas têxteis precedentes à área de tinturaria e acabamento, pelo que em estudo a matéria prima são as partidas de malha e o produto final em ambas as áreas estudadas poderá ser a malha acabada ou seguir para a área produtiva seguinte. A partida é o termo comummente usado para referir a um conjunto de malha na ITV.

3.2 Caraterização dos consumos e custos energéticos

Neste subcapítulo, caraterizam-se os consumos, e respetivos custos da energia utilizada pela empresa no ano de 2015. A fonte principal para a informação a seguir interpretada, foi a AE executada à Cottonanswer, referente ao ano de 2015 que, por sua vez, teve por base as faturas da aquisição de energia. O consumo dos equipamentos e setores monitorizados foi praticamente constante durante o período de medição. A empresa é categorizada como CIE no que diz respeito ao consumo energético das suas instalações, pois apresenta um valor de consumo energético muito superior ao limite referência na legislação portuguesa, pelo que se verifica a necessidade de redução dos indicadores energéticos. Esta análise teve como propósito a redução do consumo, mantendo ou mesmo elevando os níveis de produção da Indústria e especificação num plano de gestão de energia para alcançar um melhor desempenho energético das instalações da Indústria, uma redução da fatura energética e uma redução das emissões de GEE. A Cottonanswer utiliza as seguintes formas de energia: energia elétrica, gás natural e gasóleo. No que concerne ao consumo por forma energética, o seu consumo global divide-se em cerca de 75% de gás natural, sendo a forma de energia mais utilizada na empresa, representando, aproximadamente, 73% do peso no custo. Segue-se a energia elétrica, que atinge cerca de 24% do consumo e 24% do custo da energia. Finalmente, o gasóleo tem um peso pouco significativo no consumo e no custo energético global, com 1% e 3%, respetivamente, explicado por apenas ser utilizado nas viaturas de serviço da empresa. Desta forma, justifica-se a não inclusão do gasóleo como recurso neste projeto, dado não ser um recurso direto dos processos de tingimento e de acabamento. Os gráficos representados na Figura 11 mostram a repartição descrita.



	Consumo (tep)	Custo (€)	Emissões (kgCO2e)
energia elétrica	23,88%	24,31%	20,32%
gás natural	74,95%	73,18%	78,28%
gasóleo	1,17%	2,52%	1,40%

Figura 11- Consumos, custos e emissões de GEE por fonte de energia na Cottonanswer, 2015

A energia elétrica, segunda principal fonte de energia, é utilizada como sistema de força motriz no funcionamento dos equipamentos da unidade fabril e na iluminação da instalação. Através dos principais equipamentos pelas áreas produtivas, no que respeita ao consumo de eletricidade, é de esperar grandes consumos na área de tinturaria e acabamento, por via da potência unitária dos seus equipamentos (ver Anexos D e) e do perfil de funcionamento dos mesmos (24h nos dias úteis). A energia térmica, e sendo o gás natural produzido através da combustão de combustíveis fósseis e consumido na secadeira, nas râmulas e nos geradores de vapor, que é posteriormente utilizado nos Jets. De notar que o sanfor também necessita de gás natural para o seu funcionamento, porém, aquando da AE, não se levou em consideração este equipamento nos cálculos para a obtenção do consumo deste recurso.

Por um lado, pela desagregação de consumos por utilização, a força motriz dos equipamentos produtivos é responsável pela maior percentagem do consumo elétrico de instalação, 76,34%, a iluminação tem uma parcela de cerca de 11% e o restante refere-se a componentes de serviços auxiliares. Pela desagregação de consumos pelas áreas produtivas definidas, o acabamento é a área que mais energia consome em termos elétricos com, aproximadamente, 56%, seguindo-se a tinturaria com, aproximadamente, 35%, e o restante é associado à confeção e ao departamento dos serviços administrativos. Por outro lado, pela desagregação da energia térmica por utilização verifica-se que, aproximadamente, 98% é consumida no processo produtivo, e o restante pela movimentação automóvel. Uma vez mais, pela desagregação pelas áreas produtivas, devido às grandes necessidades de utilização de vapor, 46,35% da energia térmica é consumida na tinturaria, e 46,67% na de acabamento, resultante da queima direta de gás natural nas râmulas e na secadeira, e o restante refere-se às restantes áreas.

A Figura seguinte (Figura 12) representa a distribuição de consumos anteriormente descrita, pelas áreas empresariais existentes.

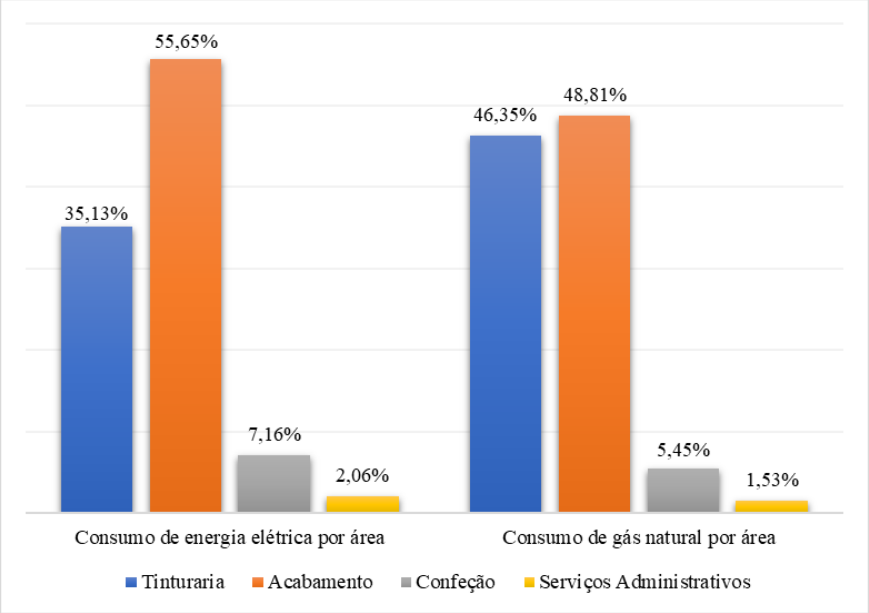


Figura 12- Consumo por fonte de energia por setor, na Cottonanswer, 2015

Por fim, focando no consumo global de energia por área, e dividindo o consumo dos serviços administrativos, em partes iguais, pelas 3 áreas produtivas, obtêm-se as seguintes agregações**:** o acabamento corresponde a, aproximadamente, 49% do consumo global e 44% à tinturaria.

4 Metodologia de investigação

Este capítulo descreve a metodologia de pesquisa realizada, compara as metodologias qualitativas e quantitativas e a sua aplicabilidade na pesquisa de investigação do desempenho atual da empresa, recolha de dados e o posterior método de análise dos dados.

Recentemente, cada vez mais investigadores sugerem uma abordagem de investigação com contribuição qualitativa e quantitativa para a obtenção de resultados mais próximos da realidade, fiáveis e estruturados. A perspetiva qualitativa tem como objetivo a interpretação, em vez de mensurar, e procura compreender a realidade, tal como ela é experienciada. Este tipo de investigação privilegia, essencialmente, a compreensão dos problemas a partir da perspetiva dos sujeitos da investigação, ao invés de uma abordagem objetiva. Assim, a visão qualitativa interessa-se mais pelos processos do que pelos produtos, ao contrário da abordagem quantitativa que procura comprovar teorias, recolher dados para corroborar ou anular hipóteses e generalizar fenómenos e comportamentos (Eisenhardt, 1989). Edmondson e Mcmanus (2007) delinearam três estágios da pesquisa de investigação - nascente, maduro e intermediário - análogos às três abordagens metodológicas - qualitativa, quantitativa e mista. Após a recolha dos dados, um investigador deve aplicar as técnicas analíticas que mais se adequam à natureza e quantidade dos dados. Na teoria nascente, o trabalho de conceituação ocorre durante e posteriormente à recolha de dados, através de um processo indutivo de busca de padrões para explicar os dados, sendo que mais dados podem ser recolhidos de forma a analisar as anomalias encontradas. Pelo contrário, um investigador quantitativo considera a interpretação alternativa e comparativa dos dados, incluindo estudos anteriores, e extrai as suas implicações (Choy, 2014). Assim, os resultados qualitativos regem-se por um maior espaço para interpretações subjetivas, ainda que as conclusões possam, também, ser expressas por tabelas ou gráficos.

Ritchie *et al.* (2013) identificou a classificação de quatro potenciais funções da pesquisa qualitativa, a saber: contextual, descrevendo a forma ou natureza do que existe, explicativa, examinando as razões ou associações entre o que existe, avaliativa, referente à eficácia do que existe, e generativa, auxiliando o desenvolvimento de teorias, estratégias ou ações. A fim de levar a cabo este tipo de pesquisa, são necessárias informações tando sobre os processos como sobre os resultados. A metodologia avaliativa, especificamente, pode contribuir para uma melhor compreensão dos resultados, ao identificar os diferentes tipos de efeitos e consequências que podem surgir de uma investigação, assim como o modo pelo qual ocorrem. De facto, a pesquisa qualitativa releva os fatores que moldam o objeto de investigação, que podem não ser acessíveis por métodos quantitativos, tais como a história, organização, cultura e experiência. Devido aos seus métodos flexíveis, a investigação qualitativa, nomeadamente pela pesquisa avaliativa, é particularmente hábil em observar a dinâmica de como e "quão bem as coisas funcionam", uma questão organizacional fulcral a desenvolver.

O processo de investigação deve ser orientado de maneira a produzir respostas às questões formuladas no projeto, por forma a atingir os objetivos propostos no trabalho de investigação. No contexto da pesquisa da presente dissertação, perante os objetivos definidos e o problema explicado nos capítulos precedentes, e considerando os métodos de pesquisa quantitativo e qualitativo, observa-se que a metodologia de investigação qualitativa mostrou ser mais próxima da realidade do propósito, na medida em que visa verificar como ocorrem as práticas dentro de uma organização, indicando qualidades do objeto. Assim, este estudo envolve o levantamento de dados e a obtenção de perspetivas relevantes ao âmbito, para melhor compreensão do problema em análise.

No que concerne à fase de recolha dos dados que servem de base para os resultados e conclusões, estes foram obtidos através de três métodos principais: observações, entrevistas e textos. O método de observação foi considerado o mais eficaz, uma vez que o objeto em estudo é uma entidade fabril em operação, que por sua vez é constituída por múltiplos colaboradores que atuam, principalmente, com base na experiência. As observações resultaram da conjugação dos métodos de observação direta e observação participante. O primeiro método traduziu-se na recolha instantânea de informação, através da observação dos operários, registando os seus comportamentos no local. Mais concretamente, por via de uma estratégia de observação reativa, onde os operários sabem que estão a ser observados, e respondendo a perguntas simples e aleatórias, tais como "Qual é a sua função neste momento?" ou o porquê do equipamento de que estava responsável estar parado. Tal estratégia pareceu ser mais adequada ao objetivo de aprofundamento de conhecimentos do tema em estudo em prol da observação discreta, onde os operários não sabem que estão a ser observados nem estudados. No que concerne à recolha de dados pela leitura dos monitores de SI incorporados em alguns equipamentos industriais, estas medições foram feitas diretamente na instalação fabril da empresa. O segundo método de observação escolhido foi a observação completamente participante, pois aquando da ocorrência deste método, foram surgindo questões e dúvidas que, se a estratégia fosse uma observação completamente de observador, não poderiam ter sido resolvidas. A observação participante facilita a perceção intuitiva dos procedimentos e a recolha de variados tipos de dados, envolvendo também o estudo dos colaboradores, pelas suas experiências de trabalho e de vida. Tal foi de extrema importância, na medida em que os conhecimentos práticos e académicos dos colaboradores sobre o tema em estudo representam uma vantagem para a melhor compreensão da envolvente contextual e das particularidades do objeto em estudo. Na verdade, a aplicação deste tipo de estratégia de observação torna ainda possível o ajuste dos pontos de investigação à realidade verificada, assim como o aperfeiçoamento do modelo de pesquisa quantitativa quando existente e combinado com este método.

Foram, ainda, também realizadas entrevistas aos colaboradores chefes das diferentes áreas produtivas, com um caráter informal e sem estrutura, ou seja, não houve recurso a um questionário previamente delineado, em que as questões surgiram de forma natural e intuitiva. Uma entrevista informal define-se pela recordação das conversas tidas com os atores em questão e de anotações constantes por parte do investigador. Na verdade, este tipo de entrevista proporciona uma forma útil de validar os dados de investigação que tenham sido recolhidos através de procedimentos mais formais e rígidos (Moeller *et al.*, 1980). Finalmente, os textos e estudos prévios da empresa em relação a este tema também foram analisados e interpretados, de forma a complementar os dados recolhidos por observação direta. Os elementos coligidos por este método foram considerados de extrema importância para o desenvolvimento do presente projeto, tal como o relatório da AE feita na empresa no ano de 2015.

Na fase da análise dos dados e informação recolhidos, recorreu-se à aplicação da MSM com o auxílio da ferramenta *Excel*. Após o estudo de diferentes métodos de agrupamento dos KPIs, este projeto seguiu uma estrutura adaptada da organização temporal criada por Fraga (2014), assente na estrutura funcional MAD através dos níveis funcionais em cascata, informação descrita no capítulo 2. Tal como verificado anteriormente, os resultados da metodologia MSM, adimensionais e percentuais, são representados em *scorecards* e representações gráficas.

5. Resultados - caso de aplicação na Cottonanswer

Este capítulo, dividido em duas secções, apresenta na primeira a avaliação atual da empresa, com recurso a diferentes tipos de análises e observações, e a definição dos KPIs que se evidenciaram necessários para que, posteriormente, fosse possível a realização estruturada do caso de estudo apresentado. Assim, na segunda secção, demonstra-se os resultados principais da aplicação da metodologia MSM, descrita no capítulo 2, que permitem avaliar o desempenho dos vários níveis funcionais da empresa, particularmente, a nível dos equipamentos (N0) e das linhas de produtos (N2), concluindo com as propostas de soluções de melhoria encontradas.

5.1 Observação: levantamento do processo produtivo

O processo produtivo na Cottonanswer inicia-se, tipicamente, a partir do momento em que o cliente entrega a matéria prima, em rolos, na área 1 do Anexo B. Aqui é criado o planeamento dos processos a executar, a fim de concretizar o pretendido pelo cliente, ou seja, a folha de Processos com todas as ordens de fabrico referentes a cada processo. São, então, obtidas informações como a identificação do cliente, do tipo de artigo e dos parâmetros pretendidos pelo cliente, tais como a cor, largura e gramagem. Esta folha é também enviada para o departamento de laboratório de cores (área 9), onde é elaborada a folha 'Receita da Partida', apresentando qual o Jet e respetivo programa de tingimento a ser seguido. O planeamento diário também é feito para a área de acabamento, pelo que apenas é necessário ser seguido pelo operário, levando a que o tempo de espera de operação dos equipamentos, de capital intensivo, seja quase nulo. Posteriormente, a malha em rolo é desenrolada passando a formato "livro", como comummente designada na ITV. Este último processo denomina-se de desenrolar, apresentado pela área 3 (ver Anexo B), com recurso a uma das quatro máquinas existentes para esta operação. Depois, o operário responsável por este processo desloca o carrinho com a malha, na maioria das vezes, para a tinturaria, área 5.

A decisão de escolha do Jet é seguida pelo operário responsável pelo processo de tingimento da partida de malha. Este processo tem a finalidade de colorir as malhas, dando à generalidade dos artigos um aspeto agradável e atrativo. A base técnica da maioria dos processos de tingimento consiste na introdução de matérias coradas no interior das fibras, com vista a garantirem uma cor suficientemente permanente, quando expostas às condições bastante variadas dos processos produtivos subsequentes e fatores externos. Fatores estes como o uso, suor, luz, lavagem, fricção, entre outros. Este processo é responsável pela existência de um elevado número de equipamentos industriais, descritos no Anexo D. É também caraterizado por na mesma máquina serem executadas todas as etapas produtivas referentes a cada tipo de programa de tingimento. No Jet, o consumo de energia elétrica é constante durante o processo. Pode ainda ser um pouco superior no tempo de arranque do mesmo, porém este vai depender da gramagem e do comprimento da partida, assim como da velocidade do motor das bombas que transportam a água para o Jet. Por outro lado, no que diz respeito ao consumo de gás natural, este não é consumido diretamente nestes equipamentos. Isto é, os Jets consomem vapor, produzido através da combustão de gás natural nos geradores de vapor que, por sua vez, varia com o tipo de processo de tingimento.

Independentemente do tipo de processo de tingimento, este inicia-se com a introdução da malha no Jet, etapa que é acionada pelo operador no SI incorporado no equipamento dando início à contagem temporal do programa. A primeira etapa produtiva no Jet designa-se de desencolagem e apresenta uma duração padrão de cerca de 1h. A etapa de branqueação, ou meia branqueação, tem a função de retirar as gorduras e resíduos existentes da malha, deixando-a com cor cru. Esta

etapa, que já inclui a de desencolagem, é quase sempre necessária para qualquer processo de tingimento. A última etapa refere-se ao ensaboamento, sendo que o programa de tingimento a cores escuras tem a particularidade da introdução de sabão 3 vezes, a fim de diminuir a probabilidade de manchar no teste de solidez da cor, executado no final. A etapa de tingimento pode incluir ainda o tratamento anti-*piling* ou silicone, tornando a malha mais macia ao toque.

Ao longo do processo de tingimento, há fases de tirar amostras da malha, que serão posteriormente verificadas pelo chefe de turno da tinturaria. Estas amostras são analisadas de acordo com a ficha de laboratório para a cor e a Receita da Partida do processo, e executam-se retificações ao ajuste da cor, se necessárias. Tal define o conceito de remontas, isto é, retingir a fim de enquadrar a malha nos parâmetros desejados pelo cliente, por razões como acertos de cor, mudança de preferência de cor por parte do cliente ou reclamação da cor pelo mesmo. As remontas afetam diretamente a duração padrão de um tingimento, em média 1h adicional. Desta forma, apesar de os Jets serem automatizados para que a cozinha de cores (na área 4 do Anexo B) envie os corantes à área da tinturaria por tubagem automática monitorizada pelo SI, aquando das remontas, é responsabilidade do operário de exerça esta introdução manual no equipamento.

Após a passagem pelo Jet, a partida de malha passa pelo processo de espremer, ainda na área 5. A espremedeira tem como funções principais espremer o excesso de água da malha, abri-la e ainda retirar o fio de costura da partida. O processo de abrir a malha, por si só, implica que a água da espremedeira seja desligada, isto é, a malha entra e sai seca. A célula existente na espremedeira lê automaticamente a linha de agulha para guiar o corte de abertura da malha, para que a partida da mesma fique com uma largura constante. Normalmente, a etapa abertura da malha como processo individual antecede o processo de tingimento, assim como a etapa de retirar o fio da partida de malha. Este processo é auxiliado pela bobina existente no equipamento. Depois, a malha pode seguir para a área 7 como malha acabada ou para a área de acabamento.

A linha de acabamento define os processos pelos quais um artigo têxtil atravessa, com o objetivo de conferir aos artigos propriedades e caraterísticas válidas, quer do ponto de vista estético, quer do ponto de vista funcional. Assim, as necessidades do mercado e dos clientes são satisfeitas. A partida, ao chegar a esta fase, necessita de ser tratada de forma a eliminar as substâncias estranhas ao tecido, desenvolver as caraterísticas do artigo nas componentes toque e aspeto, e conferir ao artigo propriedades que assegurem um bom comportamento nos processos posteriores. Para tal, o processo de acabamento é composto por uma sequência bastante complexa de operações, que varia segundo o tipo de artigo a acabar e as propriedades que se pretendem incorporar durante esta fase. Ao contrário dos Jets, os equipamentos desta área não têm um SI incorporado, pelo que não há durações padrão das etapas produtivas, sendo que os operadores trabalham com base na experiência. Na verdade, os processos ocorrentes não são lineares, variando em função do tipo e qualidade do produto pretendido. Indicam-se, de seguida, os equipamentos principais destinados ao acabamento, bem como as respetivas funções, complementado com as informações descritas no Anexo E. Estes estão instalados no espaço imediatamente ao lado da área produtiva da tinturaria (áreas 6 e 5, respetivamente) para reduzir as perdas de tempo em movimentação da malha de uma área para a outra.

O processo de acabamento pode iniciar-se na secadeira, que então recebe o produto da espremedeira e, por queima direta de gás natural e ventilação mecânica, extrai a humidade remanescente da malha. A partida pode ainda seguir para o processo de ramular, de sanforização ou para o armazém de malha acabada como produto final.

Considerando o processo de ramular, para tal existem três râmulas na Cottonanswer, onde são efetuadas várias operações, como a termofixação, a secagem e a ramulagem, podendo ainda incluir diversas componentes, tais como tratamento anti-*pilling*, fluor, antibacteriano e hidrófilo. Focando no processo de ramulagem, objetivo principal é o enobrecimento do toque e a estabilidade dimensional. Uma vez que a malha não é linear, é necessário gerir as expectativas do cliente no que concerne aos parâmetros finais de largura e gramagem referentes, à estabilidade dimensional, pelo que estas medidas se encontram representados em intervalo e não valores absolutos.

Em termos energéticos, as râmulas utilizam o gás natural para gerar o calor necessário, que por sua vez varia com o tipo de processo. Neste contexto, também a velocidade operacional varia com o tipo de processo e a composição da malha. A segunda forma de energia – a eletricidade – é utilizada para alimentar os sistemas de força motriz das râmulas, mais concretamente, os motores responsáveis pela movimentação do tecido.

Neste equipamento, quando se muda drasticamente da cor de tecido que se está a operar, o chefe da área de acabamento, sempre que possível, envia partidas com a diminuição de cores gradual, a fim de não ter a máquina parada para proceder à sua lavagem. Tal também se verificou na espremedeira. No que diz respeito às amostras, a cada partida de malha retira-se cerca de $1m^2$, para testar e confirmar se está ou não de acordo com os parâmetros desejados pelo cliente. O tempo padrão para testes é de um dia. Neste tempo, a malha acabada fica à espera da aprovação para ser expedida para o cliente, numa zona específica na área de acabamento. Caso seja um artigo novo nunca testado nem processado, retira-se primeiramente uma parte da partida e testa-se a mesma por todo o processo produtivo a fim de verificar a possibilidade da execução do pedido do cliente e diminuindo, dessa forma, a taxa de erro e de perda de matéria prima. Após a passagem pela râmula, a malha pode ser encaminhada para o armazém de produto acabado, para ser expedida ou segue para a próxima, e normalmente última, fase do processo produtivo – a sanforização.

O sanfor estabiliza a malha nos encolhimentos, oferecendo resistência ao produto, evitando que a malha encolha após a primeira lavagem, e oferece um toque mais suave e estabilidade dimensional, tal como a râmula. Porém a grande diferença entre os dois passa pelo modo de como este processo é executado. No primeiro, é através do relaxamento mecânico da malha, enquanto que o segundo é através de vibrações, sendo a ramulagem sempre precedente à sanforização. Ao longo do processo no sanfor, são retiradas amostras que necessitam de ser aprovadas pela cozinha de cores. No fim, também se executa um teste de controlo de qualidade no departamento do laboratório, e apenas no caso de este ser aprovado é que é expedido para o cliente. A linha de acabamento finaliza aquando do fim deste processo.

De um modo geral, em todos os equipamentos, com exceção do Jet, é feita a conexão entre as diferentes partidas de malha, por costura ou nós, para que o fluxo destes equipamentos seja contínuo. Estes equipamentos estão também dotados de células com sensores, para que caso haja alguma anomalia, tal como uma emenda ou falha na malha, consiga ser detetável e o equipamento para automática e imediatamente. Se tal acontecer, é necessária a resolução por parte do operário. Nestas duas áreas, é o chefe responsável por cada uma delas que indica a sequência da escolha das partidas, distribui, normalmente, os carrinhos de malha para a área mais próxima do processo seguinte, para que o operário nesse processo apenas se desloque a essa área, mais uma vez, numa medida de tentativa de diminuição de tempo de paragens dos equipamentos.

5.2. Análise dos dados recolhidos

5.2.1 Definição dos KPIs

Uma vez que o foco da MSM é o tratamento dos dados recolhidos para a avaliação das variáveis de desempenho, a seguir, são descritos os KPIs que, juntamente com a empresa, se decidiu serem os mais adequados nesta presente dissertação, e também os possíveis de medir. No que concerne aos tipos e classificações referentes aos KPIs descritos no capítulo 2, seguiu-se a organização definida no Anexo A. De acordo com a estrutura funcional, apenas o nível 0 (N0) corresponde aos dados recolhidos diretamente por observação e cálculos primários. A divisão dos KPIs em diferentes tempos de medição foi adaptada às condições reais, uma vez que, no nível operacional, a medição foi feita em horas.

Tradicionalmente, as métricas de gestão de desempenho têm sido estudadas com a ajuda de s*corecards*, painéis de desempenho e relatórios, em que as métricas diárias analisam a aproximação da atividade empresarial aos objetivos da organização. Para tal análise estruturada, é necessário ter em consideração as classes de KPIs de recurso e de operação.

No que concerne aos KPIs de recurso, formando o s*corecard* de recursos, foram compreendidas as variáveis que se enunciam:

Consumo de matéria prima: recurso primordial, que pode repartido em matéria prima útil, ou seja, que acrescenta valor para o produto final, e em matéria prima sem valor acrescentado, tais como amostras, partidas com defeito ou qualquer material que não seja utilizado no produto final. Ou seja, a matéria prima útil será a quantidade de malha acabada, sendo a unidade de medida o kg. Esta repartição infere sobre a eficiência deste consumo, como é formulado em seguida:

$$\text{Consumo de matéria prima} = \frac{\text{matéria prima útil para o produto final}}{\text{matéria prima total}}$$

Disponibilidade dos operários: é um recurso temporal que infere sobre a disponibilidade dos operários para realizarem etapas/processos produtivos que acrescentem valor durante o tempo total de trabalho. Este cálculo enunciado foi em horas.

$$\text{Disponibilidade dos operários} = \frac{\text{número de horas efetivas a trabalhar úteis}}{\text{número de horas total de trabalho}}$$

Uma vez que esta variável foi medida para cada uma das etapas do processo de um equipamento, é de se notar que o tempo de trabalho considerado útil foi o tempo padrão dos operários para a execução dessa etapa, e o tempo total de trabalho foi a duração realmente observada dessa mesma etapa.

O tempo considerado como tempo padrão pela empresa para: retirar uma amostra no processo de tingimento é de 45s; carregar a malha no Jet é de 15min; e, descarregar a malha do Jet é de 15min.

Consumo de energia elétrica: foi medido, a fim de avaliar o nível de eficiência energética da unidade de produção, na componente elétrica. Uma vez que o consumo de energia elétrica num equipamento que esteja em funcionamento é praticamente constante, considerou-se como energia elétrica útil a potência efetivamente medida no equipamento, e como energia elétrica total a potencia unitária do mesmo, isto é, a potencia máxima, caso o equipamento

estivesse a operar com os seus fatores a 100%. Desta forma, foi possível calcular a eficiência do consumo elétrico pelo equipamento numa determinada etapa produtiva, como a seguir se apresenta:

$$\text{Consumo de energia elétrica pelo equipamento} = \frac{\text{energia elétrica útil}}{\text{energia elétrica máxima}}$$

O cálculo da energia elétrica útil consumida num determinado equipamento é dado por:

$$\text{consumo de energia elétrica (kWh)} = \frac{\text{potência elétrica (W)* período de medição (h)}}{1000}$$

Onde, potência elétrica(W) = corrente elétrica(A) * tensão elétrica(V).

A corrente elétrica foi medida com o auxílio da pinça amperimétrica e a tensão elétrica da instalação fabril para todos os equipamentos é de 380V. O valor da potência elétrica unitária de cada equipamento foi retirado dos Anexos D e.

Consumo de gás natural: é o segundo recurso energético que mais carateriza o elevado consumo de energia da empresa, como explicado no capítulo 3. Assim, foi considerado como útil, o consumo de gás natural efetivamente gasto pelo equipamento na sua etapa produtiva. Este valor é medido em tep.

$$\text{Consumo de gás natural pelo equipamento} = \frac{\text{gás natural útil consumido}}{\text{gás natural total consumido}}$$

Como referido em capítulos anteriores, o gás natural é consumido no gerador de vapor, na secadeira, nas râmulas e no sanfor. Durante o período do trabalho de campo a que esta dissertação diz respeito, não foi possível efetuar medições para determinar a eficiência da utilização de gás natural, pelo que se recorreu a cálculos da AE de 2015 à empresa. De facto, foi calculada a eficiência da queima de gás natural, pelo método das perdas, obtendo o valor de 89,22%. Sabe-se ainda que o gerador de vapor em funcionamento atualmente não apresenta nenhuma modificação nem reparação desde 2015, assim como a secadeira e as râmulas. Contudo, a desagregação da parte que acrescenta valor consumido e a que representa desperdício, em cada um destes equipamentos enunciados, não foi possível por falta de dados disponíveis para este cálculo. Contudo, considerou-se que a eficiência no consumo de gás natural, atualmente, para os equipamentos analisados aquando da AE de 2015, apresenta o mesmo valor, cerca de 89%. Assim, uma vez que nem o sanfor nem a râmula 3 foram considerados na AE, neste projeto também não foi possível a sua consideração. Por outro lado, os Jets também não foram analisados uma vez que estes equipamentos utilizam o vapor, proveniente do gerador de vapor, e não diretamente o gás natural.

Considerando, agora, a classe de operação, estes KPIs são utilizados para avaliar o nível de desempenho global das operações que integram o fluxo produtivo, através do cálculo das componentes disponibilidade, *performance* e qualidade dos equipamentos estudados:

Disponibilidade: reflete as ocorrências que afetam diretamente a disponibilidade dos equipamentos, isto é, paragens não esperadas nem programadas, uma vez que as paragens programadas não são contabilizadas neste indicador. As componentes foram medidas em horas, através da fórmula:

$$\text{Disponibilidade do equipamento} = \frac{\text{tempo de produção medido no equipamento}}{\text{tempo de produção planeado}}$$

Qualidade: traduz os produtos finais que efetivamente se enquadram os vários parâmetros definidos pelo cliente, garantindo, assim, a qualidade dos produtos aquando do término do processo produtivo no equipamento. A fórmula usada foi:

$$\text{Qualidade do equipamento} = \frac{\text{partidas totais produzidas - partidas com defeito ou retrabalho}}{\text{partidas totais produzidas}}$$

Este valor apresenta-se em número inteiro de p (partidas) de malha. O material que não atinge o nível esperado é considerado com defeito ou retrabalho, sendo então entendido como desperdício. De salientar que, no Jet, todas as partidas são tratadas como um todo, pelo que a divisão entre o número de partidas introduzidas que necessitam de retrabalho, aquando da sua ocorrência, seria de 100%. Desta forma, a fim de uma maior aproximação da realidade, se houver "defeito" numa etapa do processo de tingimento, será considerado como parte útil deste indicador o tempo que essa etapa deveria durar e como denominador o número de horas que efetivamente se verificou nessa etapa, traduzindo-se na existência de remontas. A duração padrão de uma remonta para cada etapa no processo de tingimento é de 1h.

Performance: a sua medição é necessária uma vez que todos os equipamentos apresentam uma capacidade produtiva temporal máxima. Ou seja, esta variável é calculada pela velocidade de produção efetiva, para um determinado valor de matéria prima, em relação à velocidade com que o equipamento foi projetado para essa mesma produção de malha.

$$\text{*Performance* do equipamento} = \frac{\text{tempo de produção teórico para } \beta \text{ m ou kg de matéria prima}}{\text{tempo de produção medido no equipamento}}$$

Por último, tem-se os KPIs denominados informativos. Neste presente estudo foram considerados os seguintes indicadores:

OEE (Eficiência Global do Equipamento): que tem como objetivo avaliar a eficiência produtiva de uma linha produtiva ou de um equipamento, através de métricas bem definidas que permitam a sua comparação entre os diferentes elementos. Para o seu cálculo é necessário agrupar o rácio de 3 parâmetros, anteriormente indicados, que agora se formula:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} * \textit{Performance} * \text{Qualidade}$$

Eficiência energética: é o resultado da agregação dos consumos dos recursos energéticos num determinado equipamento ou processo. Este valor percentual é dado pelas formas de energia agregadas que apresentam valor acrescentado para a produção do produto, em relação ao total de energia consumida.

$$\text{Eficiência energética global} = \frac{\text{energia útil consumida}}{\text{energia total consumida}}$$

Uma vez que apenas foram considerados como recursos importantes do processo produtivo, nas áreas de produção em análise, a energia elétrica e o gás natural, apenas estes consumos serão componentes do cálculo da eficiência da energia consumida pelo equipamento.

Adicionalmente, é importante fazer-se referência aos KPIs informativos que se seguem, ainda que não sejam apresentados nos *scorecards*:

Tempo gasto nas ordens de fabrico (*Lead time*): é composto pelo tempo de produção, ou seja, o tempo em que a ordem é produzida ou fabricada, incluindo tanto o que acrescenta valor como o que não acrescenta. O tempo de processamento de uma ordem é calculado a partir do momento em que um cliente executa a ordem até ao início do processamento dessa ordem, ou seja, o tempo de administração. Por fim, o prazo de entrega é o tempo necessário para que uma ordem seja entregue ao cliente, após esta ter sido produzida e aprovada pelos testes de qualidade necessários. Embora não tenha sido possível o cálculo deste indicador, foi considerado importante a sua menção. Sabe-se ainda que esta eficiência deve ser elevada, uma vez que o planeamento da tinturaria executa a folha de Processos de uma determinada ordem, logo após a entrada do pedido do cliente na empresa, e o início do processo produtivo é quase sempre programado para o dia de produção seguinte. No que concerne à fase de testes, e a fim de gerir as expectativas dos clientes, é reservado um dia para este fim, já com o intuito de haver a necessidade de repetir testes ou algum dos processos produtivos.

Controlo: evidencia a eficiência do que realmente é controlado pelo total existente a controlar. Na visita às instalações fabris, verificou-se que todas as etapas do processo produtivo são controladas pelo chefe da área correspondente, pelo que há pouca margem para erro humano dos demais operários, uma vez que estes não têm autonomia para a tomada de decisões produtivas. Deste modo, no que foi possível observar, este indicador aproximou-se dos 100%. Justificado pelo facto de, por exemplo, ser o chefe de turno ou o chefe de cada área produtiva que vai deslocando as partidas de malha, para decidir qual a sequência de produção de um determinado equipamento. Porém, não há informações suficientes para o seu cálculo a nível de estratégia organizacional.

No que diz respeito à obtenção do Painel de Desempenho Estratégico, apresenta-se KPIs dos níveis departamental e empresarial. Estes estão interligados com a capacidade de inovação, a qualidade das tecnologias utilizadas na produção, a agilidade dos processos e dos operários, entre outros fatores. Em baixo, estão as fórmulas para o cálculo dos indicadores estratégicos que foram considerados para a obtenção dos resultados:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Produção mês/ano } (\alpha\text{-}1)}{\text{Produção mês/ano } \alpha}$$

$$\text{Variedade de produtos} = \frac{\text{Número de produtos mês } \beta \text{ ano } (\alpha\text{-}1)}{\text{Número de produtos mês } \beta \text{ ano } \alpha}$$

$$\text{Quantidade de clientes} = \frac{\text{Número de clientes mês } \beta \text{ ano } (\alpha\text{-}1)}{\text{Número de clientes mês } \beta \text{ ano } \alpha}$$

$$\text{Ordens de fabrico} = \frac{\text{Número de ordens de fabrico mês } \beta \text{ ano } (\alpha\text{-}1)}{\text{Número de ordens de fabrico mês } \beta \text{ ano } \alpha}$$

$$CE\ (tep/t) = \frac{\text{Consumo total de energia}}{\text{Produção}}$$

$$IE\ (tep/€) = \frac{\text{Consumo total de energia}}{\text{VAB}}$$

$$IC\ (kgCO_2e/tep) = \frac{\text{Emissões GEE}}{\text{Consumo total de energia}}$$

5.2.2 Equipamentos analisados

No presente caso de estudo, a aplicação da metodologia para monitorização dos processos das áreas de tinturaria e acabamento da empresa foi necessário avaliar, primeiramente, os equipamentos industriais existentes e a sua importância a nível do consumo dos recursos, nomeadamente, energéticos, e das suas eficiências. Para tal, procedeu-se à caraterização das áreas em estudo, a nível dos seus equipamentos, presentes no Anexo D e E. Uma vez que o processo de tingimento é executado numa única máquina de tingir, com entrada da partida de matéria prima, a escolha do Jet depende do processo pretendido, da capacidade do Jet e da sua disponibilidade (presente no Anexo F).

Descrevendo a linha do produto observada – Linha 1 – e começando pela área da tinturaria, analisou-se uma das máquinas da fase de preparação, máquina de preparação 4, no processo de desenrolar, composto unicamente por essa etapa produtiva. Segue-se o processo de tingimento subdivido em 3 etapas produtivas – desencolagem, tingimento e ensaboamento. Uma vez que a Cottonanswer tem na sua atividade Jets com capacidade desde 2kg até 1200kg de matéria prima, que estão subjacentes a um determinado processo de acordo com os tipos de cor a tingir (Anexo F), implicando diferentes tempos de partidas, o que leva a um consumo de recursos, tais como água, vapor e eletricidade, bastante diferente. Neste equipamento, o consumo de energia elétrica é praticamente constante durante o todo o processo produtivo e o consumo de vapor depende da temperatura atingida no seu interior nas variadas fases produtivas. O Anexo C apresenta a distribuição do processo de tingimento por tipo de processo de cores e, pela sua análise, verificou-se que o processo de tingimento de cores escuras foi o mais frequente a nível agrupado, no ano de 2018, e também é o que apresenta maior duração do tempo de tingimento da partida, assim como uma elevada capacidade. Desta forma, foram observados e retirados dados referentes apenas a processos de tingimento de cores escuras, nomeadamente o Jet 27. O programa de tingimento estudado é caraterizado pela primeira etapa de desencolagem (DS), intermédia de tingimento com tratamento anti-*pilling* (SS/SC ANTIP) e a etapa final de ensaboamento três vezes (3 SABÕES). No que diz respeito ao corte da malha para amostras, este programa aponta que seja executado duas vezes em cada uma das etapas intermédia e final, com um tempo teórico adjacente à disponibilidade dos operários, e consequente paragem do equipamento, de 45s. Por outro lado, o tempo padrão de colocar e retirar a malha dos Jets neste tipo de processos é de 15min, etapas executadas integralmente pelo operário. Na verdade, as etapas de colocar malha e retirar malha em todos os equipamentos dependem inteiramente da disponibilidade dos operários. Logo de seguida, tem-se, então, o processo executado pela espremedeira 2, caraterizado pela etapa produtiva de espremer o excesso de água da partida de

malha. As etapas precedente e consequente à etapa produtiva têm uma duração padrão de 3min e 30s cada. Este processo cerrou o fim de linha da tinturaria, denominada Linha da tinturaria 1.

Seguidamente, a linha de acabamento começou na secadeira, onde a entrada e saída da partida de malha deste equipamento tem uma duração padrão de 2min, uma vez que é o único equipamento em que não é expectável a costura da malha nem o seu corte. Passa-se, assim, para a râmula 1, no processo de ramulagem acabamento simples, com dois operários responsáveis, ao contrário de todos os outros equipamentos nestas duas áreas, em que apenas estão entregues a um operário. A colocação da partida é feita por um dos operários, com alocação a 5min, assim como o retirar da mesma, entregue ao segundo operário. Finalmente, no sanfor, a etapa de colocação demora a nível teórico 2 min e a de retirar 3min, uma vez que a malha sai desta etapa em rolo e embalada para ser expedida para o cliente. No que concerne ao consumo de matéria prima, é de esperar que apenas na última etapa se retire $1m^2$ para posterior controlo de qualidade da mesma.

Importante referir que nos processos a nível individual dos equipamentos, a mesma partida de malha não passou pelo processo descrito anteriormente de forma contínua, dado o curto espaço temporal disponível para a medição e observação direta dos dados. A fim de diminuir o erro de cálculo, e para que os resultados a nível de estrutura funcional 0 possam ser extrapolados para o nível 2, as partidas de malha consideradas para a análise dos resultados foram todas do tipo *Jersey*, com $160g/m^2$ de gramagem. A agregação do consumo de matéria prima para cálculo da eficiência global dos diferentes níveis estruturais funcionas foi em unidades, em vez de kg, para o máximo de aproximação à realidade.

5.3 Resultados obtidos

Os dados recolhidos em bruto pela metodologia descrita no capítulo 4 e tratados e analisados através dos cálculos dos KPIs retratados numa secção anterior, são agora apresentados através de s*corecards*, tal como explicado no capítulo 2.

O s*corecard* expandido referente ao 2.º nível da estrutura funcional – Linha 1 – é apresentado no Anexo G (ver Anexo). Este *scorecard* é conseguido através da agregação de todos os valores globais a nível dos equipamentos produtivos que as diversas partidas de malha *Jersey* passaram nas áreas de tinturaria e acabamento. Assim, os *scorecards* referentes à estrutura funcional N0 de cada um dos equipamentos que serviu de base à construção deste *scorecard* encontram-se nos Anexos H a M (ver Anexos). Pela análise global da Linha 1, verifica-se que a Espremedeira 2 é o equipamento a nível global que apresenta pior desempenho, uma vez que, apesar de não ser o equipamento com nível mais baixo de OEE, mostra um valor com um nível muito baixo e urgente na implementação de medidas de melhoria. Tal pode ser explicado pelo facto de a Espremedeira 2 ser um equipamento manual, o que por si só já implica que a velocidade é controlada manualmente e, por isso, qualquer ineficiência do operário afeta diretamente a eficiência do equipamento. No que concerne à eficiência da *performance* deste equipamento, 45%, deve-se à velocidade que efetivamente o equipamento operou (21m/min) comparado com a velocidade máxima (80m/min), uma vez que 400m de malha demoraram 11min, em vez dos 5min teóricos (Anexo J). Esta baixa velocidade é explicada pela combinação de paragens efetuadas pelo operário para retificar a extensão da malha e o carrinho com a matéria prima que deveria girar automaticamente, contudo, verificaram-se várias pausas do mesmo que necessitam de correção manual.

Outro equipamento que demonstrou uma muito baixa eficiência global foi a máquina de preparação 4 (Anexo H), uma vez que a parte que acrescenta valor no KPI disponibilidade do

equipamento e diz respeito ao tempo de produção do equipamento, é muito menor quando comparada com a parte que não agrega valor. Isto é, para os 20kg de matéria prima, o equipamento tem uma duração de produção de 1min e 30s, porém, as paragens para a colocação da malha e retiro da malha no seu conjunto são de 5min. Na verdade, para que a eficiência da disponibilidade do equipamento fosse superior a 90%, a partida de malha teria de ser superior a 720kg.

A variável de recurso consumo de matéria prima apresenta uma eficiência global de 99,99%, pois a parte que não agrega valor ao produto final, constituída pelas amostras e outros pequenos desperdícios, não são significantes comparando com as unidades totais. De facto, não houve nenhuma parte de uma partida que tivesse sido considerada como desperdício, porque não se registaram falhas nem má especificação do produto, pelo que a qualidade de todos os equipamentos foi considerada 100%.

Pelo *scorecard* referente ao Jet 27, no Anexo I, na etapa SS/SC ANTIP (tingimento com anti-*pilling*) verifica-se que o tratamento anti-*pilling* não foi imediatamente concluído com as caraterísticas necessárias para aprovação, pelo que se repetiu o processo do tratamento para que se enquadrasse nos parâmetros desejados pelo cliente. Tal se traduziu em 1h adicional catalogada como remonta, ou seja, eficiência da *performance* do equipamento para esta etapa foi de 79%.

A etapa produtiva da secadeira apresenta uma eficiência global de 87%, porém, a OEE é de 81% impactado pela eficiência da disponibilidade do equipamento (84%), uma vez que o tempo de produção que acrescenta valor é de 21min e a colocação da malha e retiro da malha é de 4min. Mais uma vez, para que a eficiência fosse considerada num nível colorido verde, a partida de matéria prima teria que ser superior a 96kg. No que diz respeito à sua *performance*, o equipamento apresenta uma muito alta eficiência devido ao facto de que a velocidade efetiva (9,69m/min) ser muito aproximada à velocidade teórica (10m/min), o que pode ser explicado pela baixa velocidade de operação que carateriza este equipamento (ver Anexo K).

A râmula 1 evidencia uma muito alta eficiência global, devido à total eficiência da disponibilidade dos operários, ainda que a OEE deva ser alvo de melhoramento (67%), presente no Anexo L. A componente da *performance* do equipamento é explicada pela velocidade efetiva reduzida, de 16m/min, quando comparada com a velocidade teórica de 20m/min, pelo que para os cerca de 791,67m de matéria prima a ramular com acabamento simples deveriam ter uma duração de cerca de 39,58min. Porém, observou-se mais de 49,47min, tal se devendo a pequenas paragens efetuadas para correção da malha numa fase mais final desta etapa, assim como a paragens da râmula, em aproximadamente 2min, devido a um buraco na malha em que o sensor de movimento fez com que o equipamento parasse de forma automática e imediata até acionamento manual por parte de um operário.

Referentemente ao sanfor, pode-se evidenciar o nível de *performance* do equipamento de 86%, refletindo os cerca de 201,01min necessários para sanforizar os 2412,08m de matéria prima, em relação aos cerca de 172,29min programados para esta etapa, caso o equipamento estivesse a operar à máxima velocidade e sem paragens. Também a última etapa pode ser alvo de melhoria, caso a disponibilidade do operário correspondesse aos 3min que efetivamente acrescentam valor ao produto final. No entanto, verificou-se um total de 3min e 40s devido a uma paragem para correção de imperfeições da malha (Anexo M).

Através da divisão do Anexo G na área da tinturaria e na área de acabamento, temos os s*corecards* expandidos apresentados nos Anexos N e O, respetivamente (ver Anexos).

Procedendo à comparação entre os dois últimos, salienta-se que, globalmente, a linha de tinturaria tem uma eficiência de 75%, enquanto a linha de acabamento apresenta um valor de 88%. Esta diferença deve-se maioritariamente à eficiência energética decorrente da eficiência no consumo de energia elétrica de cada uma das linhas, uma vez que a linha de tinturaria se depara com um valor de 42%, menos 19p.p. do que a linha de acabamento. Na verdade, todos os equipamentos possíveis de se realizarem as medições dos dados necessários para obter o valor de eficiência de consumo de energia elétrica na área da tinturaria apresentam um valor menor do que o resultado obtido na secadeira, râmula e sanfor – equipamentos da linha de acabamento. É de referir que não foi possível o cálculo do consumo efetivo de energia elétrica da máquina de preparação 4, pelo que a eficiência desta variável não foi considerada para a eficiência global da linha onde está inserida. No entanto, ambas as linhas apresentam valores visuais laranja, considerado um nível de ineficiência alto, pelo que devem ser estudadas soluções de melhoria contínua para este consumo.

No que diz respeito à eficiência do consumo de gás natural, como explicado na primeira parte deste capítulo, considerou-se que todos os equipamentos que apresentam o seu consumo têm uma eficiência adjacente de, aproximadamente, 89,22%, pelo que não se considera um bom indicador de desempenho aquando da comparação entre as duas linhas anteriormente mencionadas. Avaliando este valor com o global da eficiência do consumo de energia elétrica na Linha 1, é de notar que o consumo de gás natural exibe uma eficiência muito superior à de energia elétrica (+43p.p.), pelo que o foco de ações de melhoria emergente deve ser voltado para a forma de energia elétrica.

Adicionalmente, pode-se dividir os resultados obtidos pela classe dos KPIs, obtendo deste modo, o *scorecard* de recursos, presente no Anexo P, e o *scorecard* de operações, no Anexo Q. Procedendo à análise destes resultados agrupados, é possível verificar que o desempenho global dos KPIs de recursos é um pouco superior à média global obtida referente aos KPIs de operação, ainda que ambas estejam num nível geral aceitável, devem ser alvo de implementações de melhoria, principalmente os indicadores que se encontram a vermelho e a laranja, nomeadamente os KPIs de operação na máquina de preparação 4 e na espremedeira 2, e o consumo do recurso energia elétrica ao longo de toda a linha produtiva, como anteriormente referido.

O *scorecard* resumo, demonstrado na Figura 13, exibe a eficiência agregada da linha produtiva estudada nas áreas de tinturaria e acabamento de matéria prima, e sintetiza todas as informações explicadas anteriormente. Como referido no capítulo 2, este tipo de *scorecard* é muito útil para as equipas de gestão de cada uma das áreas e para a gestão empresarial, pois é de fácil interpretação a urgência de medidas e ações de monitorização para a otimização da disponibilidade do equipamento máquina preparação 4, com um nível de desempenho de 23%, assim como o uso do recurso de energia elétrica. Este último recurso impacta diretamente os custos incorridos pela empresa, para além do impacto ambiental e de ser um recurso escasso e produzido através de energia renováveis, pelo que a sua racionalização é de extrema importância.

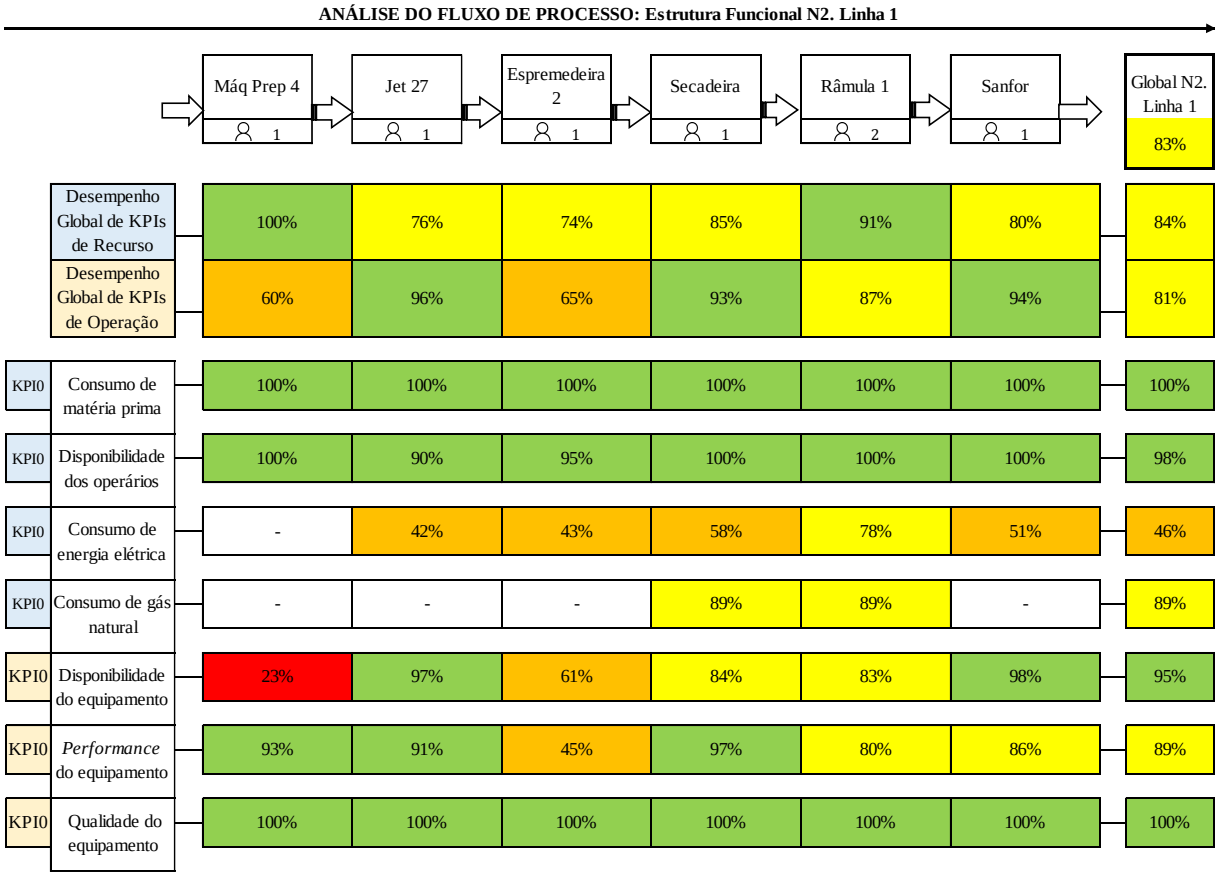


Figura 13– *Scorecard* resumo, referente à Linha do produto 1

Os gráficos circulares pertencentes à Figura 14 e 15 representam a comparação da parte que acrescenta valor ao produto final da que não adiciona, na linha de tinturaria e acabamento, respetivamente. Estes são elementos pertencentes ao *scorecard* departamental. Como já seria de esperar pela análise feita aos *scorecards* presentes no Anexo N e O, os processos da linha de acabamento 1 têm uma maior porção de valor útil à malha acabada, 95% confrontados com 92%, o que é também explicado pela superior eficiência global que se verifica nesta linha. Ainda que ambas possam e devam ser alvo de ações de melhoria contínua, de modo a operar sempre no melhor nível de desempenho possível, é importante dar prioridade à linha da tinturaria.

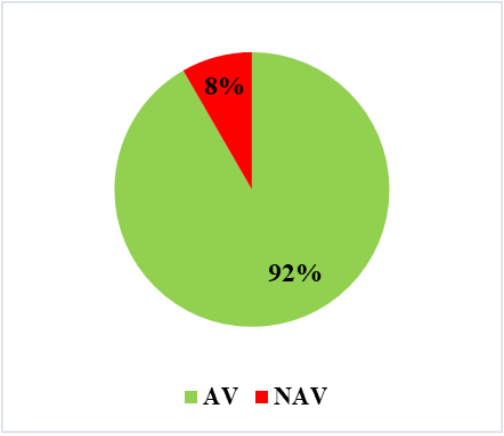


Figura 14- Gráfico da divisão de AV e NAV na linha da tinturaria 1

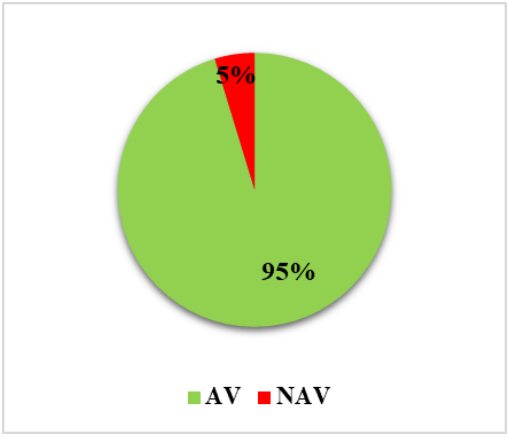


Figura 15- Gráfico da divisão de AV e NAV na linha de acabamento 1

A parte evidenciada a vermelho, aliada ao pensamento Lean e à metodologia MSM, representa o desperdício total dos processos desta linha. Estes dividem-se nas componentes, principalmente, da má utilização de recursos energéticos, dos equipamentos industriais e na mão-de-obra disponível. Assim sendo, os custos adjacentes a esta parcela podem ser reduzidos e, no limite, eliminados, caso sejam implementadas as propostas de melhoria contínua com base no pensamento e metodologia Lean.

A nível estratégico, a Figura seguinte (Figura 16) compara a relação entre o mês de janeiro de 2019 com o período homólogo neste ano corrente, através dos indicadores de produtividade, quantidade de clientes e quantidade de partidas produzidas.

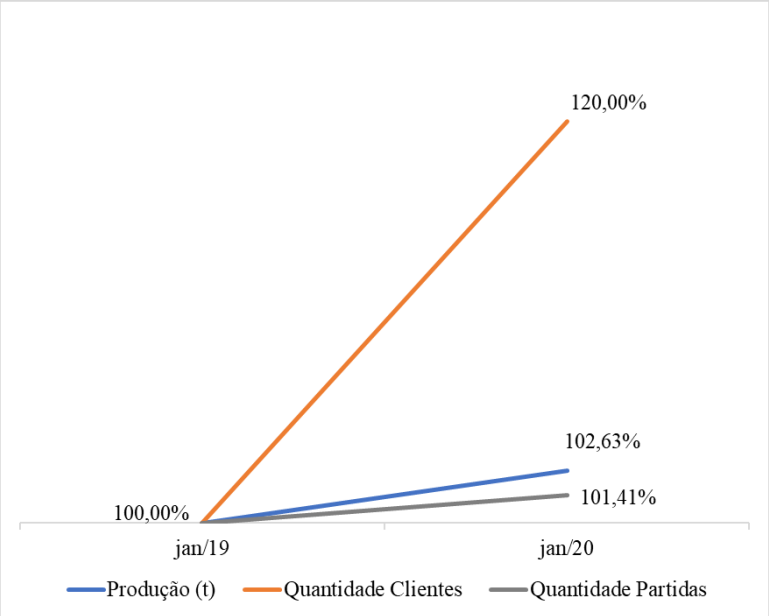


Figura 16- Gráfico de evolução do mês de janeiro entre o ano de 2019 e 2020

É importante destacar o aumento da quantidade de clientes, aumentando 20%, embora apenas se traduza num aumento da quantidade produzida de, aproximadamente, 2,63%. O desempenho da quantidade de partidas não foi significativo, ainda que seja positivo passando de 996 a 1010 partidas produzidas.

Procedeu, também, à comparação da evolução da produção, VAB, consumo energético e emissões de gases poluentes, verifica-se que todos estes indicadores, entre o ano de 2015 e 2016, sofreram uma evolução positiva (Figura 17). No que concerne em mais detalhe à produtividade da empresa, considerando ainda o mês de janeiro, tendo por base o valor do ano de 2015, este variou positivamente em cerca de 111,61% relativamente ao ano de 2020, 106,19% ao ano de 2019 e 89,49% ao ano de 2018. Esta evolução geral demonstra-se positiva e em crescimento, ainda que a uma taxa cada vez mais lenta.

De facto, todas as variáveis analisadas registaram um aumento, pelo que os que apresentam uma evolução a uma taxa menor foram os indicadores que apresentam maior importância de monitorização e racionalização, ou seja, o consumo energético e a emissão de GEE. Verifica-se ainda que o aumento das emissões dos gases poluentes é cerca de 60% da taxa de aumento da produção.

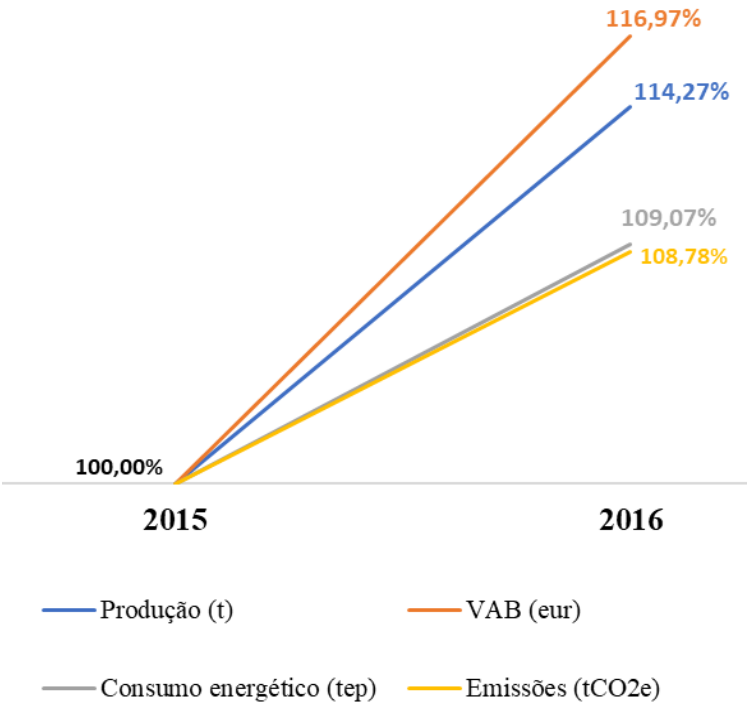


Figura 17– Gráfico da evolução indicadores estratégicos, entre 2015 e 2016

No que concerne aos indicadores energéticos, denota-se, pela análise na Figura 18, que a principal evolução a caminho de uma melhor gestão nos recursos energéticos se deve à redução da IE em cerca de 6,69%, traduzindo-se, assim, numa menor incidência do consumo de energia no VAB. Por outro lado, a variação da IC mostra-se pouco significativa, ainda que não tenha aumentado, porém, como este indicador informa sobre a quantidade da energia usada ao nível das emissões de GEE, sabe-se que não houve uma melhoria considerável. A existência de uma melhoria teria benefícios tanto a nível de custos como de impacto ambiental. A relação entre o consumo e a produção implica que, quanto maior for a relação entre estes dois componentes, com o máximo igual a 1, maior seria o nível de eficiência no processo produtivo. Assim, pela análise dos dados parece existir uma relação produção/consumo aceitável, ainda que o nível de eficiência possa ser melhorado.

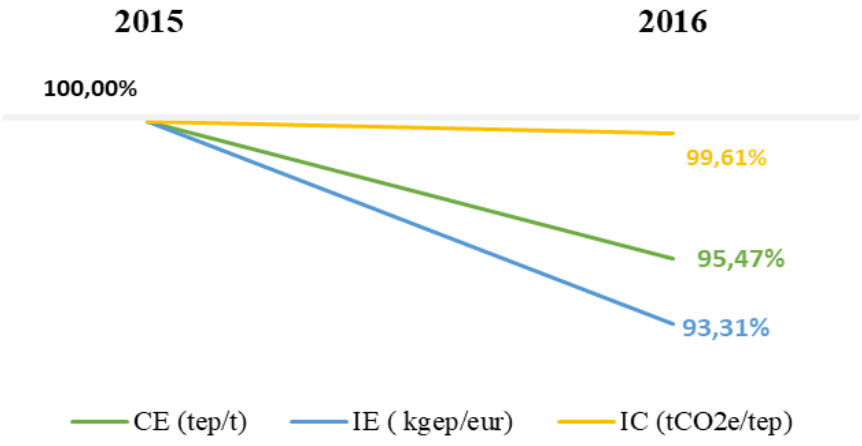


Figura 18– Gráfico da evolução dos indicadores energéticos, entre 2015 e 2016

Ainda a nível da temática de impacto ambiental, referente aos anos de 2015 e 2016, no âmbito da construção de um s*corecard* funcional, procedeu-se à divisão das componentes energéticas, energia elétrica e gás natural, primeiramente, pelos seus consumos e, depois, pelas emissões de GEE pelos quais são responsáveis.

Consumo energético:

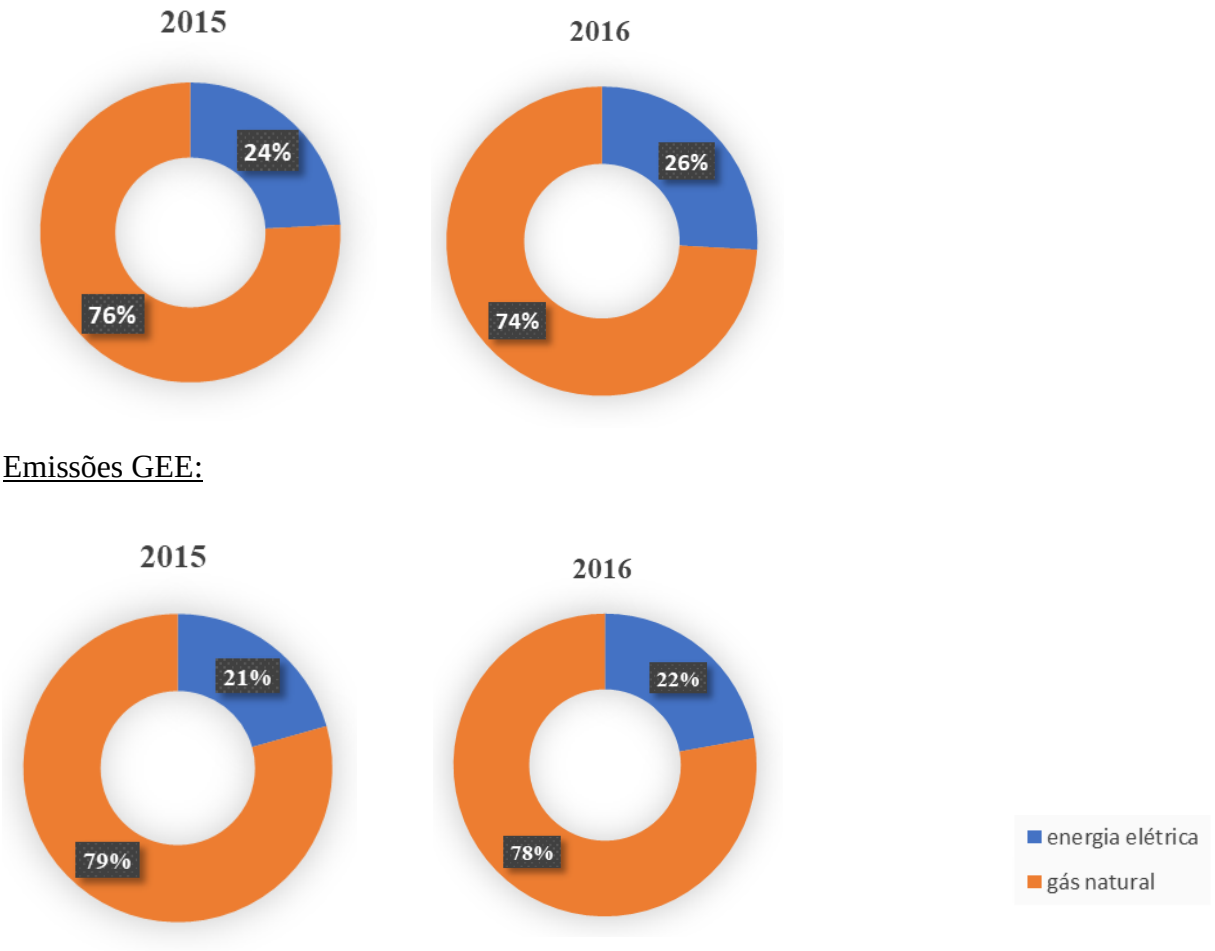


Figura 19– Gráficos referentes à comparação do consumo energético e emissões GEE, entre 2015 e 2016

Como resultados principais da análise deste *scorecard* destaca-se o facto de o aumento do consumo energético da energia elétrica ser superior ao aumento de gás natural, cerca de 16,45% e 6,25%, respetivamente. Apesar desta evolução crescente da componente elétrica, é a componente térmica que apresenta a maior fração dos consumos energéticos da empresa nos anos considerados. O mesmo se verifica nas emissões GEE, uma vez que aliado ao facto de o consumo de gás natural ser efetivamente muito superior ao de eletricidade, a nível de poluentes, a sua combustão apresenta um rácio muito mais elevado. Assim, é urgente a ação de melhoria para este parâmetro.

5.4 Soluções propostas

A Cottonanswer é uma organização onde existe a preocupação com os consumos de energia e com o meio ambiente, em que a procura por tecnologias que permitam reduzir os consumos e respetiva fatura energética é evidenciada. Nesta ideologia, e pelo que foi possível apurar e se

encontra vertido nesta dissertação, é realmente necessária a implementação de ações de melhoria contínua para que os níveis de eficiência e desempenho, tanto a nível da área de tinturaria e acabamento, como a nível global empresarial, surjam evoluções positivas e significativas para que esta empresa consiga manter a sua competitividade no difícil mercado atual, de forma sustentável. Desta forma, as propostas de soluções evidenciadas nesta secção incidem maioritariamente nos objetivos de otimização da utilização e gestão da energia e também nos aspetos comportamentais dos colaboradores no que concerne à operação de equipamentos consumidores intensivos de energia e de capital.

Neste contexto, as propostas que se seguem tentam solucionar três problemas principais encontrados: a eficiência produtiva dos equipamentos, a energética e a dos operários.

Proposta i) Plano de maximização do rácio entre a velocidade e o tempo operacionais:

Esta primeira proposta refere-se ao delineamento, para cada um dos equipamentos, de um plano que maximize a eficiência entre a velocidade efetiva de produção e o tempo operacional. Na verdade, o consumo de energia elétrica de um equipamento num processo produtivo é diretamente dependente das duas variáveis anteriores. Se, por um lado, a maior velocidade efetiva leva a um maior consumo elétrico, por outro leva a um menor tempo operacional do equipamento, para uma determinada quantidade de matéria prima produzida. Esta redução no tempo da operação, por sua vez, traz vantagens numa redução do consumo elétrico. Pelo que se torna importante o estudo e a implementação deste rácio a fim de melhorar o KPI que apresentou um nível mais baixo e preocupante - a eficiência do consumo de energia elétrica -, a nível global da Linha 1, como se visualiza na Figura 13, com 46%. No entanto, de acordo com o funcionamento ativo dos equipamentos durante o processo produtivo, aquando da recolha dos dados, verificou-se que será difícil de generalizar um rácio para todos os equipamentos industriais.

Tomando como exemplo concreto o Jet 27, equipamento com menor nível de desempenho individual (N0), para o KPI consumo de energia elétrica, este desempenho decompõe-se em vários fatores, como a velocidade dos motores das bombas de água, e ainda o peso e o comprimento da matéria prima. Os Jets de maior capacidade, como o Jet 27, estão equipados com dois motores de bombas de água, para obterem uma maior força e potência para auxiliar a produção dos elevados kg de matéria prima pesada, pelo que o consumo de energia será mais elevado. Ainda que, aquando da recolha de dados, estes equipamentos auxiliares não terem trabalhado na potência máxima, a potência observada foi de 37,4kW, para a velocidade efetiva das bombas. Porém, verificou-se que se o operário regulasse a velocidade das bombas para a sua máxima potência, o consumo médio seria de 57,0kW, correspondendo a um aumento de cerca de 22p.p. na eficiência de energia elétrica para o processo de tingimento. Deste modo, é necessário proceder-se à avaliação do aumento na fatura energética relativamente ao aumento da potência elétrica consumida, a fim de analisar qual o consumo ótimo para a possível redução do tempo padrão para este processo. Pois este aumento significativo na eficiência global do equipamento, devido ao acréscimo na parte de consumo elétrico útil, poderá não compensar o custo associado, estimando que este aumento na velocidade das bombas de água não irá encurtar significativamente o tempo operacional do processo.

Considerando, agora, o exemplo da espremedeira 2, visto que a velocidade efetiva do equipamento apenas depende da velocidade de produção, integralmente ajustada pelo operário, produzindo na velocidade máxima (80m/min) levaria a uma elevada eficiência elétrica, e consequente diminuição considerável do tempo operacional superior a 50%. É necessário

calcular se, no seu global, a diminuição do consumo elétrico associado à redução do tempo operacional é superior ao aumento da potência elétrica consumida. Este cálculo é visível através da potencial diminuição do custo energético deste equipamento, e posteriormente possibilita a criação de um rácio entre as variáveis velocidade e tempo de operação, maximizando o consumo e custo energéticos.

Proposta ii) Redução do tempo padrão da etapa 'retirar a malha' da máquina de preparação 4:

A eficiência da disponibilidade dos operários afeta diretamente a disponibilidade do equipamento que este opere, uma vez que as etapas de colocar malha e retirar malha dos equipamentos são integralmente responsabilidade dos operários. Assim, a parte que acrescenta valor ao desempenho nestas etapas irá refletir-se na parte de desperdício do KPI de *performance* do equipamento. Considerando o caso da máquina de preparação 4, no processo de desenrolar, este indicador apresenta um muito fraco desempenho, de 23%, que por sua vez se traduz no OEE de 21% (ver Figura 13). Este valor deve-se ao facto de, neste equipamento, o tempo operacional ser muito inferior ao tempo programado. Em maior detalhe, a parte operacional que acrescenta valor foi de apenas 1min e 30s. Em contraste, o tempo de colocar a malha e de retirar a malha do equipamento, 5min, é considerado valor de desperdício, isto é, ainda que sejam paragens planeadas e necessárias, não acrescentam valor diretamente ao produto final. Assim sendo, apenas com a passagem de uma partida de malha superior a 720kg (para o mesmo tipo de artigo *Jersey*), seria alcançável uma eficiência da disponibilidade do equipamento de, pelo menos, 90%. Propõe-se, então, a mudança do tempo padrão da etapa final de retiro da malha na máquina de preparação 4, de 3min para 2min, mantendo o tempo padrão para a etapa de colocação em 2min. De facto, estimou-se que, à velocidade máxima de 60m/min, esta proposta de redução temporal possibilitaria a redução da quantidade da partida de malha, para 576kg em vez dos 720kg inicialmente calculados, apresentando uma eficiência neste indicador de, pelo menos, 90%.

Efetivamente, o peso da matéria prima tem um impacto muito elevado no KPI disponibilidade da máquina de preparação 4, assim como para os restantes equipamentos de preparação, uma vez que esta redução de 1min no tempo padrão de retirar malha, apenas melhora este indicador em 3p.p., ainda classificado a vermelho no MSM. Ainda neste contexto, um aumento de 50% da quantidade de matéria prima à observada aquando da recolha de dados, aliado à redução proposta, leva a um aumento no nível de disponibilidade do equipamento em 10p.p., e o OEE de cerca de 32% - níveis de desempenho ainda bastante baixos.

Proposta iii) Formar e consciencializar os operários de práticas produtivas eficientes:

Esta proposta refere-se à instrução dos operários de procedimentos previamente definidos e de tarefas simples de manutenção preventiva, tais como limpeza e desobstrução das componentes dos equipamentos. Aliados à consciencialização dos operários da importância e afetação direta das suas ações, tanto no nível energético como na disponibilidade do equipamento e tempo de produção total de um processo. Na verdade, estudos têm comprovado que o conhecimento, por parte dos colaboradores, da sua afetação nos resultados da empresa é um fator motivador de comportamentos adequados. Comportamentos estes que levam à otimização da utilização dos consumos energéticos, dos equipamentos e da própria gestão dos mesmos, possibilitando uma redução dos níveis nefastos atualmente presentes nos indicadores energéticos. Assumindo que os aspetos comportamentais sejam difíceis de alterar, sabe-se que são dos que mais importância adquirem no sucesso de uma política de utilização racional de energia. Propõe-se, então, a consciencialização e adequação das atitudes dos operários aos objetivos da empresa.

Aquando da recolha de dados, observou-se que os processos de abrir a malha e de retirar o fio de costura da malha, ambos na espremedeira 2, são quase integralmente dependentes da disponibilidade do operário, sendo este o único equipamento manual estudado. Na prática, na maior parte das vezes, na etapa de abrir a malha, a célula não consegue ler corretamente a linha de agulha, pelo que o controlo da direção do corte de abertura precisa de ser executado pelo operador. Este fica, então, encarregue de manusear e controlar a velocidade do equipamento, para que a malha corresponda aos parâmetros exigidos pelo cliente. Quanto à etapa de retirar o fio da partida de malha, executado com o auxílio da bobina já existente, a etapa antecedente de colocação da malha, em alguns artigos, apresenta caraterísticas específicas, como unir a malha anterior num lado específico da partida. De facto, o operário costurou a partida do lado errado, sendo que o processo teve de ser recomeçado, e esta etapa demorou cerca de 6min no total. Sabendo que o tempo padrão, considerado útil, de colocação da malha na espremedeira é de 3min e 30s, a eficiência desta etapa foi de cerca de 58%. Este nível poderia ter alcançado um desempenho designado ótimo, caso o operário seguisse os procedimentos certos para cada processo. Assim, a consciência das repercussões das suas ações no processo produtivo e no equipamento de que é responsável é extrema importância, uma vez que este aumento do tempo operacional também afetou o consumo energético.

Adicionalmente, propõe-se ainda:

Proposta iv) Substituição ou melhoramento dos equipamentos:

Sugere-se substituir equipamentos ou componentes dos equipamentos que sejam considerados em fim de vida útil. No exemplo anterior do desempenho da espremedeira 2, no que diz respeito à bobina, também se verificou que aquando da etapa de retirar o fio de costura, esta componente não se encontra no seu nível de otimização funcional. O que, por sua vez, originou a que a sua velocidade de rotação fosse menor do que a velocidade operacional das restantes componentes da espremedeira, causando paragens para ajustar estas duas velocidades, com diminuição da velocidade potencial do equipamento no seu global. O diâmetro da bobina também surgiu como um problema, não sendo suficiente para uma partida completa de malha de 15kg, pelo que o operário parou o equipamento para retirar o fio retido na bobina, para que fosse possível a normal continuação do processo. Deste modo, sugere-se que esta componente seja substituída por uma bobina nova e de um diâmetro maior.

Na área de tinturaria e acabamento verifica-se que a maior parte dos equipamentos industriais utilizados para a produção diária já eram pertencentes à empresa anterior existente nas mesmas instalações em que, atualmente, a Cotttonanswer labora, pelo que a monitorização e melhoramento dos mesmos deve ser constante. Aliás, como se já tem vindo a verificar pela aquisição de alguns equipamentos inovadores e ecológicos.

Proposta v) Aquisição de um SI que permita analisar e interpretar dados energéticos:

A aquisição deste SI pode trazer vantagens a nível dos parâmetros elétricos e térmicos. De facto, não existe nenhum tipo de monitorização energética instalada, que permita às equipas de gestão inferir sobre os resultados atualizados e diários, de forma a poderem tomar decisões de maneira mais consciente e sustentada, sempre com a finalidade da otimização global da empresa.

Proposta vi) Manter-se a par do mercado atual:

A constante atenção às datas dos contratos, no sentido de tentar renegociar preços de fornecimento para as diferentes formas de energia e ao desenvolvimento das áreas das energias renováveis pode incluir vantagens para a empresa. Considerar, por exemplo, a viabilidade

solução de autoconsumo fotovoltaico como fonte de produção de energia. Adicionalmente, a possível substituição da iluminação existente por tecnologia led, se eficientemente implementada, leva a redução dos indicadores energéticos. Na verdade, o elemento de iluminação foi de cerca de 11% do total de energia elétrica, aquando da AE no ano de 2015, o que comparando com 89% referentes à força motriz dos equipamentos e máquinas parece não ter grande importância, porém o seu melhoramento também deve ser estudado.

Proposta vii) Instalação de um recuperador de calor dos gases de exaustão no gerador de vapor:

Um sistema de pré-aquecimento da água de alimentação ao gerador de vapor, possibilita uma recuperação de energia apreciável, através do arrefecimento dos gases de combustão, e consequente aumento da temperatura de alimentação de água destes geradores. É expectável que, após a aquisição e a implementação deste economizador, se verifique um decréscimo considerável em cada um dos indicadores energéticos.

6 Conclusões e propostas para trabalho futuro

Neste último capítulo são apresentados, numa primeira fase, um resumo do trabalho realizado e os principais aspetos que a investigação permitiu. Seguidamente, sugerem-se propostas para trabalhos futuros na empresa estudada, que tenham este projeto como ponto de partida, a fim de aprofundar a pesquisa e os resultados.

Em jeito de conclusão, o presente projeto possibilitou uma visão global da metodologia Lean, através do MSM, com foco na melhoria da utilização dos recursos nos processos produtivas das áreas de tinturaria e acabamento numa empresa que opera na Indústria têxtil. Uma vez que as áreas de produção da Cottonanswer consideradas apresentam linhas de processos compostos por fases contínuas e descontínuas, esta dissertação contribui para colmatar a menor aplicabilidade verificada da metodologia Lean neste tipo de Indústrias de processos. No que concerne aos objetivos do projeto, estes foram delineados com o propósito de serem concretos e realizáveis. Para a possível concretização e obtenção dos resultados foi seguida a metodologia de investigação descrita no capítulo 4. Os KPIs escolhidos, a partir das estruturas e dos princípios eficazes delineados, permitiram relacionar a otimização da utilização dos recursos energéticos e do desempenho dos equipamentos industriais das áreas produtivas estudadas, através do cálculo das eficiências destes recursos e da interpretação dos *scorecards* obtidos.

A metodologia MSM, por ter sido desenvolvida recentemente, ainda não apresenta grande diversidade nas diferentes Indústrias. Ainda que já tenha sido aplicada numa empresa da Indústria têxtil, os processos e áreas produtivos analisados foram diferentes, assim como as variáveis avaliadas, aumentando, assim, a perceção da metodologia implementada e os seus resultados. Desta forma, esta metodologia demonstra ser flexível a qualquer setor industrial, incluso o setor do presente caso de estudo, pelo que a sua aplicação evidenciou ser apropriada e vantajosa de modo a alcançar os objetivos definidos e a propor soluções. Na verdade, pela análise direta da MSM foi possível propor-se diversas soluções de melhoria englobando as três principais vertentes dos objetivos da Cottonanswer: a racionalização dos seus recursos energéticos e do equipamento industrial, ser uma empresa com uma competitividade sustentável no mercado atual e o cumprimento da legislação portuguesa a nível do consumo energético. Estima-se que este último objetivo seja alcançado, num prazo máximo de 6 anos, através da implementação das medidas anteriormente descritas, com uma melhoria, no mínimo, de 6% dos indicadores CE e IC e, no mínimo, a manutenção dos valores históricos de IC (Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril do Ministério da Economia e da Inovação, 2008).

No âmbito de propostas para trabalhos futuros, sugerem-se a aplicação da metodologia MSM a todas as áreas produtivas pertencentes ao fluxograma da empresa, nomeadamente, a inclusão da área da confeção. Tal é importante para que esta área também possa ser alvo de melhorias ao longo do tempo, e assim alcançar, de forma sustentável e estruturada, a racionalização do consumo de energia da instalação fabril e dos equipamentos industriais. Além disso, futuramente deveriam ser considerados ainda os serviços complementares ao processo produtivo, tais como a análise dos próprios geradores de vapor e as restantes áreas não produtivas, para obter o desempenho de todo o fluxo de produção. A análise dos equipamentos da área de tinturaria e acabamento para a obtenção de resultados no que concerne ao nível das secções produtivas, nível estrutural funcional 1, fica como sugestão para trabalhos futuros. Esta comparação também se considera essencial para melhor inferência e interpretação do real desempenho dos processos executados em cada tipo de equipamento, a fim de implementar medidas de melhoria contínua que mais se aproximem da realidade atual da Cottonanswer.

Finalmente, o balanço feito à experiência em ambiente empresarial na Cottonanswer foi, no seu global, muito positivo. Porém, dada a situação atual que afeta não apenas o nosso país como o mundo, relativamente à pandemia Covid-19, também a empresa sofreu consequências, entrando em *lay-off* nos meses de abril e junho. Deste modo, e estando o presente trabalho inserido no contexto de uma dissertação, o acesso à área fabril foi bastante limitado, pelo que a capacidade de levantamento dos dados e, posteriormente, a validação e a simulação da implementação das propostas de melhoria foram particularmente escassas. Tal situação traduziu-se, de facto, num constrangimento para a realização deste trabalho.

Referências

Abad, S. (2019). Avoiding the most common mistakes with VSM. In *Planet Lean*. https://planet-lean.com/lean-value-stream-mapping/

Alves, J. F. (2012). *A industrialização em Portugal ao longo da História*. 31–55.

APA, & DGEG. (2019). *Produção e consumo de energia: Relatório do Estado do Ambiente*. https://rea.apambiente.pt/content/produção-e-consumo-de-energia

ATP. (n.d.). *Associação Têxtil e Vestuário de Portugal*. Retrieved April 24, 2020, from https://atp.pt/pt-pt/

Bauer, K. (2004). THE OF KPIs – The Metrics That Drive Performance Management. *DM Review*, *14*(9), 1–3.

Brudan, A. (2010). *smartKPIs: Setting targets, cooking steak and using thermometers*. https://www.aurelbrudan.com/smartkpis-com-performance-architect-update-7-2010/

Cai, J., Liu, X., Xiao, Z., & Liu, J. (2009). Improving supply chain performance management: A systematic approach to analyzing iterative KPI accomplishment. *Decision Support Systems*, *46*(2), 512–521. https://doi.org/10.1016/j.dss.2008.09.004

CENIT. (n.d.). *Portugal Têxtil: O Portal da Indústria Têxtil Portuguesa*. Retrieved April 24, 2020, from https://www.portugaltextil.com/

CENIT. (2017). *Têxtil e Vestuário no Contexto Nacional e Internacional*.

Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: An industrial case study. *International Journal of Production Research*, *48*(4), 1069–1086. https://doi.org/10.1080/00207540802484911

Choy, L. T. (2014). The Strengths and Weaknesses of Research Methodology: Comparison and Complimentary between Qualitative and Quantitative Approaches. *IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS)*, *19*(4). www.iosrjournals.org

CITEVE. (2012). Indústria Têxtil E Do Vestuário: Roadmap Para a Inovação 2012-2020. *Inatec (Intelligence Em Tecnlogias a Materiais Avançados)*, 56.

DGAE. (2018a). *Ficha Tecido Empresarial - Indústrias Alimentares e de Bebidas Ficha Tecido Empresarial - Indústrias Alimentares e de Bebidas.*

DGAE. (2018b). *Indústria Têxtil e Vestuário (Sinopse)*. https://www.dgae.gov.pt/gestao-de-ficheiros-externos-dgae-ano-2019/sinopse-textil-vestuario-17-04-2019-pdf.aspx

DGAE. (2019). *Indústrias de Têxteis e Vestuário (Infografias)*.

DGEG. (2017). *Balanço energético 2017*.

DGEG, ADENE, & Observatório da energia. (2019). *Energia em números*.

Drucker, P. F. (1981). Behind Japan ' s success. *Harvard Business Review*, 83–90.

Eckerson, W. W. (2009). Performance management strategies: How to Create and Deploy Effective Metrics. *TDWI Best Practices Report*, 33.

Edmondson, A. C., & Mcmanus, S. E. (2007). Methodological Fit in Management Field Research. *Academy of Management Review*, *Vol. 32*(4), 1155–1179. http://users.business.uconn.edu/jgoodman/MGMT 6201 Assigned Readings 2008/1 Theory and research design/Edmondson and McManus 2007 .pdf

Eisenhardt, K. M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, *14*(4), 532–550. https://doi.org/10.5465/amr.1989.4308385

Esfandyari, A., Osman, M. R., Tahriri, F., & Riedel, R. (2007). Lean production tools and techniques application toward more productivity in textile industries. *37th International Conference on Computers and Industrial Engineering 2007*, *2*(1990), 1115–1122.

Fraga, A. A. G. (2014). *Aplicação do Multi-layer Stream Mapping para a gestão da eficiência de recursos e produtividade de um sistema de produção*. Instituto Superior de Engenharia

do Porto.

Gomes, M. do N. (2016). *Multi-Layer Stream Mapping applied to a productive system Study on new approaches to integrate the logistics management operations on the MSM Manuel do Nascimento Gomes*. *October*.

INE. (2017). Anuário Estatístico de Portugal - 2017. In *Anuário Estatístico*.

INE. (2018a). *Conta de Fluxos Físicos de Energia*. file:///C:/Users/ACER/Downloads/29CFluxFEnerg_2000-2016n.pdf

INE. (2018b). *Estatísticas do Comércio Internacional 2017*. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=320462672&PUBLICACOESmodo=2

Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). Juran's Quality Handbook. In R. E. Hoogstoel & E. G. Schilling (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 4957 LNCS* (5th ed.). McGraw-Hill.

Keys, J. B., & Miller, T. R. (1984). The Japanese management theory jungle. *Academy of Management Review. Academy of Management*, *9*(2), 342–353. https://doi.org/10.5465/AMR.1984.4277677

Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan Management Review*, *30*(1), 41. https://doi.org/10.1108/01443570911005992

Lasa, I. S., Castro, R. De, & Laburu, C. O. (2009). Extent of the use of Lean concepts proposed for a value stream mapping application. *Production Planning and Control*, *20*(1), 82–98. https://doi.org/10.1080/09537280802685322

Lewis, M. A. (2000). Lean production and sustainable competitive advantage. *International Journal of Operations and Production Management*, *20*(8), 959–978. https://doi.org/10.1108/01443570010332971

LGN. (n.d.). *Lean Global Network*. Retrieved May 13, 2020, from http://leanglobal.org/

Liker, J. K. (2004). The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. In I. CWL Publishing Enterprises (Ed.), *Action Learning: Research and Practice* (Vol. 4, Issue 1). McGraw-Hill. https://doi.org/10.1080/14767330701234002

Liker, J. K., & Meier, D. P. (2008). *O Talento Toyota - O modelo Toyota aplicado ao desenvolvimento de pessoas.* Bookman.

Lourenço, E. J., J. Baptista, A., P. Pereira, J., & Dias-Ferreira, C. (2013). Multi-layer stream mapping as a combined approach for industrial processes eco-efficiency assessment. *Re-Engineering Manufacturing for Sustainability - Proceedings of the 20th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering*, *April*, 427–433. https://doi.org/10.1007/978-981-4451-48-2_70

Meier, H., Lagemann, H., Morlock, F., & Rathmann, C. (2013). Key performance indicators for assessing the planning and delivery of industrial services. *Procedia CIRP*, *11*, 99–104. https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.07.056

Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, *83*(6 A), 662–673. https://doi.org/10.1205/cherd.04351

Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril do Ministério da Economia e da Inovação, (2008). www.dre.pt

Moeller, G. H., Mescher, M. A., More, T. A., & Shafer, E. L. (1980). The informal interview as a technique for recreation research. *Journal of Leisure Research*, *12*(2), 174–182. https://doi.org/10.1080/00222216.1980.11969436

Ohno, T. (1978). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. In *Toyota Production System*. CRC Press. https://doi.org/10.4324/9780429273018

Pacheco, D. A. de J. (2014). Theory of Constraints, Lean Manufacturing and Six Sigma: Limits to and possibilities for integration. *Producao*, *24*(4), 940–956. https://doi.org/10.1590/S0103-65132014005000002

Parmenter, D. (2015). Key Performance Indicators: developing, implementing, and using winning KPIs. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

REN. (n.d.). *O Setor Elétrico*. Redes Energéticas Nacionais, SGPS, S.A. Retrieved May 26, 2020, from https://www.ren.pt/pt-PT/o_que_fazemos/eletricidade/o_setor_eletrico#1

Ritchie, J., Lewis, J., McNaughton, C. N., & Ormston, R. (2013). Qualitative Research Practice: A Guide for Social Science Students and Researchers. In *SAGE*. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=EQSIAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA111&dq=Ritchie++et+al.++2013+qualitative+research&ots=l_YOkoTu7M&sig=YyaDLV-57B4jxtG4qGHXnEcIRts&redir_esc=y#v=onepage&q=evaluative&f=false

Rodrigues, A. C., & Canelada, M. (2015). *Utilização de KPI – indicadores de desempenho na cadeia de suprimentos. Um estudo de caso em indústria metalúrgica no setor da construção civil*. https://doi.org/10.5897/ERR2015

Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to See Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. *Lean Enterprise Institute Brookline*, 102. https://doi.org/10.1109/6.490058

Shingo, S. (2019). A study of the toyota production system: From an industrial engineering viewpoint. In *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. https://doi.org/10.4324/9781315136509

Stone, K. B. (2012). Four decades of lean: A systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, *3*(2), 112–132. https://doi.org/10.1108/20401461211243702

Verweire, K., & Van Den Berghe, L. (2003). Integrated performance management: adding a new dimension. *Management Decision*, *41*(8), 782–790. https://doi.org/10.1108/00251740310496297

Vieira, N. A. M. (2014). *Aplicação do Multi-Layer Stream Mapping para a gestão da eficiência de recursos e produtividade de um sistema de produção*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Womack, J. (2005). Lean consumption. *Manufacturing Engineer*, *84*(4), 5. https://doi.org/10.1049/me:20050411

Womack, J. (2013). Gemba Walks, 2nd Ed. In *Lean Enterprise Institute*. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=wXsnAQAAQBAJ&oi=fnd&dq=womack+gemba&ots=dYvl6zAODS&sig=ov5L4EGfwBvKyW0LFjfmhpwMWIg&redir_esc=y

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking−banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, *48*(11), 1148. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967

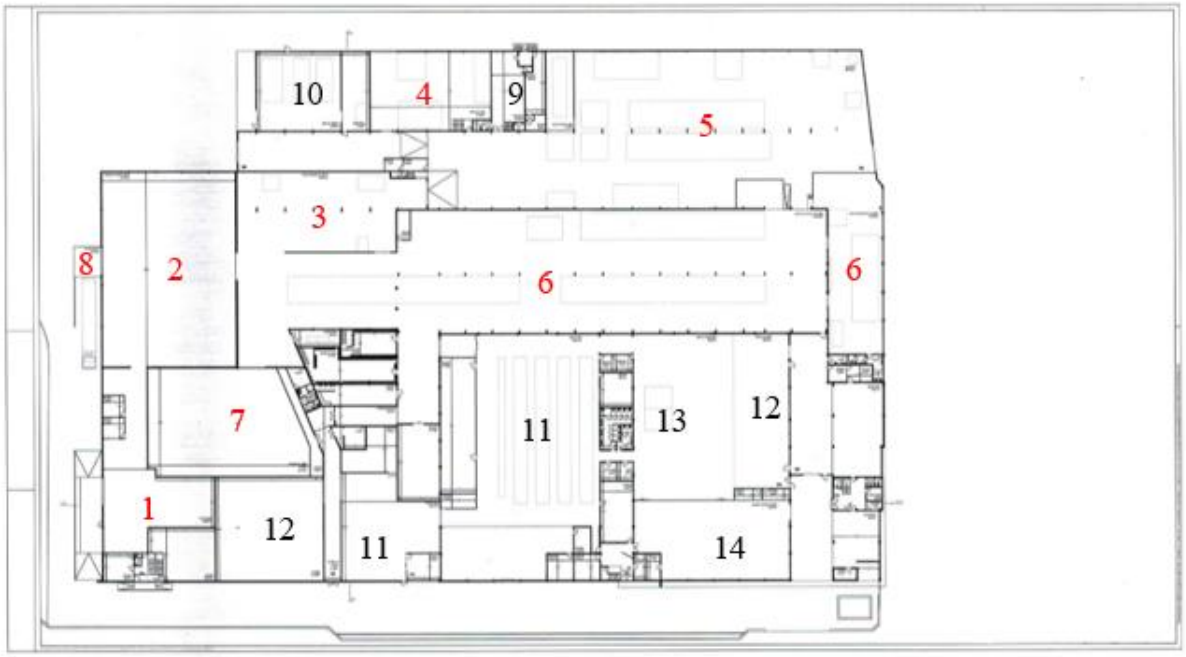
Womack, James P., Jones, D. T., & Roos, D. (1992). The machine that changed the world. *Business Horizons*, *35*(3), 81–82. https://doi.org/10.1016/0007-6813(92)90074-J

Anexo A: Tabela de organização dos dados referentes aos KPIs

Fonte: Tabela adaptada de Fraga (2014)

	Estrutura Funcional						
Hierarquia da Informação	N0. Equipamento	N1. Secção	N2. Linha do Produto	N3. Departamento	N4. Empresa	N5. Grupo Empresarial	**Classes**
0.Operacional (dias)	AV/NAV	AV/NAV					Recurso
	AV/NAV	AV/NAV					Operação
	AV/NAV	AV/NAV					Informativo
1. Tático (meses)	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV			Recurso
	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV			Operação
	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV			Informativo
2.Estratégico (anos)	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	Recurso
	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	Operação
	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	AV/NAV	Informativo

Anexo B: Caraterização da planta do piso 0 da Cottonanswer, em Barcelos



1 – Cais de carga

2 – Armazém de matéria prima

3 – Zona preparação da malha

4 – Cozinha de cores

5 – Área de tinturaria

6 – Área de acabamento da malha

7 – Armazém de malha acabada

8 – Cais de carga e descarga

9 – Laboratório

10 – Sala das caldeiras

11 – Área de corte

12 – Área de confeção

13 – Área de embalamento

14 – Armazém de produto acabado

Anexo C: Caraterização dos tipos de processo de tingimento da Cottonanswer no ano de 2018, e caraterização de cores

Processos	Tempos de partida (h)	Distribuição individual	Distribuição agrupada
Desencolados	2	25%	25%
1/2 Brancos	2	10%	10%
Brancos	2,5	15%	15%
Cores Claras/ Médias + Reativos	7	19%	20%
Cores Claras/ Médias + Reativos Dispersos	10 - 12	1%	
Cores Escuras* + Reativos	8	20%	30%
Cores Escuras* + Reativos Dispersos	12 - 14	10%	

Exemplos de cores:

Claras: branco, beije;

Médias: kaki, castanho, vermelho, rosa, amarelo, azul, verde, laranja, lilás, cinza, turquesa;

Escuras: preto, marinho, bordeaux, royal.

Anexo D: Lista dos equipamentos referentes à área da tinturaria

Equipamentos	Marca	Modelo	Quantidade	Ano de fabrico	Potência unitária (kW)
Máquina preparação 1	*Texma*	*T-tb-d*	1	2006	8,00
Máquina preparação 2	*Tapalsa*	*133*	1	1998	3,50
Máquina preparação 3	*Mapt*	*305 e3*	1	2014	1,50
Máquina preparação 4	*Corino*	*Preparação*	1	1997	4,00
Máquina revistar	*Off-frigerio*	-	1	-	3,70
Máquina tingir- Jet 1	*Brazolli*	*HT1 XC1*	1	2017	-
Máquina tingir- Jet 2	*Brazolli*	*HT1+1 XC1*	1	2017	-
Máquina tingir- Jet 3	*Brazolli*	*Inmecology HT 4*	1	1990	50,00
Máquina tingir- Jet 4	*Tecninox*	*Roto-stream*	1	1990	20,00
Máquina tingir- Jet 5	*Brazolli*	*Aquarius HT 100*	1	2015	10,00
Máquina tingir- Jet 6	*Jusa*	*Flow*	1	1993	13,00
Máquina tingir- Jet 7	*Tecninox*	*Tecno-jet*	1	1993	2,50
Máquina tingir- Jet 8	*Tecninox*	*Gira-cest 140/4*	1	1997	45,00
Máquina tingir- Jet 9	*Tecninox*	*Roto-stream*	1	1997	10,00
Máquina tingir- Jet 10	*Brazolli*	*Saturno*	1	2000	39,00
Máquina tingir- Jet 11	*Brazolli*	*Saturno*	1	2000	34,00
Máquina tingir- Jet 12	*Tecninox*	*Micro-soft ht*	1	2000	40,00
Máquina tingir- Jet 13	*Jusa*	*Jusaflow at1*	1	2002	22,00
Máquina tingir- Jet 14	*Meit*	*Run soft JT 140/50*	1	2005	7,50
Máquina tingir- Jet 15	*Mapt*	*ATT 0400E*	1	2013	15,00
Máquina tingir- Jet 16	*Mapt*	*ATT 0250/0250*	2	2013	23,00
Máquina tingir- Jet 18	*Mapt*	*ATT 150*	1	2013	17,00
Máquina tingir- Jet 19	*Brazolli*	*Inmecology HT 3*	1	2013	37,50
Máquina tingir- Jet 20	*Mapt*	*ATT 50*	1	2013	6,50

Máquina tingir- Jet 21	*Brazolli*	*Saturno*	1	2001	26,00
Máquina tingir- Jet 22	*Brazolli*	*Saturno*	1	2001	26,00
Máquina tingir- Jet 23	*Brazolli*	*Inmecology HT 5*	1	2015	60,00
Máquina tingir- Jet 24	*Brazolli*	*Aquarius HT 100*	1	-	-
Máquina tingir- Jet 25	*Brazolli*	*Aquarius HT 500*	1	-	-
Máquina tingir- Jet 26	*MCS*	*MF6YHT X2-SL*	1	2002	50,00
Máquina tingir- Jet 27	*MCS*	*MF6YHT X2-MS*	1	2002	90,00
Espremedor 1	*Corino*	-	1	-	20,00
Espremedor 2	*Corino*	*T2600*	1	-	24,00
Espremedor 3	*Heliot*	*Exprimeuse 126*	1	1988	7,00
Hidro	*Auto mecânica beira*	*Tipo 1201*	1	1979	7,50

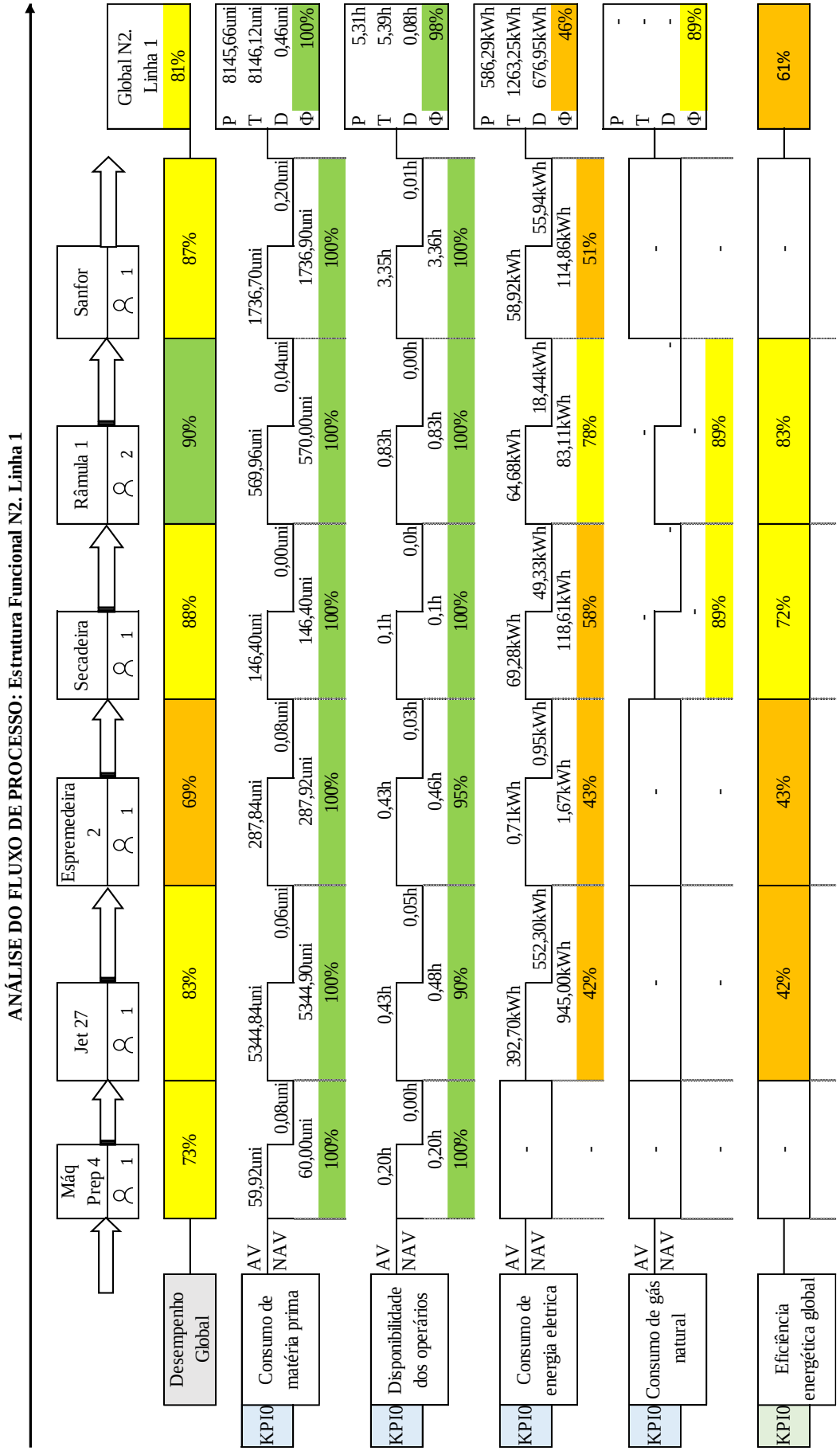
Anexo E: Lista dos equipamentos referentes à área de acabamento

Equipamentos	Marca	Modelo	Quantidade	Ano de fabrico	Potência unitária (kW)
Râmula 1	*Bruckner*	*Vn 24/5*	1	1997	165,00
Râmula 2	*Icomatex*	*Rama ico8ic10*	1	2014	136,00
Râmula 3	*Bruckner*	-	1	-	-
Secadeira	*Heliot*	*Plimatic 86*	1	1988	350,00
Máquina virar	*Pimatex*	-	1	-	7,50
Sanfor	*Sperotto rimar*	*Compact*	1	1994	40,00

Anexo F: Caraterização dos Jets por capacidade e tipo de processo de tingimento.

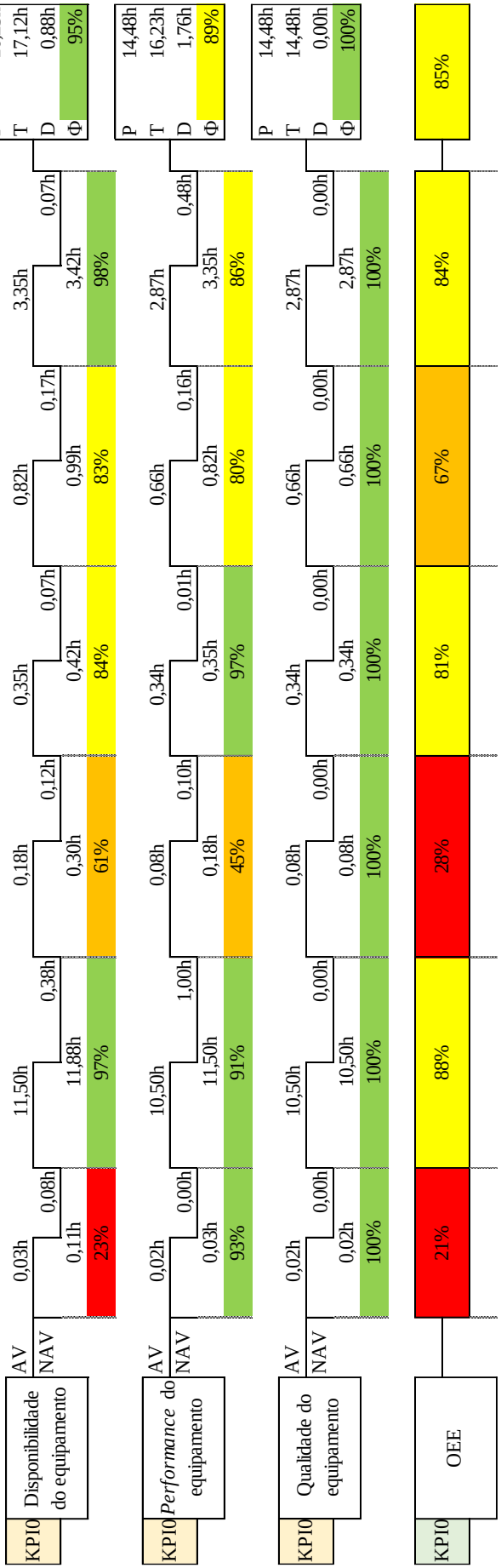
Jets	Grupo	Capacidade		Processo
		Kg	L	
Jet 1	1100	50 - 150	1100	Cores
Jet 2	1100	50 - 150	1100	Cores
Jet 3	1100	350 - 800	3000	Cores
Jet 4	200	20 - 100	550	Cores
Jet 5	1000	15 - 100	450	Cores
Jet 6	200	50 - 210	1100	Desencolados + Brancos
Jet 7	400	10 - 30	200	Amostras
Jet 8	100	300 - 650	3800	Desencolados + Brancos
Jet 9	200	6 - 45	450	Amostras
Jet 10	300	200 - 400	2200	Cores
Jet 11	300	120 - 400	1700	Cores
Jet 12	400	2 - 20	150	Amostras
Jet 13	500	50 - 120	1000	Cores
Jet 14	600	10 - 45	450	Cores
Jet 15	900	100 - 400	1700	Desencolados + Brancos
Jet 16	800	100 - 200	1300	Cores
Jet 17	800	100 - 200	1300	Cores
Jet 18	800	50 - 120	800	Cores
Jet 19	1100	200 - 450	3000	Cores
Jet 20	700	15 - 35	450	Cores
Jet 21	300	100 - 300	1300	Cores
Jet 22	300	100 - 300	1300	Cores
Jet 23	1100	400 - 1100	3600	Cores
Jet 24	1000	15 - 80	400	Cores
Jet 25	1000	10 - 35	300	Amostras
Jet 26	1100	350 - 1200	4000	Cores
Jet 27	1100	350 - 1200	4000	Cores
Barca 1	-	26	-	Desencolados + Brancos
Barca 2	-	50	-	Desencolados + Brancos

Anexo G: *Scorecard* N2. Linha 1

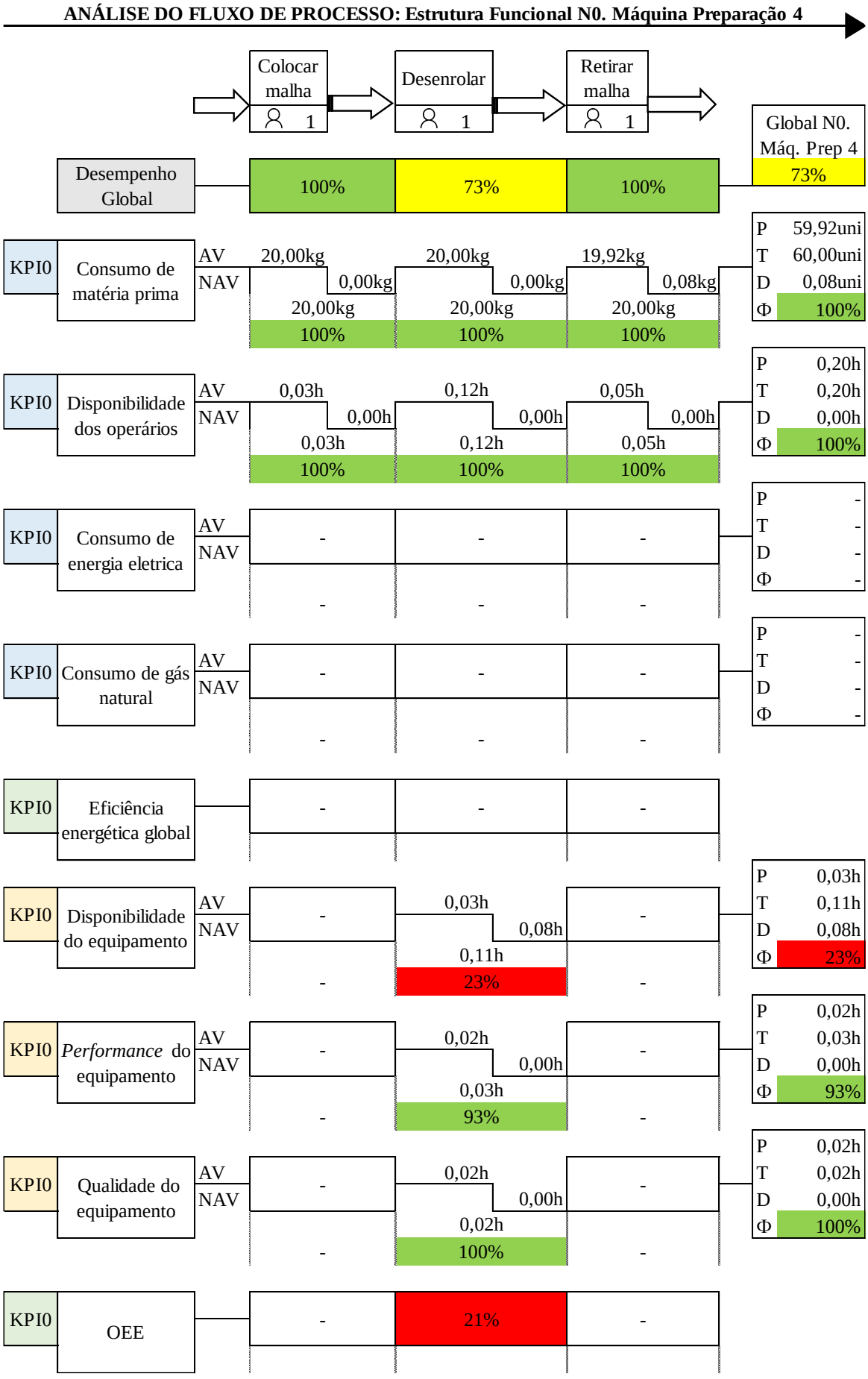


(…)

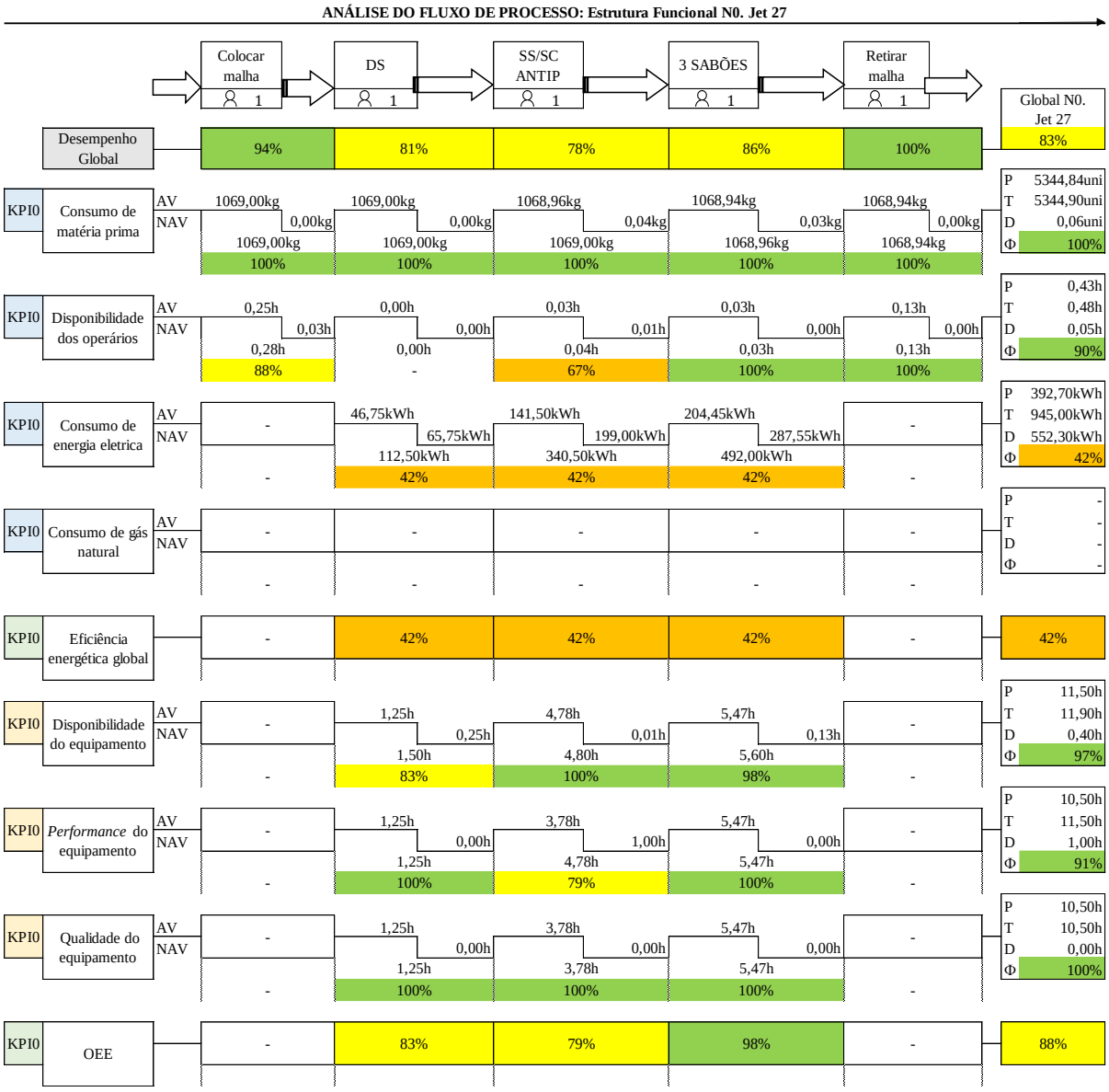
(…)


KP10
Disponibilidade do equipamento
AV
NAV
0,03h
0,11h
23%
0,08h
11,50h
11,88h
97%
0,38h
0,18h
0,30h
61%
0,12h
0,35h
0,42h
84%
0,07h
0,82h
0,99h
83%
0,17h
3,35h
3,42h
98%
0,07h
P 16,23h
T 17,12h
D 0,88h
Φ 95%
KP10
Performance do equipamento
AV
NAV
0,02h
0,03h
93%
0,00h
10,50h
11,50h
91%
1,00h
0,08h
0,18h
45%
0,10h
0,34h
0,35h
97%
0,01h
0,66h
0,82h
80%
0,16h
2,87h
3,35h
86%
0,48h
P 14,48h
T 16,23h
D 1,76h
Φ 89%
KP10
Qualidade do equipamento
AV
NAV
0,02h
0,02h
100%
0,00h
10,50h
10,50h
100%
0,00h
0,08h
0,08h
100%
0,00h
0,34h
0,34h
100%
0,00h
0,66h
0,66h
100%
0,00h
2,87h
2,87h
100%
0,00h
P 14,48h
T 14,48h
D 0,00h
Φ 100%
KP10
OEE
21%
88%
28%
81%
67%
84%
85%

Anexo H: *Scorecard* N0. Máquina de Preparação 4

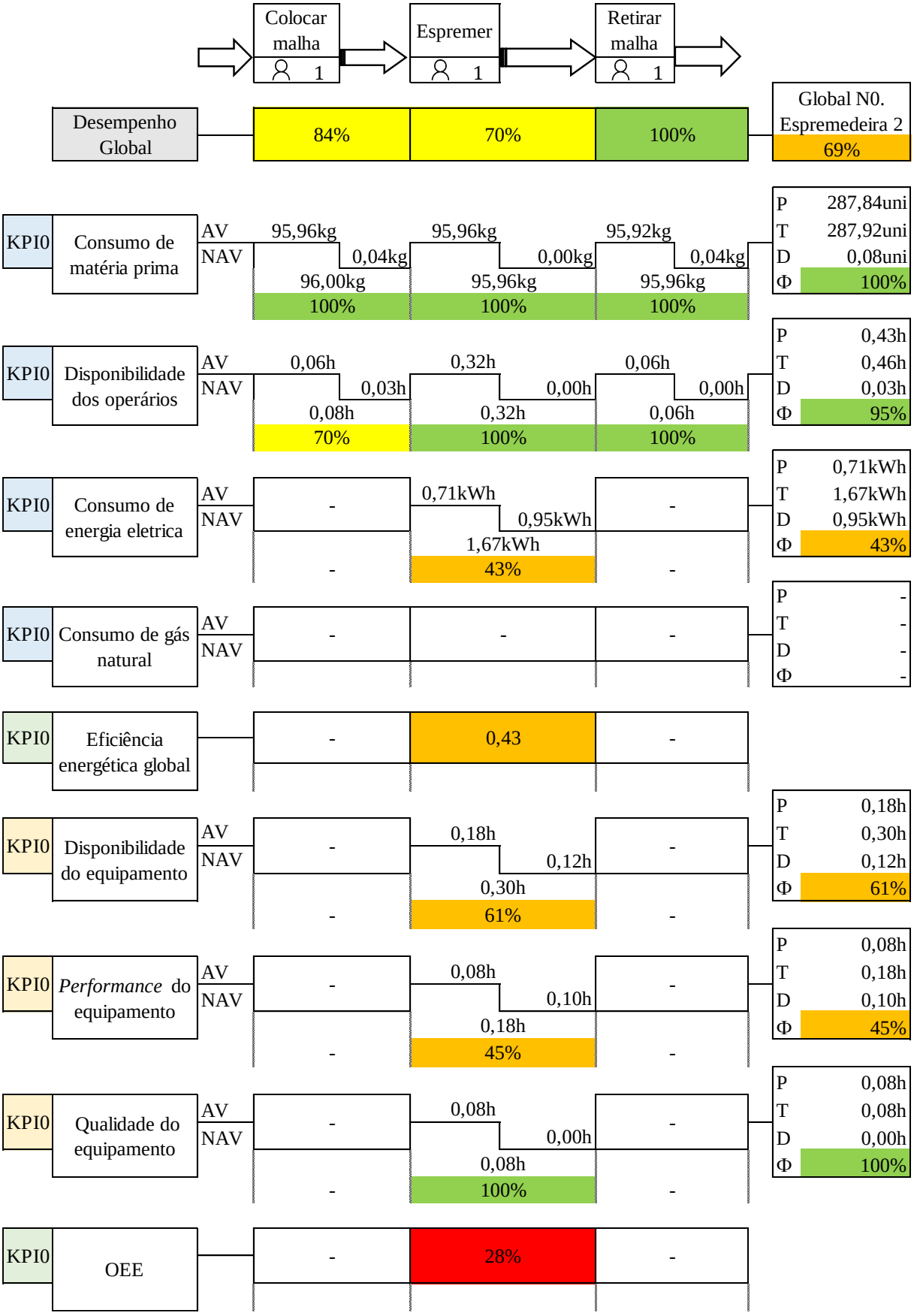


Anexo I: *Scorecard* N0. Jet 27

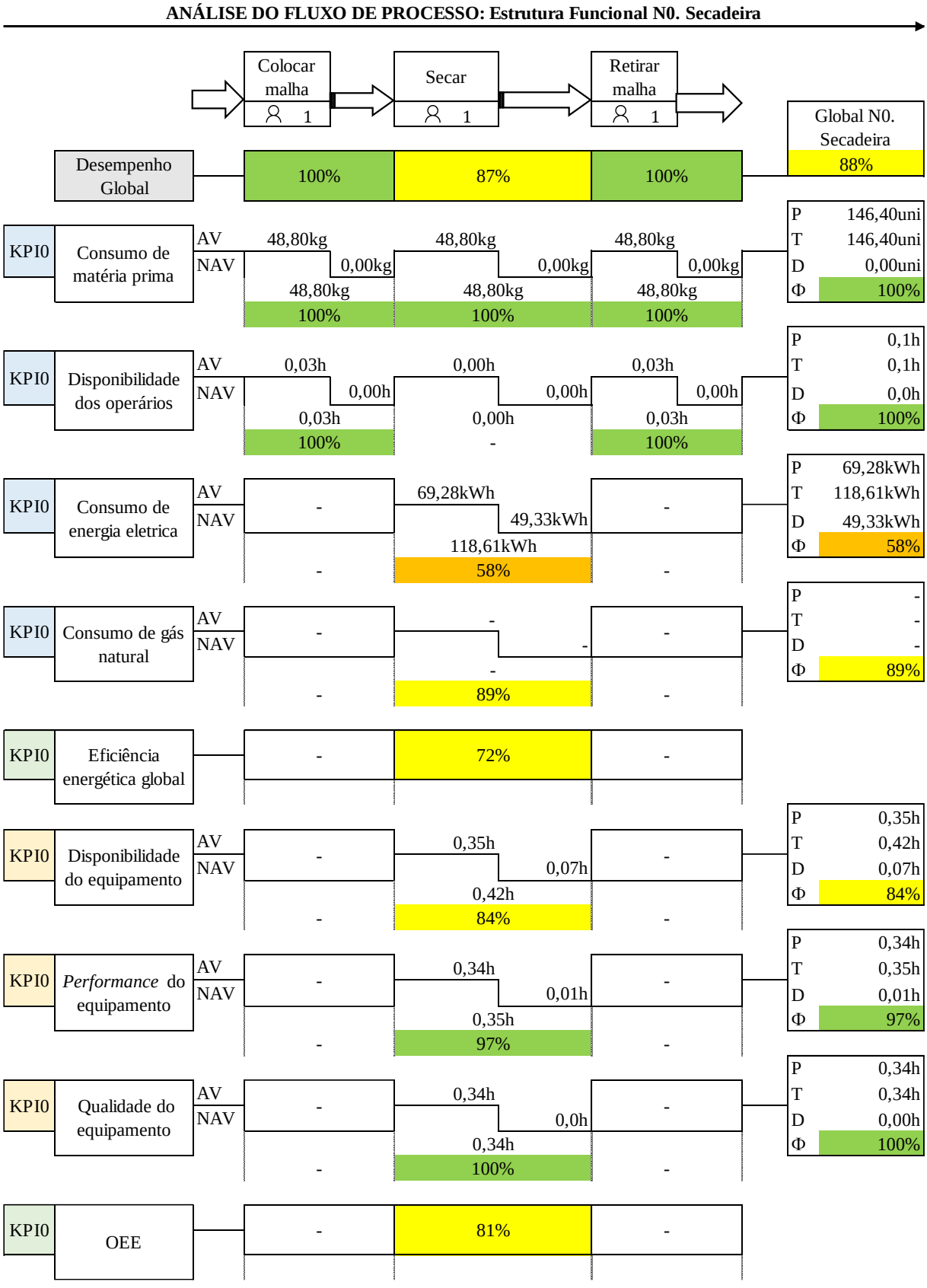


Anexo J: *Scorecard* N0. Espremedeira 2

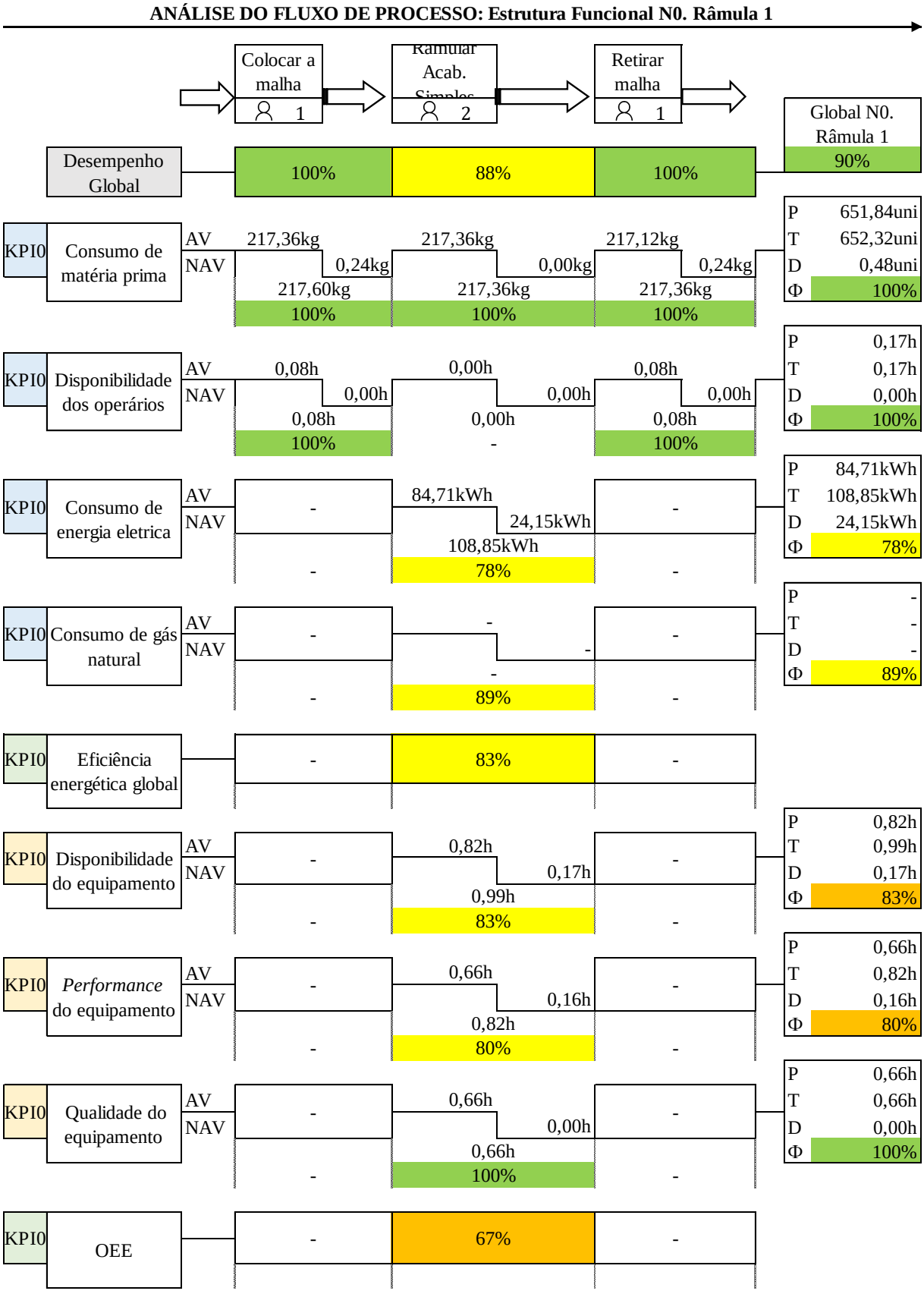
ANÁLISE DO FLUXO DE PROCESSO: Estrutura Funcional N0. Espremedeira 2



Anexo K: *Scorecard* N0. Secadeira

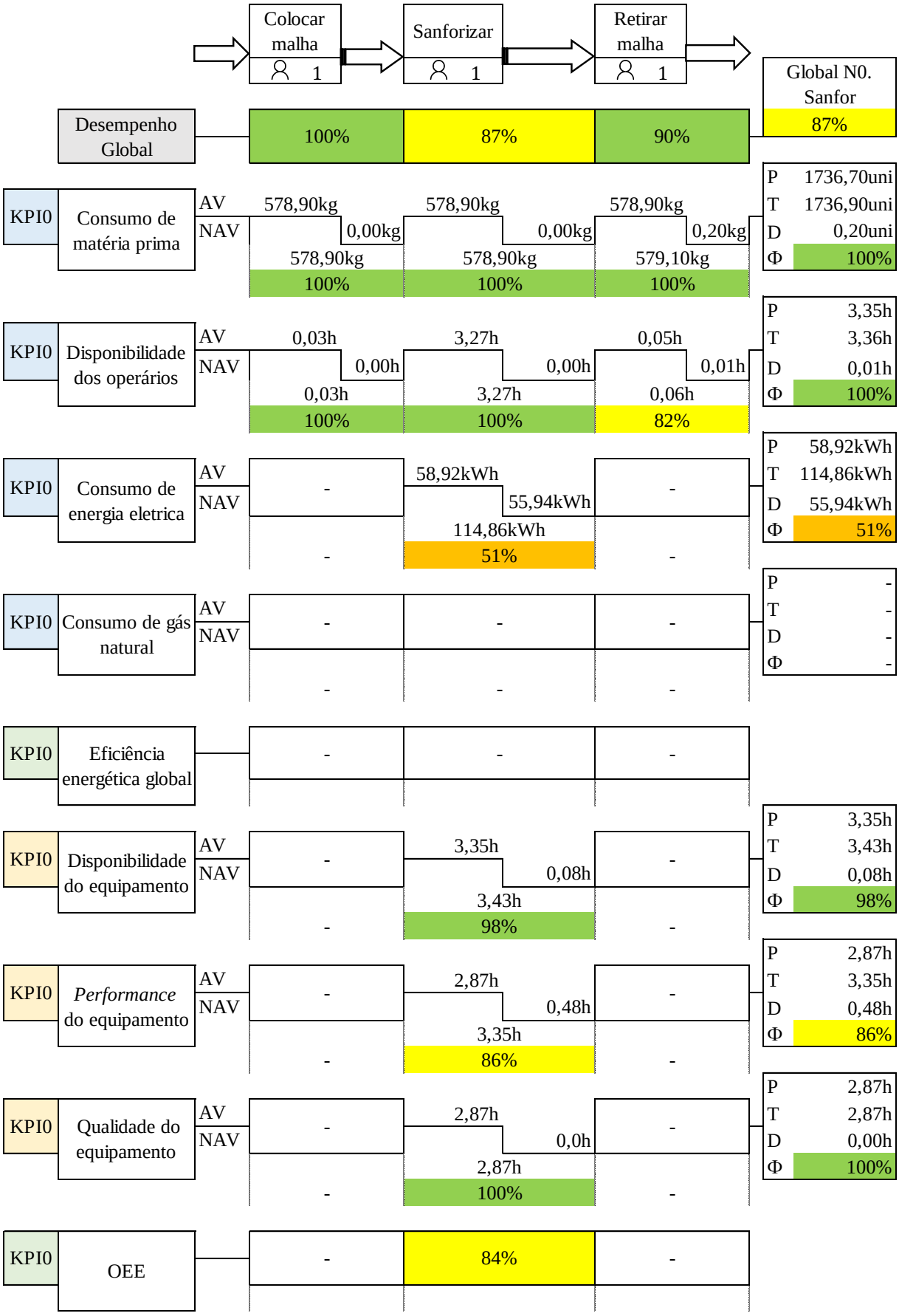


Anexo L: *Scorecard* N0. Râmula 1

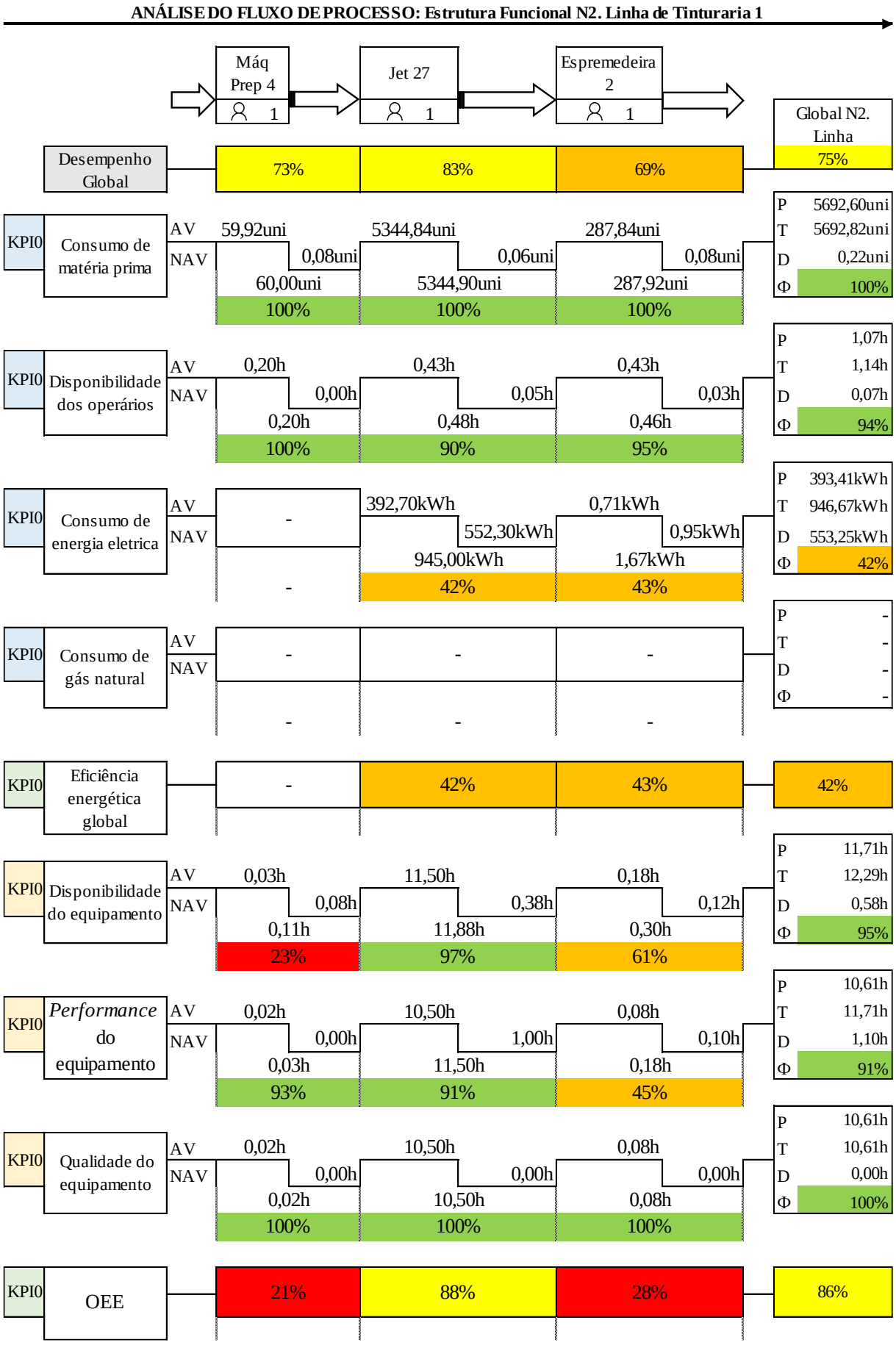


Anexo M: *Scorecard* N0. Sanfor

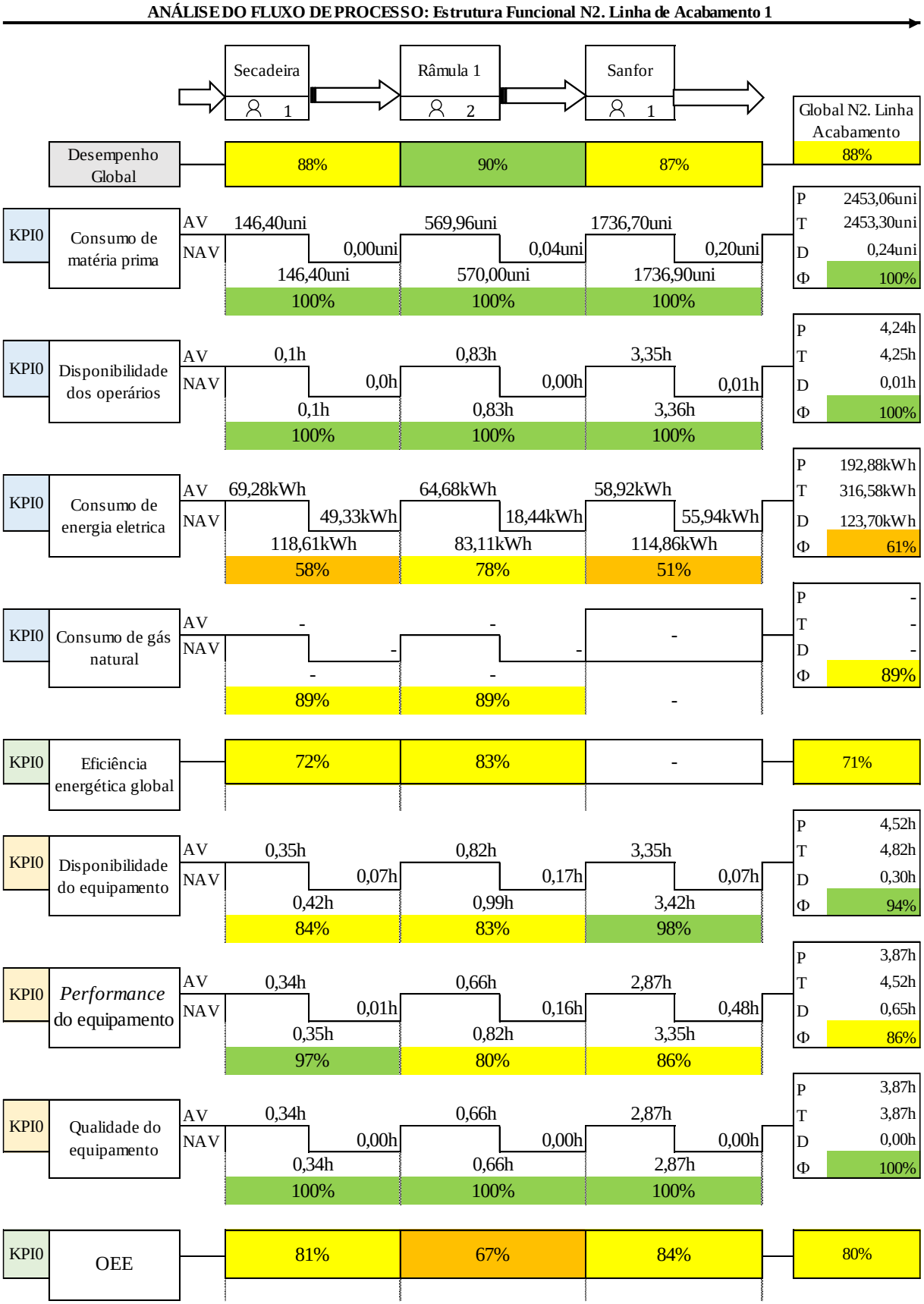
ANÁLISE DO FLUXO DE PROCESSO: Estrutura Funcional N0. Sanfor



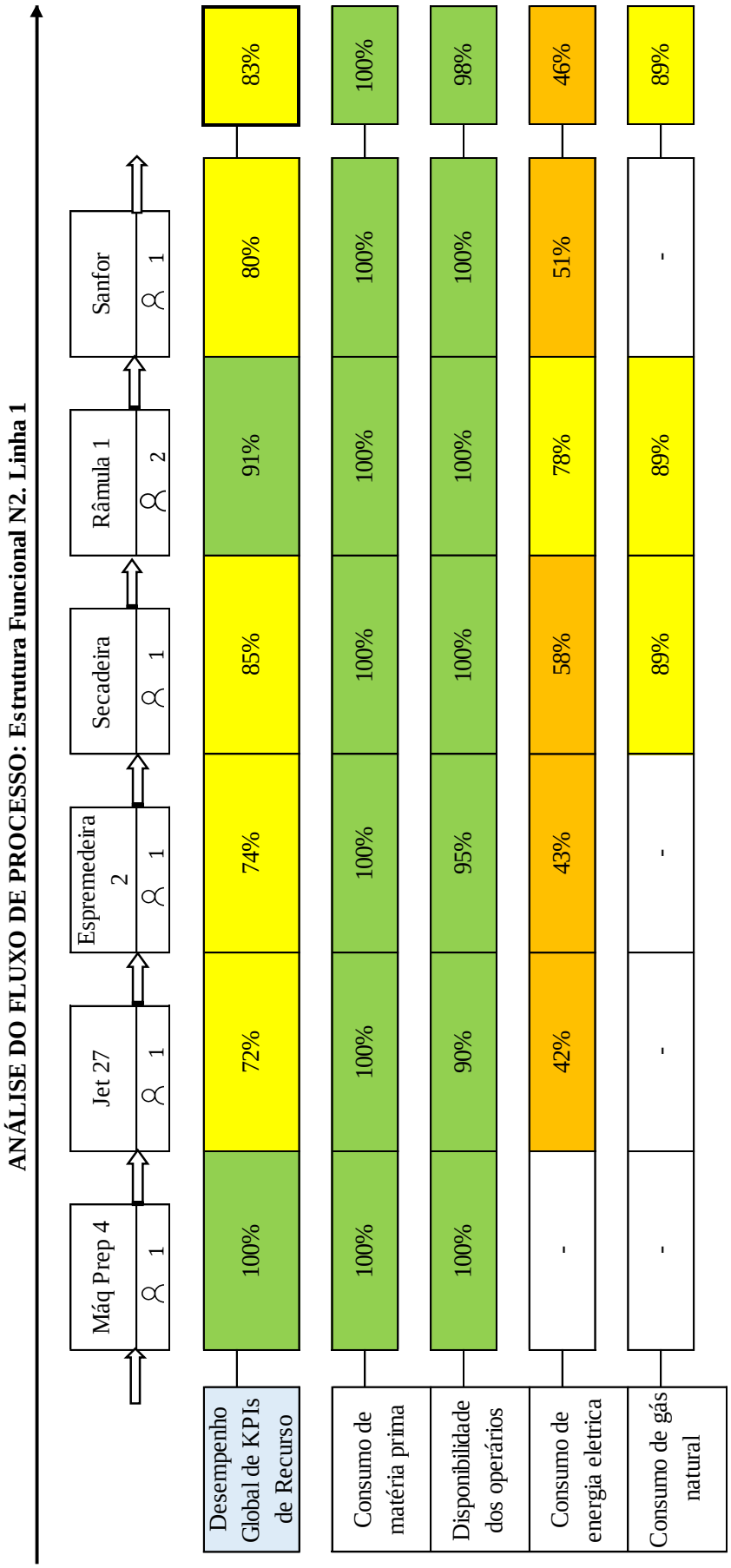
Anexo N: *Scorecard* N2. Linha de Tinturaria 1



Anexo O: *Scorecard* N2. Linha de Acabamento 1



Anexo P: *Scorecard* de Recursos



Anexo Q: *Scorecard* de Operações

