

Implementação de Metodologias da Gestão da Qualidade Total numa Empresa Têxtil

Gonçalo Silva de Sousa

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Nuno Domingues Mateus Pedroso Soares

Orientador no *Kaizen Institute*: Eng. Alexandre Sinde Pires Araújo



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2022-07-11

“A excelência não é um destino; é um caminho contínuo que nunca termina”

Brian Tracy

Resumo

Na indústria têxtil, a complexidade dos processos está presente desde a produção dos subprodutos até ao controlo final na expedição para o consumidor. É essencial garantir a estabilidade da variabilidade dos processos e que as variáveis críticas do processo se encontrem de acordo com as especificações dos clientes. A existência de desvios face ao valor esperado conduz a perdas de vantagens competitivas face às outras empresas, já que os custos de não qualidade aumentam e a qualidade do produto diminui.

Deste modo, este projeto surge da necessidade de uma empresa de produção de têxteis técnicos reduzir os custos de não qualidade, depois de constatar um aumento considerável dos defeitos ao longo da produção. Em parceria com o Kaizen Institute, desenvolveu-se um projeto de melhoria contínua cujo foco foi a implementação de metodologias da Gestão da Qualidade Total com vista a redução dos custos relacionados com a não qualidade do processo.

Dada a grande quantidade de defeitos existentes, utilizaram-se, como piloto, os dois defeitos mais presentes ao longo de toda a produção. De acordo com as características de cada um e as necessidades ao longo do projeto, utilizaram-se duas metodologias para a resolução de problemas: o *Kobetsu Kaizen* e o *Six Sigma*. Independentemente da metodologia seguida, a abordagem da equipa baseou-se nas práticas e princípios *Kaizen*.

Através de ferramentas como os diagramas de Ishikawa e de relações, começou-se por caracterizar corretamente o problema, de forma a possibilitar uma identificação das principais áreas de melhoria mais eficaz. Após a validação das mesmas recorrendo, por exemplo, a ferramentas de análise estatística, como as cartas de controlo ou os gráficos de capacidade, foram desenhadas e testadas soluções, priorizando as que apresentavam mais impacto na não qualidade e requeriam menos esforço de implementação. Com isto, estas soluções permitiram alcançar reduções de 35% e 25% nos defeitos estudados. Ainda assim, dada a complexidade das análises efetuadas, não foi possível cumprir com o cronograma definido e estudar todas as fontes de variabilidade do processo.

O cumprimento dos objetivos delineados no início do projeto reflete a eficácia das metodologias seguidas, dando boas indicações para a replicação desta abordagem nos restantes defeitos. Esta replicação poderá por parte dos colaboradores da empresa de forma independente, já que ao longo do projeto já foram adquirindo a experiência necessária para a utilização das metodologias seguidas.

Implementation of Total Quality Management Methodologies in a Textile Company

Abstract

In the textile industry, the complexity of the processes is present from the production of by-products to the final control in the dispatch to the consumer. It is essential to ensure the stability of process variability and that critical process variables meet customer specifications. The existence of deviations from the expected value leads to loss of competitive advantages over other companies, as non-quality costs increase and product quality decreases.

Thus, this project arises from the need for a technical textile production company to reduce non-quality costs, after noticing a considerable increase in defects during production. In partnership with the Kaizen Institute, a continuous improvement project was developed whose focus was the implementation of Total Quality Management methodologies with a view to reducing costs related to the non-quality of the process.

Given the large number of existing defects, the two most common ones throughout production were used as a pilot. According to the characteristics of each one and the needs throughout the project, two methodologies were used to solve problems: *Kobetsu Kaizen* and *Six Sigma*. Regardless of the methodology followed, the team's approach was based on Kaizen principles and practices.

Using tools such as the Ishikawa and relationship diagrams, the project began by correctly characterizing the problem, in order to enable a more effective identification of the main areas for improvement. After their validation, using, for example, statistical analysis tools, such as control charts or capacity charts, solutions were designed and tested, prioritizing those that impacted non-quality more vehemently and required less implementation effort. With this, these solutions allowed to achieve reductions of 35% and 25% in the studied defects. Even so, given the complexity of the analyzes carried out, it was not possible to comply with the defined schedule and study all the sources of variability in the process.

The fulfillment of the objectives outlined at the beginning of the project reflects the effectiveness of the methodologies followed, giving good indications for the replication of this approach in the remaining defects. This replication can be carried out by the company's employees independently, since throughout the projects they have already acquired the necessary experience to use the methodologies followed.

Agradecimentos

Ao professor Nuno Soares, pela orientação, pela ajuda e disponibilidade ao longo do projeto.

À empresa, por todo o envolvimento no projeto, pela motivação demonstrada e pela oportunidade que me deram em desenvolver este projeto.

Ao Kaizen Institute, especialmente ao meu tutor, Alexandre Araújo, por toda a ajuda prestada, pela disponibilidade e por todo o conhecimento transmitido.

Aos meus amigos, pela amizade nestes 5 anos e por me acompanharem sempre.

À minha família, por todo o carinho.

Aos meus pais, por me terem ajudado neste percurso e por terem garantido que nada me faltava.

À Rita, por toda a paciência e apoio incondicional ao longo destes anos.

E à minha avó, a quem dedico esta dissertação, que de certeza estará muito orgulhosa.

O meu sincero obrigado.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	5
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	5
1.2	Kaizen Institute	5
1.3	Empresa X e a indústria têxtil.....	5
1.4	Objetivos do projeto.....	6
1.5	Método seguido no projeto	7
1.6	Estrutura da dissertação	7
2	Enquadramento Teórico	9
2.1	Conceito de qualidade	9
2.2	Princípios Kaizen	10
2.3	Gestão da Qualidade Total.....	11
2.4	Metodologias para melhoria da qualidade	13
2.4.1	Kobetsu Kaizen	13
2.4.2	Six Sigma.....	15
3	Definição do Problema.....	17
3.1	Processo produtivo.....	17
3.2	Caracterização do estado inicial.....	17
3.3	Definição do objetivo.....	18
3.4	Metodologia.....	18
4	Implementação	20
4.1	Reestruturação do modelo de qualidade.....	20
4.2	Sujidade	21
4.2.1	Situação inicial	21
4.2.2	Identificação de causas.....	22
4.2.3	Desenho e teste de soluções	23
4.2.4	Implementação e resultados	25
4.3	Espuma Expandida – <i>Sprint 1</i>	26
4.3.1	Situação inicial	26
4.3.2	Identificação de causas.....	29
4.3.3	Desenho e teste de soluções	30
4.3.4	Implementação e resultados	30
4.4	Espuma Expandida – <i>Sprint 2</i>	31
4.4.1	Situação inicial	31
4.4.2	Identificação de causas.....	37
4.4.3	Desenho e teste de soluções	38
4.4.4	Implementação e resultados	39
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro	40
	Referências	42
	ANEXO A: Artigo produzido na Empresa X.....	44
	ANEXO B: Quadro de Kobetsu Kaizen.....	45
	ANEXO C: Cronograma de implementação do projeto	46
	ANEXO D: Exemplos de Sujidade.....	47
	ANEXO E: Interface de acompanhamento da Sujidade	48
	ANEXO F: Interface de acompanhamento da Espuma Expandida	49
	ANEXO G: Diagrama de relações da densidade de espuma.....	50

Siglas

CEP - Controlo Estatístico de Processo

DMAIC - *Define, Measure, Analyze, Improve e Control*

EE – Espuma Expandida

GQT – Gestão da Qualidade Total

KI – *Kaizen Institute*

PVC - Policloreto de Vinilo

SDCA - *Standard, Do, Check, Act*

Índice de Figuras

Figura 1 - Distribuição da característica CTQ da mesma peça na indústria japonesa versus americana e respetivo custo de qualidade da peça.....	10
Figura 2 - (1) Definição tradicional do conceito de qualidade e (2) definição do conceito de qualidade proposto por Taguchi e Elsayed	10
Figura 3 - Ciclo PDCA na melhoria contínua da qualidade.....	12
Figura 4 - Implementação de ciclos PDCA e SDCA num processo de melhoria contínua	12
Figura 5 - Diagrama de Ishikawa.....	14
Figura 6 - Quantidade (em m ²) de defeito produzido ao longo do processo produtivo em 2020	18
Figura 7 - Etapas seguidas para a redução da não qualidade na produção	18
Figura 8 - Distribuição da sujidade por processo produtivo	21
Figura 9 – Sujidade, em %, por máquina.....	22
Figura 10 – Decomposição, em m ² , da sujidade.....	22
Figura 11 - Potenciais causas de sujidade no processo produtivo	23
Figura 12 - Novo circuito de limpeza	24
Figura 13 - Novo <i>layout</i> da Lacagem	24
Figura 14 - Introdução de um negativo na revista do artigo	25
Figura 15 - Matriz de priorização de soluções	26
Figura 16 – Evolução da percentagem de Espuma Expandida por Fábrica.....	27
Figura 17 - Percentagem de defeito por tipo de artigo.....	27
Figura 18 - Percentagem Espuma Expandida por rolo (1) e percentagem de rolos onde se observou Espuma Expandida (2).....	28
Figura 19 - Percentagem de defeito em cada processo produtivo	28
Figura 20 - Diagrama de relações da Espuma Expandida.....	31
Figura 21 - Análise estabilidade e capacidade da variável peso.....	33
Figura 22 - Análise estabilidade e capacidade da variável espessura.....	33
Figura 23 - Carta de controlo $\bar{x}$ -R da variação dimensional	34
Figura 24 - Carta de controlo de dados individuais da viscosidade	35
Figura 25 – Gráfico de capacidade do processo para a variável densidade de espuma.....	35
Figura 26 - Cartas de controlo $\bar{x}$ -R do peso aplicado no artigo.....	36
Figura 27 - Cartas de controlo $\bar{x}$ -R da temperatura aplicada no artigo.....	36
Figura 28 - Cartas de controlo $\bar{x}$ -R da velocidade de recobrimento.....	37
Figura 29 - Gráficos de capacidade do processo para variável velocidade de recobrimento...	37
Figura 30 – Gráfico e expressão da regressão linear	39

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resultados (em m ²) do acompanhamento da produção.....	29
Tabela 2 - Resultados teste R&R.....	32

1 Introdução

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Este projeto aborda a implementação da metodologia da Gestão da Qualidade Total (GQT) com o principal intuito de reduzir o custo provocado pela não qualidade dos processos de uma empresa da indústria têxtil. Para auxiliar esta implementação, a empresa contactou o Kaizen Institute (KI) que, dada a sua experiência no setor, permitiu uma melhor aplicação dos conceitos e, consequentemente, maximizar o sucesso do projeto. Ainda assim, dada a complexidade de todos os processos produtivos, foi necessária a inclusão de vários departamentos da empresa, nomeadamente, o departamento da qualidade e o departamento da produção sob a forma dos chefes das várias etapas da produção.

Por questões de confidencialidade, ao longo do documento esta empresa será denominada de “Empresa X” e não serão usados os nomes técnicos dos vários defeitos decorrentes do processo produtivo.

1.2 Kaizen Institute

O Kaizen Institute é uma empresa multinacional fundada em 1985 cujo foco consiste em fornecer serviços de consultoria para melhoria dos resultados operacionais através da implementação de processos de melhoria contínua e eliminação do desperdício baseados na metodologia japonesa Kaizen (Institute 2022). De facto, esta filosofia traduz-se, de forma literal, no próprio nome, já que este resulta da junção de dois termos japoneses: “KAI” que significa “mudar” e “ZEN” palavra japonesa para “melhor”, ou seja, “mudar para melhor”.

Após a segunda guerra mundial, em 1955, a indústria japonesa passava por grandes dificuldades. De forma a mudar o paradigma japonês e melhorar a economia do país, o fundador do KI, Masaaki Imai, organizou visitas a empresas de referência americanas. Taiichi Ono, um dos fundadores da filosofia *Kaizen*, constava numa dessas visitas. Ao conseguirem perceber e sistematizar as boas práticas, foram capazes de implementá-las na indústria japonesa. Deste modo, foram capazes de atingir os resultados focando-se na eficiência dos processos e em formas de os melhorar continuamente (Imai 1986).

Face ao sucesso na implementação desta metodologia, Masaaki Imai, tornou-se uma referência nesta área. Assim, decidiu viajar para a Europa e fundar uma empresa totalmente focada na melhoria da *performance* operacional das empresas, o Kaizen Institute. Atualmente, está presente em mais de 60 países e em Portugal conta com cerca de 250 membros.

A sua missão passa por ajudar os líderes a alcançar uma melhoria dos resultados através do aumento da produtividade dos processos, a melhoria da qualidade e, simultaneamente, o envolvimento dos colaboradores. Apesar de estar envolvido em projetos em diversos setores como o retalho ou a saúde, é na indústria de processos e em projetos como o da Empresa X que o Kaizen Institute foca grande parte do seu conhecimento.

1.3 Empresa X e a indústria têxtil

Fundada nos anos 30, a Empresa X pratica a sua atividade no setor têxtil. Apesar de atualmente se dedicar aos têxteis técnicos¹, ao longo dos anos foram várias as áreas de produção às quais a

¹ Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Não tecidos e Tecidos Técnicos (s.d) um têxtil técnico é um artigo caracterizado pela sua performance e propriedades funcionais e cujas matérias-primas consistem em fibras de elevado desempenho.

Empresa X se dedicou, desde o têxtil tradicional até à energia. No Anexo A está presente um exemplo fotográfico de um artigo produzido na empresa.

Este foco atual nos têxteis técnicos surgiu apenas 40 anos depois da sua fundação, quando, pela primeira vez, a empresa fornece revestimentos para a indústria automóvel. Até aos dias de hoje, o seu percurso tem sido marcado pela excelência operacional, sendo uma referência não só a nível nacional, mas também europeu. Esta gestão estratégica da empresa aliada à aposta na sustentabilidade e inovação permitem que a Empresa X compita com mercados de potências como a Alemanha ou os Estados Unidos da América (Notícias 2019).

No que diz respeito ao processo produtivo, a complexidade e tecnicidade associada aos têxteis técnicos é bastante visível. O processo é iniciado pela junção, através de altas temperaturas, de matérias-primas como o policloreto de vinilo (PVC) e pastas diversas produzidas na própria fábrica. De seguida, o artigo é lacado de forma a melhorar as suas características estéticas. Por último, de acordo com a textura que se pretende aplicar, o artigo passa por um processo mecânico de modificação do desenho da sua superfície por ação de calor. Antes de ser expedido, o produto ainda passa por um controlo de qualidade onde é revistado e cortado de acordo com as necessidades de cada cliente. Independentemente do processo, o foco no cliente final é máximo, ou seja, o espaço para inconformidades ao longo do processo é mínimo, enaltecendo, assim, a importância deste projeto para a Empresa X.

Atualmente a indústria automóvel está a sofrer alterações significativas, nomeadamente no uso crescente de carros elétricos. Esta mudança é vantajosa para a Empresa X e para o setor dos têxteis técnicos, já que, neste tipo de carros, o interior do carro constitui uma variável importante para os consumidores e estes artigos têm características funcionais que os distinguem dos restantes (Têxtil 2017). Além disso, os constantes avanços tecnológicos em áreas como a dos materiais, nanotecnologia ou eletrónica permitem que a Empresa X tenha a possibilidade de desenvolver produtos mais capazes, conjugando simultaneamente a performance e a estética dos mesmos. Deste modo, a empresa ao conjugar estas oportunidades com a sua visão estratégica do negócio, no futuro terá oportunidade de cimentar a sua posição no mercado e continuar o bom trabalho que tem vindo a desenvolver.

1.4 Objetivos do projeto

O principal objetivo do projeto passa pela redução dos custos da não qualidade do processo produtivo. Esta não qualidade manifesta-se principalmente sob a forma de 2 defeitos: sujidade e espuma expandida. Importa referir que, por uma questão de confidencialidade, não será usado o nome técnico deste último defeito. A sujidade consiste na falta de limpeza do local onde é efetuada a produção sob a forma de, por exemplo, desperdícios de matéria-prima no chão ou materiais nas máquinas que impedem o normal funcionamento da produção. Por outro lado, a espuma expandida, tal como o próprio nome sugere, corresponde a uma expansão exagerada de um dos componentes do artigo. Esta expansão, de um ponto de vista estético, reduz a qualidade do artigo, já que é facilmente visível a olho nu e observa-se uma degradação das características esperadas.

Dada a abrangência deste tema foi importante dividir o objetivo em 3 etapas:

1. Redução da variabilidade dos processos e consequente estabilização dos mesmos;
2. Produção de acordo com os requisitos do cliente;
3. Manutenção das melhorias de qualidade da produção.

Numa primeira fase, para que seja possível reduzir os custos de não qualidade do processo, é importante diminuir a variabilidade do mesmo e garantir que está sob controlo. De seguida, através de um conjunto de medidas implementadas pelo KI, espera-se que a Empresa X consiga melhorar a qualidade do processo e centrar o seu processo entre os limites especificados pelo cliente.

De uma forma mais concreta, no que diz respeito à sujidade, o objetivo passa por diminuir os 0,20% de não qualidade atual para 0,14%, ou seja, uma diminuição de 30%. Em relação aos problemas na espuma, pretende-se uma redução, no primeiro *sprint* de 0,98% para 0,78%, traduzindo-se numa redução de cerca de 20% e de 30% no segundo, colocando, deste modo, o índice de qualidade da espuma expandida nos 0,55%, ou seja, uma redução total da não qualidade de 43,9%.

1.5 Método seguido no projeto

De forma que a implementação fosse efetuada de uma forma estruturada e com o foco na melhoria contínua, a principal metodologia utilizada no projeto foi o Kobetsu Kaizen, uma metodologia do KI. Em cada fase desta metodologia, foram definidos os seguintes passos:

1. **Definir o objetivo:** definição do âmbito e objetivo do projeto a ser desenvolvido;
2. **Verificar a estado atual:** observação e caracterização da situação atual;
3. **Definir o estado alvo:** definição do estado onde se pretende chegar no prazo acordado;
4. **Identificar as causas raiz:** análise e identificação dos principais motivos para a não qualidade apresentada;
5. **Desenhar soluções:** desenhar soluções que visem cumprir com os objetivos definidos;
6. **Testar soluções:** implementar as soluções no terreno e avaliar o sucesso das mesmas;
7. **Definir o plano de ações:** elaborar um plano com todas as alterações propostas para o cumprimento do objetivo;
8. **Confirmar resultados e normas:** verificar se as melhorias implementadas estão de acordo com o pretendido e criar um conjunto de normas que garantam a aplicação correta das soluções;
9. **Retirar as lições aprendidas:** perceber o sucesso das implementações e garantir a continuidade do cumprimento das mesmas.

Considerando a extensão do processo produtivo e a sua complexidade, esta metodologia foi dividida em várias fases. Assim, a equipa optou por selecionar, como piloto, os dois maiores defeitos provenientes da produção. Caso estes projetos corram de acordo com as expetativas, o objetivo será replicá-los nos restantes defeitos da fábrica.

1.6 Estrutura da dissertação

O presente relatório de dissertação está dividido em cinco capítulos.

No segundo capítulo é apresentado um enquadramento teórico acerca dos conteúdos abordados ao longo do projeto, nomeadamente dos vários métodos utilizados e ferramentas de melhoria de qualidade. De seguida, no terceiro capítulo é exposta a situação inicial da empresa, o problema que originou o projeto e a metodologia seguida na resolução do mesmo.

Ao longo do quarto capítulo são analisadas as várias fases do projeto, os problemas atacados, a validação das causas-raiz e as melhorias implementadas com base no estudo efetuado nos capítulos anteriores. Este capítulo encontra-se dividido em três subcapítulos, que correspondem a três fases distintas do projeto.

Por último, no quinto capítulo é refletida uma conclusão final acerca do projeto e o impacto que o mesmo terá no futuro da Empresa X, nomeadamente em termos de novos desenvolvimentos e projetos com o Kaizen Institute. Além disso, de forma a suportar o que é apresentado ao longo deste documento, foi elaborado um relatório técnico onde são exibidas as análises efetuadas ao longo do projeto e que originam as conclusões apresentadas ao longo do documento.

2 Enquadramento Teórico

Ao longo deste capítulo é clarificada a literatura na qual o projeto se baseia. Deste modo, é não só exposto o conceito de qualidade, mas também revisitadas algumas metodologias e ferramentas utilizadas em projetos de melhoria de qualidade.

2.1 Conceito de qualidade

A definição do conceito de Qualidade tem como base algo subjetivo ligado às perceções de cada consumidor. Segundo Garvin (1984) a qualidade de um produto deve estar distribuída por 5 pilares, sendo que nenhum deve ser desconsiderado. Os pilares identificados são os seguintes:

1. **Transcendência:** a qualidade é algo universal e relativo a uma comparação entre produtos e respetivas características;
2. **Produto:** este conceito é algo mensurável e preciso. Cada produto tem mais ou menos qualidade consoante o número de características que detém;
3. **Utilizador:** a qualidade consiste na adaptação do produto às necessidades do consumidor;
4. **Produção:** a qualidade de um produto baseia-se na conformidade com as especificações;
5. **Valor:** avalia a qualidade em termos de preço e benefício.

Além disso, ao longo dos anos foram surgindo outras definições de qualidade baseadas em aspetos, como, por exemplo, a variabilidade das características essenciais de um produto. De uma forma geral, a variabilidade consiste num desvio dos valores de um determinado atributo face ao valor esperado do mesmo. Montgomery (2013) defende que se a variabilidade dos atributos chave de um produto for reduzida, então a qualidade deste aumentará. Como se pode ver no gráfico da esquerda da Figura 1, a distribuição associada a uma característica chave de um produto – *Critical to Quality* (CTQ) – tem bastante menos variabilidade numa empresa da indústria japonesa do que numa empresa do mesmo ramo, mas localizada nos Estados Unidos. Apesar de grande parte dos valores da empresa americana estarem centrados e contidos dentro das especificações do cliente, estes estão distribuídos por todo o intervalo, desde o limite inferior até ao superior. Ademais, de acordo com o gráfico da direita, é também notório que esta empresa está associada a um maior custo de qualidade dessa mesma peça. Assim, pode-se concluir que as metodologias e os processos adotados pela indústria japonesa permitem a obtenção de artigos mais capazes do ponto vista da sua qualidade.

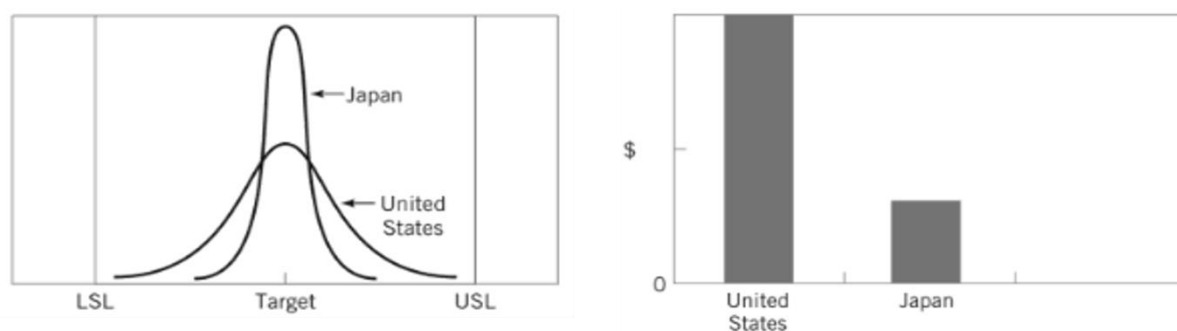


Figura 1 - Distribuição da característica CTQ da mesma peça na indústria japonesa versus americana e respetivo custo de qualidade da peça²

Fonte: Montgomery (2013)

Por último, Taguchi e Elsayed (1989) defendem uma outra forma de definir este conceito baseada na premissa de que a qualidade de um produto é tanto maior quanto menor for o prejuízo que este transmite à sociedade. Deste modo, esta teoria distancia-se das restantes, pois defende que a partir do momento que um produto não se encontra no *target* definido, este causará prejuízo à sociedade, ainda que se encontre dentro dos limites de especificação. Tal como demonstra a Figura 2, ao contrário do conceito tradicional de qualidade cujo foco consiste na manutenção das características do produto dentro dos limites de especificação, a teoria de Taguchi e Elsayed incentiva uma redução da variabilidade destas mesmas características do produto para que estas se aproximem ao máximo do valor definido.

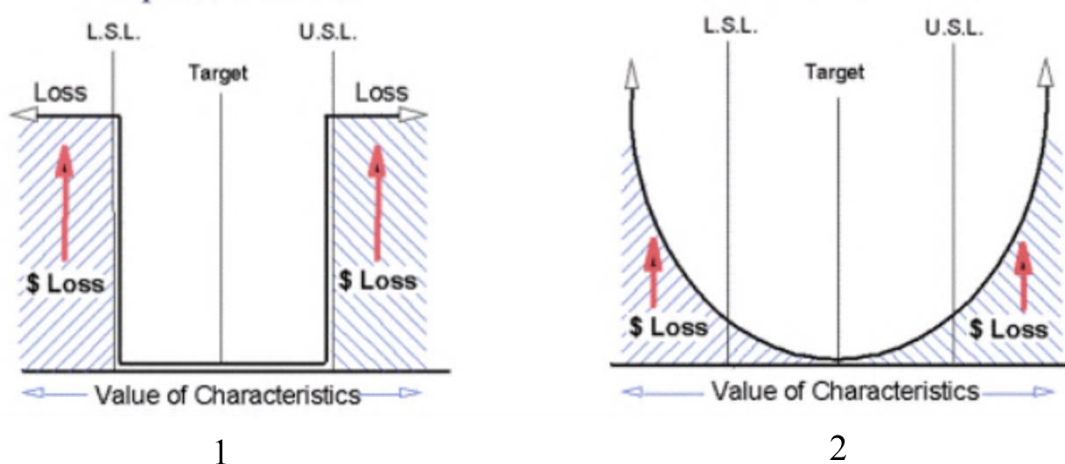


Figura 2 - (1) Definição tradicional do conceito de qualidade e (2) definição do conceito de qualidade proposto por Taguchi e Elsayed

Fonte: BPI (2019)

2.2 Princípios Kaizen

A metodologia *Kaizen* envolve uma atitude desafiadora perante velhos paradigmas, incitando pessoas e organizações a alterarem os seus hábitos e comportamentos e resolverem problemas de novas maneiras. Como resultado, o *Kaizen* implica estabelecer uma cultura bem definida com um conjunto de princípios orientadores que permitam que os colaboradores experienciem

² LSL – Lower Specification Limit (Limite Inferior de Especificação)

USL – Upper Specification Limit (Limite Superior de Especificação)

diariamente melhorias positivas, envolvendo todas as pessoas e em todas as áreas (Institute 2022). Os Princípios Kaizen são os seguintes:

- **Criação de valor para o cliente:** o foco no cliente deve ser máximo e em cada etapa da cadeia de valor interna, o cliente deve ser considerado, já que, desta forma se garante que o processo está em constante evolução e de acordo com as especificações;

- **Eficiência de fluxo:** seguindo esta ideia, a estratégia passa por descartar o que não acrescenta valor aos *stakeholders* e potencializar o que efetivamente é valor acrescentado. Como consequência, o *lead time* do processo diminuirá, enquanto a produtividade aumentará;

- **Eficácia no Gemba:** “*Gemba*” consiste num termo japonês que se refere ao local onde é acrescentado valor. O principal objetivo é caracterizar corretamente este local, de forma a possibilitar a criação de oportunidades de melhoria dos processos;

- **Envolvimento das pessoas:** a metodologia Kaizen permite um maior envolvimento de toda a organização, possibilitando que toda a estrutura se sinta mais motivada e entregue melhores resultados;

- **Gestão Visual:** transmitir a informação de uma forma clara, objetiva e visual, permitindo uma melhor gestão do trabalho e foco nos objetivos.

A adoção destes princípios ao longo do projeto permite evidenciar os objetivos, clarificar os problemas e permite que a Empresa X mude para melhor, em todas as áreas, todos os dias, com todas as pessoas, de acordo com a missão do Kaizen Institute.

2.3 Gestão da Qualidade Total

De acordo com Charantimath (2011), Gestão da Qualidade Total (GQT) consiste num modelo de gestão cujo objetivo é a melhoria da qualidade em todas as áreas de uma organização. É constituído por 3 componentes interdependentes – princípios, metodologias e ferramentas – que auxiliam a implementação deste modelo.

Em relação aos princípios, uma correta aplicação do modelo reflete uma organização cujo foco no cliente é máximo (Bergman e Klefsjö 1994). O principal objetivo passa pela identificação e cumprimento das necessidades do cliente. Este modelo de gestão defende que, ainda que se trate de um produto desenvolvido de uma forma exímia, caso não corresponda ao desejo do consumidor final, o valor desse mesmo produto é reduzido (Isac 2010). Assim, esta preocupação traduz-se pela prática de uma melhoria contínua com foco no impacto que o cliente tem nos processos, baseando todo o tipo de decisões em factos. Além disso, importa referir a necessidade de envolver todos os colaboradores, já que são eles que acrescentam valor ao sistema. Para tal, é importante que estes entendam a verdadeira essência deste modelo, a visão da organização e que estejam devidamente formados para as mudanças necessárias. Este envolvimento deve partir não só dos colaboradores, mas também de toda a equipa de gestão (Juran 2003).

No que diz respeito às metodologias, as que mais se destacam são o ciclo de melhoria *Plan, Do, Check* e *Act* (PDCA), os círculos de qualidade e o Controlo Estatístico de Processo (CEP). Criado por Walter Shewart em 1939, o ciclo PDCA foi estruturado tendo em conta a necessidade de implementar e efetivar soluções de forma a permitir uma melhoria contínua das organizações (Johnson 2016). Deste modo, distinguem-se 4 fases:

- **Plan:** Definição do problema e objetivos a alcançar;
- **Do:** Desenho e implementação de soluções;
- **Check:** Verificação e avaliação das soluções implementadas;

- **Act:** Criação de contramedidas conforme o impacto das soluções implementadas.

Tal como mostra a Figura 3, o ciclo PDCA permite a introdução de uma cultura de melhoria contínua, através da implementação de forma cíclica das várias fases do processo. Ao longo do mesmo, o objetivo passa por manter as melhorias alcançadas através da normalização das soluções encontradas.

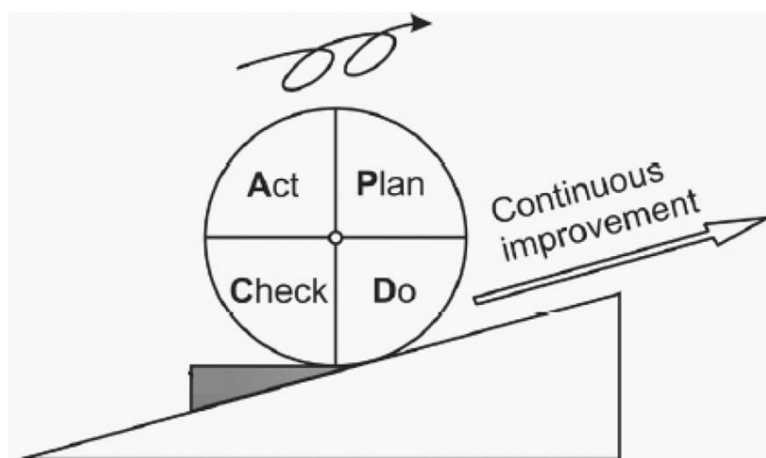


Figura 3 - Ciclo PDCA na melhoria contínua da qualidade

Fonte: Sokovic, Pavletic, e Pipan (2010)

Deste modo, é normal a criação de um ciclo próprio para a normalização das soluções encontradas, o ciclo *Standard, Do, Check, Act* (SDCA), onde a fase do planeamento (*Plan*) é substituída por uma fase de standardização (*Standardize*). Imai (2012) defende que a utilização destas 2 ferramentas num processo de melhoria contínua é essencial e um dos conceitos mais importantes no processo *Kaizen*. Se, por um lado, o ciclo PDCA tem como foco a criação de melhorias no processo, por outro, o ciclo SDCA garante a estabilidade do processo e a manutenção dessas soluções, tal como está ilustrado na Figura 4.

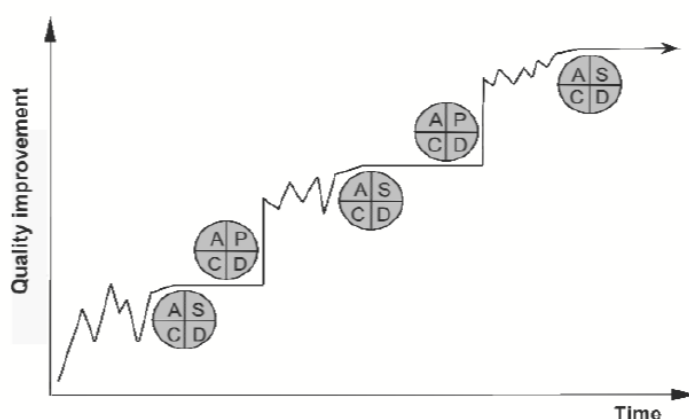


Figura 4 - Implementação de ciclos PDCA e SDCA num processo de melhoria contínua

Fonte: Sokovic, Pavletic, and Pipan (2010)

De seguida, os círculos de qualidade foram criados por Karou Ishikawa e têm como principal objetivo a melhoria da capacidade produtiva através do aumento do envolvimento dos colaboradores (Blaga e Jozsef 2014). Para tal, são criados grupos de, no máximo, 10 pessoas onde o objetivo passa por discutir acerca dos processos, de forma a possibilitar uma sensibilização no que diz respeito às responsabilidades que cada colaborador detém em relação

ao processo produtivo, como, por exemplo, a qualidade do mesmo. Para além disso, os círculos de qualidade possibilitam não só a criação de um espaço onde se podem discutir melhorias, mas também o desenvolvimento de relações interpessoais entre os colaboradores.

A seguir, criado por Walter A. Shewhart, o CEP consiste numa ferramenta de resolução de problemas cujo objetivo é medir, controlar e melhorar a qualidade dos processos através de uma estabilização e aumento de capacidade dos mesmos (Alli 1990). Montgomery (2013) afirma que o CEP deve ser usado para a definição de *standards*, comparação de *performances*, verificação e investigação de fontes de variância, desenho e implementação soluções de forma a garantir o total controlo do processo. Segundo Shewhart (1931) um processo está controlado quando é possível prever, através de experiência passada, como será expetável que seja a sua variação no futuro.

Através do CEP é possível distinguir a variação de causas especiais (ou assinaláveis) e de causas inerentes (ou naturais) ao processo. Por norma, a variabilidade associada a estas causas especiais é provocada por alterações no processo, desde defeitos nas matérias-primas até a erro por parte dos operadores. Associando esta distinção à definição de Shewhart, é possível concluir que um processo está sob controlo quando a sua variabilidade é originada apenas por causas naturais (inerentes ao processo) e não devido a causas especiais.

Deste modo, para identificar estas causas assinaláveis visual e graficamente, utilizam-se as cartas de controlo. Segundo Mitra (2008) as cartas de controlo indicam quando tomar ações corretivas e o tipo de ação a tomar, uma vez que, de acordo com o padrão traçado na mesma, consegue-se perceber a estabilidade do processo e a necessidade de intervenção. Por outro lado, também ajudam a perceber quando não é necessário intervir no processo. A variabilidade existe em qualquer processo, mas caso este seja apenas influenciado por causas naturais de variação, ou seja, sem pontos fora dos limites de controlo, não deve ser criada nenhuma ação corretiva. Além disso, esta ferramenta também permite determinar a capacidade do processo e proporciona um *baseline* para a medição de melhorias de qualidade.

Por último, as ferramentas nas quais a filosofia GQT se apoia correspondem às sete ferramentas de qualidade (Anderson, Eriksson, e Torstensson 2006) cujo objetivo passa pela organização da informação numérica de forma a possibilitar uma análise mais focada e eficiente. Fazem parte das sete ferramentas de qualidade os histogramas, as folhas de verificação, o gráfico de pareto, os diagramas de causa-efeito, os diagramas de concentração de defeitos, os diagramas de dispersão e as cartas de controlo.

2.4 Metodologias para melhoria da qualidade

Kobetsu Kaizen (KK) e o *Six Sigma* são metodologias utilizadas pelas empresas com intuito da melhoria da qualidade dos seus processos. Enquanto o KK consiste numa abordagem estruturada para a resolução de problemas, o *Six Sigma* consiste num método para a melhoria da qualidade mais rigoroso. Apesar de partilharem dos mesmos princípios, estas metodologias apresentam diferentes abordagens na implementação das mesmas.

2.4.1 Kobetsu Kaizen

Kobetsu Kaizen, cujo significado em japonês remete para “focado”, consiste numa metodologia utilizada pelo Kaizen Institute, para a resolução estruturada de problemas. Esta ferramenta torna-se especialmente útil quando utilizada em processos bastante técnicos e complexos, uma vez que permite uma melhor gestão das etapas do problema (Coimbra 2013). Segundo Coimbra (2013), o KK pode ser utilizado para resolver qualquer tipo de problema, mas é normalmente mais utilizado em problemas ligados à qualidade do processo.

O KK está assente em 5 termos japoneses, sendo eles, o “*Gemba*”, o “*Genbutsu*”, o “*Genri*”, o “*Gensoku*” e o “*Genjitsu*”. No que diz respeito aos primeiros dois conceitos, “*Gemba*” e “*Genbutsu*”, estes remetem para a necessidade de ir ao local onde é acrescentado valor e analisar o porquê das falhas. Depois, “*Genri*” e “*Gensoku*” retratam a importância de seguir os standards e conhecer os princípios de operação. Por último, “*Genjitsu*” demonstra a relevância dos dados e factos ao perceber o porquê dos problemas (Gopalkrishnan 2018). Estes conceitos estão presentes ao longo dos 9 passos que constituem o KK que se apresentam a seguir:

1. **Clarificar âmbito e propósito:** este passo inicial é de extrema importância, já que funciona como uma maneira de alinhar a equipa para o objetivo global;
2. **Analisar a situação atual:** através da presença no *gemba* e recurso a dados quantitativos, quantificar o problema de forma a perceber os pontos mais críticos. Nesta fase é importante usar ferramentas como o “5W2H” - “What”, “Who”, “Where”, “When”, “Why”, “How much”, “How”;
3. **Definir o estado alvo:** esta definição deve ser simples, mensurável, atingível, relevante e temporal (SMART);
4. **Identificar as causas-raiz:** a análise ishikawa, ou causa-efeito, permite uma melhor identificação das verdadeiras causas do problema. Tal como está presente na Figura 5 pretende-se enumerar as causas que, de forma direta ou indireta, podem influenciar o problema com base em 6 temas: mão-de-obra, equipamento, processo, meio ambiente, material e medição. Além disso, para facilitar a determinação das causas-raiz também é comum utilizar-se o método dos 5 Porquês. Este método consiste em questionar o porquê de uma determinada resposta cinco vezes seguidas e, conseqüentemente, aproximar-se da determinação da verdadeira causa do problema;

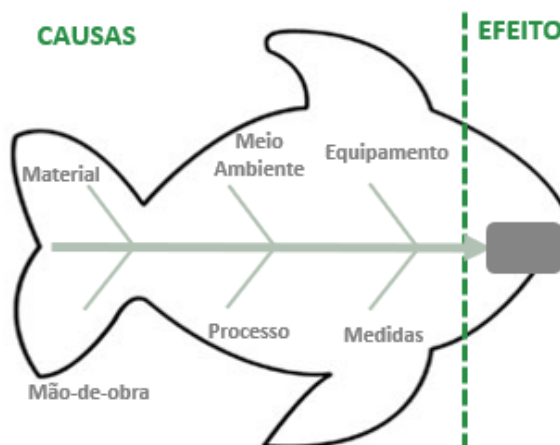


Figura 5 - Diagrama de Ishikawa

Fonte: Institute (2019)

5. **Desenhar soluções:** com base nas causas-raiz identificadas, priorizar as áreas de ataque consoante as melhorias esperadas e o esforço necessário, desenhando soluções que visem eliminar os problemas encontrados;
6. **Testar soluções:** verificar a eficácia das soluções desenhadas;
7. **Atualizar o plano de ações:** consiste num conjunto de ações com o objetivo de corrigir os desvios dos processos face ao que é esperado;

8. **Confirmar resultados e normalizar:** caso as soluções apresentem a eficácia pretendida, estas devem ser normalizadas, de forma a possibilitar uma adoção geral por parte de todos os intervenientes;
9. **Retirar lições:** efetuar o fecho do projeto e avaliar o sucesso do mesmo. Esta etapa pode ser bastante importante, já que a análise daquilo que correu menos bem ao longo do projeto previne a duplicação desses erros no futuro.

De forma a possibilitar a comunicação de todos os envolvidos no projeto e a gestão visual, estes passos devem constar num quadro *Kobetsu*, tal como o que está presente no Anexo B.

2.4.2 Six Sigma

A metodologia *Six Sigma* foi inicialmente implementada em 1987, na indústria eletrónica, pela Motorola (Magnusson, Kroslid, e Bergman 2003). Atualmente, já outras indústrias adotaram esta abordagem, como, por exemplo, a indústria dos serviços num contexto de cadeias de abastecimento (Arnheiter e Maleyeff 2005) ou no setor público (Kumar e Bauer 2010).

Magnusson et al. (2003) referem o *Six Sigma*:

“como um processo de negócios que permite que as empresas melhorem drasticamente os seus resultados, projetando e monitorizando as atividades diárias de forma a minimizar o desperdício e os recursos, enquanto aumentam a satisfação dos seus clientes.”

Esta definição mais abrangente é, por vezes, complementada com uma vertente mais técnica que defende que o foco desta metodologia consiste na redução da variabilidade do processo com o principal objetivo de satisfazer as necessidades dos clientes. Alcançar a qualidade *Six Sigma* implica um processo muito perto da perfeição, que a cada milhão de produções produz 3,4 defeitos (de Mast 2007). Aliás, grande parte das organizações que adotam esta metodologia sentem a necessidade de redefinir os seus produtos, de forma a melhorar a sua produção de *Five Sigma*, ou seja, cerca de 233 defeitos por cada milhão de produções, para *Six Sigma* (Antony 2002). Para que esta implementação seja bem sucedida, é necessário que o processo esteja assente em 4 pilares: (i) uma organização bem estruturada; (ii) o envolvimento da equipa de gestão; (iii) treino dos colaboradores e, por último, (iv) ferramentas estatísticas (Henderson e Evans 2000).

No que diz respeito ao método de aplicação, esta ferramenta apresenta uma abordagem projeto a projeto que é realizado através de um ciclo constituído por 5 fases, o DMAIC. Cada fase tem os seguintes objetivos (Anderson, Eriksson, e Torstensson 2006):

- **Define:** Definição do projeto.
- **Measure:** Medição do estado atual e identificação das características críticas.
- **Analyze:** Identificação das causas raiz.
- **Improve:** Desenhar e implementar melhorias.
- **Control:** Verificação do sucesso das soluções implementadas e sustentação das mesmas.

Na primeira fase, o *Define*, é essencial que organização defina de forma clara e objetiva aquilo que é verdadeiramente prioritário para a mesma, de forma a garantir que o âmbito do projeto seja bem determinado e que se ataca as áreas mais apropriadas. Deste modo, revela-se importante efetuar uma análise *Voice of Customer* para identificar os fatores preponderantes do processo – *Critical to Quality* (Cronemyr 2007). Importa também referir que para iniciar uma metodologia DMAIC não é necessário que haja um problema, já que o projeto pode ser desenvolvido apenas no âmbito de uma melhoria contínua do processo (Shankar 2009).

De seguida, na fase *Measure*, o objetivo é recolher os dados que permitam caracterizar o estado atual do processo, a adequabilidade dos instrumentos de medição e a capacidade de satisfazer as especificações dos clientes (Smetkowska e Mrugalska 2017). Para tal, criar, não só um mapa do fluxo de materiais e informação, mas também efetuar uma análise “*Failure Mode and Effect Analysis*”, pode auxiliar na identificação de locais de maior risco. Além disso, os testes R&R (Repetibilidade e Reprodutibilidade) são uma boa opção para averiguar se os instrumentos de medição estão a recolher os dados de forma correta. Por um lado, a variação detetada quando vários operadores testam a mesma característica do produto usando o mesmo equipamento de medição é chamada de reprodutibilidade. Por outro, a capacidade de um equipamento de produzir o mesmo resultado quando o mesmo operador mede o mesmo atributo de um produto repetidamente é conhecida como repetibilidade.

Ao longo da fase *Analyze* devem ser identificadas as principais causas de variação do processo através dos dados recolhidos na fase anterior. Segundo Montgomery (2013) nesta fase é essencial a utilização de ferramentas como cartas de controlo, testes de hipótese e a determinação da capacidade atual do processo.

O objetivo da fase *Improve* passa por desenhar soluções que visem a melhoria do processo. Nesta fase, grande parte das organizações utiliza o Desenho de Experiências, já que consiste numa técnica bastante eficiente que permite um maior conhecimento dos processo e, consequentemente, a criação de soluções com vista a melhoria dos mesmos (Antony 2002).

Por último, a fase *Control* consiste na confirmação das soluções implementadas. É importante que se trace um plano de ações com vista a monitorização do processo, de forma a possibilitar a identificação de possíveis desvios face ao objetivo e a criação de contramedidas.

3 Definição do Problema

Ao longo deste capítulo será clarificado o problema que originou este projeto. Deste modo, na secção 3.1 é efetuada uma breve explicação do processo produtivo seguida, no subcapítulo 3.2 de uma caracterização do estado inicial da Empresa X em termos da distribuição dos defeitos na produção. De seguida, é apresentado o objetivo para o projeto e, por último é definida a metodologia seguida pela equipa ao longo do mesmo.

3.1 Processo produtivo

Antes de caracterizar o estado inicial do projeto é importante entender as diversas fases do processo produtivo e a ordem pela qual aparecem no mesmo. Por questões de confidencialidade, esta análise será apresentada de uma forma superficial e não será referida a nomenclatura real das várias matérias-primas e produtos utilizados ao longo do processo. Deste modo, a produção está dividida em quatro grandes fases:

1. Produção de Subproduto;
2. Recobrimento;
3. Lacagem;
4. Gravação.

O processo é iniciado com a produção de um subproduto que, mais tarde, funcionará como matéria-prima para a obtenção do produto principal. Este subproduto consiste numa pasta constituída por várias matérias-primas, como aditivos, estabilizantes, pigmentos, entre outros. Depois, no Recobrimento, através da aplicação de altas temperaturas, esta pasta junta-se à Matéria-Prima 1 e o artigo começa a ganhar a forma esperada. De seguida, de modo a melhorar as características estéticas do produto, nomeadamente o brilho, é aplicada uma laca ao artigo. Por último, consoante a textura que se pretende obter, o artigo é gravado por ação de calor e pressão.

3.2 Caracterização do estado inicial

Na indústria têxtil a fiabilidade dos processos e a qualidade do produto são 2 fatores preponderantes para o sucesso de uma empresa. Deste modo, garantir que o processo se mantém controlado para possibilitar a produção de acordo com as especificações do cliente e, consequentemente, aumentar a qualidade do produto é essencial para a sustentabilidade do negócio.

Em 2020, os custos de não qualidade da Empresa X equivaliam a cerca de 4% suas vendas. Através do gráfico presente na Figura 6, é possível perceber que, em 2020 os defeitos que mais contribuíram para estes valores de não qualidade são a Espuma Expandida, a Sujidade e o facto da matéria-prima não se encontrar conforme as especificações.

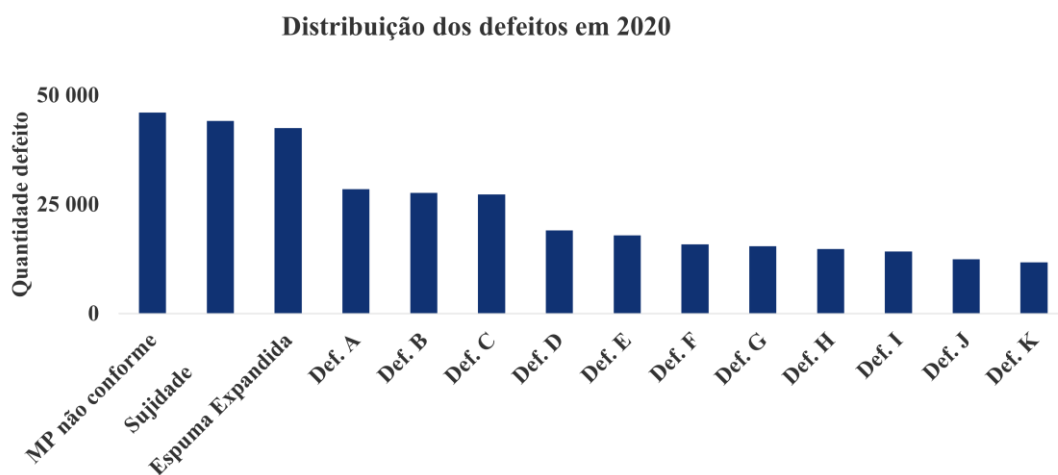


Figura 6 - Quantidade (em m²) de defeito produzido ao longo do processo produtivo em 2020

3.3 Definição do objetivo

O principal objetivo da Empresa X consiste na redução dos custos de não qualidade do processo produtivo. Como ficou clarificado na Figura 6, o foco do projeto consistiu nos dois defeitos mais presentes ao longo da produção: a Sujidade e a Espuma Expandida. Não se estudou o defeito associado à matéria-prima, uma vez que as características da matéria-prima não dependem diretamente da Empresa X, mas sim do seu fornecedor.

De uma forma geral, o objetivo do projeto pode ser dividido em 3 fases. Tal como está descrito na Figura 7. Inicialmente, pretende-se estabilizar os processos e reduzir a variabilidade dos mesmos. Depois de garantir esta estabilidade, o foco será a melhoria da qualidade dos produtos. Por último, a equipa pretende a manutenção destas melhorias através da normalização e controlo dos processos.

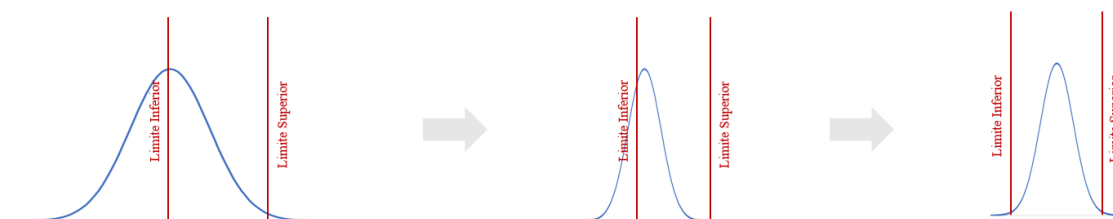


Figura 7 - Etapas seguidas para a redução da não qualidade na produção

3.4 Metodologia

A primeira etapa deste projeto foi a definição dos elementos que formariam a equipa, dentro da empresa, responsável por este projeto. Importa referir que é essencial a escolha de membros de diferentes níveis hierárquicos e com diferentes funções, de modo a garantir a multidisciplinidade da equipa e possibilitar a discussão de várias perspetivas acerca dos assuntos retratados ao longo do projeto. Assim, garante-se não só o envolvimento de todos os departamentos dentro da empresa, mas também a adequabilidade de todos os temas discutidos. Deste modo, incluíram-se os engenheiros de processo responsáveis por cada etapa da produção, os gestores de produto, o gestor e o diretor de produção. Ainda que fossem apenas incluídas estas pessoas na equipa, havia a flexibilidade de, em determinadas fases do projeto, convidar

outros membros cujo conhecimento acerca de alguma fase do processo fosse pertinente e acrescentasse informação valiosa.

Depois da definição da equipa, o projeto dividiu-se em 3 grandes fases: (i) a primeira onde o objetivo foi a reestruturação do modelo de qualidade da empresa; (ii) a segunda cujo foco foi reduzir a não qualidade causada por Sujidade; (iii) e a terceira que consistiu na redução da Espuma Expandida. Esta foi ainda dividida noutras duas fases: o *Sprint 1* e o *Sprint 2*. A equipa decidiu dividir o estudo deste defeito em duas fases, já que o objetivo na primeira fase foi repor o índice de não qualidade após uma subida inesperada. Na segunda fase, o foco consistiu em reduzir a quantidade de defeito para níveis inferiores aos que se observava antes da subida. Ao longo do projeto, as sessões foram realizadas em formato de *workshop*, ou seja, reuniões dinâmicas cujo foco era a partilha de ideias, o envolvimento de todos os membros e a criação de soluções para o projeto.

Tanto na componente do projeto ligada à sujidade como no primeiro *sprint* da Espuma Expandida, a metodologia foi o *Kobetsu Kaizen*, uma vez que permite a resolução estruturada de problemas e o foco consistia em soluções mais macro, ao nível dos processos. Por outro lado, o objetivo do *Sprint 2* da Espuma Expandida passou pela análise estatística de todo o processo, nomeadamente em termos da estabilidade e capacidade do mesmo. Deste modo, nesta fase optou-se por utilizar a metodologia *DMAIC* dada a sua natureza e adequabilidade à análise estatística.

No que diz respeito ao período de implementação, a equipa decidiu desfazar o início de cada fase do projeto para que o foco na mesma fosse máximo. Assim, optou-se por iniciar a fase seguinte enquanto se confirmavam e controlavam os resultados da fase anterior, ou seja, depois do desenho e implementação das soluções. Optou-se por esta decisão para permitir que o projeto fosse concluído dentro do prazo especificado com o cliente. A proposta feita ao cliente em termos de cronograma de implementação está presente no Anexo C.

4 Implementação

4.1 Reestruturação do modelo de qualidade

Antes do início dos projetos de redução da não qualidade, a equipa optou por uma reestruturação do modelo de qualidade da Empresa X. Este modelo inclui todo o tipo de dinâmicas da empresa, desde o *gemba* até à gestão de topo, as reuniões, a frequência das mesmas, as pessoas envolvidas e as ferramentas utilizadas.

A equipa, em conjunto com pessoas de vários níveis hierárquicos da empresa, começou por fazer um levantamento de possíveis áreas de melhoria. Esta fase inicial foi essencial para entender o estado atual da empresa, a forma como estava dividida, as dificuldades dos colaboradores e as suas preocupações. Deste modo, os principais temas identificados foram a falta de envolvimento e comunicação entre o chão de fábrica e os respetivos líderes e a escassez de ferramentas analíticas que auxiliassem na resolução dos problemas. Estes dois tópicos conduziam à incapacidade na resolução de problemas mais complexos, quer devido à falta de dinâmica entre as equipas, quer à dificuldade na caracterização do estado de cada etapa da empresa.

Depois da fase inicial ficou claro que a Empresa X necessitava de pequenas alterações no seu modelo de qualidade de forma a evitar a deterioração dos seus processos e possibilitar o desenvolvimento da mesma. Assim, a equipa começou pela realização de círculos de qualidade diários. Esta ferramenta consiste numa reunião diária com a presença de colaboradores de várias áreas ou níveis hierárquicos e tem como objetivo a análise dos indicadores da produção do dia anterior e a criação, caso necessário, de contramedidas para a melhoria dos processos. Neste caso, criaram-se 2 tipos de reuniões: uma entre o chefe do fabrico e o responsável de cada etapa produtiva; outra entre o chefe de fabrico e o gestor da produção. No primeiro tipo de reunião os indicadores analisados eram indicadores mais ligados aos processos, como, por exemplo, o número de trocas de referência. No segundo tipo de reunião exploravam-se indicadores mais gerais, nomeadamente, a eficiência de cada linha ou a não qualidade proveniente da produção. De uma forma geral, estas reuniões facilitavam a comunicação entre níveis hierárquicos diferentes, aumentavam a responsabilidade e, consequentemente, a motivação de cada operador na identificação e implementação de soluções nas suas áreas.

Para além disso, a equipa optou também pela criação e atualização de algumas normas de trabalho, na medida em que se concluiu que o método de trabalho em diversas áreas, era diferente de operador para operador e que algumas das boas práticas tinham sido descuradas ao longo do tempo. Esta ação permitiu a normalização de todos os processos e a diminuição do fator mão-de-obra no aparecimento de defeitos ao longo da produção.

Por último, dada à escassez de metodologias e ferramentas que auxiliassem na resolução de problemas, a equipa introduziu o *Kobetsu Kaizen* e o DMAIC. Assim, começaram-se por dar algumas formações para introduzir cada uma destas metodologias, para que ao longo do projeto grande parte da empresa estivesse familiarizada com as mesmas. Adicionalmente, o principal objetivo passou por capacitar a Empresa X na utilização desta ferramenta, para que, no futuro esta tenha a autonomia e independência na resolução dos seus problemas sem a ajuda do Kaizen Institute.

4.2 Sujidade

Depois de uma estruturação geral do modelo de qualidade da Empresa X, o foco da análise constituiu o defeito com maior impacto nos custos de não qualidade da produção, a sujidade. Ao longo deste capítulo é não só analisada a situação inicial da empresa no que diz respeito a este defeito, mas também são identificadas as principais oportunidades de melhoria e respetivas soluções a implementar. Por último, são apresentados os resultados provenientes da implementação das soluções apresentadas.

4.2.1 Situação inicial

Ao longo desta fase, o objetivo passou pelo levantamento de dados que permitissem a quantificação do estado inicial e a constituição de futuras áreas de ataque da equipa. Deste modo, os dados foram recolhidos dos vários processos produtivos, fazendo a divisão entre as várias máquinas, produtos e etapas dos mesmos.

Como se pode ver na Figura 8, a etapa da produção que originava mais metros quadrados de defeito e, consequentemente, mais custos de não qualidade, era a Lacagem. Esta análise por processo foi bastante importante, uma vez que permitiu restringir a análise a uma única etapa que apresentava mais de metade dos defeitos por sujidade produzidos. Este foco num processo permitiu uma melhor gestão de recursos e de tempo, pois, dada a complexidade de toda a produção, seria menos eficaz analisar cada processo individualmente.

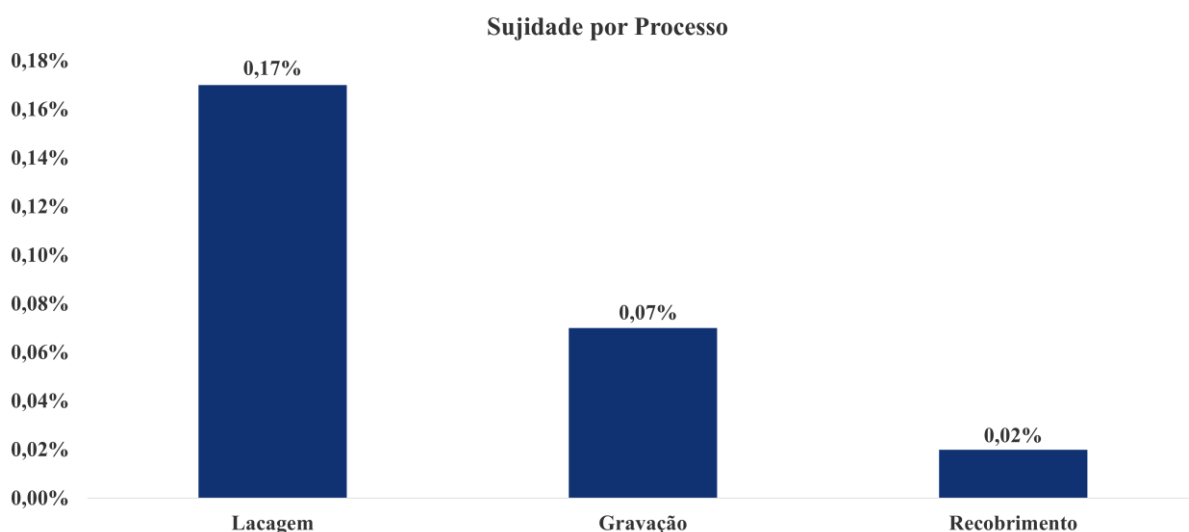


Figura 8 - Distribuição da sujidade por processo produtivo

(metros de defeitos gerados no processo vs metros de artigo produzido)

De seguida, focando apenas na Lacagem, efetuou-se uma análise por máquina, tal como está presente na Figura 9. Na mesma ótica da análise anterior, percebeu-se que grande parte dos defeitos se concentravam numa única máquina, a Máquina 1.

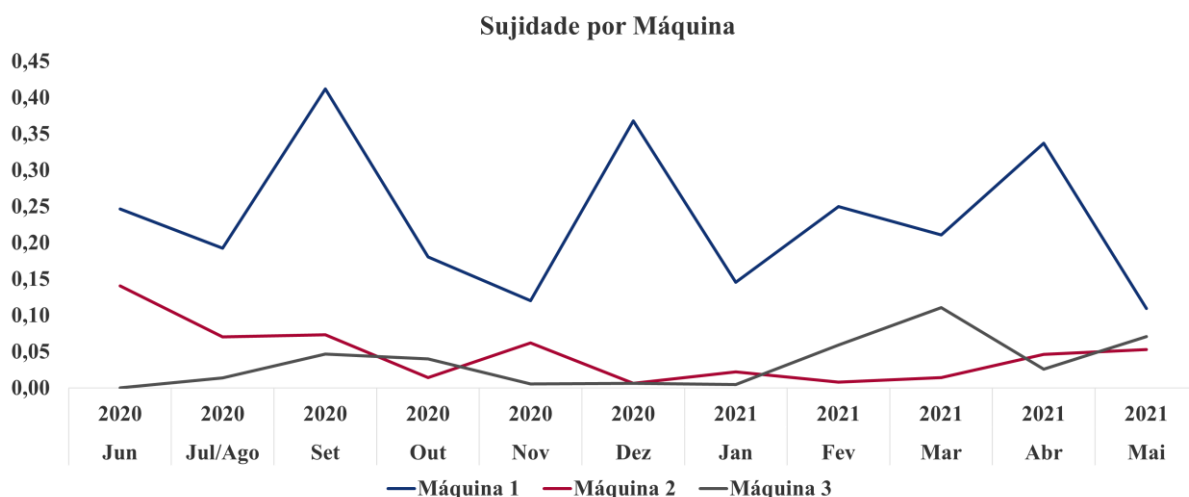


Figura 9 – Sujidade, em %, por máquina

Assim, depois de recolhidos os dados, foi possível decompor toda a não qualidade causada por este defeito em diversas características da produção, tal como demonstra a Figura 10. Para além das análises elaboradas antes, foi possível concluir que os artigos onde se encontrava mais sujidade eram um tipo de artigo denominado LFM. Por último, verificou-se que este defeito está mais presente quando estes são lisos e no corte de placas.

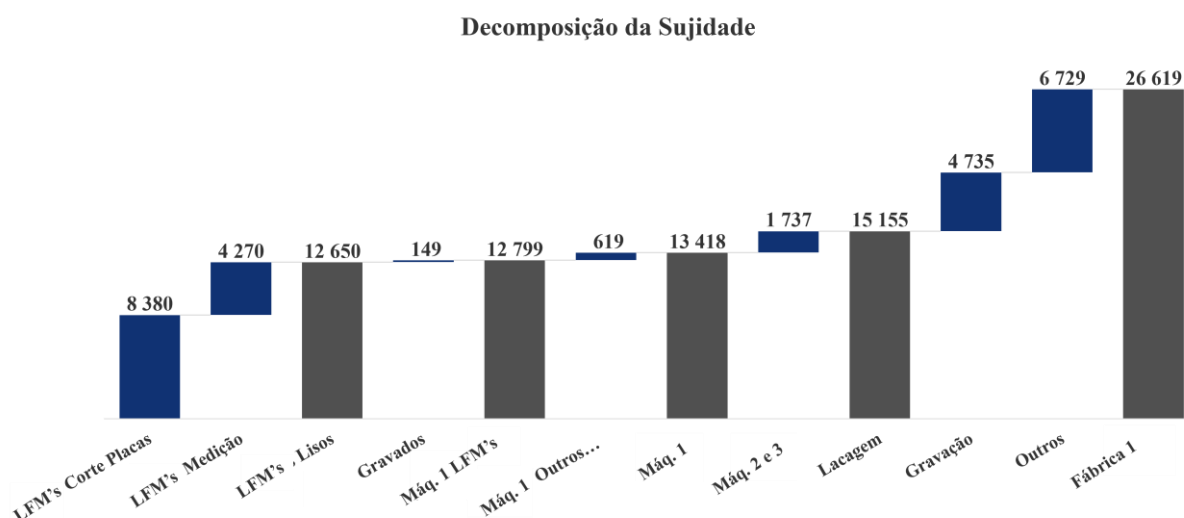


Figura 10 – Decomposição, em m², da sujidade

4.2.2 Identificação de causas

Nesta fase levantaram-se as potenciais causas de sujidade na produção, considerando os dados e análises elaboradas na quantificação do estado inicial. Para que fosse possível uma maior e mais eficaz listagem de fatores que influenciasssem este defeito, nesta etapa participou toda a equipa envolvida no projeto. Assim, no diagrama de Ishikawa da Figura 11 estão presentes todas as potenciais fontes de sujidade ao longo do processo produtivo.

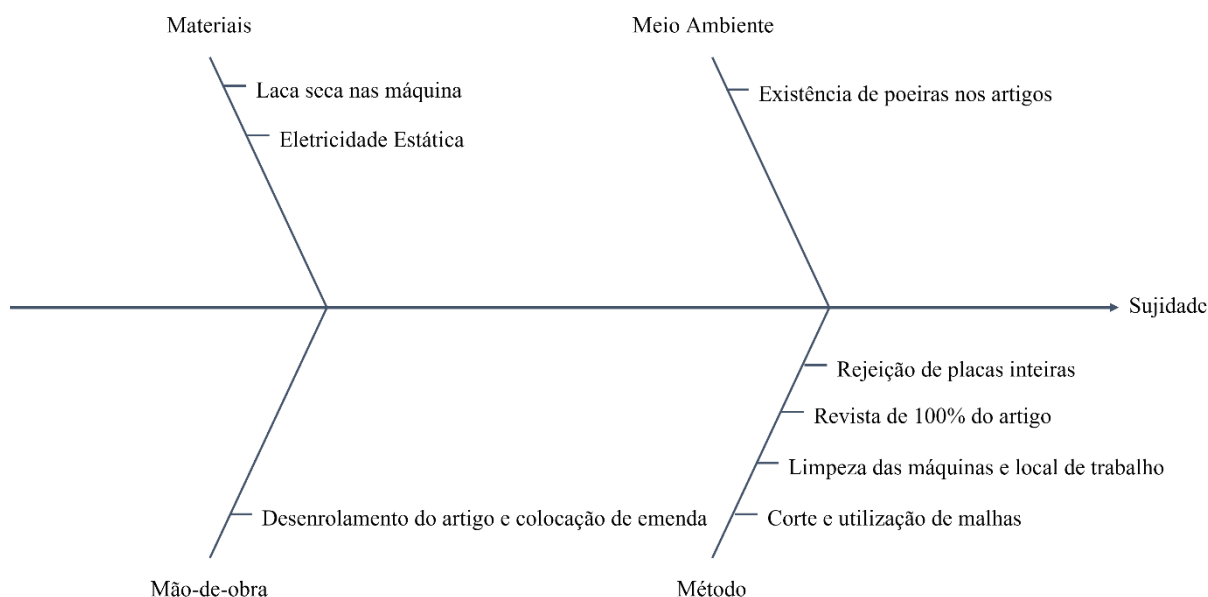


Figura 11 - Potenciais causas de sujidade no processo produtivo

A identificação de potenciais causas de sujidade no processo produtivo foi seguida de uma visita ao *gemba* de forma a possibilitar uma melhor perceção do impacto das mesmas na produção. No Anexo D estão presentes exemplos fotográficos de alguns defeitos encontrados ao longo desta visita.

Clarificando as causas identificadas mais críticas, aspetos como a presença de laca seca nas máquinas, a falta de limpeza do local de trabalho ou a falta de rigor do controlo de sujidade sugeriam a inexistência de uma norma de limpeza e verificação do processo. Além disso, dependendo do tipo de cliente, os artigos, depois de passarem pela medição, podiam ser expedidos sob a forma de rolos ou placas. No corte destas placas, eram criadas várias camadas de artigo e a existência de uma pequena mancha de sujidade, conduzia à rejeição de toda a placa, aumentando consideravelmente os índices de desperdício. Por último, devido ao facto de não haver um local apropriado para o corte da matéria-prima, era comum a presença de algodão nas máquinas. Ademais, os artigos mais lisos, os LFM's, onde a eletricidade estática é maior dada a natureza do material, atraíam grande parte deste algodão, deteriorando a sua qualidade.

4.2.3 Desenho e teste de soluções

Depois de levantadas algumas potenciais causas de sujidade na produção foi desenhado um conjunto de soluções a implementar com o intuito de reduzir a não qualidade do processo. Estas foram: (i) Criação de novos procedimentos de limpeza; (ii) Novo layout com zonas de passagem; (iii) Redução do desperdício no corte de placas; (iv) Aplicação de um negativo aos artigos; (v) Extrusão de artigos com micro-gravado e (vi) Novo desenho do filtro. De seguida, são apresentadas as soluções com maior detalhe.

1- Criação de novos procedimentos de limpeza

A falta de normas de limpeza, controlo das máquinas e do local de trabalho constituiu um dos motivos evidentes para os níveis de não qualidade causados pela sujidade. Assim, tal como está presente na Figura 12, desenhou-se um novo circuito de limpeza. Esta sequência de ações garante não só um comportamento uniformizado por parte de todos os operadores, mas também a manutenção da limpeza de toda a célula de trabalho. Além disso, foi também instaurada uma auditoria semanal para verificar a adoção destas novas práticas.

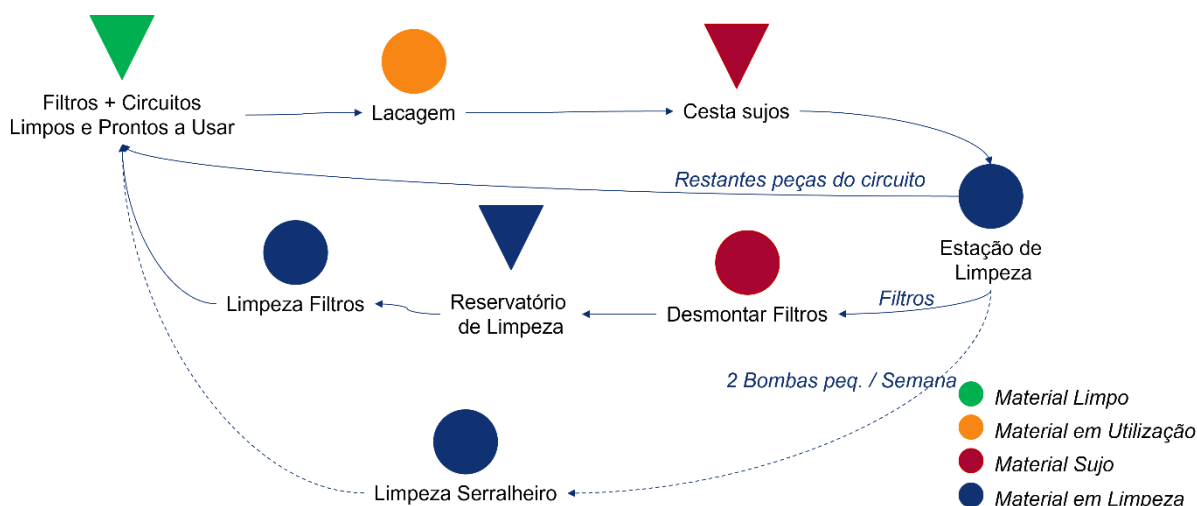


Figura 12 - Novo circuito de limpeza

2- Novo layout com zonas de passagem

Ao longo das observações efetuadas no *gemba* observou-se a existência de poeira nos artigos decorrente da passagem de operadores em zonas próximas das máquinas. Deste modo, desenhou-se o layout presente na Figura 13 que impedia a passagem perto das máquinas e afastava as poeiras dos artigos. Além disso, também se centralizou o corte das malhas para um local longe da produção, evitando a contaminação com algodão.

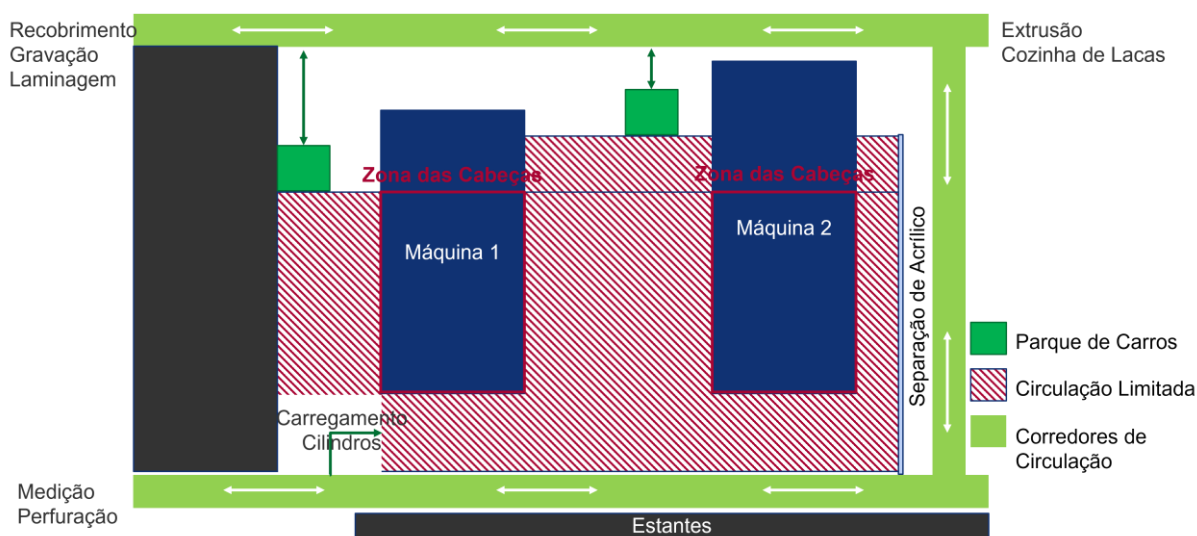


Figura 13 - Novo layout da Lacagem

3- Redução do desperdício no corte de placas

A sobreposição do artigo e a criação de várias camadas para efetuar o corte gerava níveis consideráveis de desperdício, uma vez que por muito reduzida que fosse uma possível mancha, implicava a rejeição de toda a placa. Assim, criou-se uma mesa de corte para controlar cada placa individualmente e possibilitar a extração apenas da parte que apresente o defeito. Deste modo, é possível diminuir a quantidade rejeitada e, conseqüentemente, os custos causados pela não qualidade.

4- Aplicação de um negativo aos artigos

Na revista de cada artigo, o operador verificava o artigo na sua totalidade. No entanto, nem toda a área do artigo corresponde a área útil, ou seja, existem áreas que o cliente não utiliza no artigo final, nomeadamente as pontas. Deste modo, a existência de uma mancha de sujidade numa das pontas do artigo não deveria conduzir à rejeição do mesmo. Para facilitar esta revista e reduzir o desperdício, adicionou-se um negativo ao artigo que identificava as partes úteis do artigo, tal como demonstra a Figura 14.

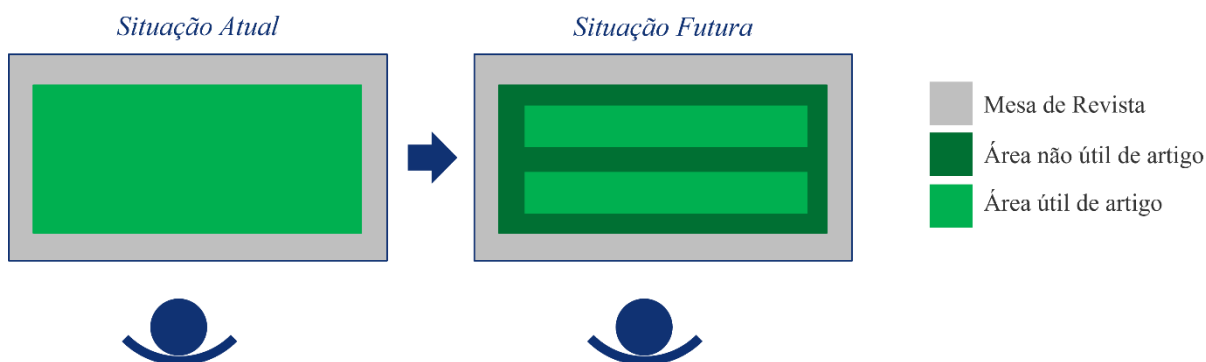


Figura 14 - Introdução de um negativo na revista do artigo

5- Extrusão de artigos com micro-gravado

Dada a natureza do material, os artigos lisos apresentavam níveis elevados de eletricidade estática que acabava por atrair pó, algodão e outros tipos de materiais. Deste modo, ao aplicar um micro-gravado aos artigos lisos diminuiu-se a quantidade de eletricidade estática presente nos mesmos, mantendo, do ponto de vista estético e funcional, as características chave.

6- Novo desenho do filtro

O filtro consiste numa peça que filtra um material utilizado na lacagem. O desenho utilizado pela Empresa X apresentava uma zona onde se podia acumular esse material que não seria filtrado. Assim, a equipa desenhou esta peça de modo a permitir uma filtragem total no final do circuito e impedir a acumulação de material ao longo do processo.

4.2.4 Implementação e resultados

À medida que as soluções foram desenhadas, iniciou-se uma fase de sensivelmente duas semanas onde estas foram testadas. Dada a quantidade de soluções desenhadas, antes de iniciar a implementação, foi necessário criar uma matriz de priorização de forma a priorizar umas soluções face a outras consoante o esforço necessário e o impacto das mesmas. Esta matriz encontra-se presente na Figura 15.

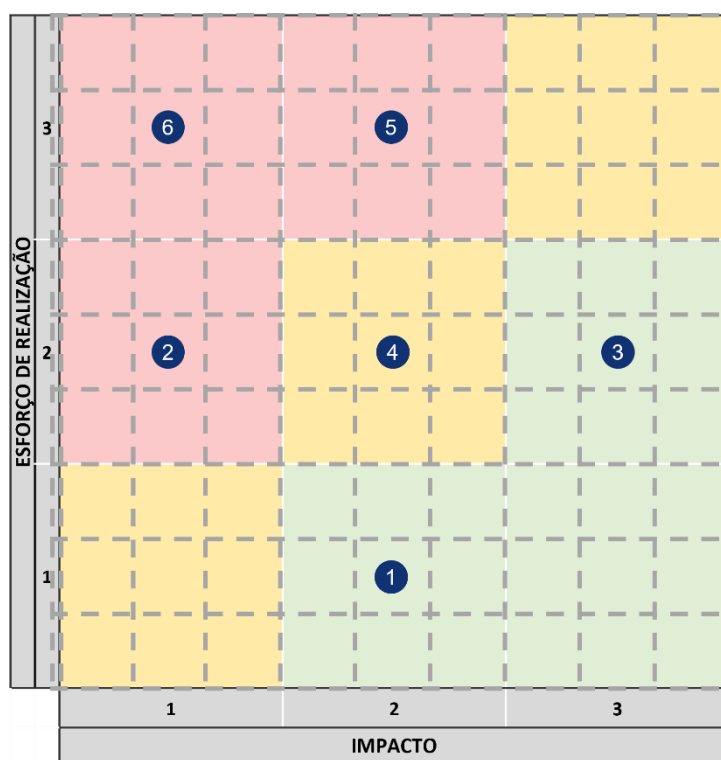


Figura 15 - Matriz de priorização de soluções

Assim, o objetivo passou por acompanhar o índice de sujidade e averiguar a eficácia das ações implementadas. Após este acompanhamento, as soluções que demonstraram o impacto esperado foram oficializadas através da criação de instruções de trabalho para a produção.

Deste modo, após a implementação de todas as soluções definidas pela equipa, o índice de sujidade reduziu de 0,20% para 0,13%, ou seja, uma redução de 35%, como se pode ver na interface presente no Anexo E. Esta redução cumpre com o objetivo delineado inicialmente para este projeto, uma vez que a equipa se propôs a reduzir este indicador para 0,14%. Importa referir que, caso se mantenham os níveis de sujidade verificados nas últimas quatro semanas deste projeto, esta redução pode significar uma descida de 45% face ao valor inicial.

4.3 Espuma Expandida - *Sprint 1*

4.3.1 Situação inicial

Tal como na Sujidade, nesta fase inicial o foco foi a recolha de dados de forma a permitir descrever o estado atual da empresa e as principais causas de espuma expandida (EE). Comparativamente à sujidade, nesta fase inicial tentou-se recolher mais dados e efetuar análises mais profundas, já que este defeito envolve mais complexidade.

Deste modo, optou-se por analisar se havia alguma diferença entre fábricas. A Empresa X divide a sua produção por 2 fábricas e como se pode constatar na Figura 16 até setembro de 2021 ambas apresentavam níveis de EE abaixo do objetivo definido por este projeto. No entanto, a partir deste momento, observa-se um aumento de cerca de 500% nos índices de EE da fábrica 2. Isto aconteceu, uma vez que, por motivos estratégicos, a Empresa X mudou a produção de um dos tipos artigos mais complexos para a fábrica 2.

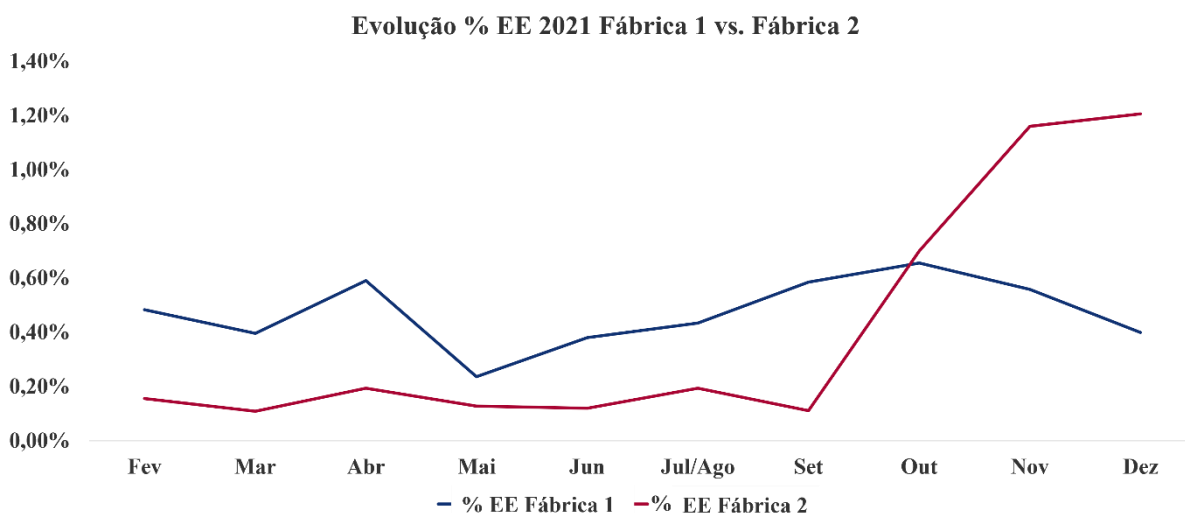


Figura 16 – Evolução da percentagem de Espuma Expandida por Fábrica

Por questões de confidencialidade, ao longo deste documento esse tipo artigo será denominado de “Artigo 1”. De todos os artigos produzidos pela empresa, o Artigo 1 era o que apresentava níveis de EE mais elevados dado a sua complexidade, tal como se pode ver na Figura 17. Deste modo, esta subida da EE na fábrica 2 deu-se não só devido à complexidade do artigo, mas também à falta de experiência dos operadores na produção do mesmo. Assim, a definição do objetivo para o primeiro sprint baseou-se na necessidade de aproximar os índices de não qualidade por EE da fábrica 2 aos da fábrica 1.

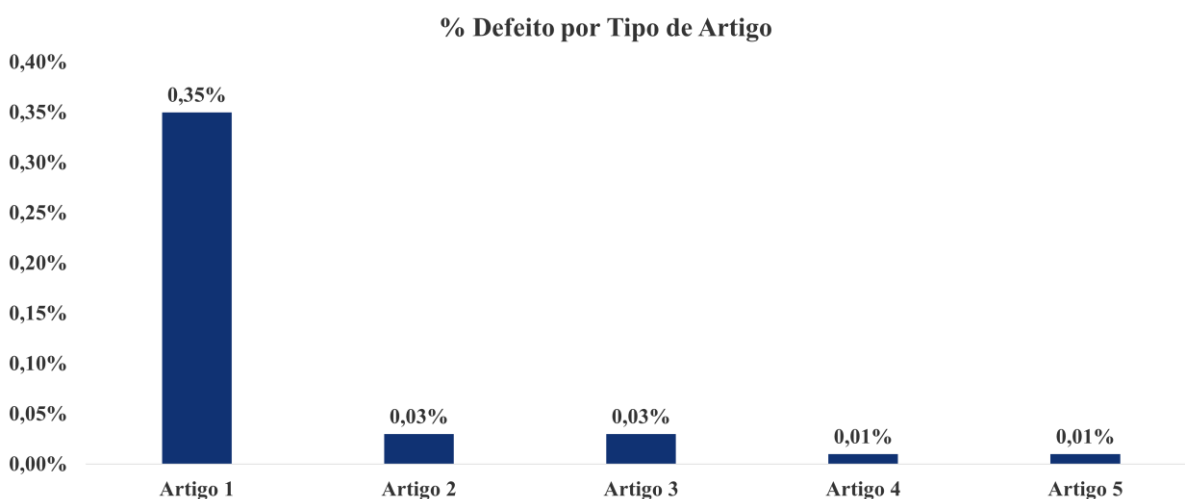


Figura 17 - Percentagem de defeito por tipo de artigo

(metros de defeitos gerados na produção do artigo vs metros de artigo produzido)

De seguida, analisou-se a diferença entre rolos nos artigos. Cada encomenda é constituída por diversos rolos, sendo que dada a natureza do processo, existem rolos mais estáveis que outros. Por exemplo, os primeiros rolos produzidos, apresentam características mais instáveis, uma vez que a fase inicial de cada produção serve para afinar os parâmetros. De facto, através da Figura 18 confirma-se a instabilidade dos primeiros rolos produzidos na medida em que a quantidade de EE é três vezes maior nestes rolos face aos restantes. Além disso, enquanto 21,04% dos primeiros rolos apresentam este defeito, apenas se verifica EE em 6,36% dos restantes rolos.

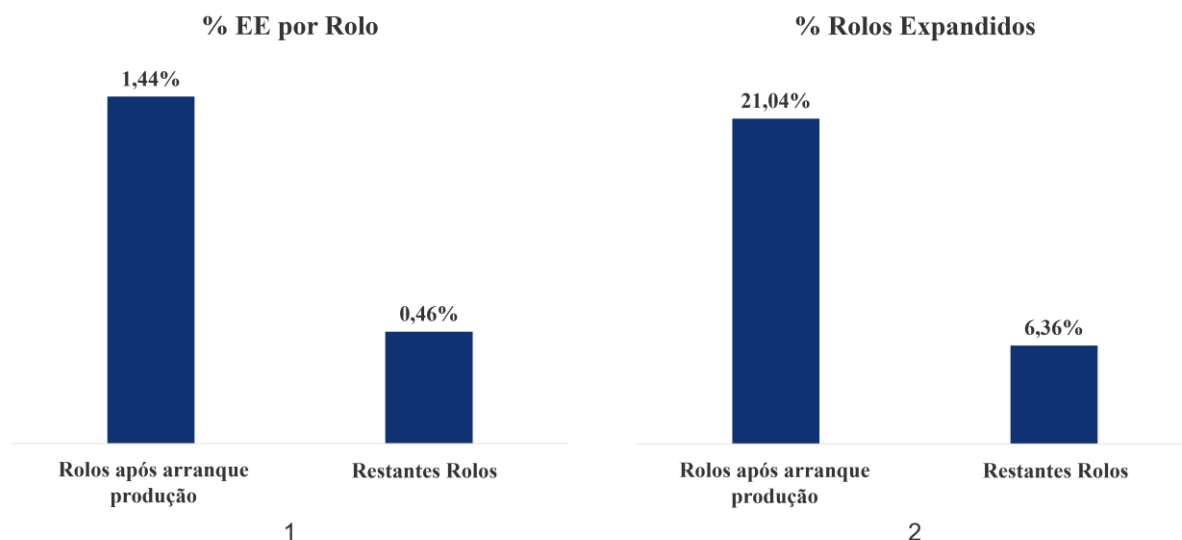


Figura 18 - Percentagem Espuma Expandida por rolo (1) e percentagem de rolos onde se observou Espuma Expandida (2)

A seguir, analisou-se a presença de EE nas etapas produtivas. Como é visível na Figura 19, a Gravação consiste no processo cujo índice de EE é maior. De facto, é neste processo que aparece este defeito, uma vez que os operadores têm a função de ajustar os parâmetros da máquina de forma a melhorar o aspeto gravado do artigo. Estes parâmetros, como por exemplo, a temperatura, pressão ou velocidade, afetam diretamente a espuma do artigo e a sua modificação para determinados valores pode causar a expansão da espuma.

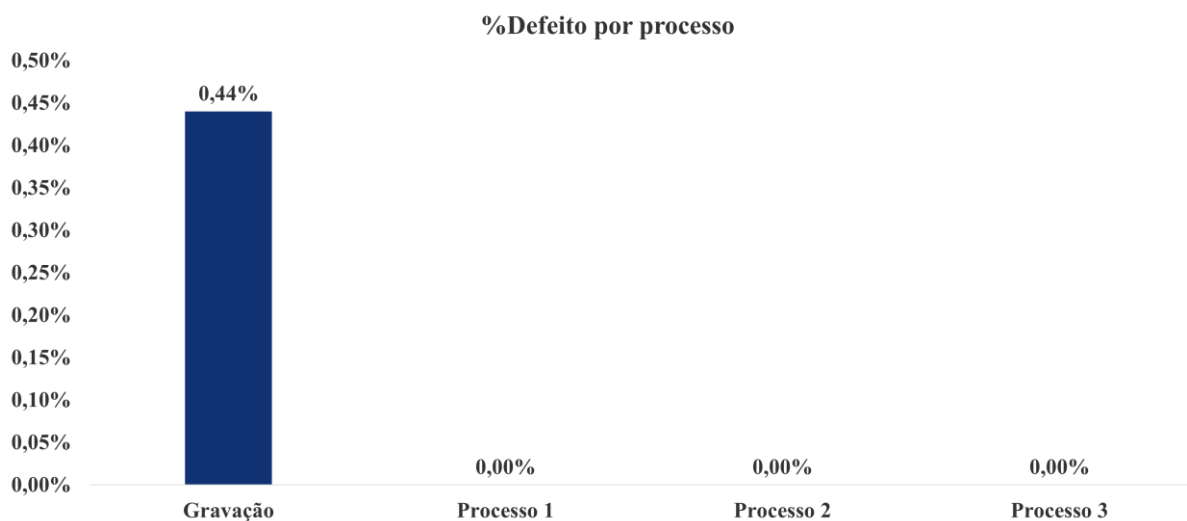


Figura 19 - Percentagem de defeito em cada processo produtivo
(metros de defeitos gerados no processo vs metros de artigo produzido)

Por último, a equipa acompanhou a produção de três artigos diferentes para identificar a frequência das diversas causas de EE ao longo do processo. Esta presença no *gemba* permitiu o contacto direto com os operadores e a recolha de informação essencial na quantificação do estado inicial. A escolha destes três artigos teve em conta a cor dos mesmos, já que esta característica podia também ser um fator chave nos valores de EE. Os resultados do acompanhamento estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados (em m²) do acompanhamento da produção

Causa Aparente	Preto	Vermelho	Castanho	Total
Sem Motivo	353,7	45,0	7,2	405,9 (59%)
Correções de Papel	117,0	18,9	54,0	189,9 (27%)
Causa 1	41,4	-	-	41,4 (6%)
Causa 2	-	27,9	-	27,9 (4%)
Causa 3	-	-	27,0	27,0 (4%)
Total	512,1 (74%)	91,8 (13%)	88,2 (13%)	692,1

Analisando estes valores, fica perceptível que o artigo preto estava mais sujeito à EE do que o vermelho ou o castanho e que as correções de papel correspondiam à causa com mais impacto nos valores de não qualidade por EE. Estas correções de papel ocorriam quando havia a necessidade de juntar 2 rolos de papel no Recobrimento.

4.3.2 Identificação de causas

De acordo com os dados recolhidos na fase inicial do projeto, os fatores que têm mais influência nos valores de EE são os seguintes:

- Diferença entre fábricas;
- Rolos produzidos após o arranque da produção;
- Etapa da produção;
- Cor do Artigo;
- Correções de papel.

De facto, a diferença entre as fábricas a partir do momento em que o Artigo 1 foi transferido para a fábrica 2 foi uma das causas mais preponderantes na subida dos valores de EE. A falta de experiência dos operadores aumentou a quantidade de artigo necessária para estabilizar os parâmetros da produção na Gravação, etapa mais crítica do processo. A qualidade do gravado é analisada de forma visual, o que faz com que esta avaliação e o ajuste dos parâmetros da máquina dependa bastante do operador.

Além disso, também se notou numa maior incidência de EE nos primeiros rolos de cada produção, uma vez que, por norma, apresentam mais instabilidade e estão mais suscetíveis a defeitos. Esta falta de estabilidade obrigava a uma definição de parâmetros de produção para estes rolos iniciais e, posteriormente, uma outra para os restantes, já que apresentavam características ligeiramente diferentes.

De seguida, outro fator crítico para o aumento dos índices de não qualidade foi a cor do artigo. No decorrer da análise inicial e dos acompanhamentos da produção concluiu-se que artigos com cores mais escuras tinham tendência que a sua espuma expandisse em demasia, porque, dada a sua maior absorção de radiação, o artigo expandia mais e causava EE.

Por último, a presença de correções de papel nos artigos implicava a existência de diferentes valores de espessura ao longo do artigo. Na Gravação este desnivelamento conduzia à perda de sensibilidade do processo, já que eram aplicados os mesmos parâmetros de máquina a partes do artigo com diferentes espessuras.

4.3.3 Desenho e teste de soluções

Para que fosse possível conter ou eliminar as causas apresentadas anteriormente, a equipa desenhou um conjunto de soluções. Estas foram: (i) Formação aos operadores; (ii) Separação do rolo de arranque da produção e (iii) Sinalização das correções de papel. Cada uma destas soluções é explicada de seguida

1- Formação aos operadores

A experiência dos operadores na produção do Artigo 1 constituiu um fator crítico para os valores de EE. Assim, o objetivo passa por iniciar um conjunto de formações dadas pelos melhores operadores da fábrica 1 com o intuito de se passar algumas das boas práticas e aumentar o conhecimento acerca do artigo.

2- Separação do rolo de arranque da produção

Depois de analisar a instabilidade dos primeiros rolos da produção, optou-se por tentar diminuir a dimensão do primeiro rolo de forma a isolá-lo dos restantes. De acordo com as práticas que estavam em vigor na Empresa X, quando havia EE, para além do início do primeiro rolo, também se perdia mais deste rolo, dada a necessidade de redefinir os parâmetros. Ao reduzir a dimensão do primeiro rolo e ao isolá-lo, apesar de não aumentar a sua estabilidade, garante-se que se reduz a quantidade de artigo perdida com defeito.

3- Sinalização das correções de papel

Durante a gravação, o contacto do cilindro com o papel, fazia com que o processo perdesse estabilidade e aumentassem os níveis de EE. Assim, a solução passou por assinalar estas correções para que os operadores conseguissem saber a existência das mesmas e levantar os cilindros de gravação de forma a garantir que estes não contactavam com o papel.

4.3.4 Implementação e resultados

À medida que se iam desenhando as diversas soluções, a equipa ia testando a eficácia das mesmas. Tanto a separação do rolo de arranque da produção como a sinalização das correções de papel demonstraram, desde os primeiros dias após a implementação, o potencial das mesmas. Estas soluções disruptivas diminuíram logo na primeira semana os valores de espuma expandida na produção. Ainda assim, após esta melhoria, não foram oficializadas, já que a equipa necessitava de uma amostragem maior para comprovar a real eficácia das mesmas. Após a segunda semana as melhorias continuaram e as soluções foram oficializadas, sob a forma de ordem de trabalho para a produção. No que diz respeito à formação dos operadores da fábrica 2, ainda que não se tenha observado impacto direto nos índices de não qualidade, a equipa prosseguiu com a mesma, já que considerou ser essencial para a normalização dos comportamentos na produção.

Deste modo, após a implementação de todas as soluções desenhadas, foi possível reduzir o índice de não qualidade por espuma expandida para 0,74%, ou seja, uma redução de cerca de 25%. A interface de controlo do índice de não qualidade por espuma expandida está presente no Anexo F. O cumprimento do objetivo delineado para este *sprint* permite que a equipa encerre esta fase e inicie o segundo *sprint* relativo a este defeito.

4.4 Espuma Expandida - *Sprint 2*

Depois de concluída a primeira etapa e de se terem atingido os objetivos delineados para este defeito, iniciou-se o segundo *sprint*. Ao longo desta fase o objetivo passa por analisar o processo, não de uma forma geral como foi feito anteriormente, mas recorrendo a métodos estatísticos e à metodologia DMAIC. Assim, o foco da análise será verificar a estabilidade e a capacidade das variáveis definidas como críticas ao longo do processo e perceber o seu impacto nos valores de não qualidade por EE.

4.4.1 Situação inicial

Na primeira etapa do retrato da situação inicial, de forma a avaliar que fatores mais impacto apresentavas nos valores de EE ao longo do processo, tentou-se perceber a relação que cada variável demonstrava com o defeito estudado. Assim, em conjunto com a equipa da Empresa X, desenhou-se o diagrama de relações presente na Figura 20. No Anexo G está presente um diagrama de relações mais focado na densidade de espuma.

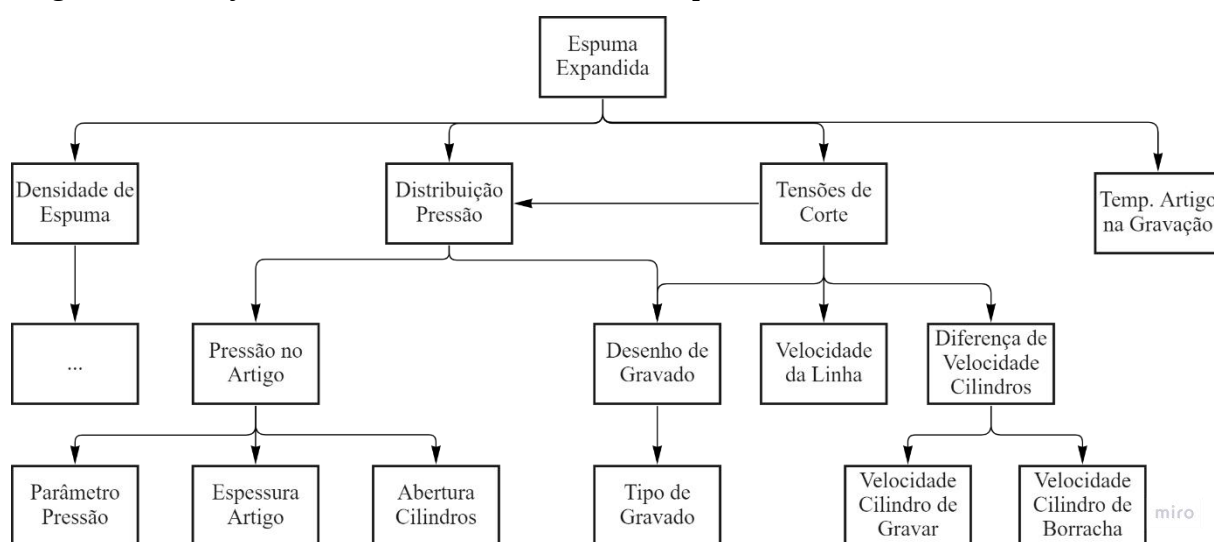


Figura 20 - Diagrama de relações da Espuma Expandida

Depois de se perceber a relação que a EE apresentava com as diversas variáveis, iniciou-se o estudo estatístico de cada um dos processos produtivos. Através desta análise pretendia-se avaliar a estabilidade e a capacidade das variáveis definidas como críticas em cada processo. A criticidade de cada variável foi definida de acordo com as percepções do líder de cada processo. Assim, consoante a experiência que este tinha em relação ao impacto que a variável apresentava no processo e a sua variabilidade ao longo do mesmo, construiu-se uma escala de criticidade que permitiu a identificação das variáveis a ter em conta.

Matérias-Primas

Antes de se iniciar a análise do processo, a equipa decidiu estudar as matérias-primas, ou seja, a Matéria-Prima 1 e o subproduto. Em relação à Matéria-Prima 1, as variáveis consideradas mais críticas são o peso, a espessura e a variação dimensional. Antes de se proceder à análise da estabilidade e capacidade do processo, a equipa optou por avaliar a adequabilidade do sistema de medição tanto para o peso, como para a espessura através da realização de testes R&R. No que diz respeito ao peso, o processo de medição era bastante robusto, na medida em que eram usadas balanças eletrónicas com grande sensibilidade e mesas de medição estáveis. Por outro lado, a medição da espessura era feita com um comparador, cuja calibração podia variar de utilização para utilização.

Deste modo, três operadores mediram dez amostras diferentes três vezes, utilizando o mesmo calibrador e o procedimento normal de medição. Para evitar a variabilidade associada à medição de sítios diferentes dentro da mesma amostra, foi marcado o local a medir em cada uma delas. Além disso, a sequência de amostras medidas foi determinada aleatoriamente. Os resultados do teste R&R encontram-se na Tabela 2 e no capítulo 2.1.1 e 2.2.1 do relatório técnico.

Tabela 2 - Resultados teste R&R

	Peso	Espessura
Variação por Repetibilidade	0,34%	5,01%
Variação por Reprodutibilidade	0,37%	9,89%
Variação do Estudo	8,41%	38,60%

Em relação ao peso, tanto a reprodutibilidade como a repetibilidade não se apresentam como um fator problemático, já que apenas contribuem, respetivamente, 0,37% e 0,34% para a variação total. Além disso, a percentagem de variação do sistema em relação à variação do processo é de 8,41%, ou seja, pode-se concluir que o sistema de medição se encontra estável³. No que diz respeito à espessura, a contribuição do sistema de medição para a variação observada é de 14,9%, sendo 5,01% decorrentes da repetibilidade e 9,89% da reprodutibilidade. Neste caso, a equipa já deve ponderar uma melhoria do sistema de medição, já que a percentagem de variação do sistema em relação à variação do processo é de 38,6%.

De seguida, efetuou-se a análise à estabilidade e capacidade do processo. Os dados foram obtidos através da base de dados da empresa e estão organizados por ordens de produção, sendo que, em cada uma, foram medidas três amostras diferentes. Sendo assim, ao longo da análise, o tamanho de cada grupo terá como referência cada ordem de produção. Iniciando pelo peso, de forma a avaliar a estabilidade inicial do mesmo, recorreu-se às cartas de controlo de *Shewhart*. Como o tamanho de cada grupo (três amostras) era inferior a oito, utilizaram-se as cartas $\bar{x}$ -R. Tal como se pode constatar na Figura 21, a carta R não apresenta nenhum ponto fora dos limites de controlo, ou seja, a variabilidade dentro de cada grupo está controlada. De seguida, ao analisar a carta $\bar{x}$ percebe-se que existem vários pontos fora dos limites de controlo, sugerindo que o processo não se encontra em controlo estatístico. Em relação à análise de capacidade, percebe-se que o peso da Matéria-Prima 1 é pouco capaz de se manter dentro das especificações e não se encontra centrado, já que apresenta um valor de P_p e P_{pk} inferior ao valor de referência, 1,33. Ainda assim, caso se conseguisse eliminar todas as causas de variabilidade entre grupos, a capacidade potencial do processo em se manter dentro das especificações e centrado é elevada, dado o valor de C_p e C_{pk} acima de 1,33.

³ De acordo com a (AIAG 2010) um sistema de medição pode ser definido como aceitável, caso a percentagem de variação do processo seja inferior a 10%. Para valores entre 10% e 30%, recomenda-se a avaliação de possíveis melhorias, considerando o respetivo custo e benefício.

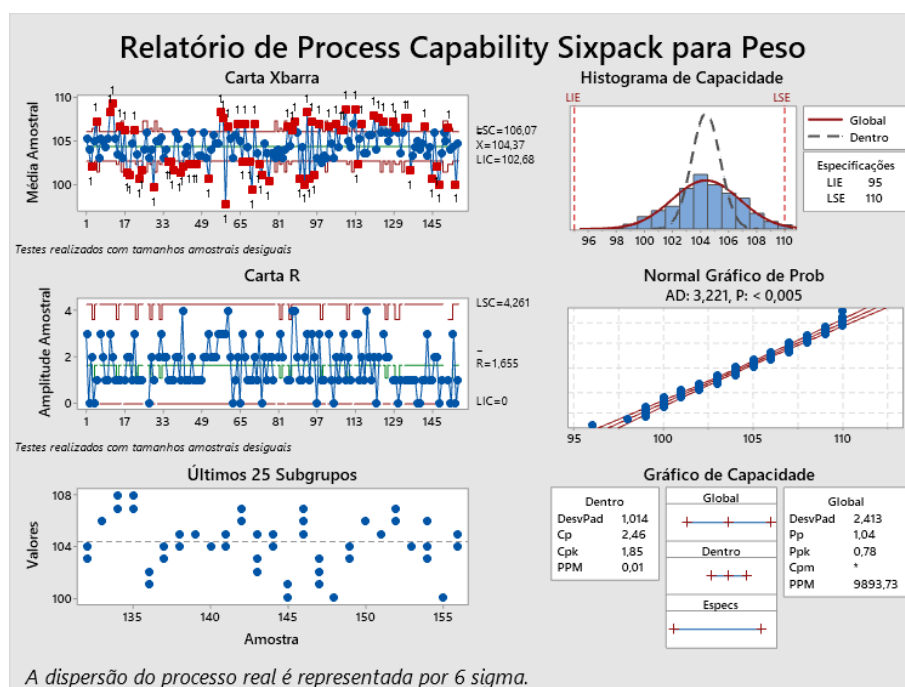


Figura 21 - Análise estabilidade e capacidade da variável peso

Em relação à espessura da Matéria-Prima 1, pode-se concluir, através da análise da carta R da Figura 22, que a variabilidade dentro dos grupos não está controlada, já que existem dois pontos fora dos limites de controlo. Como esta variabilidade não está controlada, ainda que existam diversos pontos fora dos limites na carta $\bar{x}$, não se pode retirar nenhum tipo de conclusão. Em termos de capacidade, tal como aconteceu no peso, o processo é pouco capaz de cumprir com as especificações e não se encontra centrado, já que os valores de P_p e P_{pk} se encontram abaixo de 1,33. No entanto, considerando a capacidade potencial do processo, caso se consiga eliminar todas as causas especiais de variação, a capacidade de cumprir com as especificações será alta, considerando o valor de C_p acima de 1,33.

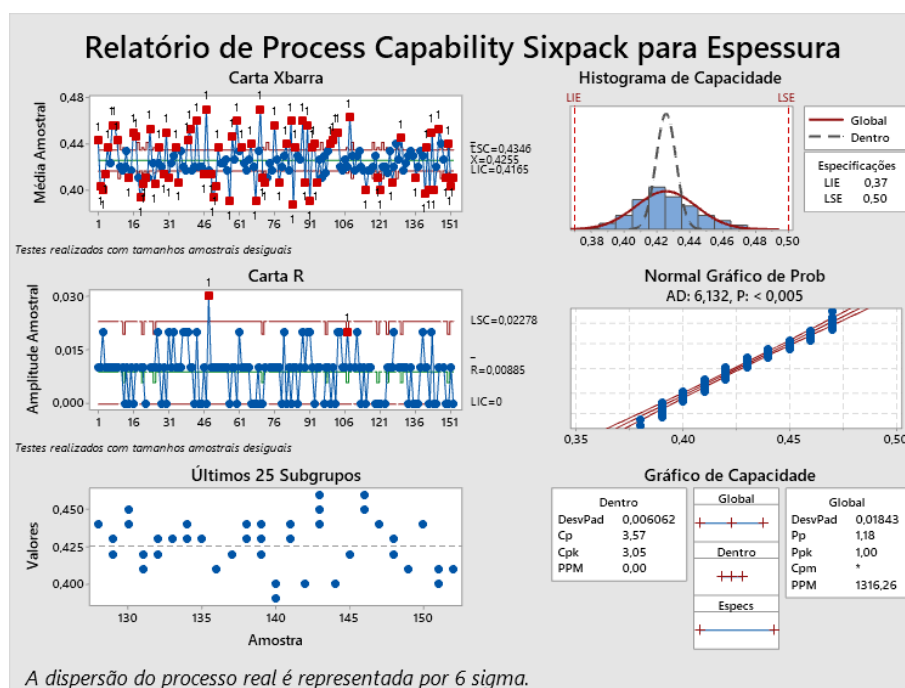


Figura 22 - Análise estabilidade e capacidade da variável espessura

Por último, analisando a Figura 23, conclui-se que a variabilidade dentro dos grupos da variação dimensional se encontra fora de controlo. Ainda que não seja possível retirar alguma conclusão da carta R, é possível identificar uma alteração da tendência dos valores a partir da amostra 145. Para confirmar esta diferença, realizou-se um teste *Kruskal-Wallis* às duas amostras – antes e depois da amostra 145 – sendo possível concluir ($p\text{-value} = 0,000$) que as médias são efetivamente diferentes. É importante perceber o porquê deste aumento da variabilidade, para que seja possível corrigi-lo.

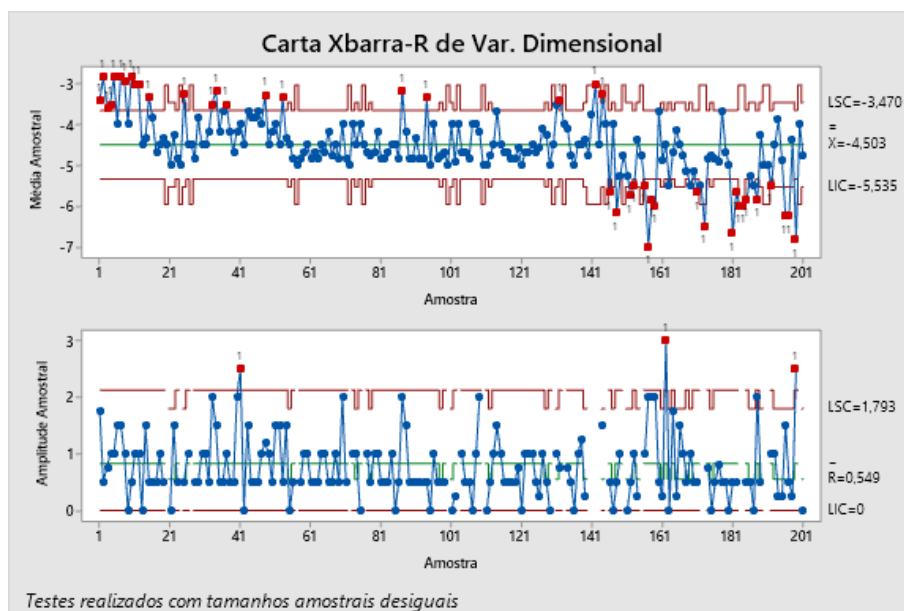


Figura 23 - Carta de controlo $\bar{x}$ -R da variação dimensional

No que diz respeito ao subproduto, as variáveis consideradas mais críticas foram o peso dos vários componentes, a viscosidade e a densidade da espuma. Por questões de confidencialidade, não serão expostos os estudos efetuados acerca do peso dos componentes do subproduto. Este impedimento não retira qualquer tipo de conteúdo ao documento, uma vez que a pesagem da maioria se encontrava estatisticamente controlada e com uma capacidade de processo aceitável.

Em relação à viscosidade e à densidade de espuma, os dados analisados foram fornecidos pelo laboratório da empresa, sendo que em cada produção, quando possível, foi medida uma única amostra. Deste modo, na análise de estabilidade destas variáveis utilizou-se uma carta de controlo para dados individuais. Como se pode ver na Figura 24, a variabilidade da viscosidade não se encontra controlada, já que existem vários pontos fora dos limites de controlo. No que diz respeito à capacidade, o processo também se encontra pouco capaz de cumprir com as especificações definidas e descentrado, já que apresenta valores de P_p e P_{pk} abaixo de valor de referência. Além disso, ainda que consiga eliminar as causas especiais de variação, o processo não é capaz de cumprir com as especificações, uma vez que a capacidade potencial do mesmo, ou seja, o C_p é de 0,98. Este teste encontra-se no capítulo 3.1.3 do relatório.

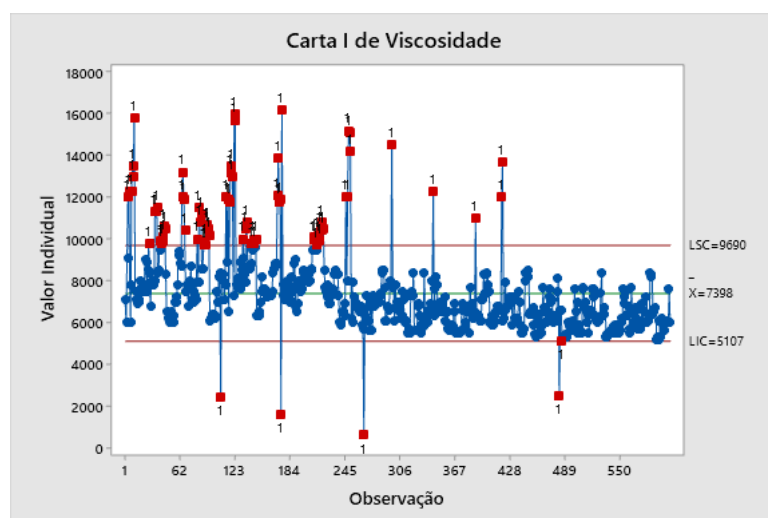


Figura 24 - Carta de controlo de dados individuais da viscosidade

Através da análise da carta de controlo da densidade de espuma também se percebe que a variável se encontra estatisticamente instável. Avaliando o gráfico de capacidade presente na Figura 25 percebe-se que, apesar de o processo apresentar valores baixos de P_p e P_{pk} , a capacidade potencial do processo é aceitável.

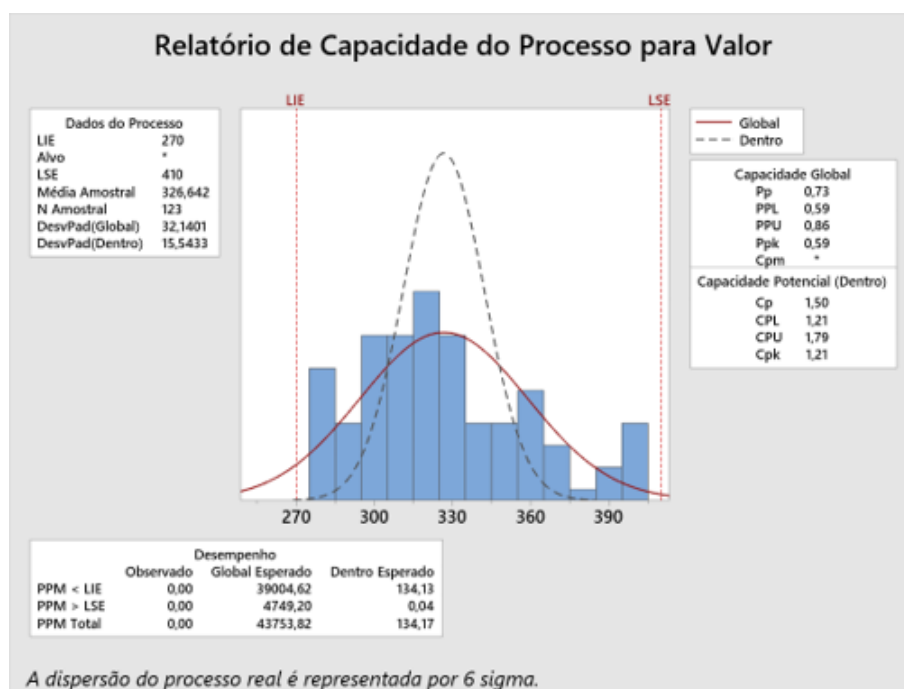


Figura 25 – Gráfico de capacidade do processo para a variável densidade de espuma

Recobrimento

Nesta fase do processo foram definidas como variáveis críticas o peso e a temperatura aplicada ao artigo e a velocidade de recobrimento. Apesar de a máquina deste processo estar dividida em 3 fases, a equipa apenas analisou a terceira e última fase do mesmo, já que esta era a quetinha mais influência na expansão da espuma. Os dados utilizados para as análises foram diretamente recolhidos da máquina com uma periodicidade de um minuto. Para que fosse possível extrair o máximo de informação destes dados, para cada parâmetro realizaram-se duas análises diferentes: uma com o tamanho de subgrupo equivalente a dez minutos de produção; e outra agrupando os dados por ordens de produção.

Deste modo, na Figura 26 estão presentes as cartas de controlo $\bar{x}$ -R do peso aplicado no artigo. Por um lado, caso se analise o gráfico cujos grupos são formados de dez em dez minutos, o gráfico da esquerda, existe a tendência de concluir que tanto a variabilidade dentro de cada grupo, como entre grupos não está controlada dada a existência de vários pontos fora dos limites de controlo. Por outro lado, considerando o gráfico da direita, ou seja, os grupos formados por ordem de produção, é possível observar, segundo o gráfico da média amostral, que os valores se encontram todos dentro dos limites de controlo. Ainda assim, visto que quando se analisa a variabilidade dentro de cada grupo, existem pontos fora dos limites de controlo, não é possível retirar qualquer conclusão válida acerca da variabilidade entre grupos.

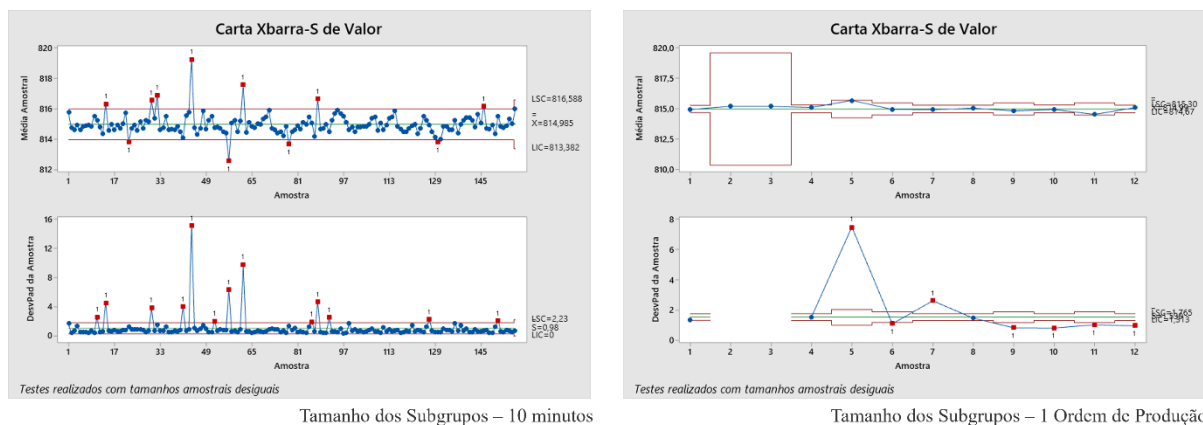


Figura 26 - Cartas de controlo $\bar{x}$ -R do peso aplicado no artigo

Em relação à temperatura aplicada, tal como se pode observar na Figura 27 o cenário é semelhante. Ainda assim, neste caso, mesmo analisando o gráfico dos subgrupos por ordem de produção, percebe-se que existem pontos fora dos limites, ou seja, a variabilidade da temperatura entre ordens de produção não está controlada.

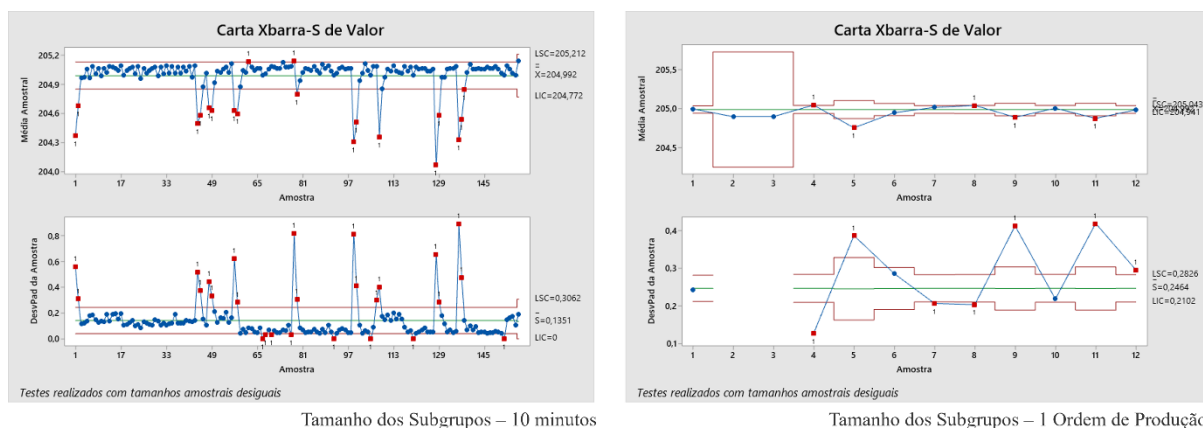


Figura 27 - Cartas de controlo $\bar{x}$ -R da temperatura aplicada no artigo

Por último, analisando a Figura 28, numa primeira análise pode-se concluir que tanto nos dois tipos de subgrupos analisados a variabilidade dentro de cada grupo e entre grupos não está controlada. No entanto, é necessário estudar esta variável de uma forma mais profunda para retirar as conclusões corretas. Apesar de haver vários pontos fora dos limites de controlo, verifica-se que os limites de controlo são bastante reduzidos, sendo esta amplitude sensivelmente duas décimas. Deste modo, apesar destes gráficos nos indicarem que esta variável se encontra estatisticamente instável, pode-se concluir que esta instabilidade não afeta os resultados do artigo.

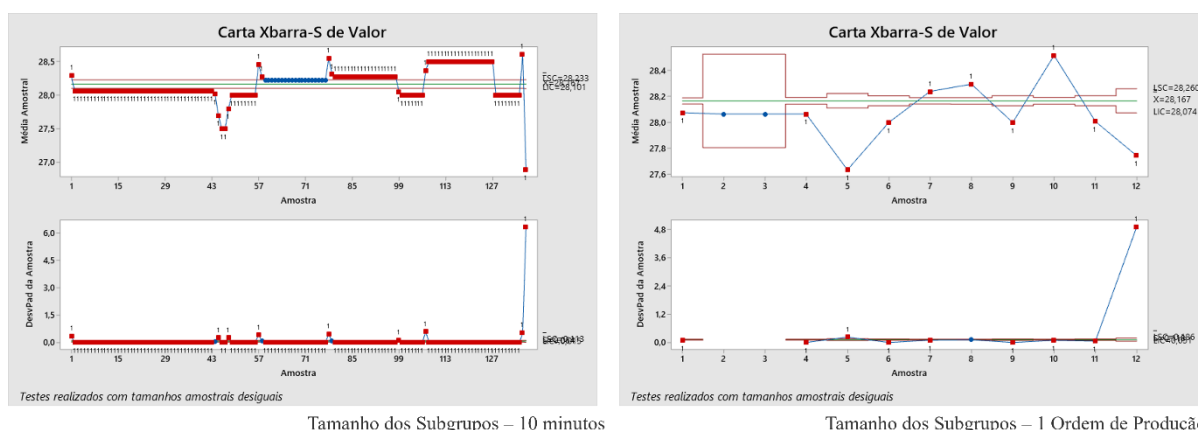


Figura 28 - Cartas de controlo $\bar{x}$ -R da velocidade de recobrimento

De seguida, nas análises de capacidade tanto do peso como da temperatura percebe-se que o processo é capaz de cumprir com as especificações e se encontra centrada. Estas análises estão presentes no capítulo 4.1 e 4.2 do relatório técnico. Em relação à velocidade, como se pode perceber através da Figura 29, o cenário é diferente. Neste caso, esta variável não só é pouco capaz de cumprir com as especificações definidas, como a sua capacidade potencial do processo é reduzida. A equipa tentou perceber o porquê da diferença nas capacidades dos processos nestas variáveis. Deste modo, enquanto os ajustes do peso e da temperatura são efetuados automaticamente pela máquina e diretamente para o valor pretendido, no caso da velocidade os ajustes são introduzidos manualmente de acordo com a perceção de cada operador.

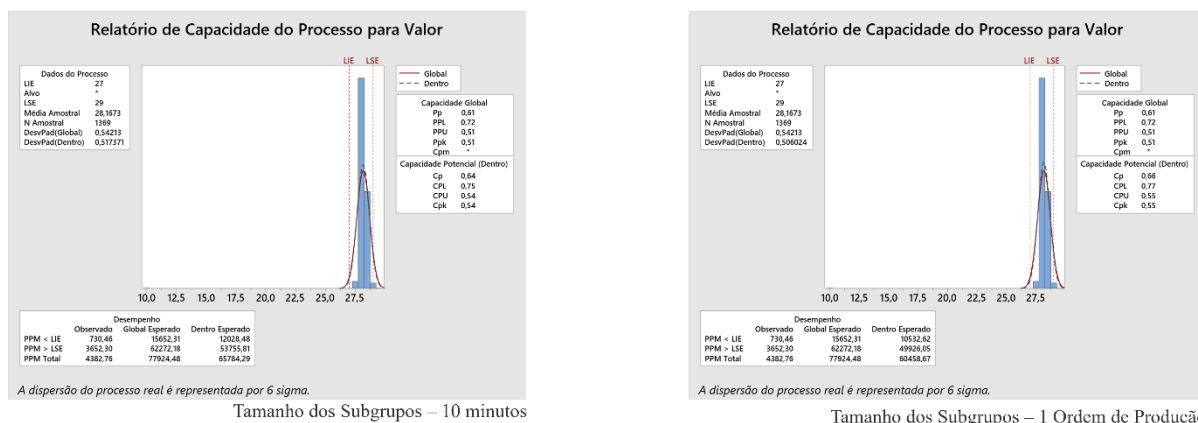


Figura 29 - Gráficos de capacidade do processo para variável velocidade de recobrimento

Gravação

Visto que as análises estatísticas efetuadas foram mais complexas e profundas do que a equipa tinha planeado devido à necessidade de caracterizar a situação inicial de uma forma mais consistente, não foi possível cumprir o cronograma e a análise de estabilidade e capacidade da Gravação não foi efetuada a tempo de constar neste documento.

4.4.2 Identificação de causas

Depois de efetuada a análise estatística e caracterizada a situação inicial referente ao segundo *sprint*, o foco da equipa passou por identificar os fatores que teriam mais impacto nos valores de não qualidade causada por EE. Os fatores são os seguintes:

- Falta de capacidade do sistema de medição em relação à espessura da Matéria-Prima 1;
- Falta de controlo na variabilidade das variáveis críticas associadas à Matéria-Prima 1 e subproduto;

- Alteração da tendência da variação dimensional da Matéria-Prima 1;
- Incapacidade de cumprir com as especificações por parte da velocidade de recobrimento.

Deste modo, começou-se por identificar a falta de capacidade do sistema de medição da espessura da Matéria-Prima 1. Esta incapacidade podia conduzir a uma falta de rigor nos dados, já que estes eram sempre influenciados pelos desvios nos instrumentos de medição. De seguida, a falta de controlo na variabilidade das variáveis críticas associadas à Matéria-Prima 1 e ao subproduto também constituiu uma das possíveis origens dos valores de não qualidade causada por EE da Empresa X. De facto, a variabilidade observada pode provocar a instabilidade dos artigos e, consequentemente, um maior número de defeitos. Além disso, na Matéria-Prima 1 observou-se uma alteração abrupta nos valores da variação dimensional. Depois de uma análise a estes valores e de uma discussão com a equipa, foi possível concluir que esta variação se deveu à mudança da fábrica que efetuava estes testes. Inicialmente, estes testes eram efetuados na fábrica 1. Depois de se dar a mudança na produção de um dos artigos para a fábrica 2, grande parte dos testes desta variável também começaram a ser executados nesta fábrica. No entanto, constatou-se que o método seguido por cada laboratório era diferente, causando diferenças na sensibilidade do teste. Por último, a incapacidade associada à velocidade de recobrimento também constituiu uma área de ataque da equipa. Tal como ficou clarificado no subcapítulo anterior, os ajustes deste parâmetro eram efetuados manualmente e de acordo com a experiência de cada operador. Esta falta de normalização conduzia a diferenças ao longo dos artigos, o que aumentava o número de defeitos.

4.4.3 Desenho e teste de soluções

Com base nas causas assinaladas pela equipa e apresentadas anteriormente, foram desenhadas soluções com o objetivo de reduzir os índices de não qualidade por EE no processo. As soluções são as seguintes: (i) Calibração semanal de todos os comparadores; (ii) Uniformização dos testes efetuados em cada fábrica; (iii) Aumento da amostragem em cada parâmetro e (iv) Fixação do valor da velocidade de recobrimento. De seguida, são clarificadas as soluções apresentadas.

1- Calibração semanal de todos os comparadores

Considerando a falta de capacidade do sistema de medição da espessura da Matéria-Prima 1, a equipa instaurou a calibração semanal de todos os comparadores. Esta medida aplica-se não só aos instrumentos do laboratório, mas também aos que se encontram ao longo da produção. Deste modo, pretende-se diminuir a variabilidade causada por estes aparelhos na medição, evitando, também, a compra de novos calibradores. Ainda assim, é importante a monitorização constante destas medições e da capacidade do sistema de medição, para que seja possível avaliar a necessidade de investir em novos instrumentos.

2- Uniformização dos testes efetuados em cada fábrica

A diferença presente em cada fábrica no método e nas condições de cada teste efetuado para uma determinada variável conduzia a uma falta de rigor nos valores desse mesmo parâmetro. Assim, para eliminar esta diferença entre fábricas, a equipa normalizou o método e as características de teste em cada variável, garantindo que independentemente da pessoa que realizar o teste, este vai ser efetuado sempre da mesma forma.

3- Aumento da amostragem em cada parâmetro

Algumas das variáveis críticas estudadas encontravam-se, de um ponto de vista estatístico, instáveis e a sua capacidade de cumprir com as especificações definidas era baixa. Deste modo, é importante aumentar a amostragem de cada teste de forma que seja possível estudar de uma forma mais profunda a situação. Caso se mantenha e a matéria-prima continue instável e fora

das especificações é necessário alinhar a situação com o fornecedor e tentar averiguar o porquê desta incapacidade.

4- Fixação do valor da velocidade de recobrimento

A velocidade de recobrimento, visto ser um parâmetro ajustado de forma manual e dependente do operador, constituía um parâmetro crítico no processo. Para reduzir este impacto, a equipa decidiu fixar o valor desta variável, ou seja, o ajuste das características do artigo era efetuado através das alterações automáticas do peso e da temperatura aplicada ao artigo. Desta forma é possível garantir a uniformidade do artigo e a redução dos defeitos criados. A determinação do valor para este parâmetro foi efetuada de acordo com o tipo de produto e a as suas características, nomeadamente a cor e teve como base os registos de cada produção. Assim, através de dados de produções passadas efetuou-se uma regressão linear na qual o fator independente foi a velocidade no Recobrimento e o fator dependente uma variável critica da Gravação. A expressão obtida e o gráfico da regressão estão presentes na Figura 30. Deste modo, através da equação presente na figura, é possível definir o valor ótimo para a velocidade de recobrimento e evitar a existência de ajustes manuais ao longo da produção.

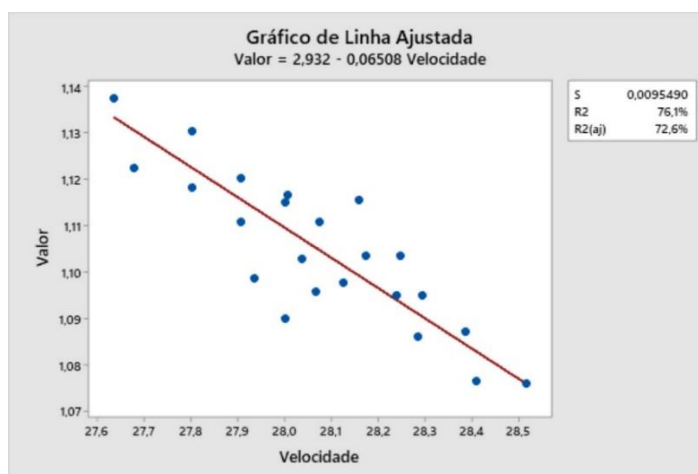


Figura 30 – Gráfico e expressão da regressão linear

4.4.4 Implementação e resultados

Dado o atraso no levantamento de oportunidades de melhorias, devido à complexidade das análises efetuadas, apenas foi possível implementar totalmente algumas soluções desenhadas. Deste modo, a equipa foi capaz de iniciar a rotina semanal de calibração de todos os comparadores e criar normas com o objetivo de uniformizar todos os testes efetuados na empresa, quer na fábrica 1 quer na fábrica 2. Além disso, a equipa conseguiu implementar as restantes soluções desenhadas, mas, visto que se tratam de soluções cujas conclusões apenas podem ser extraídas após um período de monitorização, não foi possível extrair qualquer tipo de informação.

Ainda assim, de uma forma geral o objetivo passa pelo acompanhamento contínuo dos resultados destas medidas para possibilitar a adoção de contramedidas. No que diz respeito às duas primeiras medidas mencionadas é importante verificar se, depois da uniformização efetuada, os resultados já não diferem entre fábricas e processos. Em relação ao aumento da amostragem de teste em cada parâmetro, o foco consiste em efetuar novamente os estudos de variabilidade e capacidade do processo de forma a averiguar se os resultados apresentados neste relatório se mantêm. Caso se confirme, é necessário perceber com os fornecedores a razão pela qual algumas das matérias-primas apresentam os resultados observados e ajustar os processos para que a variabilidade dos mesmos diminua e os vários parâmetros se encontrem dentro das especificações.

5 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

O presente relatório de dissertação tem como base um projeto implementado pelo Kaizen Institute na Empresa X com o intuito de reduzir a não-qualidade proveniente da produção e, consequentemente, os respetivos custos. Dada a complexidade do processo produtivo, o principal foco do projeto foram os dois defeitos que mais impacto apresentavam na produção: a sujidade e a espuma expandida. Deste modo, esta implementação serviu como piloto para que fosse possível averiguar a viabilidade e sustentabilidade de aplicar esta metodologia aos restantes problemas da Empresa X.

De forma a dar resposta ao desafio proposto, definiram-se várias metodologias consoante a fase do projeto e o respetivo âmbito. Assim, utilizou-se o *Kobetsu Kaizen* quando se pretendiam análises mais gerais, principalmente ao nível dos processos. Nestes casos, foi essencial a correta definição das áreas de ataque e a utilização de ferramentas como os diagramas de Ishikawa. Por outro lado, seguiu-se o *Six Sigma* e o DMAIC quando se pretendia estudar para além dos processos, ou seja, na análise estatística das variáveis mais críticas do processo. Nesta fase, o uso de ferramentas estatísticas como as cartas de controlo, os testes R&R ou outros testes estatísticos foram importantes na avaliação da estabilidade e capacidade do processo, para, posteriormente, serem definidas soluções adequadas ao problema em estudo. De facto, apesar de ambas as metodologias apresentaram algumas semelhanças entre si, o *Six Sigma* e o DMAIC constituem um método mais rigoroso que coloca mais ênfase na utilização de ferramentas específicas. Esta flexibilidade na utilização de cada metodologia permitiu uma melhor adaptação em cada fase e, consequentemente, uma simplificação do problema.

Ao longo do projeto grande parte dos objetivos delineados para cada fase foram cumpridos. Em relação à sujidade, foi possível reduzir o índice de qualidade para 0,13%, cumprindo com o objetivo definido de 0,14%. A mudança de paradigma quer no corte das placas, quer na revista das mesmas foi essencial para o cumprimento deste objetivo. A mudança efetuada no corte das placas permitiu a diminuição do tamanho das mesmas e, consequentemente, a redução da quantidade rejeitada. Além disso, a aplicação do filtro na revista permitiu a verificação das partes úteis do artigo, ou seja, qualquer sujidade presente na parte não útil do artigo não era identificada como defeito. Além disso, a normalização e identificação dos processos permitiu a sustentabilidade e manutenção do índice de qualidade atingido. No que diz respeito à espuma expandida, enquanto os objetivos do primeiro *sprint* foram alcançados, na segunda fase, dada a sua complexidade, não foi possível implementar as soluções previstas. Ainda assim, é importante destacar a introdução do CEP como método de análise na Empresa X, onde a utilização destas ferramentas era desconhecida. Estas análises permitiram não só avaliar o estado do processo, mas também capacitar os colaboradores da Empresa X nesta vertente.

Deste modo, após o término do período temporal alocado ao projeto é essencial clarificar algumas ordens de trabalho em falta. Em relação ao segundo *sprint*, visto que já constava no cronograma inicial do projeto, este será continuado durante o tempo necessário. Durante este período é importante terminar a caracterização da situação atual, nomeadamente, o estudo de estabilidade e capacidade referente à gravação e outro tipo de análises que possam acrescentar informação. A equipa optou por efetuar as análises seguindo a ordem dos processos na produção, de forma a poder isolar a variabilidade de cada processo. Ainda assim, em projetos futuros semelhantes a este, poderá acrescentar mais valor iniciar esta análise pela etapa que mais impacto apresenta nos níveis de espuma expandida, que, neste caso, seria a gravação.

Além disso, é igualmente importante a continuação da monitorização das soluções implementadas, de modo que seja possível identificar possíveis desvios face ao objetivo e implementar de forma imediata contramedidas, nomeadamente nas soluções referentes à sujidade e ao primeiro *sprint* da espuma expandida. No que diz respeito às soluções do segundo *sprint*, o foco passa por tentar perceber se os desvios observados nos vários parâmetros

conseguem ser resolvidos internamente ou se é necessário efetuar-lo em conjunto com o fornecedor.

Não obstante, apesar de se ter capacitado o departamento de Qualidade e de Operações com as ferramentas necessárias para a melhoria da qualidade, a equipa Kaizen identificou outros focos de melhoria. Deste modo, no seguimento deste projeto surgiram dois novos projetos do Kaizen Institute na Empresa X: a redução do desperdício na produção do subproduto e o aumento da eficiência de uma das fases do processo.

Por último, de acordo com o último passo do *Kobetsu Kaizen*, é necessário retirar as lições aprendidas. A primeira e mais importante passa pelo envolvimento de toda a organização. Dada a complexidade de todo o processo, apenas com a cooperação das equipas de diferentes departamentos é que seria possível quantificar o problema, identificar as causas-raiz e desenhar soluções. De seguida, a necessidade de tornar visível o possível benefício de cada solução desenhada, já que, por vezes, pode ser difícil motivar a equipa na implementação de algumas soluções. Finalmente, também importa ressaltar a importância das ferramentas estatísticas usadas ao longo do projeto, dadas as suas potencialidades e importância na identificação das causas-raiz.

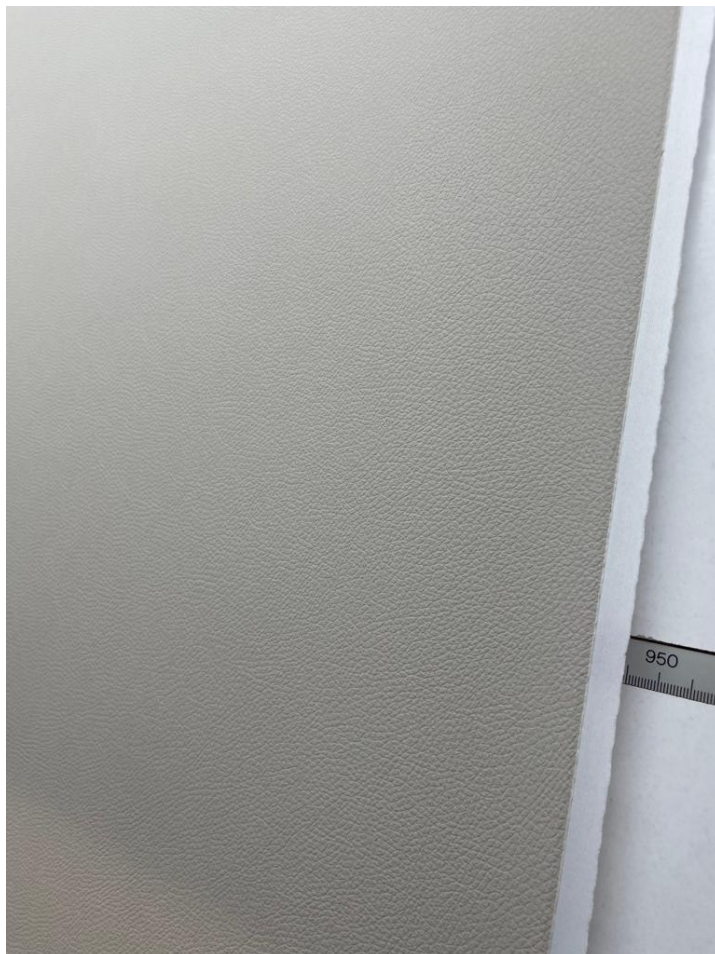
Concluindo, os resultados obtidos enaltecem o sucesso do projeto, confirmando a possibilidade de aplicar estas metodologias aos restantes defeitos e a outros projetos de melhoria de qualidade. Ainda assim, a principal lição passa pela alteração da mentalidade da Empresa X para a melhoria contínua, que, apesar de inquantificável, se refletiu e refletirá nos resultados da mesma.

Referências

- AIAG. 2010. *Measurement System Analysis Reference Manual*. 4th Edition ed.: General Motors Corporation.
- Alli, Inteaz. 1990. *Food Quality Assurance: Process Control*. 23 (4-5): 156-159. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(90\)70223-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0315-5463(90)70223-4).
- Anderson, Roy, Henrik Eriksson, and Hakan Torstensson. 2006. *Similarities and differences between TQM, six sigma and lean*. 18: 282-296. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/09544780610660004>.
- Antony, Jiju. 2002. *Design for six sigma: a breakthrough business improvement strategy for achieving competitive advantage*. Studentlitteratur.
- Arnheiter, Edward D., and John Maleyeff. 2005. *The integration of lean management and Six Sigma*. Vol. 17. TQM Magazine.
- Bergman, Bo, and Bengt Klefsjö. 1994. *Quality from Customer Needs to Customer Satisfaction*. McGraw-Hill Book Co.
- Blaga, Petruta, and Boer Jozsef. 2014. *Human resources, quality circles and innovation*. 15: 1458-1462. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00611-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00611-X).
- BPI. 2019. "Lean Manufacturing an Six Sigma Definitions." Acedido a 10 de abril de 2022. <http://leansixsigmadefinition.com/glossary/taguchi-loss-function/>.
- Charantimath, Poorinma. 2011. *Total Quality Management*. Pearson Education India.
- Coimbra, Euclides. 2013. *Kaizen in Logistics and supply chains*. McGraw Hill Professional.
- Cronemyr, Peter. 2007. "DMAIC and DMADV Differences, Similarities and Synergies." *Internation Journal of Six Sigma and Competitive Advantage* 3 (3): 193-209. <https://doi.org/10.1504/ijssca.2007.015065>.
- de Mast, Jeroen. 2007. "Integrating the many facets of Six Sigma." *Quality Engineering* 19 (4): 353-361.
- Garvin, David. 1984. "What Does Product Quality Really Mean?" *Sloan Management Review* 25: 25-43.
- Gopalkrishnan, Narasimhan. 2018. *Kobetsu KAIZEN™ and 5G methodology*.
- Henderson, Kim, and James Evans. 2000. "Successful implementation of six sigma: benchmarking General Electric Company." *Benchmarking and International Journal* 7 (4): 260-282.
- Imai, Masaaki. 1986. *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Education.
- . 2012. *Gemba Kaizen - A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. McGraw Hill.
- Institute, Kaizen. 2022. "Site do Kaizen Institute Consulting Group." <https://pt.kaizen.com/sobre-nos>.
- Isac, Nicoleta. 2010. "Principles of TQM in Automotive Industry." *Romanian Economic Business Review* 5 (4): 187.
- Johnson, Corinne. 2016. "The Benefits of PDCA." *Quality Progress* 49 (1): 45.
- Juran, Joseph. 2003. *Juran on Leadership for Quality*. Simon and Schuster.

- Kumar, Sameer, and Kenneth F. Bauer. 2010. "Exploring the use of lean thinking and Six Sigma in public housing authorities." *Quality Management Journal* 17 (1): 29-46.
- Magnusson, Kjell, Dag Kroslid, and Bo Bergman. 2003. *Six Sigma : the pragmatic approach*. Studentlitteratur.
- Mitra, Amitava. 2008. *Fundamentals of Quality Control & Improvement*. John Wiley & Sons.
- Montgomery, D.C. 2013. *Introduction to Statistical Quality Control*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Notícias, Diário de. 2019. "Têxteis técnicos. Portugal na liderança da inovação." Acedido 9 de abril de 2022. <https://www.dn.pt/dinheiro/texteis-tecnicos-portugal-na-lideranca-da-inovacao-10945658.html>.
- Shankar, Rama. 2009. *Process improvement using Six Sigma: a DMAIC guide*. Quality Press.
- Shewhart, William A. 1931. *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. Macmillan And Co Ltd, London.
- Smetkowska, Monika, and Beata Mrugalska. 2017. "Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 238: 590-596. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042818300697>.
- Sokovic, Mirko, Dusko Pavletic, and Karmen Pipan. 2010. "Quality Improvement Methodologies - PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS." 43 (1): 476-483.
- Taguchi, Genich, and Elsayed Elsayed. 1989. *Quality Engineering in Production Systems*. McGraw-Hill Book Company.
- Têxtil, Portugal. 2017. "Têxteis para automóvel em mudança." Acedido a 3 de abril de 2022. <https://www.portugaltextil.com/texteis-para-automovel-em-mudanca/>.

ANEXO A: Artigo produzido na Empresa X



ANEXO B: Quadro de Kobetsu Kaizen

LOGO


KAIZEN™
INSTITUTE

DATA INÍCIO ____/____/____
 DATA FIM ____/____/____
 ÚLTIMA ATUALIZAÇÃO ____/____/____

1. CLARIFICAR ÂMBITO E PROPÓSITO: ✓

2. ANALISAR SITUAÇÃO ATUAL: ✓

3. DEFINIR ESTADO FUTURO: ✓

4. PROCURAR CAUSAS-RAÍZ: ✓

5. DESENHAR SOLUÇÕES: ✓

6. TESTAR SOLUÇÕES: ✓

7. ATUALIZAR PLANO DE AÇÕES: ✓

8. CONFIRMAR RESULTADOS E NORMALIZAR: ✓

9. LIÇÕES APRENDIDAS E DESMULTIPLICAÇÃO: ✓

Gestor Projeto:

Equipa de Projeto:

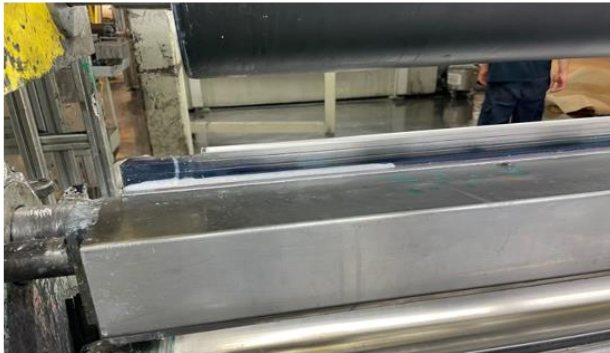
Sponsors:

ANEXO C: Cronograma de implementação do projeto

	Ferramenta Utilizada	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7	Sem. 8	Sem. 9	Sem. 10	Sem. 11	Sem. 12	Sem. 13	Sem. 14	Sem. 15	Sem. 16
Reestruturação do Modelo de Qualidade																	
Redução da Sujidade	<i>Kobetsu Kaizen</i>																
Clarificação do âmbito e propóstio																	
Análise situação atual																	
Definição estado alvo																	
Identificação causas-raiz																	
Desenho de soluções																	
Atualização plano de ações																	
Confirmação de resultados e normalizações																	
Lições aprendidas																	
Redução da Espuma Expandida - Sprint 1	<i>Kobetsu Kaizen</i>																
Clarificação do âmbito e propóstio																	
Análise situação atual																	
Definição estado alvo																	
Identificação causas-raiz																	
Desenho de soluções																	
Atualização plano de ações																	
Confirmação de resultados e normalizações																	
Lições aprendidas																	
Redução da Espuma Expandida - Sprint 2	<i>DMAIC</i>																
Definição do problema																	
Medição do estado atual																	
Identificação causas-raiz																	
Desenho de melhorias																	
Controlo das melhorias implementadas																	

ANEXO D: Exemplos de Sujidade

Laca Seca



Balseiros

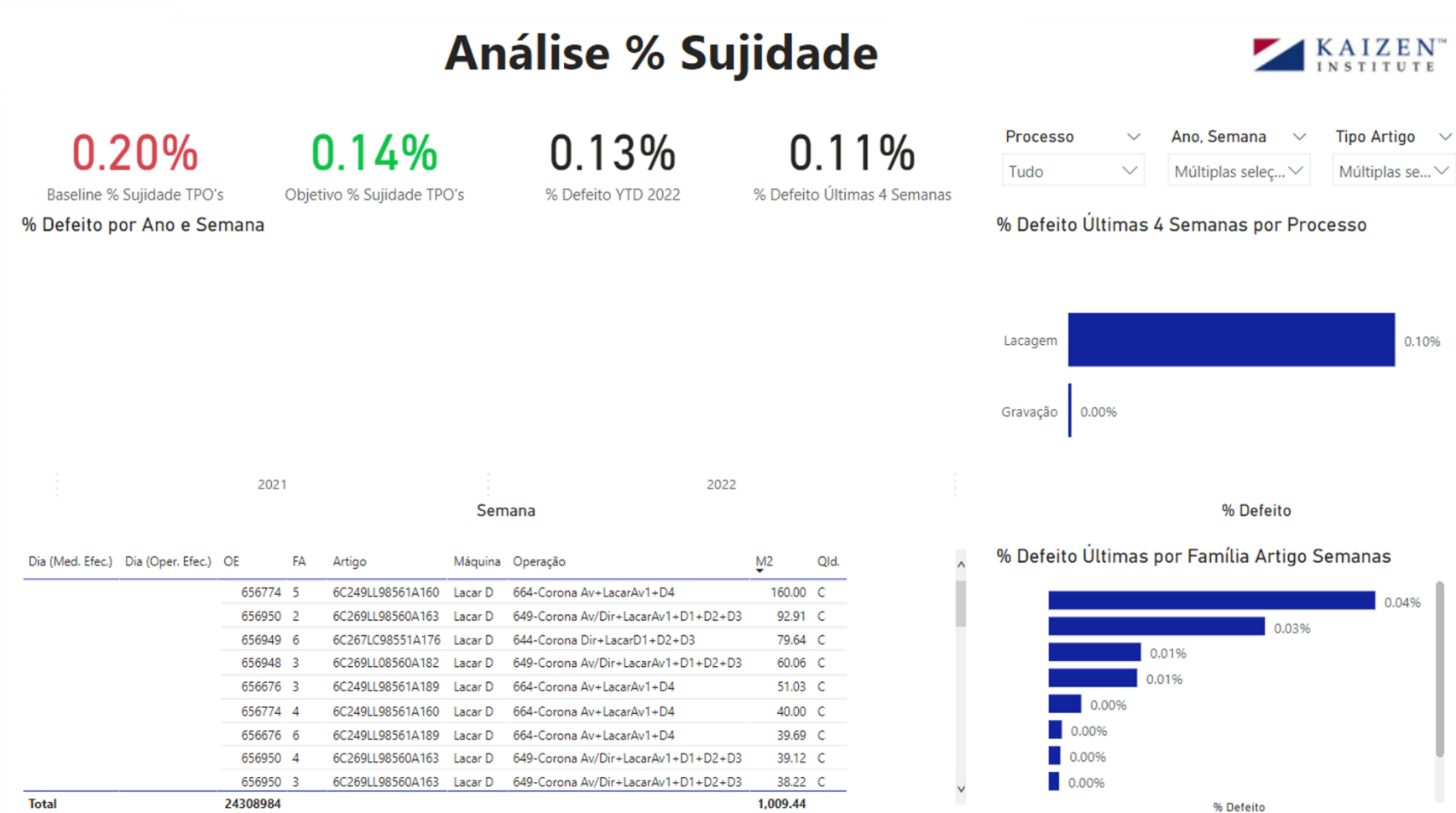


Bi-filtros

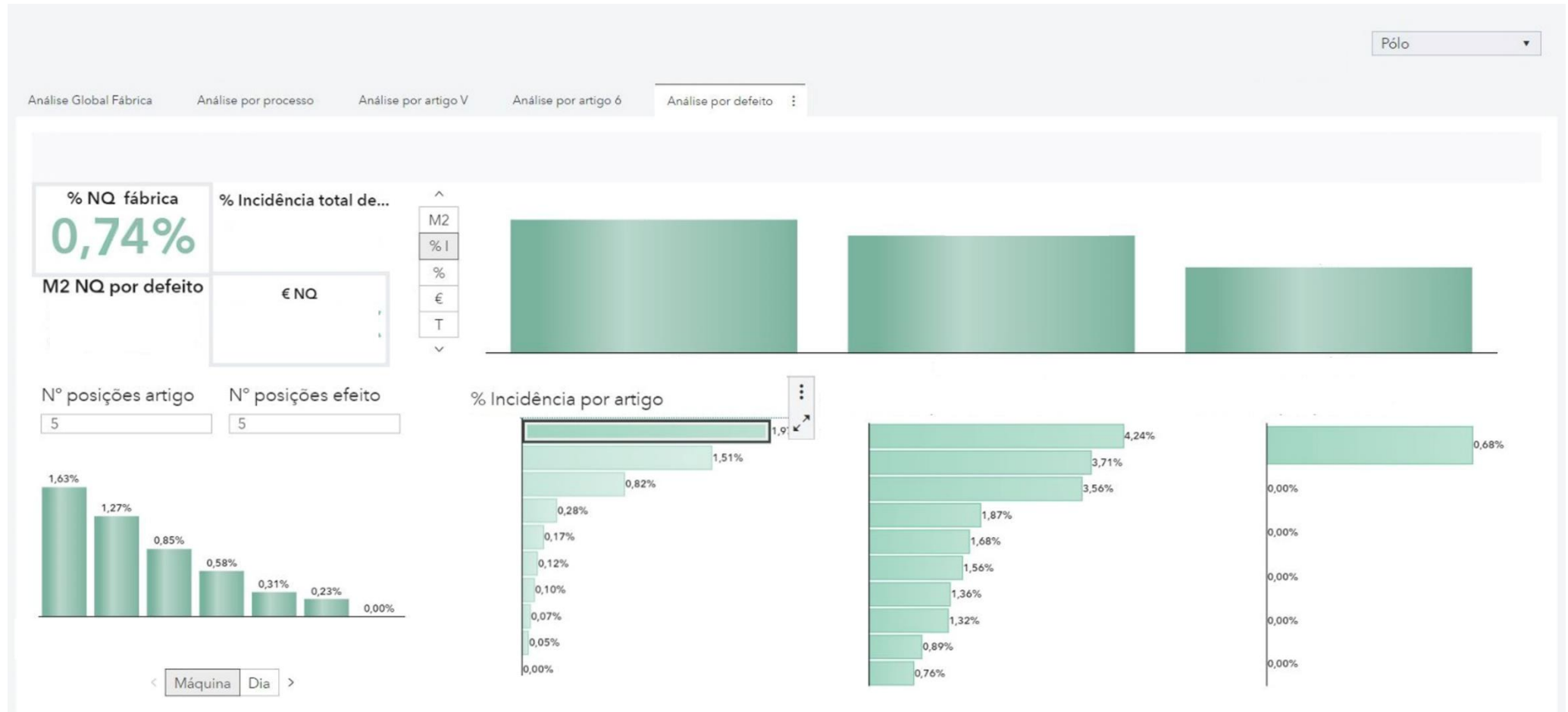


Outros Locais

ANEXO E: Interface de acompanhamento da Sujidade



ANEXO F: Interface de acompanhamento da Espuma Expandida



ANEXO G: Diagrama de relações da densidade de espuma

