



ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARTÃO ONDULADO

MARCELO JOSÉ SEABRA AZEVEDO

dezembro de 2017

ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARTÃO ONDULADO

Marcelo José Seabra Azevedo

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARTÃO ONDULADO

Marcelo José Seabra Azevedo
1120558

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação da Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira e do Doutor Francisco José Gomes da Silva.

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Mecânica

JÚRI

Presidente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Orientador

Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

AGRADECIMENTOS

Aproveito para agradecer ao Sr. João Calheiros pela oportunidade que me foi concedida para realizar este trabalho na sua empresa, não esquecendo também todo o apoio dado pelo Sr. Carlos Calheiros e pelo diretor de produção António Vieira.

Quero deixar aqui também um agradecimento especial ao responsável de secção e a todos os colaboradores da contracolagem pela sua disponibilidade e ajuda prestada e pela forma como fui sempre recebido.

Agradeço todo o apoio e disponibilidade demonstrados pela minha orientadora Eng.ª Maria Teresa Pereira e pelo meu co-orientador Eng.º Francisco Silva.

Por fim, quero agradecer aos meus pais por tudo aquilo que me proporcionaram ao longo de todo o meu percurso académico. Foi fundamental todo o apoio dado para completar mais esta etapa.

PALAVRAS CHAVE

Lean; Contracolagem; Cola de Amido; Empeno; Desperdícios;

RESUMO

Os sistemas produtivos das empresas têm de ser redesenhados e redefinidos para fazer face à grande competitividade existente no mercado global atual. O *lean*, ou sistema de produção da Toyota (*TPS – Toyota Production System*), defende a utilização dos recursos mínimos necessários em cada atividade, e o seu objetivo é o de identificar e remover qualquer atividade existente no processo ou cadeia de abastecimento que não acrescente valor.

Este trabalho foi desenvolvido na secção de contracolagem de uma empresa pertencente ao setor da cartonagem. Neste setor, são produzidos os planos que dão origem às embalagens, através da união entre o cartão ondulado e os planos impressos no setor anterior. Este trabalho foi desenvolvido com base no ciclo PDCA, tendo em consideração as suas quatro etapas distintas. Em primeiro lugar, foi efetuada uma análise do estado inicial do setor, através da recolha de dados nas duas linhas existentes, e concluiu-se que existia uma grande variabilidade nos parâmetros do processo utilizados em trabalhos iguais. Procedeu-se à identificação dos principais problemas no processo, e concluiu-se que planos empenados e planos descolados, eram os principais motivos de preocupação. Foram implementadas cartas de controlo para a cola de amido e, através da análise destas e da utilização de diagramas causa-efeito, foram implementadas diversas alterações no circuito da cola, e na própria receita da cola. Diminuiu-se a pressão de vapor da caldeira de 12 bar para 8 bar, e implementou-se uma tabela de temperaturas a fornecer aos papéis, em função da sua gramagem.

Os resultados obtidos demonstram que ocorreu uma diminuição na percentagem de desperdícios no setor, que rondavam os 9 a 12%, para valores próximos de 4%. Em relação ao consumo da cola de amido, este baixou de 11 g/m² para os 8 g/m². O consumo energético, nomeadamente de gás, teve uma poupança na ordem dos 9%.

Devido ao seu carácter inovador e aos resultados positivos obtidos, este trabalho representa um pequeno contributo para o setor.

KEYWORDS

Lean; Litho-lamination; Starch Glue; Warp; Waste;

ABSTRACT

Companies' production systems must be redesign and redefined to face the competitiveness demand existent in today's global market. Lean manufacturing or TPS (Toyota Production System) says that minimum resources needed in each activity should be used and its goal is identifying and removing any existing activity in the process or in the supply-chain that does not add value.

The present work was developed in the litho-lamination sector of a company that belongs to the cardboard industry. In this sector are produced plans resulting from the union between corrugated cardboard produced and the sheets printed in the previous sector. The PDCA cycle was the methodology followed during the execution of the work presented. In first place, the initial state of the sector was analyzed by data collection in both existent lines and it was concluded that a great variability was implemented in the parameters used in the process for similar works. The main problems in the process were identified and it was concluded that warp and detached plans were the main reasons of concern. It was implemented a set of measures to reduce these incidences. Control charts were implemented to the starch glue and through the analysis of these charts and cause-effect diagrams several changes to the starch glue circuit and to its own recipe were implemented. The steam pressure of the boiler was reduced from 12 bar to 8 bar and a table with temperatures regarding each paper weight was implemented.

The results obtained show that the percentage of waste in the sector was reduced from values ranging between 9 and 12% to values around 4%. Regarding starch glue consumption, it dropped from 11 g/m² to 8 g/m². The energy consumption, namely gas, had a saving of 9%.

Due to its innovative character and the positive results obtained, this work represents a small contribute to the sector.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

CEP	Controlo Estatístico do Processo
LC	Limite de Controlo
LIC	Limite Inferior de Controlo
LSC	Limite Superior de Controlo
OBM	<i>One Bag Mix</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
PVA	Acetato de Polivinil
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

Lista de Unidades

bar	bar
g/ m ²	Gramas por metro quadrado
kWh	Kilowatt-hora
m ²	Metro quadrado

Lista de Símbolos

\bar{x}	Média das médias
\bar{R}	Amplitude média
μ	Média
σ	Desvio padrão

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Empeno do produto	Curvatura do plano contracolado
<i>Gap da Cola</i>	Quantidade de cola em milímetros aplicada nos papéis
Papel <i>liner</i>	Papel que constitui o interior da caixa
Papel <i>fluting</i>	Papel que é ondulado e fica situado entre o <i>liner</i> e o papel impresso
<i>Kaizen</i>	Melhoria contínua

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - CICLO PDCA	24
FIGURA 2 - EXEMPLOS DE CARTAS CONTROLO: A) EM CONTROLO ESTATÍSTICO; B) FORA DE CONTROLO ESTATÍSTICO	34
FIGURA 3 - VISCOSÍMETRO STEIN HALL	38
FIGURA 4 - PERFIL DO CARTÃO ONDULADO	44
FIGURA 5 - EXEMPLOS DE EMBALAGENS PRODUZIDAS	44
FIGURA 6 - DIAGRAMA DO PROCESSO DE CONTRACOLAGEM	45
FIGURA 7 - PRINCIPAIS ETAPAS DO PROCESSO	46
FIGURA 8 - PROCESSO DE FABRICO DO SINGLE FACE (JOHNSON, ET AL., 2015)	47
FIGURA 10 – UNIDADE APLICADORA DE COLA (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	48
FIGURA 10 - COLAGEM DA FOLHA IMPRESSA COM O SINGLE FACE (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	48
FIGURA 11 - ZONA DE TAPETES QUE CONFEREM A COLAGEM FINAL (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	48
FIGURA 12 - EFEITO WASHBOARD (WENDLER, 2006)	49
FIGURA 13 - PONTOS DE MEDIÇÃO DAS TEMPERATURAS DOS PAPÉIS (RAIMOND RIUS, 2013)	50
FIGURA 14 - PRÉ-AQUECEDOR (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	52
FIGURA 15 - PLANIMETRIA DA OBRA NA PALETE (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	53
FIGURA 16 - CONTROLO DE QUALIDADE DA COLAGEM COM COLA DE AMIDO (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	53
FIGURA 17 - CONTROLO DE QUALIDADE DA COLAGEM COM COLA DE AMIDO (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	54
FIGURA 18 - SISTEMA DE CONTROLO DAS TEMPERATURAS EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	55
FIGURA 20 - RASPADOR MAL AJUSTADO OU DESGASTADO (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	56
FIGURA 21 - ROLO DOCTOR COM ASPETO LIMPO E BRILHANTE (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	56
FIGURA 22 - COZINHA DA COLA DE AMIDO (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	57
FIGURA 23 - PLC DA COZINHA (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	57
FIGURA 24 - CARTA DE CONTROLO DAS AMPLITUDES LINHA 17	58
FIGURA 25 - CARTA DE CONTROLO DAS MÉDIAS LINHA 17	58
FIGURA 26 - CARTA DE CONTROLO DAS MÉDIAS LINHA 19	58
FIGURA 27 - CARTA DE CONTROLO DAS AMPLITUDES LINHA 19	59
FIGURA 28 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA A COLA DE AMIDO	60
FIGURA 29 - SILO DE ARMAZENAMENTO DA COLA DE AMIDO (CALHEIROS EMBALAGENS, 2017)	60
FIGURA 30 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE COLA DE AMIDO	62
FIGURA 31 - COMPARAÇÃO ENTRE CONSUMO DE GÁS ANTES E APÓS REDUÇÃO DA PRESSÃO	64
FIGURA 32 - DESPERDÍCIOS DA CONTRACOLAGEM	65
FIGURA 33 - CÁLCULO DO EMPENO	86

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - OS OITO DESPERDÍCIOS DA INDÚSTRIA (VARGAS, 2017)	29
TABELA 2 - DEFINIÇÃO DOS 5'S (MICHALSKA & SZEWIECZEK, 2007)	31
TABELA 3 - PROPRIEDADES DO ACETATO DE POLIVINIL (MESQUITA, 2002)	38
TABELA 4 – TIPOS DE CARTÃO ONDULADO (BIELECKI, ET AL., 2011)	44
TABELA 5 - RELAÇÃO ENTRE PRESSÃO DE VAPOR E TEMPERATURA DO GRUPO ONDULAR (ENERO, 2004)	51
TABELA 6 - TEMPERATURA DOS PAPÉIS, EM FUNÇÃO DA SUA GRAMAGEM	52
TABELA 7 - COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE AMIDO OBM E AMIDO NATIVO	61
TABELA 8 - POUPANÇA NO CONSUMO DE GÁS EM %	64
TABELA 9 - ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS PROPOSTAS DE MELHORIA FORMULADAS	66
TABELA 10 - EVOLUÇÃO NO CONSUMO DE COLA DE AMIDO	71
TABELA 11 - EVOLUÇÃO DOS DESPERDÍCIOS ASSOCIADOS AO PROCESSO	72
TABELA 12 - DADOS RECOLHIDOS JUNTO DAS ONDULADORAS	81
TABELA 13 - REGISTOS DOS LOTES DE COLA	83
TABELA 14 - REGISTO DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E VISCOSIDADE DA COLA	84
TABELA 15- DADOS RELATIVOS AO CONSUMO DE GÁS	85

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Enquadramento.....	23
1.2	Objetivos	23
1.3	Metodologia	24
1.4	Organização da dissertação.....	25
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
2.1	Lean manufacturing (produção enxuta).....	29
2.2	As sete ferramentas da qualidade.....	32
2.2.1	Diagrama Causa-Efeito	32
2.3	Controlo estatístico do processo (CEP)	33
2.3.1	Cartas controlo	33
2.4	Estado da arte relativo à indústria do cartão canelado	35
2.5	Constituição de uma placa contracolada	37
2.5.1	Cola de amido	37
2.5.2	Cola PVA (Acetato de Polivinil)	38
2.5.3	Produção do single-face	39
2.6	Conclusão	39
3	DESENVOLVIMENTO	43
3.1	Apresentação da empresa.....	43
3.2	Produto.....	43
3.3	Secção da Contracolagem	45
3.4	Estudo do processo de contracolagem	50
3.4.1	Temperaturas dos papéis e gap de cola	51
3.4.2	Cola de amido	57
3.4.3	Consumo de cola de amido, de gás e desperdícios no setor	62
3.5	Considerações finais.....	65
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	71
4.1	Conclusões.....	71
4.2	Proposta de trabalhos futuros	72
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	75
6	ANEXOS	81
6.1	Dados recolhidos no setor.....	81
6.2	Registos	83
6.3	Dados relativos ao consumo de gás.....	85
6.4	Cálculo do empeno de uma placa	86
6.5	Fórmulas para elaboração das Cartas de controlo.....	86

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Organização da dissertação

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feito um breve enquadramento do projeto, fazendo também referência aos objetivos traçados. Por fim, é feita uma pequena exposição da forma como esta dissertação se encontra organizada.

1.1 Enquadramento

Os sistemas produtivos das empresas têm de ser redesenhados e redefinidos para fazer face à grande competitividade existente no mercado global atual (Lasa, et al., 2009).

A Calheiros Embalagens é uma empresa que se dedica ao fabrico de embalagens em cartolina ou cartão ondulado, com impressão *offset*. O fabrico do cartão ondulado é realizado no setor da contracolagem, onde existem duas linhas, cada uma composta por uma onduladora e uma contracoladora. Este é um setor fundamental para a concepção da embalagem e para a sua qualidade final.

Antes da realização deste trabalho, existiam diversos problemas que afetavam o setor, tais como o empeno do produto, má colagem, consumos excessivos de cola e desperdícios elevados associados ao processo. Este trabalho foi realizado devido à necessidade de melhorar a qualidade do produto final, através da diminuição ou eliminação de problemas relacionados com o processo, nomeadamente empeno e má colagem dos planos produzidos. Existia também a necessidade de identificar os parâmetros chave no processo, e padronizá-los, para eliminar a variabilidade introduzida pelo fator operador.

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivos:

- A diminuição do consumo de cola de amido;
- A diminuição dos desperdícios associados ao processo;
- O aumento da produtividade;
- A diminuição de custos do processo.

1.3 Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho é apresentada na figura 1 e tem como base o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), que é um método bastante conhecido utilizado em melhoria contínua do processo. Esta metodologia consiste em quatro passos (Johnson, 2002):

1. **Planear:** identificar um problema e planejar as ações a tomar;
2. **Fazer:** implementação das ações;
3. **Verificar:** avaliar o resultado das ações implementadas;
4. **Atuar:** agir em conformidade com os resultados obtidos no passo verificar.

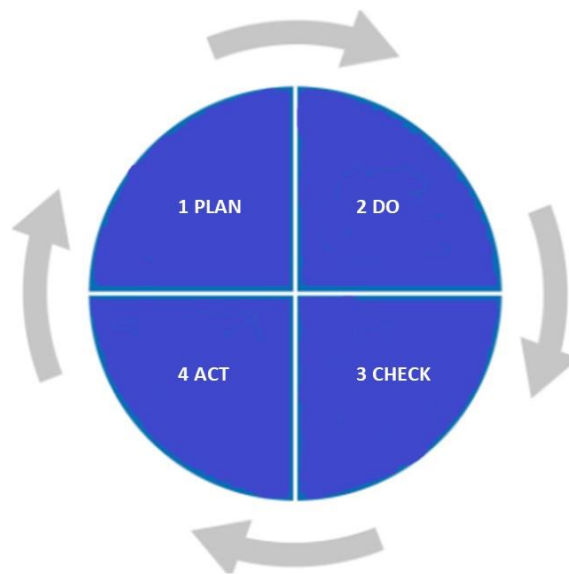


Figura 1 - Ciclo PDCA

Na primeira fase, foram realizadas recolhas diárias de dados no setor, para avaliar qual o estado do mesmo. Foi implementado controlo estatístico do processo, através das cartas de controlo para a cola de amido e, com base na análise dos gráficos e através da utilização de diagramas causa-efeito, foram planeadas medidas a implementar.

Na segunda fase, foram implementadas alterações ao processo, com base na análise feita na primeira fase.

Após a implementação dessas alterações, durante a terceira fase, foi feita uma avaliação do resultado de cada uma delas e, em função dessa avaliação, durante a fase 4, foram tomadas novas medidas.

1.4 Organização da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. No capítulo 1 foi efetuado um enquadramento sobre o tema do trabalho, e foram descritos os objetivos do mesmo.

No capítulo 2 é realizada uma revisão da literatura sobre os temas fundamentais, nos quais este trabalho assenta.

No capítulo 3 é apresentada a empresa, bem como o seu produto. Além disso, é feita uma descrição exaustiva da secção e do seu processo.

No capítulo 4 são apresentadas as conclusões do trabalho, bem como trabalhos ou projetos a desenvolver no futuro, a curto ou médio prazo.

No capítulo 5 é apresentada a bibliografia consultada.

No capítulo 6 são apresentados os anexos, que incluem documentação importante criada durante o decurso do trabalho, bem como tabelas com dados recolhidos sobre o processo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Lean manufacturing (produção enxuta)

2.2 As sete ferramentas da qualidade

2.2.1 Diagrama Causa-Efeito

2.3 Controlo estatístico do processo (CEP)

2.3.1 Cartas controlo

2.4 Estado da arte relativo à indústria do cartão canelado

2.5 Constituição de uma placa contracolada

2.5.1 Cola de amido

2.5.2 Cola PVA (Acetato de Polivinil)

2.5.3 Produção do single-face

2.6 Conclusão

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Lean manufacturing* (produção enxuta)

O conceito de *lean manufacturing* teve origem na Toyota e foi implementado nessa mesma empresa em 1988. Esta filosofia foi desenvolvida com o objetivo de sobreviver com os mínimos recursos necessários numa crise económica. A redução de desperdícios foi definida como objetivo no chão de fábrica, devido à grande escassez de materiais e recursos humanos e financeiros. Graças à grande eficiência e produtividade do seu sistema de produção, a Toyota sobreviveu e prosperou durante um período em que as condições económicas eram mais difíceis (Cirjaliu & Draghici, 2016). Esta metodologia foi adotada por muitas indústrias de diferentes países, devido ao seu custo, qualidade e flexibilidade (Muslimen, Yusof, & Abidin, 2011). De acordo com esta filosofia, a utilização de recursos que não acrescente qualquer valor para o cliente deve ser eliminada.

A essência desta filosofia assenta na redução dos desperdícios gerados. Isto pode ser atingido através do combate aos denominados sete desperdícios (ver tabela 1): defeito, transporte, movimentação, excesso de *stock*, excesso de produção e mau ou super processamento, que não acrescentam valor e devem por isso ser combatidos, para satisfazer o cliente (Vargas, 2017).

Tabela 1 - Os oito desperdícios da indústria (Vargas, 2017)

Desperdício	Descrição
Espera	Tempo de espera de materiais, pessoas, equipamentos ou informações
Defeito	Produto que não corresponde às especificações
Transporte	Transporte de materiais que não acrescenta valor
Movimentação	Movimento de pessoas que não acrescenta valor
Excesso de <i>stock</i>	Excesso de inventário de matéria-prima
Excesso de produção	Excesso de inventário de produto acabado
Subutilização dos colaboradores	Desperdício do conhecimento, experiência e habilidade existente nos colaboradores
Super ou mau processamento	Etapas no processo que não acrescentam valor

Esta metodologia assenta em cinco princípios (Campos de Araujo & Rentes, 2006):

1. Especificar, do ponto de vista do cliente, o que gera e não gera valor;
2. Identificar todos os passos necessários à produção do produto ao longo de toda a linha de produção, com o objetivo de eliminar desperdícios;
3. Criar um fluxo de valor contínuo, sem esperas ou interrupções;
4. Produzir apenas o que o cliente pede;
5. Ter a melhoria contínua como objetivo, procurando eliminar desperdícios.

A filosofia TPS apresenta um conjunto de ferramentas úteis para alcançar os objetivos de redução de desperdícios e aumento de produtividade, das quais se destacam (Pinto, 2008):

Kaizen

Kaizen significa melhoria contínua de um processo individual, ou de um fluxo, com o objetivo de gerar mais valor, com menos desperdício. Um evento *Kaizen* pode ser definido como uma equipa focada em implementar metodologias *lean* numa área particular, e num curto espaço de tempo (Campos de Araujo & Rentes, 2006).

Apesar de se tratar mais de uma atitude do que de uma ferramenta, é absolutamente necessário ocorrer a mudança no tipo de pensamento tradicional do ocidente de que se não está avariado, não se arranja. Existe um conjunto de ferramentas associado a uma cultura *Kaizen*, tais como, diagramas causa-efeito, diagramas *Pareto* e análise dos 5 porquês. Esta cultura baseia-se em 5 elementos (Kocaküläh, Brown, & Thomson, 2008):

1. Círculos da qualidade: grupos que se reúnem para discutir os níveis da qualidade relativos a todos aspetos da organização.
2. Trabalho em equipa: o objetivo é o de ajudar os colaboradores a verem-se como membros de uma equipa e não como competidores.
3. Autodisciplina: para que a equipa se mantenha forte é fundamental que exista um compromisso individual com a autodisciplina.
4. Moral elevada: para que no longo prazo se alcancem bons resultados ao nível da produtividade e da eficiência, é crucial a existência de uma moral forte na equipa de trabalho.
5. Sugestões para a melhoria: pedindo feedback aos colaboradores, a gestão assegura que todos os problemas são analisados antes de adquirirem uma maior importância.

Metodologia 5S

Esta metodologia baseia-se em cinco etapas, apresentadas na tabela 2, cujas iniciais são a letra S. Foi desenvolvida em 1950, por Kaoru Ishikawa. As cinco etapas referidas são:

Tabela 2 - Definição dos 5'S (Michalska & Szewieczek, 2007)

Senso	Significado	Definição
Seiri	Organização	Eliminação de ferramentas e materiais que não são necessários no local de trabalho
Seiton	Ordenar	Ferramentas, materiais e equipamentos devem ser ordenados de forma fácil e que garanta um acesso eficiente. Deve existir um lugar para cada item e esse deve estar sempre no seu lugar
Seiso	Limpeza	Indica a necessidade de manter o local de trabalho sempre limpo. Deve ser feita uma limpeza no final de cada turno
Seiketsu	Uniformização	Definir regras de organização, arrumação e limpeza na organização
Shitsuke	Disciplina	Manter os padrões definidos

O objetivo desta metodologia é que todos trabalhem de forma autónoma, para que haja uma melhor qualidade, produtividade e segurança no trabalho (Cunha, 2012).

SMED

A metodologia criada por Shigeo Shingo denomina-se de Single Minute Exchange Die e propõe que os *setups* sejam realizados até um máximo de 10 minutos, tempo que pode ser atingido através da racionalização das tarefas realizadas pelo operador (Costa, Sousa, Bragança, & Alves, 2013). Uma operação de *setup* consiste no processo completo necessário para trocar da produção de um determinado produto para outro distinto até se atingir uma determinada taxa de produção com qualidade (Pereira, 2008).

Esta ferramenta é utilizada para obter uma redução dos tempos de *setup* dos processos bem como os desperdícios que ocorrem nas operações de troca. A aplicação desta metodologia requer um conhecimento profundo de todo o processo para que se conheça em detalhe todas as operações de *setup*. As operações de *setup* podem ser divididas em 2 categorias distintas: as operações internas, que só podem ser realizadas com a máquina parada e as operações externas, que podem ser realizadas com a

máquina em funcionamento. A aplicação desta metodologia é feita em 4 passos (Costa *et al.*, 2013):

- Etapa preliminar: operações de *setup* internas e externas não são diferenciadas
- Etapa 1: separação das operações internas das externas
- Etapa 2: converter as etapas internas em externas
- Etapa 3: racionalizar as etapas internas e externas

A redução dos tempos de *setup* oferece várias vantagens às empresas, nomeadamente, redução de stocks, do tamanho dos lotes e da sua movimentação e melhorias na qualidade do produto e flexibilidade na produção (Costa *et al.*, 2013).

2.2 As sete ferramentas da qualidade

As sete ferramentas da qualidade são ferramentas estatísticas utilizadas para a resolução de problemas. Estas ferramentas ou tiveram a sua origem no Japão ou foram introduzidas no Japão pelos gurus da qualidade como Deming e Juran. Kaoru Ishikawa afirmou que estas sete ferramentas podem ser utilizadas na resolução de 95% dos problemas. Estas foram as ferramentas responsáveis pelo ressurgimento industrial do Japão após a segunda guerra mundial. As ferramentas usadas na resolução de problemas da qualidade são: diagrama de *Pareto*, diagrama causa-efeito, cartas de controlo, histograma, gráfico de dispersão, folha de verificação e fluxograma (Magar & Shinde, 2014).

2.2.1 Diagrama Causa-Efeito

O diagrama de Ishikawa ou causa-efeito foi inventado por Kaoru Ishikawa no Japão na década de 60. Este diagrama é também conhecido como diagrama de espinha de peixe por causa da sua forma. A cabeça do diagrama representa o problema principal. As causas para o problema, que geralmente são obtidas através de *brainstorming* ou pesquisa, são preenchidas ao longo das ramificações (Wong, 2011). Esta ferramenta ajuda a identificar, ordenar e mostrar quais são as causas de um problema específico ou de uma característica da qualidade. De uma forma gráfica, são ilustradas as relações entre um resultado e todos os fatores que influencia esse resultado, permitindo dessa forma identificar as causas raízes para um determinado problema (Ahmed & Ahmad, 2011).

2.3 Controlo estatístico do processo (CEP)

O controlo estatístico de processo é um sistema de controlo do processo realizado por amostragem, que tem como objetivo monitorizar o processo, procurando a existência de causas especiais que estejam a atuar no processo, e que prejudiquem a qualidade do produto. Após a sua identificação, é possível implementar medidas no sentido de as eliminar, e melhorar a qualidade do produto. Com a utilização deste sistema, é possível obter uma imagem do processo, identificando a variabilidade e dando a possibilidade de a controlar ao longo do tempo, através da recolha contínua de dados, análise e eliminação das causas especiais que tornam o sistema instável. O CEP abre as portas para a melhoria contínua, pois garante um processo estável, previsível, com capacidade definida e cuja evolução pode ser acompanhada (Ribeiro & Caten, 2012).

2.3.1 Cartas controlo

As cartas de controlo foram propostas em 1920 por Shewhart e tem uma vasta aplicação, principalmente em processos produtivos. Uma carta de controlo é um gráfico de valores de uma característica da qualidade, onde, ao longo de vários períodos de tempo, é possível verificar a existência de desvios em relação ao funcionamento normal do processo. Estas cartas foram desenhadas para controlar uma única característica, em termos de média e variância. Existem dois tipos de cartas de controlo: cartas por variáveis e cartas por atributos (Senturk & Erginel, 2009). Com estes gráficos, é possível determinar estatisticamente os limites de controlo superior e inferior, bem como a linha central (ver fig. 3).

Se todos os pontos estiverem distribuídos dentro dos limites de controlo, e não assumirem uma forma particular, considera-se que o processo se encontra sob controlo estatístico. Caso exista um ou mais pontos fora dos limites de controlo, ou o conjunto de valores assuma uma forma particular, o processo não se encontra em controlo estatístico e, por isso, é necessário identificar as causas e tomar ações para eliminar as causas especiais que estão a afetar o processo (Oliveira *et al.*, 2013).

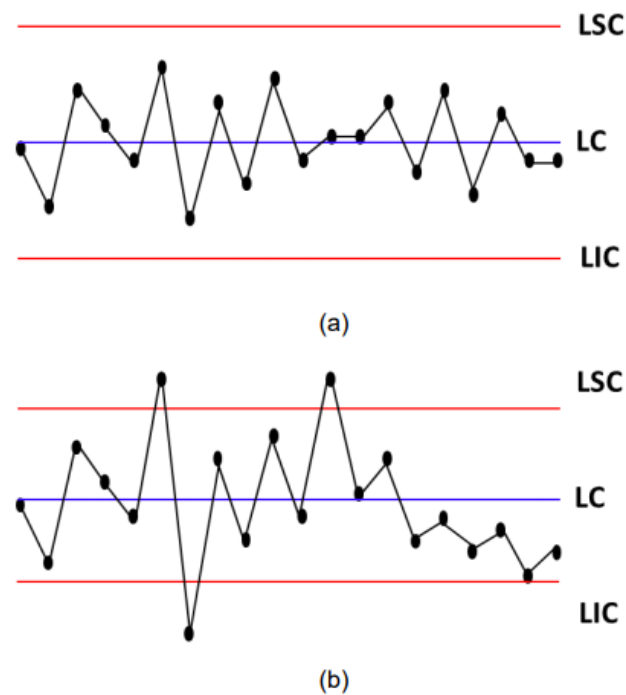


Figura 2 - Exemplos de cartas de controlo: a) Em controlo estatístico; b) Fora de controlo estatístico

Se W corresponder a uma distribuição normal com média μ e desvio padrão σ , então os limites são calculados da seguinte forma:

- $LSC = \mu + 3\sigma$
- $LC = \mu$
- $LIC = \mu - 3\sigma$

Para construir uma carta de controlo, é necessário seguir um conjunto de passos:

- Definir os processos a controlar;
- Definir as características do processo a controlar;
- Definir os equipamentos necessários para efetuar as medições, e as pessoas responsáveis por essas medições;
- Escolher o tipo de carta de controlo, que podem ser cartas de controlo por variáveis, se a característica medida for passível de ser expressa como uma variável contínua na forma numérica, ou por atributos, quando a característica medida não é passível de ser expressa na forma numérica;

A elaboração de uma carta de controlo implica um conjunto de passos a seguir:

1º Recolha de dados

Com o processo a decorrer, os dados são registados de forma criteriosa, para que seja possível traçar um gráfico.

2º Controlo e análise

São calculados os limites de controlo, com base nos dados recolhidos. Estes refletem a variação previsível resultante da presença de causas comuns. Estes são colocados num gráfico que serve de guia à análise do processo. Os dados são analisados no sentido de perceber se as variações do sistema se devem apenas a causas comuns, ou se existem causas especiais a atuar. Caso isso aconteça, devem ser tomadas ações corretivas.

Deve-se proceder à recolha de novos dados, recalcular novamente os limites, verificar e proceder de igual forma.

3º Melhoria da capacidade

Depois de todas as causas especiais terem sido eliminadas e o processo estar sob controlo estatístico, a capacidade do processo pode ser calculada (Benneyan, 1998).

2.4 Estado da arte relativo à indústria do cartão canelado

Existem reportados na literatura uma vasta gama de trabalhos ligados à indústria do cartão ondulado, tais como trabalhos relacionados com a melhoria da produtividade, através da diminuição do número e tempo de *setup*, melhoria da qualidade através da redução do número e percentagem de artigos defeituosos, e também trabalhos relacionados com o tipo de matéria-prima utilizada, entre outros.

Em países em desenvolvimento, como a Índia, existe uma grande evolução ao nível da automação dos processos produtivos. É muito importante utilizar bem os recursos existentes e eliminar operações que não acrescentem valor. A utilização da metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*), tem um papel muito importante ao permitir a redução dos tempos de *setup*. Com um investimento muito reduzido, a aplicação desta técnica permitiu uma redução em 86% dos tempos de *setup* (Garg *et al.*, 2016). Esta metodologia também foi implementada numa unidade da Portucel, em Leiria, seguindo as cinco etapas a descritas seguidamente: na etapa 1, é realizado um estudo do trabalho, para que se consiga depois separar trabalho interno de trabalho externo (etapa 2). A etapa 3 consiste em transformar trabalho interno em externo. Na etapa 4, caso seja impossível transformar todas as tarefas internas em externas, estas devem ser reduzidas ou eliminadas. A etapa 5 tem como objetivo a redução do número de tarefas externas ao *setup* (Perez, 2009).

No trabalho de Roriz *et al.* (2017), foi desenvolvido um trabalho utilizando metodologias *lean*, com o intuito de melhorar a qualidade dos processos. Através da utilização de diagramas de *Pareto*, diagramas causa-efeito, indicadores de desempenho e análise de tempos de *setup*, foi possível identificar problemas como tempos de *setup* elevados, baixa disponibilidade de máquinas e falta de organização no posto de trabalho. Foram implementadas metodologias como SMED e 5S que permitiram alcançar uma redução

nos tempos de *setup* de 47% que corresponde a uma poupança de 10114 € (Roriz, Nunes, & Sousa, 2017).

Num trabalho desenvolvido na Europac, em Ovar, foi implementada a metodologia DMAIC da filosofia Seis Sigma. Foi assim possível entender quais os fatores críticos de qualidade que deviam ser melhorados a curto prazo, e quais as variáveis com maior impacto. Foi efetuada uma recolha intensiva de dados e um controlo estatístico do processo, que permitiu concluir que os papéis eram sujeitos a um aquecimento exagerado, que lhes retirava demasiada humidade. Isso conduzia a roturas de papel que levam a paragens de máquina, e a centenas de metros de papel desperdiçado, bem como um consumo exagerado de cola. O produto final era quebradiço, seco, com baixa resistência e elasticidade, e com empenos que levavam a reclamações por parte dos clientes. Graças às medidas implementadas, verificou-se uma diminuição de 75% no número de roturas de papel, e um aumento de produtividade de 3% (Alves, 2013).

Foram propostas alterações às formulações de adesivos à base de amido, utilizados no fabrico de cartão ondulado, procurando otimizar a velocidade da máquina, melhorar o aproveitamento da matéria-prima e de energia, que se refletissem em ganhos na produção. Além de adaptações ao nível da formulação, este trabalho também relata resultados da utilização de um aditivo modificador reológico, que resulta em reduções na aplicação de cola e uma melhoria na qualidade da colagem obtida (Rodrigues, Chagas & Aguiar, 2014).

Segundo Rudawska *et al.* (2016), mudanças organizacionais e a nível técnico, são fundamentais para a sobrevivência e desenvolvimento de uma organização. Empresas focadas no desenvolvimento constante, devem adquirir vantagens competitivas. Foi realizado um diagnóstico, que conduziu a uma série de recomendações no sentido de tornar a produção mais eficiente através da aquisição de novos equipamentos, e de uma reestruturação do *layout* da empresa.

2.5 Constituição de uma placa contracolada

2.5.1 Cola de amido

Atualmente, quase todo o cartão ondulado produzido é colado, utilizando cola de amido. A cola de amido consiste numa mistura de amido nativo, bórax, soda cáustica e água, suspensos numa pasta de amido cozinhado. A soda cáustica tem como função auxiliar a gelatinização da cola. Um aumento da quantidade de soda cáustica presente na mistura, baseada na quantidade total de amido, provoca a diminuição da temperatura de gelatinização da cola. O papel do bórax na mistura, é o de conferir viscosidade à cola, e de fornecer poder de colagem à cola. Normalmente, a porção cozinhada de amido que serve de veículo ao amido cru, corresponde entre 15 a 20% do total do amido misturado com água e soda cáustica. A percentagem de sólidos na cola, situa-se entre os 23 e os 35%, para atingir uma viscosidade final entre 30 e 50 segundos *Stein Hall* (Casco, 2006).

Depois da cola ser aplicada no topo das cristas do papel ondulado e aquecida, esta gelatiniza, originando o denominado *green bond* (Casco, 2006). O ponto de gel da cola, corresponde à temperatura a que o adesivo líquido se transforma em sólido, ou gel. A gelatinização ocorre quando os grãos crus absorvem água e incham, solubilizando. A cola de amido gelatinizada, estabelece ligações entre os seus grupos de hidrogénio e as cadeias de hidróxilo da celulose, presentes nos papéis. A transferência de calor é crítica, para que ocorra a gelatinização da cola (Johnson & Popil, 2015).

O controlo de qualidade da cola de amido, é realizado com base em dois parâmetros distintos: a temperatura e a viscosidade. O valor de viscosidade adequado é de $35 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$, medida com um viscosímetro de *Stein Hall* (figura 2). Este viscosímetro corresponde a um cilindro metálico que possui dois pinos no seu interior, espaçados entre si. A distância entre estes corresponde a um volume exato de 100 ml de líquido. Para se proceder à medição da viscosidade, enche-se o viscosímetro de cola e este flui através de um pequeno orifício, na parte inferior do cilindro. O tempo que a cola demora a percorrer a distância entre os 2 pinos, em segundos, corresponde ao valor da viscosidade para esse lote (Casco, 2006).

Figura 3 - Viscosímetro *Stein Hall*

2.5.2 Cola PVA (Acetato de Polivinil)

De acordo com Mesquita (2002), acetato de polivinil é um polímero amorfo e termoplástico, que possui as propriedades descritas seguidamente na tabela 3.

Tabela 3 - Propriedades do acetato de polivinil (Mesquita, 2002)

Propriedades	Valores
Índice de refração	1.47
Densidade (g·cm ⁻³)	
20°	1.19
60°	1.16
100°	1.13
Absorção de água (%)	3.0
Temperatura de transição vítrea (°C)	28-31
Ponto de amolecimento (°C)	35-50

O PVA é um polímero neutro, insípido, inodoro e não-tóxico. Este polímero não tem um ponto de fusão claramente definido, mas torna-se mole com o aumento da temperatura (Mesquita, 2002).

Este polímero é utilizado em adesivos, tintas e papéis, entre outros. A primeira patente para a utilização deste polímero em adesivos, foi registada em 1926. Este polímero tornou-se o mais importante na indústria das embalagens e de colas para madeira, graças à sua boa adesão a superfícies celulósicas, boa tolerância a outros materiais e resistência a seco (Mesquita, 2002).

2.5.3 Produção do *single-face*

O canal ondulado, independentemente do tipo, é constituído por dois tipos de papéis distintos, um *liner* e um *fluting*.

O *liner* é o papel que permanece liso, e que corresponde ao interior da caixa, enquanto o *fluting* corresponde ao papel que dá origem à onda. Dependendo do tipo de processo que origina o papel e da sua constituição, o *liner* pode ser um *kraftliner* ou um *testliner*. O *kraftliner* é o que apresenta melhor resistência entre os *liners*, e é composto por polpa de celulose, com uma ligeira dose de fibras recicladas. O *testliner* é formado por duas camadas, em que a camada exterior é constituída por polpa de celulose, e a interior por fibras recicladas. Devido ao preço das fibras recicladas ser muito mais baixo que o da celulose, estas têm um peso cada vez maior nas receitas dos papéis e, em alguns casos, os *testliners* são constituídos puramente por fibras recicladas. O *fluting* também pode ser dividido em dois grupos: semi-químico ou *fluting* de papel reciclado (Bielecki *et al.*, 2011).

2.6 Conclusão

Neste capítulo foi feita uma revisão da literatura relativamente a trabalhos desenvolvidos na indústria do cartão que recorreram à metodologia *lean* e às suas ferramentas.

Foi também realizada uma revisão sobre a metodologia *lean* e sobre as ferramentas utilizadas neste trabalho. Este trabalho foi desenvolvido com base na ferramenta *Kaizen*. As outras duas ferramentas abordadas, 5s e SMED, são ferramentas que deverão ser utilizadas nos trabalhos a desenvolver no futuro no setor. Além disso, foi feita uma revisão a duas das sete ferramentas da qualidade, o diagrama causa-efeito e as cartas de controlo. Estas foram as duas ferramentas utilizadas ao longo do trabalho.

Foi também feita uma exposição sobre os constituintes do cartão ondulado, nomeadamente, cola de amido e PVA, e os tipos de papéis constituintes do *single face*.

DESENVOLVIMENTO

3.1 Apresentação da empresa

3.2 Produto

3.3 Secção da Contracolagem

3.4 Estudo do processo de contracolagem

3.4.1 Temperaturas dos papéis e gap de cola

3.4.2 Cola de amido

3.4.3 Consumo de cola de amido, de gás e desperdícios no setor

3.5 Considerações finais

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Apresentação da empresa

A Calheiros Embalagens, SA foi criada em 1968, dedicando-se exclusivamente à tipografia, nessa altura. Em 1972, alargou a sua atividade para o fabrico de embalagens em cartolina, e foi diversificando a sua oferta de produtos com o passar do tempo. Atualmente, a área de negócio da empresa está centrada na produção de embalagens com impressão *offset*, em cartolina ou cartão ondulado.

A empresa está sediada em Ermesinde e conta com duas naves, com 9.000 m² e 3000 m², para produção e armazenamento de matéria-prima e produto acabado, respetivamente.

A Calheiros Embalagens tem como missão produzir e desenvolver soluções de embalagens impressas, com garantia de qualidade, inovação e tecnologia, de forma a satisfazer todas as pessoas envolvidas direta e indiretamente pela sua atividade, sem nunca por em risco o meio ambiente, ou seja, garantindo um desenvolvimento sustentável e responsável, e a sua visão é a de ser reconhecida como líder de mercado na produção de embalagens impressas.

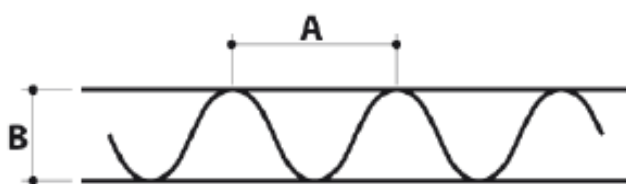
O sistema de gestão integrado assenta numa política de melhoria continua, e encontra-se certificado desde 2003 em qualidade, ambiente e segurança (ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001).

A empresa encontra-se dividida em cinco departamentos, Comercial, Aprovisionamento, Manutenção, Desenvolvimento e Planeamento e Controlo da Produção, e conta com um total de 130 colaboradores.

3.2 Produto

A Calheiros Embalagens, S.A., é uma empresa especialista na produção de embalagens com impressão *offset* em diferentes tipos de matéria-prima, nomeadamente, canal B, canal E e canal F, que variam entre si pela altura e passo da onda, e ainda canal duplo BB, canal duplo BE e canal reforçado, que consiste na junção de ondas iguais ou distintas, consoante a combinação pretendida, ver figura 4.

Na tabela 4 são apresentados os diversos parâmetros característicos de cada um dos diversos tipos de canal mencionados no parágrafo anterior, nomeadamente o passo, que corresponde à distância entre dois pontos iguais, altura da onda e o *take-up ratio*. O *take-up ratio* corresponde à quantidade de papel ondulado necessário para se obter um metro linear de cartão ondulado.



Legenda:

A – Passo

B – Altura da onda

Figura 4 - Perfil do cartão ondulado

Tabela 4 – Tipos de cartão ondulado (Bielecki, et al., 2011)

Canal	Take-up ratio	Altura (mm)	Passo (mm)
B	1.26 - 1.48	2.3 - 2.8	6.1 - 6.6
E	1.20 - 1.35	1.1 - 1.4	3.2 - 3.7
F	1.19 - 1.28	0.7 - 0.8	2.4 - 2.5

Os produtos desenvolvidos apresentam uma grande diversidade de formatos e características, que os distinguem de acordo com as exigências dos clientes, e que está relacionado com a indústria em que cada um desses atua. Apresentam-se na figura 5, exemplos de embalagens desenvolvidas para fazer face às diferentes necessidades.



Figura 5 - Exemplos de embalagens produzidas

3.3 Secção da Contracolagem

Esta secção é responsável pela produção da embalagem propriamente dita, e labora 12 horas por dia, durante 5 dias por semana. Existem duas linhas distintas, cada uma delas composta por uma onduladora e uma contracoladora, designadas internamente como linha 17 e linha 19, designação essa que será adotada daqui em diante. Apesar de funcionarem quase sempre em linha, ambas têm a capacidade de trabalhar independentemente. As linhas diferem entre si nos formatos máximos aceites, 142 cm x 142 cm no caso da linha 17, e 160 cm x 160 cm no caso da linha 19, sendo que esta última possui a capacidade de produzir cartão duplo.

O princípio de funcionamento das duas linhas é semelhante, ver figura 6. A onduladora é responsável pela produção do canal ondulado, designado por *single face*, que entra de seguida na contracoladora, onde é colada a folha impressa ou lisa, originando assim um plano que pode conter uma ou várias embalagens, consoante o artigo.

As linhas são comandadas por equipas de três elementos, em que um operador fica responsável pela onduladora, outro operador responsável pela contracoladora e o terceiro fica encarregue de retirar as paletes de produto acabado no final da linha, e de as colocar num armazém intermédio.

De seguida, é apresentado o diagrama de processo (ver figura 6), bem como as principais etapas do fluxo produtivo (ver figura 7).

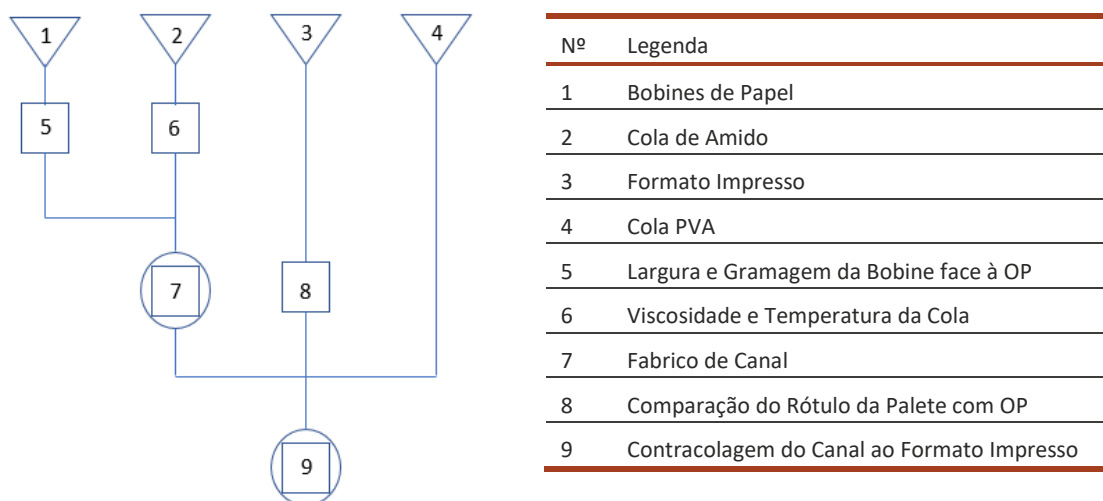


Figura 6 - Diagrama do processo de contracolagem

1 – Zona de bobines para *liner* e *fluting*

2 – Zona de fabrico do canal



3 – Zona de colocação das folhas impressas



4 – Zona de saída dos planos contracolados

Figura 7 - Principais etapas do processo

O primeiro passo deste processo consiste na colocação das bobines nos desbobinadores da onduladora, para que seja fabricado o *single face*. A largura e gramagem destas, tem de estar de acordo com a OP a produzir.

De seguida, é fabricado o canal ondulado. A figura 8 corresponde a um esquema exemplificativo do processo que ocorre na onduladora, e que conduz à formação do chamado *single face*. O *fluting* entra em contacto com um pré-aquecedor, que lhe fornece calor para que este atinja a temperatura de trabalho desejada e, de seguida, passa pelo conjunto de rolos da *cassete*, que lhe vão conferir a forma de onda que possui as características do tipo de canal a fabricar. De seguida, a cola de amido, com cerca de 30% de teor de sólidos, é transferida para o topo das cristas da onda, através do rolo aplicador de cola. A quantidade de cola aplicada varia consoante o *gap* pré-definido. O *gap* de cola, corresponde à quantidade de cola que passa entre o rolo aplicador de cola e o rolo *doctor*. Por fim, o *liner* e o *fluting* são unidos devido à pressão do rolo de pressão inferior, dando origem ao denominado *green bond* (Johnson & Popil, 2015).

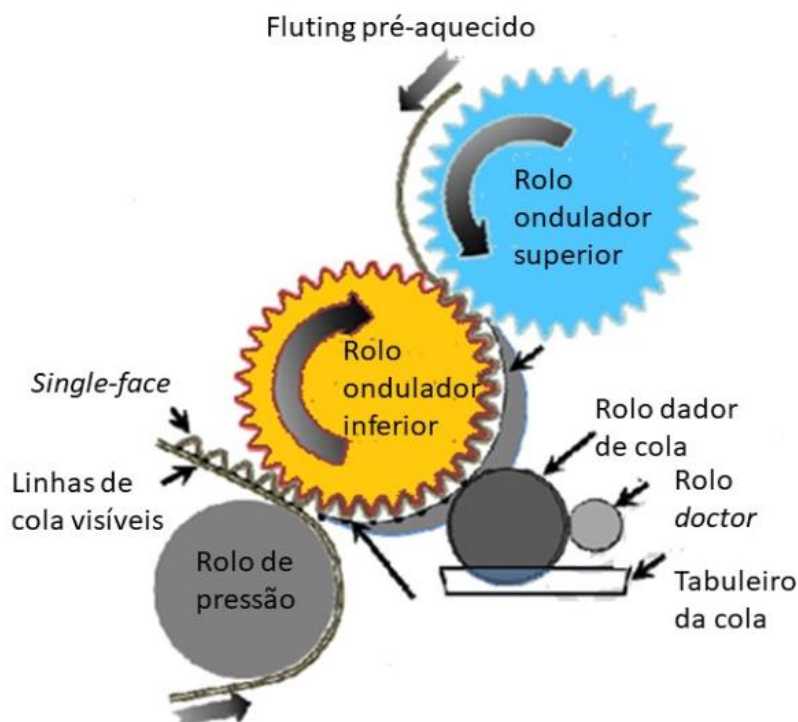


Figura 8 - Processo de fabrico do *single face* (Johnson, et al., 2015)

A cola de amido é composta por uma solução aquosa de elevada viscosidade, com cerca de 5% de amido cozinhado, 25% de amido cru e <1% de aditivos de hidróxido de sódio e modificadores reológicos. Aquando da aplicação da cola no *fluting*, esta gelatiniza rapidamente, graças ao calor oriundo dos rolos onduladores, do rolo e de pressão. A gelatinização ocorre quando os grãos crus absorvem água e incham, solubilizando. A porção de amido cozinhada aumenta a viscosidade da cola, e fornece um meio de suspensão para os grãos crus existentes em muito maior proporção. A cola de amido gelatinizada estabelece ligações entre os seus grupos hidrogénio e as cadeias hidroxilo da celulose presentes nos papéis. A transferência de calor é crítica, para que ocorra a gelatinização da cola. Caso contrário, a cola não gelatiniza, originando uma adesividade fraca e o aparecimento de linhas brancas de cola que se observam, quando se separam os dois papéis. Isto pode acontecer devido à elevada velocidade do processo, ou à temperatura fornecida pelo conjunto de rolos ser insuficiente para provocar a gelatinização da cola (Johnson & Popil, 2015).

A segunda etapa deste processo consiste na contracolagem do *single face*, que pode ter sido produzido em linha, ou pode alimentar a máquina em bobine, ao papel previamente impresso ou liso, consoante o artigo a produzir, que pode alimentar a máquina em bobine, ou em formato cortado e colocado em paletes. Uma unidade aplicadora de cola (ver figura 9), neste caso particular, cola branca PVA, é depositada entre dois rolos, através de torneiras, aplicando cola no topo das cristas do ondulado, com o qual o papel impresso é alinhado e adere (ver figura 10) (Bobst, 2017).

Na secção de entrega de uma laminadora, a placa passa por duas etapas de secagem distintas: a primeira, em que cada folha é pressionada por dois tapetes e, de seguida, seguem em escama por outro tapete, que lhes confere a colagem final (ver figura 11).



Figura 10 – Unidade aplicadora de cola
(Calheiros Embalagens, 2017)



Figura 10 - Colagem da folha impressa com o *single face*
(Calheiros Embalagens, 2017)

No final deste processo, as placas são conduzidas para uma paleta (Bobst, 2017).

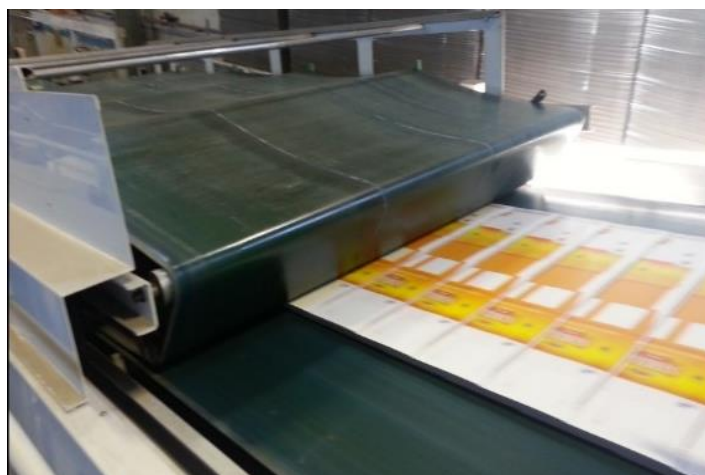


Figura 11 - Zona de tapetes que conferem a colagem final
(Calheiros Embalagens, 2017)

Além do problema de má colagem referido acima, existem outros problemas que podem ocorrer neste processo. O denominado *empeno do produto*, é um problema para quase todas as fábricas desta indústria. Este defeito é causado principalmente por três razões: desequilíbrio de humidades entre a folha exterior do plano e a interior, que conduz a um empeno na direção perpendicular ao movimento da máquina; diferença de tensões entre a folha exterior do plano e a interior, que conduz a um empeno na direção paralela ao movimento da máquina; desequilíbrio de tensões no papel devido à distribuição das fibras, ou induzido por algum componente mecânico que conduz a um empeno “*twist*”. O empeno na direção perpendicular ao movimento da máquina, está relacionado com o desequilíbrio de humidades entre os dois *liners*, normalmente devido às quantidades de cola aplicadas. É possível diagnosticar alguns problemas através da utilização do teste de iodo, que consiste em separar os papéis constituintes de uma placa, e colocar iodo sobre estes. Desta forma, é possível verificar a largura dos cordões da cola, e perceber

se esta é aplicada na mesma quantidade em todo o cordão. Se alguma zona tiver cola em excesso, pode significar que o rolo aplicador se encontra danificado, ou que o raspador da cola da onduladora está a falhar nessa zona. É também possível verificar se o cordão está a ser aplicado no topo das cristas ou nos vales, o que pode acontecer caso a relação entre a velocidade do rolo da cola e da máquina não seja a correta (Porell, 2008).

O empeno na direção do movimento da máquina pode ser causado pelos seguintes motivos: pré-aquecedores não se movem; empalmadores que não estão programados corretamente para controlar a travagem em bobines de pequeno diâmetro; rolos que não giram livremente; guias do papel sem manutenção adequada (Porell, 2008).

O empeno “*twist*” pode ser causado por desalinhamentos existentes em componentes mecânicos da máquina, tais como pré-aquecedores ou correias (Porell, 2008).

Além do empeno, as placas podem também surgir demasiado húmidas, devido a uma aplicação excessiva de cola, ou demasiado secas, em que o cartão tem um aspeto quebradiço, que pode ter origem em calor excessivo fornecido ao cartão. As placas demasiado húmidas, podem ainda conduzir ao efeito *washboard* (ver fig. 12), que está relacionado com excesso de aplicação de cola. A cola, ao secar, encolhe e puxa o *liner* contra o *fluting*, criando uma ondulação no cartão, que pode ser sentida ao passar o dedo sobre a superfície (Wendler, 2006). As placas podem ainda apresentar um outro defeito, denominado de *cracker board*, que se caracteriza por um som *crack* ao dobrar a placa. Na realidade, o que acontece é que a cola de amido cristalizou por excesso de temperatura no *liner*, que pode estar relacionado com abrandamentos ou paragens da linha de produção (Casco, 2006).

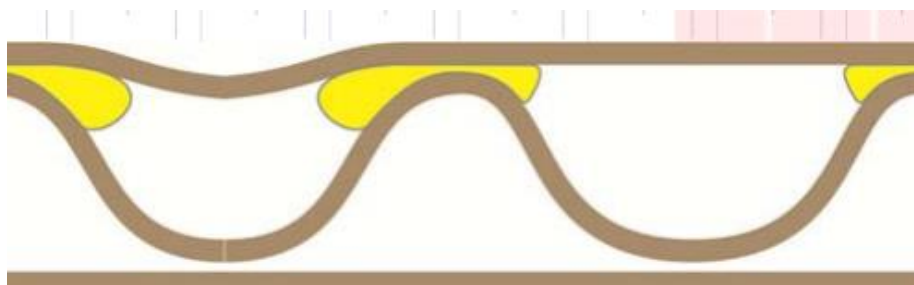


Figura 12 - Efeito *washboard* (Wendler, 2006)

3.4 Estudo do processo de contracolagem

Tendo em conta a metodologia adotada, o ciclo PDCA, definiu-se na etapa do planeamento que a secção da contracolagem era uma secção fundamental para o processo global e que devido ao seu peso e ao elevado índice de reclamações externas e não conformidades internas, seria alvo de um estudo aprofundado, no sentido de melhorar o processo. Foi então definido que seria feito um levantamento do estado do setor e seriam implementadas cartas de controlo para a cola de amido.

Na segunda etapa do ciclo, que corresponde à etapa *Do*, foi efetuada uma análise do estado do setor de uma forma geral, para que existisse um termo de comparação entre a situação anterior e posterior à implementação de qualquer alteração ao processo.

Durante um mês, em todos os trabalhos cuja composição dos papéis variasse, foi feita uma recolha diária nas duas linhas existentes, das temperaturas usadas para o *liner* (T2) e *fluting* (T1) (ver fig. 13), temperatura final obtida do *single face*, *gaps* de cola utilizados e planimetria final da obra. A planimetria da obra é obtida através do cálculo da flecha (ver anexo 6.4).

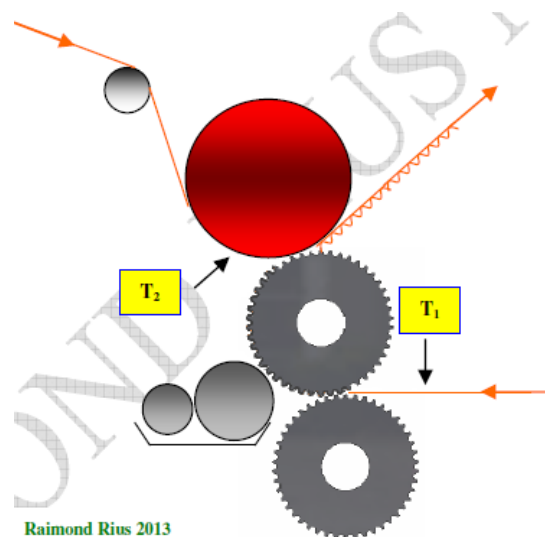


Figura 13 - Pontos de medição das temperaturas dos papéis (Raimond Rius, 2013)

É importante mencionar que a leitura dos *gaps* de cola não é igual nas duas máquinas. O *gap* de cola corresponde à quantidade de cola que passa entre o rolo dador e rolo doctor na onduladora. No entanto, os valores pelos quais os operadores se guiam nas máquinas é adimensional. Na linha 17, este varia de 10 até 350. Um incremento neste valor, corresponde a uma maior abertura entre os rolos da cola e, conseqüentemente, a uma maior aplicação de cola. Na linha 19, este varia de 0 até 32000, e um incremento neste valor corresponde a uma menor abertura entre os rolos da cola e, portanto, a uma menor aplicação de cola.

Com esta recolha de dados, durante a terceira etapa do ciclo PDCA, a etapa *Check*, concluiu-se que existia uma variabilidade muito grande nos parâmetros utilizados para cada trabalho. A temperatura para o mesmo tipo de papel, variava muito em trabalhos distintos. Os *gaps* de cola eram tendencialmente elevados, devido às dificuldades sentidas, principalmente em colar *krafts* de gramagens elevadas com semi-químicos. Tendo isto em consideração, definiu-se como objetivo a criação de receitas para as diversas combinações de papéis existentes, no que diz respeito ao *gap* de cola e às temperaturas a utilizar em cada papel.

3.4.1 Temperaturas dos papéis e *gap* de cola

Na última etapa do ciclo correspondente ao *Act*, a primeira mudança introduzida neste sector, foi a redução da pressão de vapor de ambas as onduladoras. A pressão de vapor inicial de trabalho era de 12 bar, que correspondia a uma temperatura para o grupo ondular de cerca de 190°C (ver tabela 5). Esta redução foi efetuada em duas etapas. Numa primeira fase, reduziu-se para 10 bar, e numa segunda fase para 8 bar.

Tabela 5 - Relação entre pressão de vapor e temperatura do grupo ondular (Enero, 2004)

Temperatura (°C)	Pressão (bar)
119,6	1
132,9	2
142,9	3
151,1	4
158,1	5
164,2	6
169,5	7
174,5	8
179,1	9
183,2	10
187,1	11
190,7	12
194,2	13
197,4	14

Antes desta alteração, independentemente do ângulo de abraçamento dos pré-aquecedores (ver figura 14), o *single face* era produzido sempre a uma temperatura muito alta, que por vezes ultrapassava os 100°C. Isto provocava a evaporação da água presente na cola de amido, e conduzia à sua cristalização, que tinha como consequência a não colagem dos papéis. Para contornar esta situação, eram utilizados *gaps* de cola

maiores, o que conduzia a consumos elevados. O objetivo desta alteração era que o grupo ondular ficasse a uma temperatura mais baixa, e que fosse fornecido aos papéis a temperatura necessária, em função da sua gramagem.



Figura 14 - Pré-aquecedor (Calheiros Embalagens, 2017)

De seguida, foi implementado no setor a utilização de uma tabela com as temperaturas que os papéis deveriam ter à saída dos pré-aquecedores, em função da sua gramagem (ver tabela 6). Com esta medida, pretendia-se uniformizar o processo e eliminar o fator operador, que introduzia variabilidade na forma como se produzia o *single face*.

Tabela 6 - Temperatura dos papéis, em função da sua gramagem

Liner	Temperaturas (°C)
Krafts (gramagem > 170g)	85-90
Krafts (gramagem < 170g)	75-80
Fluting	
Semiquimicos (gramagem > 170g)	85-90
Semiquimicos (gramagem < 170g)	75-80
Medium (gramagem > 170g)	85-90
Medium (90 g < gramagem < 170g)	75-80
Medium (gramagem < 90g)	Sem contacto com pré-aquecedor

Após a diminuição da pressão de vapor, e com a introdução da tabela das temperaturas em função da gramagem dos papéis, iniciaram-se testes no sentido de diminuir os *gaps* de cola, utilizados nos diferentes trabalhos. Estes testes foram realizados durante o decurso normal da produção. Os operadores iniciavam a ordem de produção, introduzindo os parâmetros adequados ao trabalho na máquina. Era introduzido o valor habitualmente utilizado para o *gap* de cola. À medida que as placas iam saindo da máquina e se acumulando na paleta (ver figura 16), era observada a planimetria do produto, e eram retiradas amostras para verificar a qualidade da colagem

do *single face*. Em relação ao ondulado, eram feitos três cortes (ver figura 15), um na zona central, um no lado do operador e outro no lado motor, e era avaliada a qualidade da colagem, tanto no sentido de movimento da máquina, como no sentido contrário.

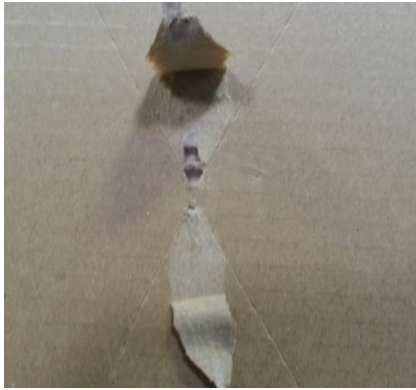


Figura 16 - Controlo de qualidade da colagem com cola de amido (Calheiros Embalagens, 2017)

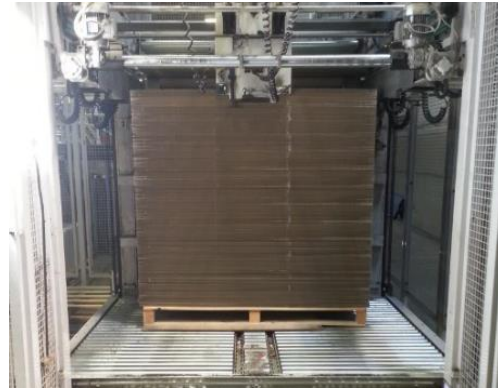


Figura 16 - Planimetria da obra na palete (Calheiros Embalagens, 2017)

Se o poder de colagem fosse considerado muito bom (ver figura 17), em que se verificava que as fibras de papel estão a ser arrancadas, testavam-se quantidades de cola inferiores, e procedia-se novamente da mesma forma, até se chegar a um valor limite, em que a colagem começasse a parecer débil. É importante salientar que, apesar da qualidade de colagem ser muito importante, a planimetria do produto também o é, pois esta influencia a velocidade e qualidade do processo de corte das caixas, que acontece de seguida. Tal como já foi mencionado, o *empeno da obra* está relacionado com um desequilíbrio de humidades entre os dois papéis exteriores, e essa humidade advém do próprio papel e das quantidades de cola aplicadas. A quantidade de cola indicada para a produção não era a quantidade mínima que apenas garantia uma boa colagem, mas sim a quantidade mínima que também garantia uma boa planimetria do produto.



Figura 17 - Controlo de qualidade da colagem com cola de amido
(Calheiros Embalagens, 2017)

Com a realização destes testes, foi possível diminuir de forma significativa os consumos de cola, na ordem dos 2 a 3 g/m², como poderá ser comprovado no capítulo 3.4.3. No entanto, esta diminuição pôs em evidência problemas que se encontravam camuflados pelo excesso de cola utilizado. Sempre que ocorria um abrandamento da linha, que podia ter origem numa mudança de palete de folhas impressas, num empalme de uma bobine na onduladora, ou até por um encravamento na contracoladora, o cartão ondulado produzido nesse espaço de tempo ficava demasiado seco e quebradiço e os planos produzidos empenavam muito. Concluiu-se que este fenómeno estava relacionado com o facto de o pré-aquecedor do *liner* não ser suficientemente rápido a atuar, isto é, o *liner* deixar de estar em contacto com o pré-aquecedor. Com o abrandamento da máquina, o papel aquecia demasiado, pois estava mais tempo em contacto com o pré-aquecedor, o que, muitas vezes, em situações limite, conduzia à cristalização da cola. Por outro lado, o sistema automático existente na máquina para controlar as temperaturas dos papéis, era demasiado lento a reagir, e não estava a funcionar nas devidas condições. Foi efetuada a substituição deste sistema por um semelhante (ver fig. 18), mas em que o papel não fica em contacto com o pré-aquecedor quando a linha abrande, e cujos tempos de reação são muito mais rápidos, permitindo desta forma uma diminuição dos desperdícios associados a esta situação.



Figura 18 - Sistema de controlo das temperaturas em função da velocidade (Calheiros Embalagens, 2017)

Com a diminuição da quantidade de cola de amido aplicada, outra situação que se tornou evidente ao realizar o controlo de qualidade do *single face*, foi a de que o poder de colagem era superior no sentido do movimento da máquina, e que no sentido contrário ao movimento da máquina aparentava existirem problemas. Isto está diretamente relacionado com a velocidade do rolo da cola, quando comparado com a velocidade do papel. Se o rolo da cola estiver mais rápido que o papel, a cola será aplicada na parte frontal da onda, enquanto que se este estiver mais lento, a cola será aplicada na parte traseira da onda (Porell, 2008). Para corrigir esta situação, foi corrigida a velocidade de rotação do rolo dador de cola, tornando-a 2% mais lenta que a velocidade do papel, garantindo assim que a cola é sempre aplicada no topo da crista da onda. Essa correção foi efetuada pelo técnico especializado da marca, através da alteração dos parâmetros introduzidos no computador da máquina.

Em alguns trabalhos, verificava-se um empeno em forma de “S”, em que em extremos opostos da placa, as pontas ficavam levantadas. Este tipo de empeno é causado, normalmente, devido a uma aplicação de cola irregular ao longo do plano, que está relacionado com um mau ajuste ou desgaste do raspador da cola (figura 19). Este raspador tem como função limpar homogeneamente o rolo *doctor*. Este rolo, deve apresentar sempre um aspeto limpo e brilhante (figura 20), caso contrário, a planimetria do produto pode ficar comprometida (Rius, 2011).



Figura 19 - Raspador mal ajustado ou desgastado
(Calheiros Embalagens, 2017)



Figura 21 - Rolo *doctor* com aspeto limpo e brilhante
(Calheiros Embalagens, 2017)

Tendo esta informação em conta, foi avaliado o estado de cada raspador, individualmente para cada máquina e, no caso da máquina 17, em cada *cassete*, através do aspeto do rolo *doctor*. Numa primeira etapa, procedeu-se à afinação dos raspadores e, nos casos em que essa já não era suficiente para resolver a situação, procedeu-se à troca dos mesmos. No entanto, concluiu-se que a aplicação desigual de cola não estava apenas relacionada com os raspadores danificados. Tanto na linha 19 como na 17, é necessário calibrar a distância entre o rolo dador de cola e o rolo ondulator inferior. Essa calibração é feita recorrendo ao papel que serve de cobertura à fita-cola de dupla face, utilizada nos empalmadores para que a distância seja a mesma em toda a extensão dos rolos. Concluiu-se que essa calibração era perdida com o decorrer do trabalho através da realização de testes durante a produção. Por esse motivo, modificou-se o sistema de encosto dos rolos na linha 19, através da instalação de um controlo de precisão, que funciona da seguinte forma: os rolos, por defeito, estão sempre encostados, e o que lhes confere a distância pretendida é o papel que passa entre eles.

3.4.2 Cola de amido

No setor da contracolagem, são utilizados dois tipos de cola distintos: cola de amido na onduladora, para o fabrico do *single face*, a qual é fabricada nas instalações, e cola PVA para unir o *single face* à folha impressa ou lisa, que é comprada a fornecedores especializados.

A cola de amido é fabricada nas instalações da Calheiros Embalagens, S.A., numa cozinha automática. O fabrico da cola de amido é realizado seguindo uma receita padrão criada para o efeito, e que se encontra introduzida no PLC (*Programmable Logic Controller*) da máquina (figura 21) para se atingir a viscosidade final e percentagem de sólidos definidos. Esta cozinha possui um silo de armazenamento de amido em pó, e um silo onde é efetuada a mistura desse pó com água e os restantes produtos (fig. 22).



Figura 20 - PLC da cozinha (Calheiros Embalagens, 2017)



Figura 23 - Cozinha da cola de amido (Calheiros Embalagens, 2017)

Tal como referido anteriormente, o controlo de qualidade da cola de amido é feito com base em dois parâmetros distintos: a temperatura e a viscosidade. Tendo em consideração o que foi definido na etapa *Plan* do ciclo PDCA, foi implementado um registo da viscosidade da cola após o momento em que esta é fabricada, para despistar eventuais desvios na produção da cola, recorrendo a um viscosímetro de *Stein Hall*. Além disso, implementou-se também no setor o registo diário, três vezes por turno, nas duas linhas, no que se refere à viscosidade e à temperatura da cola, para analisar o comportamento desta ao longo do dia. Estes registos são efetuados no início, meio e fim de cada turno e consistem na retirada de uma única amostra por máquina. No passo *Do* do ciclo PDCA, foram implementadas cartas de controlo de médias e amplitudes para amostra com tamanho $n=1$ em cada linha, para controlar a viscosidade da cola. Após a recolha de dados durante cerca de um mês, foram construídos os gráficos (ver figuras 23, 24, 25 e 26) e calculados os respetivos limites para as cartas das médias e amplitudes em cada linha, através das respetivas fórmulas (ver anexo 6.5). Como não é possível estimar a variabilidade através da amplitude de cada amostra, usou-se como estimativa da variabilidade a amplitude móvel de duas observações sucessivas.

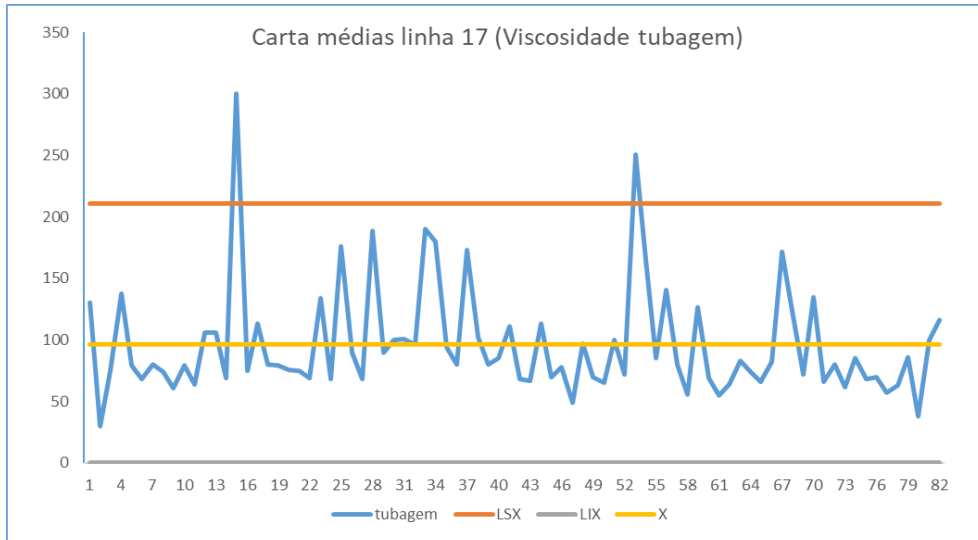


Figura 24 - Carta de controlo das médias linha 17

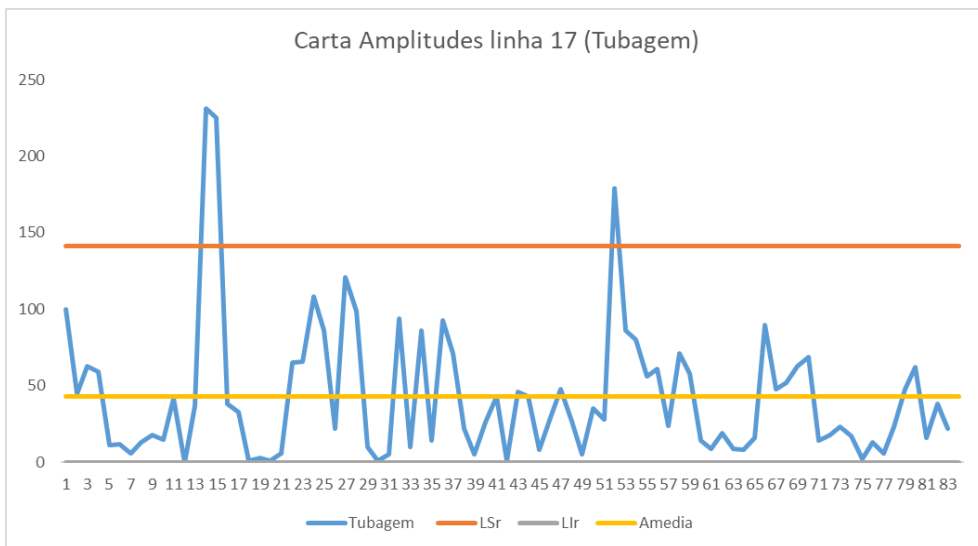


Figura 21 - Carta de controlo das amplitudes linha 17

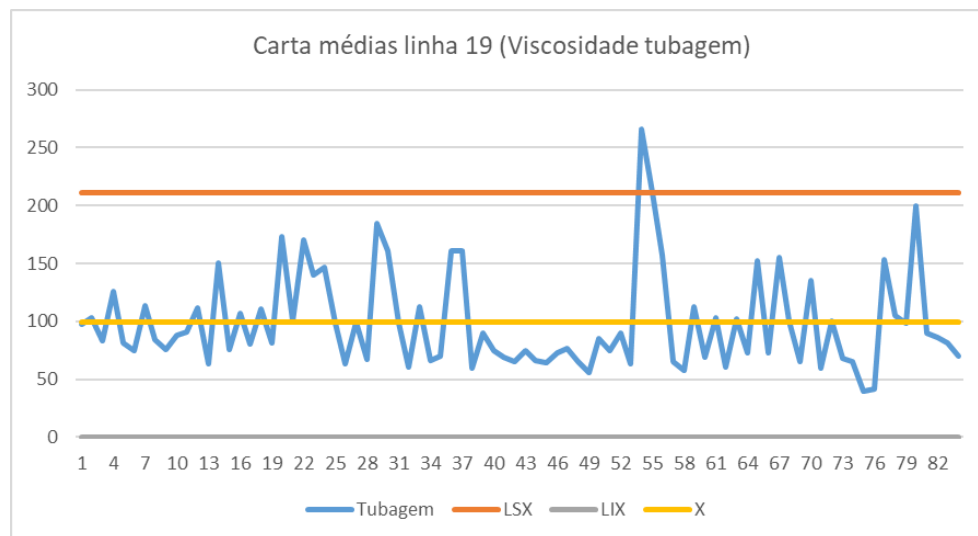


Figura 26 - Carta de controlo das médias linha 19

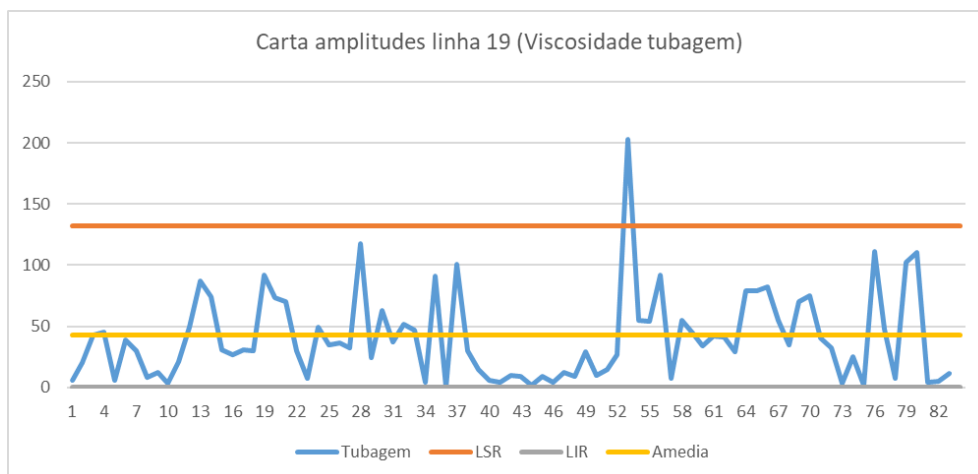


Figura 27 - Carta de controle das amplitudes linha 19

No passo *Check* da metodologia utilizada, foi efetuada a análise dos gráficos acima mencionados, o que permitiu retirar diversas conclusões. A observação deste conjunto de gráficos permitiu concluir que se tratava de um processo instável. Tanto no gráfico das médias, como no das amplitudes, observam-se valores que se encontram fora dos limites de controlo. Isto significa que o processo não se encontra em controlo estatístico, e estava a ser afetado por causas especiais de variação. A análise dos gráficos das amplitudes das duas linhas (ver figuras 25 e 27) evidenciava uma grande variação nos valores registados entre dias diferentes. A análise dos gráficos das médias (ver figuras 24 e 26) demonstrava que, além dos valores variarem bastante entre registos consecutivos, no mesmo dia e entre dias diferentes, a média de valores era elevada, face ao valor de referência que se situa entre 35 e 45 segundos.

As conclusões retiradas da análise das cartas de controlo, conduziram à implementação de diversas alterações no circuito da cola, que foram realizadas na etapa *Act* da metodologia adotada.

Um dos grandes problemas relacionados com a cola de amido era o facto de esta ver a sua viscosidade aumentar durante a noite, e também durante o fim de semana, o que causava inúmeros problemas no arranque, à segunda-feira. Para analisar as causas deste fenómeno, recorreu-se ao diagrama de *Ishikawa*, como se pode ver abaixo (fig. 28).

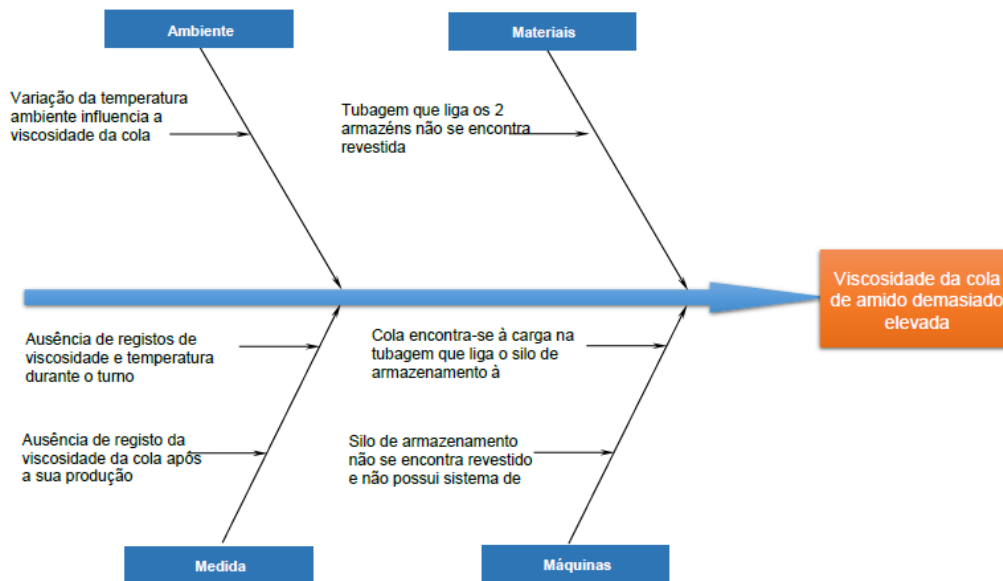


Figura 28 - Diagrama de Ishikawa para a cola de amido

Após o término do fabrico da cola no silo da cozinha, esta é passada para um silo de armazenamento, no qual é agitada de 15 em 15 minutos, durante 5 minutos. No entanto, esta agitação não era suficiente para a cola manter a sua temperatura e viscosidade, e, por esse motivo, revestiu-se o silo com lã de rocha e colocaram-se duas resistências, juntamente com um termóstato, para que a cola se mantivesse a $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (figura 29).



Figura 29 - Silo de armazenamento da cola de amido (Calheiros Embalagens, 2017)

A cola de amido permanecia à carga na tubagem, até ser utilizada nas onduladoras, e parte dessa tubagem encontra-se instalada no exterior da fábrica, uma vez que as linhas e a cozinha se encontram instaladas em armazéns distintos. A tubagem instalada no exterior estava sujeita a grandes variações de temperatura durante o dia, e ao longo do ano, o que provocava flutuações na viscosidade da cola. Por esse motivo, essa tubagem foi totalmente revestida, para eliminar esta situação. Para eliminar o problema do

aumento da viscosidade durante a noite e durante o fim-de-semana, foi criado um circuito fechado de cola, com início e fim no silo de armazenamento. Desta forma, os operadores, antes de iniciarem a produção, passaram a ter a possibilidade de retornar toda a cola parada na tubagem durante a noite ao silo, para que esta se misture com a cola que se encontrava às condições ideais, e podendo assim iniciar o trabalho com uma cola que tem as características adequadas para a produção.

Antes desta análise ao setor ter sido iniciada, a cola de amido era produzida com base numa preparação denominada de OBM (*One Bag Mix*), à qual era apenas necessário adicionar água e os restantes aditivos, nomeadamente, anti-espuma, que tem como função impedir a formação de bolhas no tabuleiro de utilização da cola, biocida, para prevenir o crescimento de microrganismos nas tubagens, que possam degradar o amido, e um aditivo que melhora a adesividade da cola. Uma das desvantagens deste produto, além do custo elevado, era o facto de o ponto de gel da cola ser fixo. Com base na revisão bibliográfica efectuada, e uma posterior visita a um fornecedor que também trabalha com este tipo de cola, decidiu-se estudar a possibilidade de trocar do OBM para amido nativo. A cola de amido nativo, é composta por duas fases distintas. A primeira fase é denominada de *carrier*, em que o amido, água e soda cáustica são misturados, para originar um adesivo de amido gelatinizado. A segunda fase, é onde ocorre a mistura de amido, água e bórax, juntamente com o *carrier*, originando assim a cola no seu estado final (Casco, 2006).

Foi efectuada uma análise de custos (ver tabela 7), para se saber o ganho desta solução face à anterior, e também quais as alterações necessárias a efectuar na cozinha de cola existente.

Com esta mudança, a poupança por lote de cola ronda os 125€. Em média, produz-se um lote de cola diariamente. Assumindo que se produz cerca de 20 lotes por mês, a poupança mensal ronda os 2500€ mensais, e os 30000€ anuais.

Tabela 7 - Comparação de custos entre amido OBM e amido nativo

Amido OBM		Amido Nativo	
Consumo de amido por lote (kg)	300	Consumo de amido por lote (kg)	262,5
Consumo de aditivo tack por lote (kg)	12,5	Consumo de aditivo soda 25% (kg)	23,3
Consumo de biocida por lote (kg)	1,1	Consumo de aditivo bórax (kg)	3,7
Consumo de anti-espuma por lote (kg)	1,2	Consumo de anti-espuma por lote (kg)	1,2
Consumo de água (m ³)	0,9	Consumo de água (m ³)	0,9
Custo de água (m ³)	2,3	Custo de água (m ³)	2,3
Custo do OBM (€/kg)	0,7	Custo do amido (€/kg)	0,5
Custo do aditivo tack (€/kg)	4,0	Custo do aditivo soda 25% (€/kg)	0,2

Custo do biocida (€/kg)	3,9	Custo do aditivo bórax (€/kg)	2,3
Custo do anti espuma (€/kg)	3,2	Custo do anti espuma (€/kg)	3,2
Custo de um lote de cola (€)	274	Custo de um lote de cola (€)	149

A cozinha de cola não estava devidamente preparada para produzir cola com amido nativo. Uma vez que esta formulação obriga à colocação de água em duas fases distintas, tornou-se necessário reprogramar o PLC. A mudança tinha um custo de 15000€ que seriam amortizados em seis meses, com base na poupança descrita anteriormente. Foram efetuados ensaios com amido nativo, produzindo a cola manualmente, e os resultados foram bastante satisfatórios em termos de qualidade de colagem, o que conduziu à mudança, relativamente ao tipo de amido utilizado no fabrico da cola.

3.4.3 Consumo de cola de amido, de gás e desperdícios no setor

Todo o trabalho desenvolvido neste sector, tinha como objetivo produzir com melhor qualidade no que diz respeito à colagem e a uma melhor planimetria dos planos produzidos, otimizar os consumos de cola e diminuir os desperdícios de papel associados ao processo.

Depois de todas as mudanças efetuadas no sector, mencionados nas secções anteriores, foram feitos testes durante a produção, com o intuito de otimizar os consumos de cola de amido. O gráfico apresentado na figura 30 mostra a evolução do consumo de cola de amido desde Outubro de 2016, até Julho de 2017.

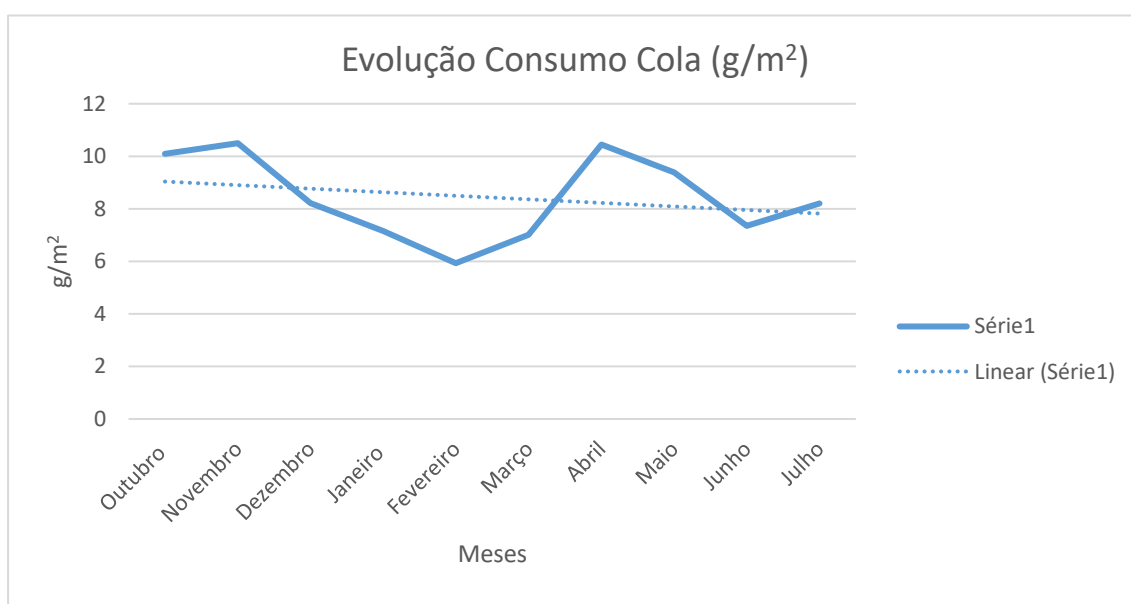


Figura 30 - Evolução do consumo de cola de amido

Pela análise do gráfico, pode-se concluir que, à exceção do mês de abril, o consumo de cola baixou significativamente. No início da análise, este rondava os 11 g/m², enquanto depois de todas as alterações e medidas implementadas, este foi reduzido para valores em torno dos 8 g/m². O consumo excessivo verificado no mês de abril, está relacionado com as dificuldades sentidas em estabilizar a viscosidade e temperaturas da cola, quando a temperatura ambiente começou a ser mais elevada. É efetuada todos os anos, no Verão e no Inverno, uma alteração nos parâmetros da receita da cola, para que esta mantenha os seus valores de viscosidade e temperatura dentro da gama de valores aceitável. Em outubro de 2016, antes do início de todo este processo, e devido a enormes dificuldades em colar o papel *Saikraft* 250 g, foi comprado um aditivo para melhorar a adesividade da cola. Este aditivo tem a particularidade de absorver muita água, tornando a cola mais viscosa. Depois de todo o trabalho desenvolvido no setor, no sentido de se uniformizar a forma de proceder no que diz respeito a temperaturas e *gaps* de cola, concluiu-se que este aditivo não era necessário, e que se estava a tornar num problema. Efetuou-se a troca deste pelo que era usado anteriormente, e os problemas de viscosidade da cola foram ultrapassados, ficando os consumos regularizados. Pouco tempo depois disto ter sido feito, foi efetuada a troca a título definitivo para o amido nativo. Essa mudança ocorreu no final do mês de maio, e o consumo registado durante todo o mês de junho foi de 7,7 g/m², confirmando a tendência de consumos mais baixos no setor.

Durante todo este processo, foram efetuadas duas reduções na pressão de vapor da caldeira. Inicialmente, esta era de 12 bar. Em novembro de 2016, foi efetuada uma redução para 10 bar, e em Fevereiro de 2017 foi efetuada uma redução para 8 bar. O gráfico apresentado na figura 31 demonstra a evolução do consumo de gás por hora no setor. Este foi calculado tendo em consideração o total de kWh consumidos num mês, e a respetiva carga horária (ver anexo 6.3).

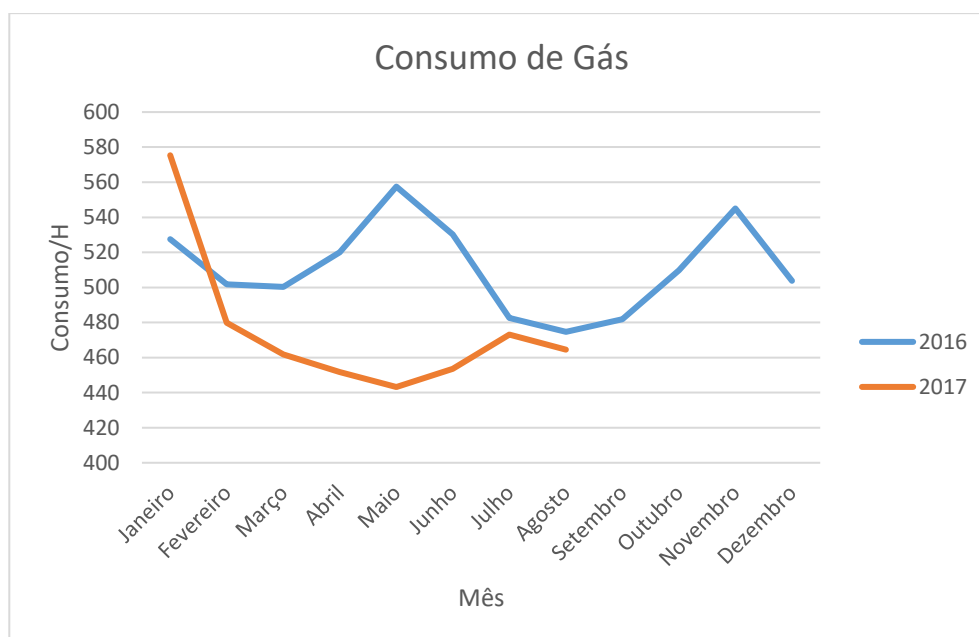


Figura 22 - Comparação entre consumo de gás antes e após redução da pressão

A tabela 8 apresenta os resultados da poupança, em percentagem, face ao mesmo mês do ano anterior.

A poupança no consumo de gás ronda os 9%, em média, quando comparado com o período homólogo em que a pressão era superior em 4 bar.

Tabela 8 - Poupança no consumo de gás em %

Mês	Poupança
Fevereiro	4%
Março	8%
Abril	13%
Maio	20%
Junho	14%
Julho	2%
Agosto	2%
Média	9%

Os desperdícios produzidos neste setor, nomeadamente restos de papel das bobines, canal produzido no acerto da onduladora e planos não conformes, são colocados em contentores localizados junto às máquinas. Foi definido que estes começariam a ser pesados, para ser possível estimar a percentagem de desperdício associado à produção total. Apresenta-se na figura 32 o gráfico ilustrativo da evolução dos desperdícios associados ao processo de contracolagem, desde a semana 42 do ano de 2016, até à semana 32 do ano 2017.

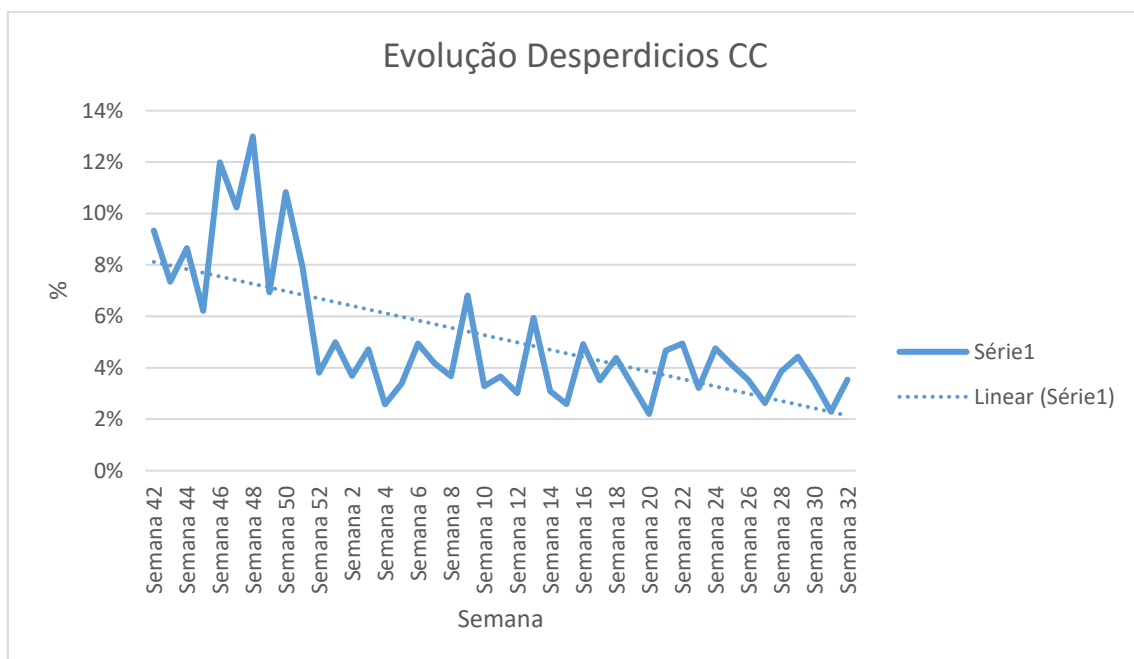


Figura 32 - Desperdícios da Contracolagem

Pela análise do gráfico, é notório que os desperdícios associados ao processo têm vindo a diminuir ao longo do tempo. Em outubro de 2016, estes oscilavam entre os 9% e os 12%. Depois de todas as medidas e melhorias implementadas no setor, este valor ronda atualmente os 4%.

3.5 Considerações finais

Neste capítulo, foi feita a apresentação da empresa e do produto, bem como uma descrição detalhada do setor e do processo produtivo.

Após a recolha inicial de dados e sua análise, procedeu-se a uma série de alterações no setor. Foi implementada uma tabela com as temperaturas que os papéis devem ter em

função da sua gramagem, com o objetivo de eliminar o fator operador e tornar o processo previsível e mais fácil de gerir. A pressão de vapor da caldeira foi reduzida de 12 bar para 8 bar, e essa diminuição, conjuntamente com a introdução da tabela mencionada anteriormente, conduziu à eliminação do aparecimento de planos com cola cristalizada, e a uma redução do empeno da obra. Foi implementado o controlo estatístico do processo para a cola de amido, através da implementação de cartas de controlo. Através da análise destas, em conjunto com diagramas de causa-efeito, foram implementadas diversas alterações ao circuito da cola. Com base na literatura, e também na visita a um parceiro do setor, o tipo de matéria-prima utilizada para o fabrico da cola de amido foi alterado, e foram feitas as alterações necessárias à cozinha da cola para o efeito. A redução da pressão de vapor da caldeira conduziu a uma poupança de 9% no consumo do gás. O consumo da cola diminuiu de 11 g/m² para 8 g/m², em média, e os desperdícios associados ao processo diminuíram de valores em torno dos 10%, para os 4%.

Em suma, apresenta-se na tabela 9, uma análise das diferentes propostas de melhoria apresentadas ao longo do desenvolvimento do trabalho e dos respetivos resultados.

Tabela 9 - Análise dos resultados das propostas de melhoria formuladas

Proposta de melhoria	Resultado obtido
Redução da pressão de vapor da caldeira em 2 etapas de 12 bar para 8 bar	A temperatura da onduladora baixou cerca de 40°C. Problemas relacionados com a cristalização da cola de amido foram eliminados
Implementação de uma tabela com as temperaturas a fornecer aos diferentes papéis em função da sua gramagem	Uniformização do processo e eliminação do fator operador
Realização de testes para redução dos <i>gaps</i> de cola de amido	A redução da quantidade de cola de amido aplicada permitiu melhorar a planimetria observada na maioria dos trabalhos
Instalação de um sistema automático de controlo das temperaturas dos papéis fornecidas pelos pré-aquecedores em função da velocidade da linha	Este sistema permitiu reduzir o desperdício associado aos abrandamentos da máquina em que os papeis eram sobreaquecidos, originando cartão seco e quebradiço e a cristalização da cola de amido

Correção da velocidade de rotação do rolo dador de cola em relação à velocidade do papel	A velocidade do rolo dador de cola foi reduzida para ser 2% mais lenta que a do papel para que a cola seja aplicada no topo da crista da onda
Ajuste e ou mudança dos raspadores da cola de amido	A troca dos raspadores permitiu reduzir o empeno em forma de "S" que se verificava devido aplicação irregular de cola ao longo do plano
Troca do sistema de encosto do rolo dador de cola ao rolo ondulado inferior	Na linha 19 instalou-se um sistema de controlo de precisão em que os rolos se encontram encostados por defeito, e em que a distância entre eles é conferida pelo papel que passa entre eles
Alteração do tipo de matéria-prima utilizada no fabrico da cola de amido	Foi efetuada a troca para o amido nativo que permitiu uma poupança considerável por lote de cola e uma melhoria da qualidade da colagem
Implementação das cartas de controlo para a cola de amido	Concluiu-se que o processo era instável e não se encontrava em controlo estatístico
Utilização do diagrama causa-efeito para analisar as causas responsáveis pela obtenção de uma viscosidade da cola elevada	Através da utilização desta ferramenta, foi possível determinar diversas causas responsáveis pelo fenómeno que conduziram a diversas alterações no circuito da cola
Revestimento das tubagens de circulação da cola de amido	
Revestimento do silo de armazenamento da cola	A cola de amido passou a apresentar valores de viscosidade e temperatura dentro dos limites aceitáveis
Criação de um circuito fechado para circulação da cola	

CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

4.2 Proposta de trabalhos futuros

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 Conclusões

Este trabalho foi desenvolvido numa secção chave para a organização. O setor da contracolagem tem uma importância fundamental para o fabrico da embalagem, pois é neste que a embalagem propriamente dita é produzida. Se os parâmetros do processo não forem respeitados, nomeadamente temperaturas dos papéis e quantidades de cola a aplicar, a qualidade final do produto, bem como a sua função, podem ficar comprometidas.

Foram vários os desafios que foram surgindo ao longo deste trabalho, mas um dos principais foi a resistência inicial à mudança. Os operadores desta secção, de uma forma geral, trabalham neste processo há muitos anos, e, por isso, foram adquirindo hábitos e conhecimento com a experiência do trabalho.

As melhorias conseguidas neste setor estão diretamente ligadas à mudança que ocorreu na forma de lidar com dois aspetos chave deste processo: quantidades de cola a aplicar e as temperaturas dos papéis. Inicialmente, as duas linhas eram alimentadas por vapor, proveniente de uma caldeira que trabalhava a 12 bar de pressão. A temperatura do grupo ondular era demasiado elevada, e fazia com que o *single face* produzido, tivesse temperaturas próximas dos 100°C. Isto conduzia, em diversas situações, à cristalização da cola de amido, comprometendo a qualidade dos planos, e era contornado pela aplicação de grandes quantidades de cola. Com o abaixamento da pressão da caldeira, e com a implementação da tabela de temperaturas a fornecer aos papéis em função da sua gramagem, a forma de trabalhar no setor mudou. Os operadores começaram a utilizar os pré-aquecedores, para conferirem ao papel as temperaturas desejadas, e começaram a diminuir a quantidade de cola aplicada, aplicando apenas a quantidade necessária para as diferentes combinações de papéis.

As medidas implementadas no setor permitiram diminuir os custos de forma significativa. A tabela 10 apresenta os resultados relativos à poupança no consumo da cola de amido.

Tabela 10 - Evolução no consumo de cola de amido

Consumo da cola de amido	
Antes	Depois
11 g/m ²	8 g/m ²

A tabela 11 apresenta os resultados relativos à diminuição dos desperdícios associados ao processo de contracolagem nas duas linhas de produção.

Tabela 11 - Evolução dos desperdícios associados ao processo

Desperdícios associados às linhas de contracolagem	
Antes	Depois
10%	4%

Relativamente ao consumo de gás, verificou-se uma poupança média de 9% face ao ano de 2016 entre os meses de Fevereiro e Agosto.

Esta dissertação apresenta um carácter inovador, uma vez que foi feita uma pesquisa aprofundada sobre a temática, e não foi encontrada literatura sobre este processo em concreto. Por essa razão, pode-se considerar este trabalho como um pequeno contributo para este setor. Existe muita informação relativa à indústria do cartão canelado, mas nada foi encontrado em relação ao processo que conduz à produção de caixas litografadas. Contudo, existem ainda diversas oportunidades de melhoria neste setor, que por esse motivo deve continuar a ser alvo de acompanhamento.

4.2 Proposta de trabalhos futuros

Existe atualmente a consciência, de uma forma generalizada, no seio da organização, de que a melhoria deste setor é fundamental para que a qualidade do produto atinja níveis superiores, e para que o desempenho, não só deste processo, mas dos processos a jusante, melhorem.

Nesse sentido, está a ser desenvolvido um estudo para modernizar uma das linhas produtivas, com o objetivo de melhorar os índices de produtividade e qualidade do setor.

Por outro lado, existe a necessidade da implementação de metodologias que melhorem a organização, não só deste setor, mas de toda a fábrica, de uma forma geral. Nesse sentido, a implementação da metodologia 5S surge como uma necessidade para facilitar o modo de trabalhar das pessoas.

Fica também proposta a realização de um estudo com base na metodologia SMED, com o intuito de diminuir os tempos de *setup*, aumentando dessa forma o tempo disponível para produção, e reduzindo o tempo de ciclo.

Para finalizar, será desenvolvido um projeto piloto neste setor com o intuito de implementar o OEE como indicador para medir a eficiência do processo, que permite avaliar a qualidade, disponibilidade e desempenho.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Ahmed, M., & Ahmad, N. (2011). An Application of Pareto Analysis and Cause-and-Effect Diagram (CED) for Minimizing Rejection of Raw Materials in Lamp Production Process. *Management Science and Engineering*, 5(3), 87–95. <https://doi.org/10.3968/j.mse.1913035X20110503.320>
- Alves, S. A. (2013). *Controlo Estatístico de Processo na Indústria do Cartão Canelado*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69747/2/27090.pdf>
- Benneyan, J. C. (1998). Use and interpretation of statistical quality control charts. *International Journal for Quality in Health Care : Journal of the International Society for Quality in Health Care*, 10(1), 69–73. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10030790>
- Bielecki, M., Chmielewska-wurch, A., Patalan, B., Damiecki, T., Sloma, M., & Zdzieblo, S. (2011). General issues and the recommended standards for corrugated board and corrugated board packaging. *The Association of Polish Papermakers*, 60. Retrieved from http://www.spp.pl/general_issues_and_the_recommended_standards_for_corrugated_board_and_corrugated_board_packaging.php
- Bobst. (2017). Litho-laminating - Litho-laminating process | BOBST. Retrieved October 18, 2017, from <https://www.bobst.com/usen/products/litho-laminating/process/#.WecpG2hSzIV>
- Campos De Araujo, C. A., & Rentes, A. F. (2006). A metodologia kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta the kaizen methodology in the conduction of change processes on lean manufacturing systems. *Revista Gestao Industrial*, 2, 133–142. Retrieved from <http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/revista/revista2006/pdf/vol2nr2/vol2nr2art8.pdf>
- Casco. (2006). *Corrugating Starch Adhesives Manual*. Retrieved October 18, 2017, from <https://www.slidedoc.us/adhesive-manual-starch-adhesive>
- Cirjaliu, B., & Draghici, A. (2016). Ergonomic Issues in Lean Manufacturing. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 221, 105–110. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2016.05.095>
- Costa, E., Sousa, R., Bragança, S., & Alves, A. (2013). An industrial application of the smed methodology and other lean production tools. *Integrity*. Retrieved from https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/25314/1/2013_Costa_et_al_SME_D.pdf
- Garg, G., Gupta, A., Mor, R. S., & Trehan, R. (2016). Execution of single minute exchange of die on corrugation machine in cardboard box manufacturing company: a case study. *International Journal of Lean Enterprise Research*, 2(2), 133–145. <https://doi.org/10.1504/IJLER.2016.084580>
- Johnson, S., & Popil, R. (2015). Corrugated board bonding defect visualization and characterization. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 59(February 2015), 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.02.003>
- Kocaküläh, M. C., Brown, J. F., & Thomson, J. W. (2008). Lean manufacturing principles and their application. *Journal of Cost Management*, 22(3), 16–27. <https://doi.org/10.1142/S095060980000184>
- Magar, V. M., & Shinde, V. B. (2014). Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Processes. *International Journal of Engineering Research*

- and General Science*, 2(4), 364–371. Retrieved from www.ijergs.org
- Mesquita, A. (2002). *Estudo da polimerização do acetato de vinila utilizando a radiação ionizante*. Dissertação de mestrado, Sao Paulo. Retrieved from http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/049/41049503.pdf
- Michalska, J., & Szewieczek, D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organisation, 24(2). Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.581.7212&rep=rep1&type=pdf>
- Muslimen, R., Yusof, S., & Abidin, A. (2011). Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Components Manufacturer: a Case Study. In *Proceedings of the World Congress on Engineering 2011 Vol I*. Londres: WCE 2011. Retrieved from http://www.iaeng.org/publication/WCE2011/WCE2011_pp772-776.pdf
- Oliveira, C., Granato, D., Solange, M., Caruso, F., & Sakuma, A. M. (2013). Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio. *Instituto Adolfo Lutz*, 76. Retrieved from http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/manual-carta-controle_ial_2013.pdf
- Pereira, M. A. (2008). Estudo de caso da metodologia SMED: Questões Operacionais para implantação em Tornos CNC. In *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção* (pp. 1–14). Retrieved from http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_069_490_11942.pdf
- Perez, A. (2009). *Implementação da metodologia SMED nas unidades de produção de embalagens de cartão*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.
- Porell, W. (2008). Advanced Adhesives Report. Retrieved October 18, 2017, from <http://www.harperlove.com/PDF/NewsNovember08.pdf>
- Ribeiro, J., & Caten, C. (2012). *Série monográfica Qualidade Controle Estatístico do Processo*. UFRGS, 5-6. Porto Alegre. Retrieved from http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_2012.pdf
- Rius, R. (2011). *Rasqueta del rodillo limitador o doctor. Desgastada o mal ajustada (2ª parte, ampliación)*.
- Rodrigues, D., Chagas, R., & Aguiar, F. (2014). Importância da qualidade do adesivo na produção de papelão corrugado. *Química Nova*, 4, 58–61. Retrieved from http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol14No3_179_v14_n3_%288%29.pdf
- Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017). Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company. *Procedia Manufacturing*, 11, 1069–1076. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2017.07.218>
- Senturk, S., & Erginel, N. (2009). Development of fuzzy over(over(X, -), ~) - over(R, ~) and over(over(X, -), ~) - over(S, ~) control charts using α -cuts. *Information Sciences*, 179(10), 1542–1551. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2008.09.022>
- Vargas, R. (2017). Lean Manufacturing - GestaoIndustrial.com. Retrieved October 18, 2017, from <http://gestaoindustrial.com/index.php/industrial/manufatura/lean-manufacturing>
- Wendler, S. D. (2006). *Washboarding of Corrugated Cardboard Department of Applied Physics*.

Doctoral Dissertation, Royal Melbourne Institute of Technology.

Wong, K. C. (2011). Using an Ishikawa diagram as a tool to assist memory and retrieval of relevant medical cases from the medical literature. *Journal of Medical Case Reports*, 5(1), 120. <https://doi.org/10.1186/1752-1947-5-120>

ANEXOS

6.1 Dados recolhidos no setor

6.2 Registos

6.3 Dados relativos ao consumo de gás

6.4 Cálculo do empeno de uma placa

6.5 Fórmulas para elaboração das Cartas de controlo

6 ANEXOS

6.1 Dados recolhidos no setor

A tabela 12 diz respeito ao conjunto de dados recolhidos no setor da contracolagem durante o primeiro mês de trabalho no setor.

Tabela 12 - Dados recolhidos junto das onduladoras

Maq.	Fluting	Temp. (°C)	Liner	Temp. (°C)	Temp. SF(°C)	Gap Cola	Empeno (%)
17	S.Medium 85	35	Blanco Liner 120	49	79	111	
17	Duosaica 100	42	S.Medium 85	42	82	111	
17	S.Medium 85	37	VianaPac 115	59	89	121	
17	HidroSaica 120	41	VianaPac 165	66	86	114	
17	S.Medium 85	37	Duosaica 100	62	84	105	
17	S.Medium 85	39	Duosaica 100	50	85	111	
17	S.Medium 85	41	Duosaica 100	49	84	92	
17	Hidrosaica 120	38	Saikraft 200	58	83	97	
17	S.Medium 85	42	Blanco Liner 120	54	82	97	
17	S.Medium 85	43	Blanco Liner 120	59	83	94	2
17	S.Medium 85	42	Blanco liner 120	69	89	91	
17	S.Medium 85	43	Duosaica 100	61	91	90	
17	S.Medium 85	34	Duosaica 100	74	91	84	5

19	Saikraft 250	79	Hidrosaica 120	72	86	7000	
19	Saikraft 250	82	Hidrosaica 120	73	87	7000	
19	Blanco liner 120	68	Duosaica 100	64	79	16000	2
19	Blanco linear 120	72	Duosaica 100	54	81	16000	2
19	Hidrosaica 120	74	Blanco Liner 120	53	83	14000	2
19	Duosaica 100	80	VianaPac 165	70	85	13000	
19	Duosaica 100	79	Australian Paper 270	65	84	11000	
19	Hidrosaica 160	74	Australian Paper 270	83	89	12000	
19	Duosaica 100	64	Duosaica 100	82	90	19000	
19	Hidrosaica 160	78	Portoliner 275	75	90	12000	
19	HidroSaica 120	81	VianaPac 165	97	95	10000	
19	S.Medium 85	61	DuoSaica 100	80	85	19000	
19	S.Medium 85	61	Blanco Linear 120	58	82	19000	
19	S.Medium 85	67	Duosaica 100	45	82	22500	
19	Hidrosaica 120	76	Duosaica 100	48	81	19000	5
19	Hidrosaica 120	76	Duosaica 100	46	83	19000	4
19	Duosaica 100	72	Duosaica 100	48	84	16000	6
19	Duosaica 100	71	VianaPac 165	73	86	10000	8
19	Hidrosaica 160	80	PortoPac 275	74	87	7000	
19	Hidrosaica 160	76	Portopac 275	73	87	7000	2
19	S.Medium 85	71	Duosaica 100	64	85	16000	

19	S.Medium 85	77	VianaPac 115	71	90	14000	
19	S.Medium 85	78	S.Medium 85	51	88	21000	3
19	S.Medium 85	82	S.Medium 85	56	90	21000	2
19	Duosaica 100	84	Duosaica 100	55	90	16000	6
19	Hidrosaica 120	86	Vianapac 115	75	98	15000	3

6.2 Registos

Apresentam-se na tabela 13 e 14 os registos criados no setor da contracolagem para a viscosidade e temperatura da cola após fabrico e durante sua utilização respetivamente.

Tabela 13 - Registos dos lotes de cola

Registo Lotes Cola			
Data	Hora	Operário	Viscosidade

Tabela 14 - Registo de medição de temperatura e viscosidade da cola

Medição Temperatura/Viscosidade Cola					
		Viscosidade		Temperatura	
Dia	Hora	Tubagem	Retorno	Tubagem	Retorno
	07:00				
	12:00				
	17:00				
	07:00				
	12:00				
	17:00				
	07:00				
	12:00				
	17:00				

6.3 Dados relativos ao consumo de gás

Na tabela 15 são apresentados os consumos de gás relativo aos anos de 2016 e 2017.

Tabela 15- Dados relativos ao consumo de gás

Ano	Mês	Consumo (KWh)	Carga Horária	Consumo/H	Poupança
2016	Janeiro	115178	218	527	
	Fevereiro	115751	231	502	
	Março	122374	245	500	
	Abril	115210	222	520	
	Maio	121365	218	557	
	Junho	106084	200	530	
	Julho	119174	247	483	
	Agosto	99817	210	475	
	Setembro	122014	253	482	
	Outubro	125814	247	510	
	Novembro	127491	234	545	
	Dezembro	119828	238	504	
2017	Janeiro	125369	218	575	
	Fevereiro	101812	212	480	4%
	Março	125469	272	462	8%
	Abril	91689	203	452	13%
	Maio	107774	243	443	20%
	Junho	99063	218	454	14%
	Julho	95950	203	473	2%
	Agosto	86775	187	465	2%

6.4 Cálculo do empeno de uma placa

A fórmula de cálculo do empeno de uma placa é a seguinte:

$$\text{Empeno} = \frac{f}{L} \times 100$$

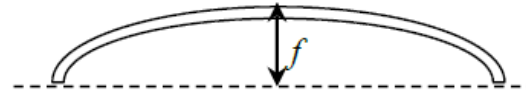


Figura 33 - Cálculo do empeno

Na fórmula, o L representa o comprimento total de uma placa e o f está representado na figura 33.

6.5 Fórmulas para elaboração das Cartas de controle

Quando as cartas são construídas através de um conjunto de dados em que apenas é realizada uma observação por lote utilizam-se as fórmulas:

Cálculo limites carta das médias: $\bar{x} \pm 2,66\bar{R}$

Cálculo limites carta das amplitudes: $3,27\bar{R} ; 0$

R – Amplitude móvel; \bar{R} – Média da amplitude móvel; \bar{x} – Média das médias