

Melhoria do Método Operativo de uma Linha de Corte e Embalagem de Rolos de Aglomerado de Cortiça

Bárbara Tavares Correia

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Luís Cardoso Osswald



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2018-01-22

*“I know I was born and I know that I’ll die
The in between is mine”
- Eddie Vedder*

Resumo

Neste projeto pretendia-se reduzir custos de produção e melhorar o balanceamento da linha de corte e embalagem de rolos de aglomerado de cortiça ao implementar um novo método operativo. Considerou-se que existiam varias opções de métodos operativos para alcançar estes resultados, a maior variação entre estes métodos seria o número de operadores ou o seu aloucamento.

Na situação inicial esta linha era operada por 3 colaboradores, estando dois responsáveis pelas linhas paralelas de corte e bobinagem e um responsável pela linha de embalagem.

Uma vez que não era exequível testar todos estes métodos no chão de fábrica recorreu-se à construção de um simulador usando os dados recolhidos durante o levantamento da situação inicial de produção. Admitiu-se como variáveis o número de operadores, sendo que cada operador representaria um custo de 15 euros por hora, e a capacidade de produção dos diferentes *SKU's* segundo cada método.

A partir dos resultados da simulação foi selecionado para teste no chão de fábrica o método operativo *B*. Este método sugere a diminuição de um operador nas linhas de corte e bobinagem passando a CB1 e a CB2 a ser operada apenas por um operado. O sucesso deste método depende do sequenciamento de operações de mudança de cilindro entre as duas linhas.

Este método foi implementado experimentalmente durante um turno, tendo sido feito o registo de todas as operações realizadas pelo operador de CR1 e CR2 durante três horas.

Durante esta implementação de 3 horas verificou-se uma redução em 44% da capacidade de produção e um aumento do custo por rolo de 66%, relativamente à situação inicial, apesar da diminuição dos custos fixos com pessoal.

Contudo deve ser tido em conta a curta duração do período analisado e a falta de formação dos operadores para o novo método. A falta de formação refletiu-se no não seguimento do método previsto e analisado na simulação, uma vez que processo de mudança de cilindro na CB2 foi sistematicamente interrompido para iniciar a mudança de cilindro na CB1, atrasando o reinício de produção e consequentemente a alimentação da EMB.

A simulação do método não obteve resultados tão próximos dos registados no chão de fábrica quanto era esperado. Contudo o uso do simulador permitiu estudar diferentes hipóteses de métodos operativos sem que a produção fosse perturbada. Para análises futuras ficou claro que o simulador necessitaria de maior precisão, devendo ser reconsiderados os valores médios usados para a duração das operações de mudança de cilindro e deverão consideras outras operações de recorrência esporádica.

Improvement of the operating method of cut and packaging production line of cork agglomerate rolls

Abstract

This project intended to reduce production costs and to improve balancing of the line in study thru the implementation of a new operation method. It was considered that there were several options of operating methods to achieve these results, the greatest variation between these methods would be the number of operators or their allocation.

In the initial situation this line was operated by 3 employees, with two being responsible for the parallel operating lines of cutting and winding and one responsible for the packaging line.

Since it was not feasible to test all these methods on the factory floor, a simulator was constructed using the data collected during the survey of the initial production situation.

From the simulation results the operational method B was selected for testing on the factory floor. This method suggests the reduction of an operator in the cutting and winding lines. The success of this method depends on the sequencing of cylinder change operations between the two lines.

During the 3-hour implementation there was a 44% reduction in production capacity and an increase in cost per roll of 66% compared to the initial situation, despite the decrease in fixed staff costs.

However, account should be taken of the short duration of the period analyzed and the operators lack of training for the new method. The lack of training was reflected in the failure to follow the method predicted and analyzed in the simulation, since the process of cylinder change in CB2 was systematically interrupted to initiate the change of cylinder in CB1, delaying the restart of production and consequently feeding of the EMB.

The simulation of the method did not achieve results as close to those recorded on the factory floor as was expected. However, the use of the simulator allowed to study different hypotheses of operating methods without the production being disturbed. For future analysis it was clear that the simulator would require more precision and the average values used for the duration of the cylinder change operations should be reconsidered and other sporadic recurrence operations considered.

Agradecimentos

Agradeço a todos os colaboradores envolvidos na realização deste projeto, em especial aos operadores do primeiro e segundo turno da linha de produção em análise, ao Sr. Joaquim Gomes e ao Sr. Fernando, pelo apoio, esclarecimentos e disponibilidade ao longo destes meses, sem a qual a realização deste trabalho não teria sido possível.

Agradeço aos meus orientadores, ao Eng. António Espinhosa, pela oportunidade, apoio e orientação na empresa e ao Eng. Paulo Osswald pela disponibilidade e ajuda no decorrer deste projeto.

Por fim gostaria de agradecer as pessoas mais importantes da minha vida. Em especial aos meus pais por todos os sacrifícios, mas também avós e tios por todas as oportunidades que me proporcionaram e por serem os meus exemplos de força e dedicação. Sem nunca esquecer o meu irmão e o meu namorado a todos eles gostaria de agradecer a infinita calma e paciência para comigo nos últimos meses, e anos.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	Grupo Amorim.....	1
1.3	Metodologia Seguida	3
1.4	Estrutura da dissertação	4
2	Estado de arte.....	1
2.1	Sistema Toyota de Produção.....	1
2.2	Standard Work	2
2.3	5 S	3
2.4	SMED	3
2.5	OEE.....	5
2.6	Takt Time.....	7
2.7	Value Stream Mapping	7
2.8	Diagrama de Spaghetti.....	8
2.9	Diagrama de Gantt	8
3	Apresentação da Linha de Corte e Embalagem de rolos de cortiça aglomerada....	10
3.1	Os produtos	10
3.2	Distribuição da produção	11
3.3	Funcionamento da linha CBE	12
3.4	Gargalo da produção	17
3.5	OEE.....	17
4	Análise teórica de métodos operativos	21
4.1	Métodos operativos analisados com recurso à simulação	21
4.2	Simulador.....	22
4.3	Processo de análise dos métodos operativos e resultados da simulação.....	23
5	Propostas de Melhorias.....	25
5.1	Método operativo implementado - Método <i>B</i>	25
5.2	SMED na Mudança de Cilindros	28
5.3	Corte de cartão	29
5.4	Sistema de controlo do tapete de CB1 e CB2.....	30
5.5	Aumento do sistema de alimentação de tubos das bobinadoras	30
5.6	Localização das paletes de tubos	31
6	Implementação experimental do método operativo <i>B</i> e das melhorias	34

6.1	Resultados da implementação experimental do método operativo <i>B</i>	36
7	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	40
7.1	Trabalhos futuros	40
	Referências	42
	ANEXO A: Impresso usado na recolha de tempos de operações.....	44
	ANEXO B: Dados usados na construção do simulador	45
	ANEXO C: Simulação do produto: A	46
	ANEXO D: Simulação do produto: E	47
	ANEXO E: Resultados da Simulação de 85% da Produção	48
	ANEXO F: Método Operativo B.....	49
	ANEXO G: Guia para corte de cartão	51

Siglas:

ACC: *Amorim Cork & Composites*

CB1: Linha de corte e bobinagem 1

CB2: Linha de corte e bobinagem 2

CBE: Linha da corte, bobinagem e embalagem

EMB: Linha de embalagem

JIT: *Just in time*

OEE: *Overall equipment effectiveness*

SKU: *Stock keeping unit*

STP: Sistema Toyota de produção

TPM: *Total productive maintenance*

VSM: *Value stream mapping*

Índice de Figuras

Figura 1 - Presença mundial da Corticeira Amorim (Amorim Cork Composites S.A. 2017)	2
Figura 2 - Unidades de negócio da corticeira Amorim	2
Figura 3 - Estrutura Organizacional da ACC	3
Figura 4 - Estrutura Organizacional das Operações	3
Figura 5 - "Casa" do sistema Toyota de produção (Lean Enterprise Institute 2018)	2
Figura 6 - Processo de um programa de 5S (adaptado de Liker Jeffrey e Meier (2006), pag.65)	3
Figura 7 - Influência dos diferentes tipos de melhorias implementadas (Vorne Industries 2017)	4
Figura 8 - Estratificação do tempo total disponível para produção - adaptado de (Nakajima 1988, Gibbonse Burgess 2010)	6
Figura 9 - Estrato de tempo de produção efetivo e causas de que o afetam	6
Figura 10 - Estrato de tempo de produção efetivo e causas de que o afetam	6
Figura 11 - Estrato de tempo útil à produção e causas de que o afetam	7
Figura 12 - Exemplo de diagrama de <i>spaghetti</i> (AllAboutLean.com 2015)	8
Figura 13 - Exemplo de um diagrama de Gantt (Gantt.com 2017)	9
Figura 14 - Gráfico de Pareto dos SKU's que representam 85% da produção da CBE	11
Figura 15 - Distribuição da produção de acordo com o material utilizado	11
Figura 16 - Estrutura da CBE	12
Figura 17 - Layout CBE e delimitação de CB1, CB2 e EMB	13
Figura 18 - Constituição de CB1 e CB2	13
Figura 19 - Layout CB1 e CB2	14
Figura 20 - Processo de corte à espessura (1), largura (2) e impressão (3)	14
Figura 21 - Bobinadora (5)	15
Figura 22 - Constituição da EMB (*equipamentos partilhados com a linha de produção adjacente)	15
Figura 23 - Layout EMB	16
Figura 24 - Tapete de transporte (1) e embaladora (2)	16
Figura 25 - Rolos prontos na paleta (4) e plataforma auxiliar (3)	16
Figura 26 - Movimentação de uma paleta apos plastificada	17
Figura 27 - Estratificação das paragens planeadas (setembro 2016 a setembro 2017)	18
Figura 28 - Evolução do OEE, índice de disponibilidade e índice de desempenho nas primeiras 40 semanas de 2017	19
Figura 29 - Estratificação de perdas de disponibilidade (setembro 2016 a setembro 2017)	20

Figura 30 - Métodos operativo analisados.....	21
Figura 31 - Diagrama de spaghetti da movimentação de operadores na produção com embalagem em plástico: 1 - método operativo inicial; 2 - método operativo B.....	27
Figura 32 - Diagrama de spaghetti da movimentação de operadores na produção com embalagem em cartão e plástico: 1 - método operativo inicial; 2 - método operativo B	27
Figura 33 - Palete de tubos, carrinho e escadote usado no reabastecimento de tubos....	31
Figura 34 - Diagrama de spaghetti da movimentação de operadores na produção com embalagem em plástico - 1: movimentação usando o método operativo inicial; 2: movimentação apos implementação do método operativo B	32
Figura 35 - Diagrama de spaghetti da movimentação de operadores na produção com embalagem em plástico após alteração da posição da palete de tubos e dimensões da zona de passagem da palete.....	32
Figura 36 - Diagramas de Gantt da simulação da produção do produto A: 1. 2 laminadoras/bobinadoras operadas por 2 colaboradores; 2. 2 laminadoras/bobinadoras operadas por 1 colaborador; 3. 1 embaladora operada por 1 colaborador; 4. 1 embaladora operada por 2 colaboradores.....	46
Figura 37 - Diagramas de Gantt da simulação da produção do produto E: 1. 2 laminadoras/bobinadoras operadas por 2 colaboradores; 2. 2 laminadoras/bobinadoras operadas por 1 colaborador; 3. 1 embaladora operada por 1 colaborador; 4. 1 embaladora operada por 2 colaboradores.....	47

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resumo dos valores de OEE, índice de disponibilidade de desempenho nas primeiras 40 semanas de 2017	19
Tabela 2 - Combinação das simulações parciais para análise dos métodos operativos .	23
Tabela 3 - Resumo de análise dos métodos operativos <i>A, B, C, D e E</i>	24
Tabela 4 - Diagrama de Gantt do sequenciamento das tarefas em CR1 e CR2 na produção do produto A.....	26
Tabela 5 - Comparação do processo de mudança de cilindro antes e depois de SMED	29
Tabela 6 - Reabastecimento de tubos por turno em função da produção de cada CR e da capacidade do sistema de alimentação	31
Tabela 7 - Diagrama de Gantt das operações realizadas na implementação experimental do método B	35
Tabela 8 - Nível de ocupação do equipamento no tempo disponível para produção	36
Tabela 9 - Distribuição de tempo do operador de CB1 e CB2 no tempo disponível para produção	37
Tabela 10 - Comparação de tempos de simulação e tempos médios de implementação	38
Tabela 11 - Capacidade de produção e Custo do produto A	38
Tabela 12 - Velocidade de corte para os principais materiais	45
Tabela 13 - Dados do processo de mudança de cilindro	45
Tabela 14 - Dados sobre o embalamento de um rolo	45
Tabela 15 - Dados do processo de mudança de palete	45
Tabela 16 - Tabela dupla entrada para consulta do perímetro dos rolos	51

1 Introdução

Neste capítulo pretende-se fazer um enquadramento do projeto, a sua motivação e uma apresentação da empresa na qual o mesmo foi desenvolvido.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Esta dissertação, realizada em ambiente empresarial, incidiu na análise com vista à melhoria do método operativo de uma linha de corte e embalagem de rolos de aglomerado de cortiça.

A linha em análise dedica-se à transformação de cilindros maciços de aglomerado de cortiça em rolos de folha de cortiça e ao embalamento dos mesmos.

Esta linha entrou em funcionamento em 2005 após a realização de um *value stream mapping* do processo de produção e embalamento de rolos individuais. Anteriormente o processo dividia-se em três células de trabalho com um total de quatro operadores. Atualmente esta é uma linha automatizada operada por três operadores sendo que dois operam duas linhas paralelas de corte e bobinagem e um é responsável pelo embalamento. A transformação das células de trabalho em linhas automatizadas permitiu reduzir o *stock* e o *lead time*.

Após 12 anos de implementação da linha, o nível de ocupação da mesma está aquém do esperado, e pretende-se potenciar os automatismos da linha, reduzir custos de produção e fazer um melhor balanceamento da produção.

1.2 Grupo Amorim

O Grupo Amorim tem uma longa história no negócio da cortiça, iniciada em 1870, e é hoje o líder mundial no setor.

O seu lema “*nem um só mercado, nem um só cliente, nem uma só divisa, nem um só produto*” traduz o dinamismo e empreendedorismo que distingue o grupo nos mais de cem países onde opera.

Desde a sua fundação em 1952, o Grupo Amorim é uma empresa familiar, liderada até 2017 por Américo Amorim. Tendo iniciado a sua atividade no setor corticeiro, diversificou os seus setores de atividade abrangendo áreas tão diversas como o têxtil, o enoturismo ou imobiliária sem nunca perder a sua identidade de grupo corticeiro.

A cortiça é o fator diferenciador dos produtos do grupo uma vez que é uma matéria prima 100% natural explorada em montados de sobreiro sustentáveis.

O setor corticeiro é a espinha dorsal do Grupo que se encontra na vanguarda da inovação e design deste setor, disponibilizando produtos e soluções para algumas das indústrias

mais exigentes em termos de segurança e qualidade, como a indústria aeroespacial (Amorim Cork Composites S.A. 2017).



Figura 1 - Presença mundial da Corticeira Amorim (Amorim Cork Composites S.A. 2017)

A Corticeira Amorim é responsável pela transformação de 35% da cortiça mundial em unidades espalhadas por todo o mundo, representadas na Figura 1, com mais de 3500 colaboradores. A Corticeira Amorim opera sobre um sistema vertical de negócio que origina cinco unidades de negócio representadas na Figura 2 (AMORIM S.A. 2017).

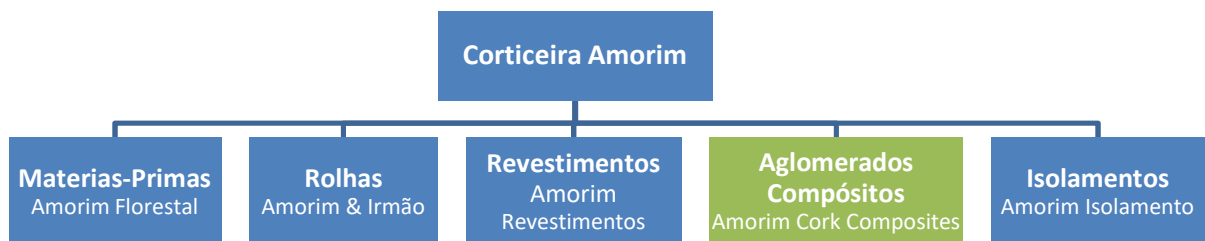


Figura 2 - Unidades de negócio da corticeira Amorim

1.2.1 Amorim Cork Composites

Esta dissertação foi desenvolvida na unidade de negócios dedicada a aglomerados compósitos, a Amorim Cork Composites, ACC.

A Amorim Cork Composites utiliza a cortiça rejeitada pela indústria das rolhas para desenvolver aglomerados de cortiça para diversas indústrias, desde a decoração à construção ou aeroespacial.

Na Figura 3 é estruturado o organograma da ACC desde a direção Geral até à área de Operações dentro da qual se insere a área de intervenção. A Figura 4 estrutura a organização subjacente à área de Operações até à área de Cork Natural Materials onde se insere a área em análise nesta dissertação.



Figura 3 - Estrutura Organizacional da ACC

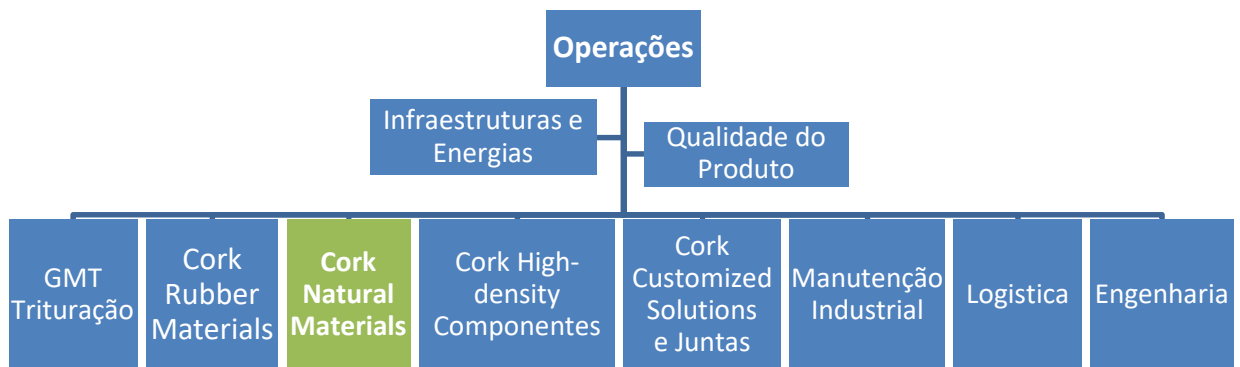


Figura 4 - Estrutura Organizacional das Operações

1.3 Metodologia Seguida

A realização desta dissertação seguiu uma metodologia de análise, simulação e teste.

Numa fase inicial foi feito um levantamento da situação inicial. Para tal recorreu-se a registos históricos e à observação da produção no local. As observações no chão de fábrica, que contabilizaram mais de 16 horas, permitiram medir tempos e observar método de produção.

Recorrendo às observações da produção foi elaborado um simulador com o intuito de analisar a produção de diferentes *SKU's* permitindo variar o número de operadores, equipamentos e sequência de operações.

Usando o simulador criado foram avaliados diferentes métodos operativos sem que a produção fosse perturbada.

Esta avaliação teórica levou à seleção de um método que foi implementado à produção para avaliação real do mesmo recorrendo à observação da produção.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação é dividida em sete capítulos que descrevem, cronologicamente, o processo levado a cabo para a desenvolver.

No primeiro, e presente, capítulo é feita uma breve descrição da empresa e do projeto desenvolvido.

No segundo capítulo é realizada uma abordagem aos conceitos teóricos que suportam as ações seguidas.

De seguida, no terceiro capítulo, é apresentada a situação inicial da produção, descrevendo produtos, processos e analisando dados históricos de produção e ocupação.

No quarto capítulo são analisados métodos operativos alternativos recorrendo à simulação da produção.

Uma vez analisados com recurso a simulação o método operativo escolhido para implementação foi explanado no capítulo cinco em conjunto com outras melhorias que complementam o novo método operativo.

No sexto, e penúltimo, capítulo desta dissertação é apresentado o levantamento feito da implementação experimental das melhorias apresentadas e a análise dos dados recolhidos.

Por fim, no sétimo capítulo, apresentam-se conclusões e possíveis trabalhos futuros.

2 Estado de arte

Neste capítulo pretende-se fazer um enquadramento teórico de diferentes conceitos que se tornaram relevantes durante a realização deste projeto. Entre eles encontram-se conceitos de organização da produção e conceitos usados na análise da produção.

2.1 Sistema Toyota de Produção

Henry Ford foi pioneiro na gestão da produção, introduzindo o conceito de linha de montagem na produção do Modelo T, o que permitia a produção de um carro a cada 98 minutos. Contudo ficou também imortalizado pela frase “*O cliente pode ter um carro pintado da cor que desejar, desde que seja preto*”, que reflete a falta de flexibilidade na produção em linha de montagem (Lean Enterprise Institute 2017b, Ford Motor Company 2017).

A disseminação de linhas de montagem em diferentes indústrias veio expor as suas fraquezas em ambientes em que os produtos exigem uma maior customização. Nestes ambientes os tempos de resposta e os stocks irão aumentar (Lean Enterprise Institute, 2017b).

Para dar resposta à crescente necessidade de flexibilidade de produção, surgiu no Japão, pelas mãos de Taiichi Ohno, o Sistema Toyota de Produção (STP), que viria a ser conhecido internacionalmente como *Lean* quando Womack, Jones e Ross o apresentaram ao ocidente no livro “*The Machine that Changed the World*”. (Lean Enterprise Institute 2017b)

O STP pretende maximizar o valor criado minimizando o desperdício. Identificar todos os tipos de desperdício, ou *muda*, em japonês, é o primeiro passo para atingir uma produção *lean*. Os 7 tipos de *muda* são (Coimbra 2013):

1. Defeitos;
2. Pessoas à espera;
3. Movimento de pessoas;
4. Processamento excessivo;
5. Transporte de material;
6. Material em espera;
7. Excesso de produção.

A eliminação de desperdício no STP assenta em dois pilares: *jidoka* (em japonês) e *just-in-time* (JIT).

O primeiro pilar, *jidoka*, é por vezes traduzido como “automação com toque humano”. Na prática o *jidoka* é capacidade e responsabilidade de todos os operadores na correção de anomalias para que o controlo de qualidade seja executado ao longo de todo o processo.

O pilar de JIT é traduzido por “*produzir apenas o que é necessário, quando é necessário, e na quantidade necessária*” (Toyota Motor Corporation).

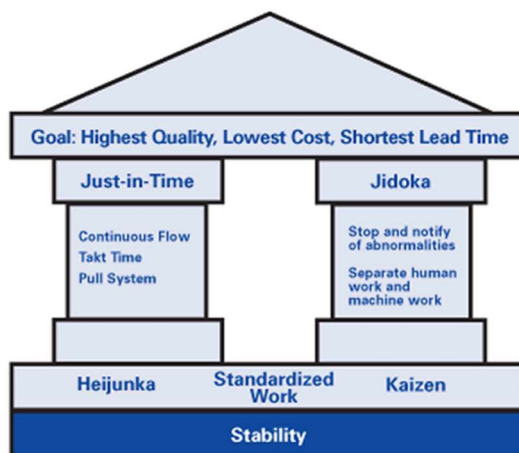


Figura 5 - "Casa" do sistema Toyota de produção (Lean Enterprise Institute 2018)

Ao implementar estes ideais, ilustrados na Figura 5, Taiichi Ohno, alterou o foco da utilização individual de cada máquina para o fluxo de produtos, conseguindo manter o baixo custo de produção, com alta versatilidade e qualidade, e com rápida resposta a mudanças do tipo de produto em produção (Lean Enterprise Institute, 2017b).

2.2 Standard Work

O *standard work* foi desenvolvido como base para implementação do sistema Toyota de produção como ilustrado na Figura 5. Esta ferramenta *lean* permite estabilizar a produção, implementando e disseminando as melhores práticas operativas.

Para tal deve ser feita um levantamento e subsequente análise do método operativo que permitirá decompor, sequenciar e organizar o processo. Durante o levantamento devem registadas as variantes do processo que poderão levar ao aumento do tempo de ciclo e a problemas de qualidade. A análise do método atual é o primeiro passo para a melhoria do mesmo (iSixSigma 2017).

Uma implementação de um *standard work* pretende garantir que uma dada operação é executada com a menor variabilidade possível, para tal devem ser definidos quem é responsável por cada tarefa, quando e como é que esta deve ser feita (Millard 2017b).

O *standard work* é constituído por 3 elementos (Lean Enterprise Institute 2017a):

- *Takt time*;
- Sequência de operações;
- Quantidade standard de unidades em produção.

A longo prazo o *standard work* permitirá (Millard 2017a):

- Garantir que o trabalho é feito de acordo com os melhores métodos;
- Simplificar e acelerar formação de novos operadores;
- Aumentar qualidade e satisfação;

- Reduzir defeitos e desperdícios;
- Aumentar previsibilidade de resultados;
- Facilitar melhorias e inovação;
- Facilitar identificação e resolução de problemas;

2.3 5 S

Os 5 S são um conjunto de boas práticas que, ao serem implementadas sistematicamente, são utilizadas como uma ferramenta de melhoria contínua para organização do posto de trabalho. Esta metodologia surgiu no Japão e deve o nome às 5 palavras japonesas que descrevem as suas etapas:

1. Separar - *Seiri* - separação dos itens necessários e inúteis, removendo os que não são necessários;
2. Organizar - *Seiton* - organização dos itens restantes para que estejam no local mais apropriado para a sua utilização;
3. Limpar - *Seiso* - Limpeza do posto de trabalho e dos equipamentos;
4. Standardizar - *Seiketsu* - Criação de ferramentas para manter o que já foi conseguido com primeiros 3 s's;
5. Verificar - *Shitsuke* - Verificação regular da organização e limpeza do posto de trabalho.

Estas etapas devem ser implementadas sucessivamente e de forma cíclica, como ilustrado na Figura 6.



Figura 6 - Processo de um programa de 5S (adaptado de Liker Jeffrey e Meier (2006), pag.65)

Um programa de 5 S é mais do que uma limpeza geral, é uma poderosa ferramenta *lean* que permite:

- Eliminar material em excesso;
- Reduzir deslocações;
- Reduzir erros
- Reduzir tempos de procura de materiais e ferramentas;
- Facilitar acesso a ferramentas necessárias.

2.4 SMED

SMED - *Single Minute Exchange of Dies* - é uma ferramenta *lean* utilizada para diminuir o tempo de *setup*¹ pois na perspetiva do cliente, os tempos de *setup* não acrescentam valor ao produto, podendo ser considerado desperdício (Azizie Manoharan 2015, Almomani et al. 2013).

¹ *Setup* - preparação e ajuste das ferramentas e máquinas necessárias à realização da produção

O nome, *Single Minute Exchange of Dies*, reflete o objetivo e o processo no qual foi primeiro aplicado. O objetivo era diminuir o tempo necessário para alterar os moldes estampagem numa linha de produção da Toyota para menos de 10 minutos. O método usado para o conseguir foi desenvolvido, documentado em livro e disseminado, por Shingo (1985).

A metodologia SMED surgiu no processo de alteração da filosofia de produção para *Just in Time*, o que exige maior eficiência e flexibilidade na produção. Ao atingir tempos de Setup mais baixos torna-se viável produzir lotes mais pequenos, reduzindo os stocks.

As tarefas envolvidas no processo de *setup* são, segundo Shingo (1985) divididas em:

- Operações internas - operações que apenas podem ser efetuadas com o equipamento parado;
- Operações externas - operações que podem ser realizadas com o equipamento em funcionamento.

A implementação da metodologia SMED baseia-se em 5 etapas sucessivas:

1. Estudo da situação atual;
2. Identificação e separação de operações internas e externas;
3. Conversão de operações internas em externas;
4. Redução da duração de operações internas;
5. Redução da duração de operações externas.

Alguns destes passos podem ser tomados em conjunto para que os resultados sejam atingidos mais rapidamente (Vorne Industries 2017).

As medidas tomadas para melhorar o tempo de *setup* podem abranger dois campos (Vorne Industries 2017):

- Humano - preparação e organização;
- Técnico - melhoria de equipamentos.

A Figura 7 ilustra a relação entre o esforço necessário e a melhoria conseguida através dos diferentes tipos de melhorias aplicadas num processo de SMED.

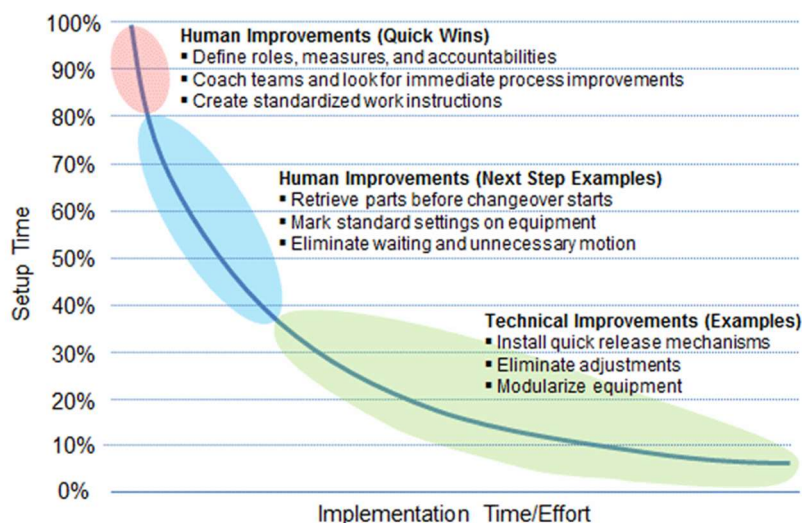


Figura 7 - Influência dos diferentes tipos de melhorias implementadas (Vorne Industries 2017)

As melhorias aplicadas aos elementos humanos têm efeitos mais rápidos e são menos dispendiosas, devendo ser o primeiro passo num processo de melhorias de SMED (Vorne Industries 2017).

2.5 OEE

O OEE (*overall equipment effectiveness*), ou como é conhecido em português eficácia operacional, é uma métrica de eficácia de equipamentos associada à implementação de programas de TPM². Este indicador destaca-se de outros, uma vez que apresenta uma análise coletiva da disponibilidade, desempenho e qualidade, revelando desperdícios que noutros indicadores são negligenciados.(Nakajima 1988, Vorne Industries Inc)

Nakajima (1988) identificou seis grandes perdas (*Six Big Loses*) de produtividade que devem ser o foco de um programa de TPM para assim se atingir produtividade total (Vorne Industries Inc):

1. Avarias;
2. *Setups* e ajustes;
3. Micro-paragens;
4. Redução de velocidade;
5. Defeitos;
6. Perdas de arranque.

2.5.1 Cálculo do OEE

O OEE pode ser entendido como a percentagem de tempo planeado de produção que é de facto útil, tendo em conta fatores de disponibilidade, desempenho e qualidade. Numa situação em que o equipamento estivesse sempre disponível, a trabalhar à sua velocidade ideal e sem produção de peças defeituosas seria uma situação em que o OEE é 100% (Vorne Industries Inc).

$$OEE = \frac{\text{Índice de Disponibilidade} \times \text{Índice Desempenho} \times \text{Índice Qualidade}}{\text{Índice Qualidade}} \quad (1)$$

Para se proceder ao cálculo do OEE é necessário proceder à estratificação do tempo disponível, ilustrado pela Figura 8, e perceber quais as perdas que afetam cada parcela de cálculo do OEE.

² TPM - *Total Productive Maintenance* - a manutenção produtiva total é uma ferramenta lean para redução de perdas, paragens, defeitos e custos com a colaboração de todos dos funcionários.

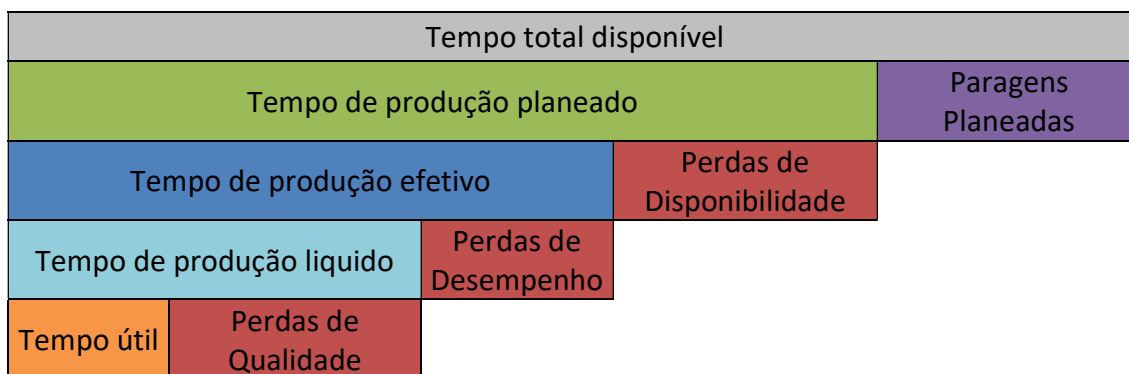


Figura 8 - Estratificação do tempo total disponível para produção - adaptado de (Nakajima 1988, Gibbonse Burgess 2010)

Entende-se por tempo disponível todo o tempo de funcionamento da fábrica ao qual são subtraídas paragens planeadas, como o horário de almoço ou formações (Dal, Tugwell, e Greatbanks 2000, Nakajima 1988), obtendo-se o tempo de produção planeado. As Seis Grandes Perdas penalizam a produção a partir do tempo de produção planeado (Rajpute Jayaswal 2012, Nakajima 1988).

Índice de Disponibilidade

Esta parcela contabiliza o tempo que um equipamento está efetivamente disponível para ser utilizado, pelo que é afetado pelas perdas por avarias, *setups* e ajustes (Nakajima 1988, Dal, Tugwell, e Greatbanks 2000).

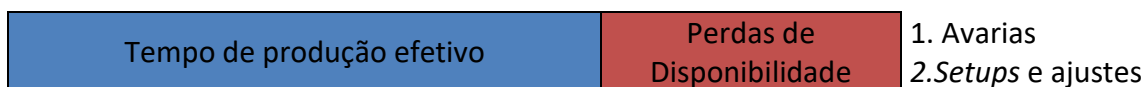


Figura 9 - Estrato de tempo de produção efetivo e causas de que o afetam

$$\text{Índice disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de produção efetivo}}{\text{Tempo de produção planeado}} \quad (2)$$

Índice de Desempenho

Uma vez que o equipamento está a ser utilizado, o seu desempenho é afetado por micro-paragens e/ou ritmos de trabalho mais baixos do que os normais (Dal, Tugwell, e Greatbanks 2000, Nakajima 1988).

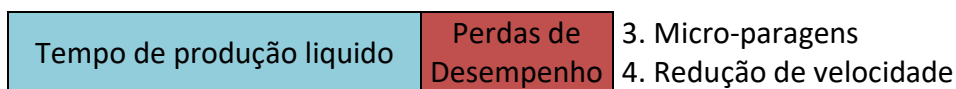


Figura 10 - Estrato de tempo de produção efetivo e causas de que o afetam

$$\text{Índice desempenho} = \frac{\text{Unid. produzidas} \times \text{Tempo de ciclo ideal}}{\text{Tempo de produção efetivo}} \quad (3)$$

Índice de Qualidade

O índice de qualidade é afetado por peças defeituosas e por perdas de qualidade ligadas ao arranque e pequenos ajustes (Nakajima 1988, Dal, Tugwell, e Greatbanks 2000).

Tempo útil	Perdas de Qualidade	5. Defeitos; 6. Perdas de arranque.
------------	---------------------	--

Figura 11 - Estrato de tempo útil à produção e causas de que o afetam

$$\text{Índice qualidade} = \frac{\text{Unid. aceites}}{\text{Unid. produzidas}} \quad (4)$$

Fórmula de calculo de OEE

Uma vez conhecidas as fórmulas de todas as parcelas de cálculo do OEE e pela sua multiplicação obtém-se a fórmula do OEE:

$$\text{OEE} = \frac{\text{Unid. aceites} \times \text{Tempo de ciclo ideal}}{\text{Tempo de produção planeado}} \quad (5)$$

2.6 Takt Time

O *takt time* é um conceito utilizado para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo de venda, induzindo assim uma produção em *pull*. O seu valor pode ser calculado dividindo o tempo de produção planeado, em segundos, para um determinado intervalo de tempo, pelo número de unidades requeridas pelos clientes para o mesmo intervalo de tempo. (Rothere Shook 2003, Rohanie Zahraee 2015).

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo de Produção Planeado}}{\text{Procura}} \quad (6)$$

Para a maioria das empresas o maior desafio é a determinação do valor da procura, uma vez que têm valores de procura variáveis. Segundo Liker Jeffrey e Meier (2006) deve ser feita uma estimativa com recurso a valores históricos usado um como valor referência para a procura de uma média acima da estimada pois cria maior margem para eliminação de desperdício, o que nunca é em vão, e de segurança para dar resposta a procuras mais elevadas.

2.7 Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* – *VSM* - é uma ferramenta para identificação e eliminação de desperdícios.

Um dos aspetos que distinguem o *VSM* de outras ferramentas é o seu foco no fluxo, tanto de materiais como de informação, distinguindo quais os processos pelos quais o cliente está disposto a pagar (*value added* - *VA*) e aqueles que não acrescentam valor (*non-value added* - *NVA*), como tempo em espera, armazenamento, *setups*, mas que ainda assim representam despesas.

Antes de mais é necessário realizar o mapeamento do estado atual identificando todas as ações (tanto as que adicionam valor como as que não o fazem) necessárias para fazer chegar um produto até ao cliente. A partir deste mapeamento é então definido o *value stream*, ou o fluxo de valor (Rothere Shook 2003).

O sistema de criação do VSM tem 5 passos

1. Seleção da família de produtos a analisar;
2. Elaboração do mapa de estado atual;
3. Identificação de desperdícios;
4. Elaboração do mapa de estado futuro;
5. Implementação e monitorização de mudanças para melhoria.

O mapa de estado atual é uma “fotografia” da forma como o processo está a ser feito atualmente. O mapa de estado futuro é uma representação do estado que se pretende atingir após eliminação de desperdícios e ineficiências.

2.8 Diagrama de Spaghetti

O diagrama de *spaghetti* é uma representação do movimento de pessoas, informação ou produtos. Esta representação deve ser feita sobre o layout da área a analisar, representando os fluxos por linhas contínuas que permitam distinguir os diferentes elementos que se pretendem analisar (American Society for Quality 2017, Narayanasamy 2017).

Pode imaginar-se um diagrama de *spaghetti* como um rasto de pedrinhas que permitem visualizar os passos dados para executar uma tarefa. Na Figura 12 está representado um exemplo.



Figura 12 - Exemplo de diagrama de *spaghetti* (AllAboutLean.com 2015)

O mapeamento de movimentos permite identificar desperdícios e redundâncias nos fluxos, resultando nos seguintes benefícios (American Society for Quality 2017):

- Identificação de zonas ineficientes;
- Identificação de movimentos desnecessários;
- Redução de tempos de valor não acrescentado;
- Redução de fadiga nos colaboradores;
- Otimização de layout.

2.9 Diagrama de Gantt

Os diagramas de Gantt são uma poderosa ferramenta de gestão de projetos (Investopedia 2010). O conceito base de um diagrama de Gantt é uma linha cronológica das etapas ou tarefas necessárias para a conclusão de um projeto. A característica que distingue um diagrama de Gantt de uma linha cronológica tradicional é a estratificação de cada tarefa. Esta característica permite (Gantt.com 2017):

- Distinguir facilmente cada tarefa;

- Visualizar o início, fim e duração de cada tarefa;
- Identificar tarefas sobrepostas;
- Visualizar a influência de cada tarefa na duração do projeto.

O diagrama de Gantt é uma ferramenta frequentemente usada na elaboração de *standard work* para analisar o sequenciamento e sobreposição de tarefas.

A Figura 13 ilustra um diagrama de Gantt, a título de exemplo, para ilustrar as características supramencionadas.

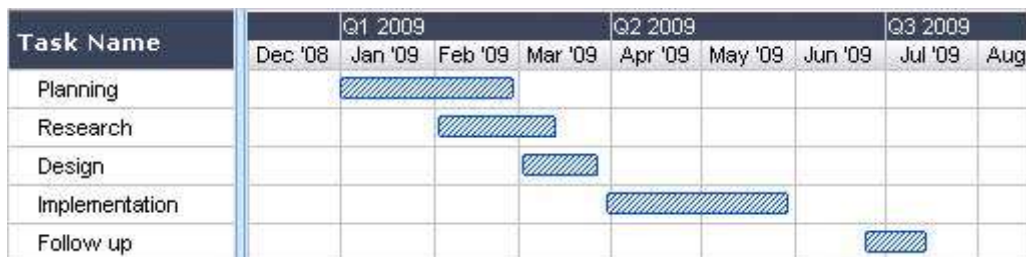


Figura 13 - Exemplo de um diagrama de Gantt (Gantt.com 2017)

O uso do diagrama de Gantt foi introduzido por Karol Adamiecki por volta de 1890, mas disseminado por Henry Gantt, a quem se deve a denominação. Originalmente estes diagramas eram feitos manualmente, de difícil atualização, contudo atualmente existem inúmeros softwares para a execução de diagramas de Gantt. O MS Project ou o Gantto são softwares especializados na execução destes diagramas, mas é possível criá-lo a partir do Excel (Investopedia 2010Investopedia 2010).

3 Apresentação da Linha de Corte e Embalagem de rolos de cortiça aglomerada

A linha analisada integra a unidade de CNM - *Cork Natural Materials*. Esta unidade dedica-se à aglomeração de cortiça natural para a produção de cilindros maciços e à transformação destes em rolos ou folhas por laminação.

Neste capítulo será feita a descrição do funcionamento e dos produtos da linha de corte e embalagem de rolos de cortiça aglomerada.

Será também apresentada a situação inicial da linha tendo em conta dados históricos da produção e observações do seu funcionamento feitas junto da mesma com a colaboração de todos os operadores.

Para mais fácil referência, a linha será identificada pela sigla CBE - corte, bobinagem e embalagem.

Depois de embalados, os artigos produzidos nesta linha encontram-se prontos a entregar ao cliente, sendo esta, por isso, uma etapa final na produção.

3.1 Os produtos

A CBE produz rolos de cortiça, na sua maioria para sub-piso de pavimentos. Os rolos produzidos diferenciam-se de acordo com o material, as dimensões, a existência ou não de impressão e o tipo de embalagem.

Relativamente às dimensões, a linha tem capacidade de produzir rolos com as seguintes características:

- Espessura - de 1,8 mm a 8 mm;
- Largura - de 915 mm a 1270 mm;
- Comprimento - de 7,4 m a 122 m.

O tipo de embalagem é uma característica determinante do funcionamento da CRE. Todos os rolos produzidos nesta linha são embalados com topos de cartão e uma película de plástico. Para além desta embalagem, alguns produtos, por requisito do cliente ou do material, são embalados em cartão canelado antes de serem envolvidos em plástico. Os produtos são identificados por uma etiqueta ou um panfleto, que deve ser colocado entre o rolo e a película de plástico.

As diferentes combinações das características dos produtos originam grandes variantes na produção e *setup's*. Por exemplo diferentes materiais são laminados a diferentes velocidades, a variação do comprimento influencia a cadência produtiva e a variação no tipo de embalagem origina diferentes tarefas.

3.2 Distribuição da produção

A distribuição da produção foi estudada com recurso aos registos dos meses entre janeiro e setembro de 2017. Nestes dados é possível saber quais as dimensões e material do produto, contudo não existe informação sobre o tipo de embalagem.

3.2.1 SKU⁴

No período abrangido pela amostragem foram produzidos 305 SKU's na linha em análise. Ficando 85% da produção distribuída por 27 SKU's. 84% dos SKU's contabilizam, cada um, apenas 0,1%, ou menos, da produção.

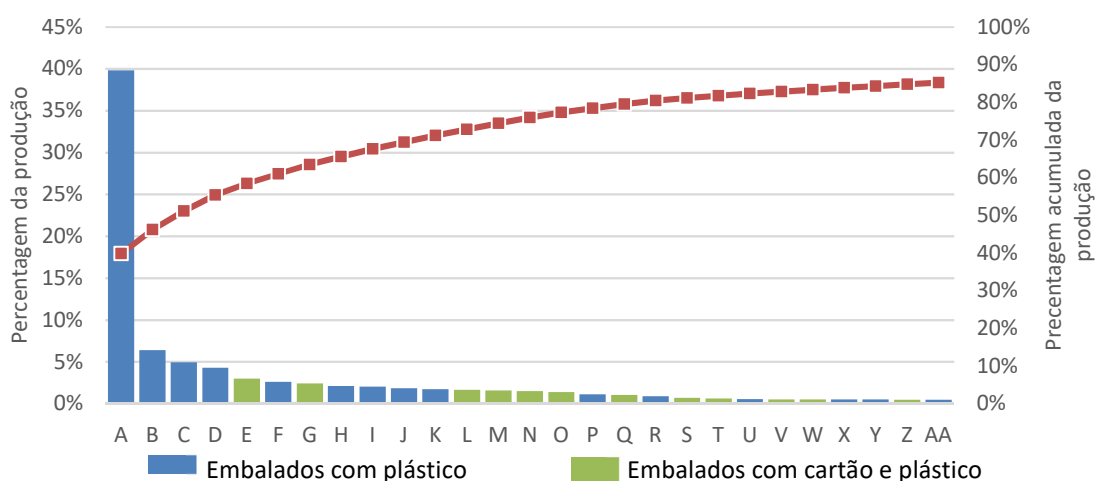


Figura 14 - Gráfico de Pareto dos SKU's que representam 85% da produção da CBE

O produto identificado como A na Figura 14 é responsável por 39,8% das unidades produzidas da CBE, merecendo especial atenção. Estes são rolos de 15,25 m de comprimento, 5,8 mm de espessura e 1220 mm de largura, no material 8244 e com embalagem em plástico com panfleto e etiqueta.

3.2.2 Material

O tipo de aglomerado utilizado é um fator que influencia a velocidade de corte e o tipo de embalagem. Na Figura 15 pode visualizar-se a distribuição dos materiais utilizados no CBE no período abrangido pelos registos.

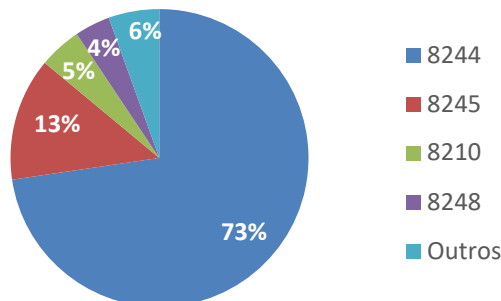


Figura 15 - Distribuição da produção de acordo com o material utilizado

⁴ SKU - stock keeping unit - cada SKU representa um tipo de produto diferente, qualquer variação ao produto gera um novo SKU.

O material que representa a maior fatia da produção (73%) é o 8244, um material corrente e que não exige cuidados especiais, sendo o material utilizado no produto A.

Os materiais 8245 e 8210, representam 18% da produção. Estes materiais têm características semelhantes, exigem embalagem com cartão e uma velocidade de corte mais baixa que o 8244.

3.2.3 Embalagem

A partir dos dados apenas se pode extrapolar informação sobre o tipo de embalagem tendo em conta o material utilizado, uma vez que alguns materiais requerem embalagem em cartão por questões de qualidade. Partindo desta informação podemos assumir que 18% da produção requer embalamentos com cartão.

Contudo este valor pode ser superior devido a requisito de embalamento especial por parte do cliente.

3.3 Funcionamento da linha CBE

Os rolos produzidos nesta linha são feitos a partir de cilindros maciços de aglomerado de cortiça natural. Os cilindros são cortados à espessura e à largura gerando uma folha de cortiça que é posteriormente enrolada e cortada ao comprimento. Internamente, o processo de corte à espessura é designado por laminagem e o processo de enrolamento é designado por bobinagem.

A linha estudada pode ser dividida em 3 sub-linhas, duas de corte e bobinagem e uma de embalamento. As linhas de corte e bobinagem funcionam em paralelo, convergindo na linha em embalamento.

Uma vez mais, para facilitar a identificação as linhas de corte e bobinagem serão identificadas como CB1 e CB2, e a linha de embalamento será identificada como EMB. A Figura 16 esquematiza a estrutura do CBE e a Figura 17 ilustra o layout da linha em estudo.

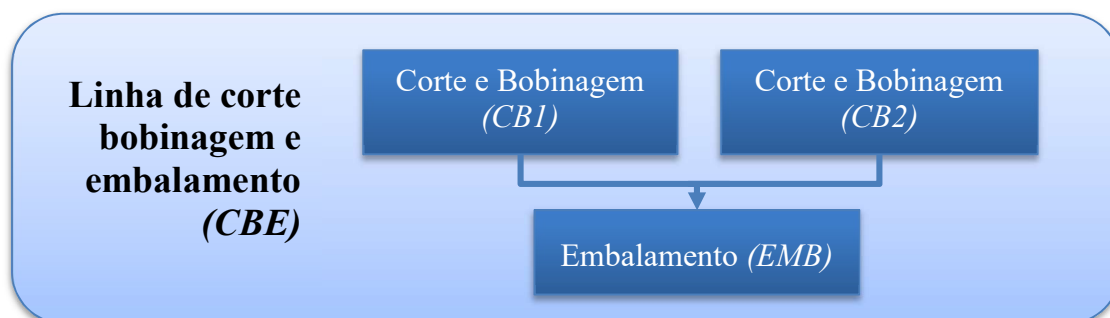


Figura 16 - Estrutura da CBE

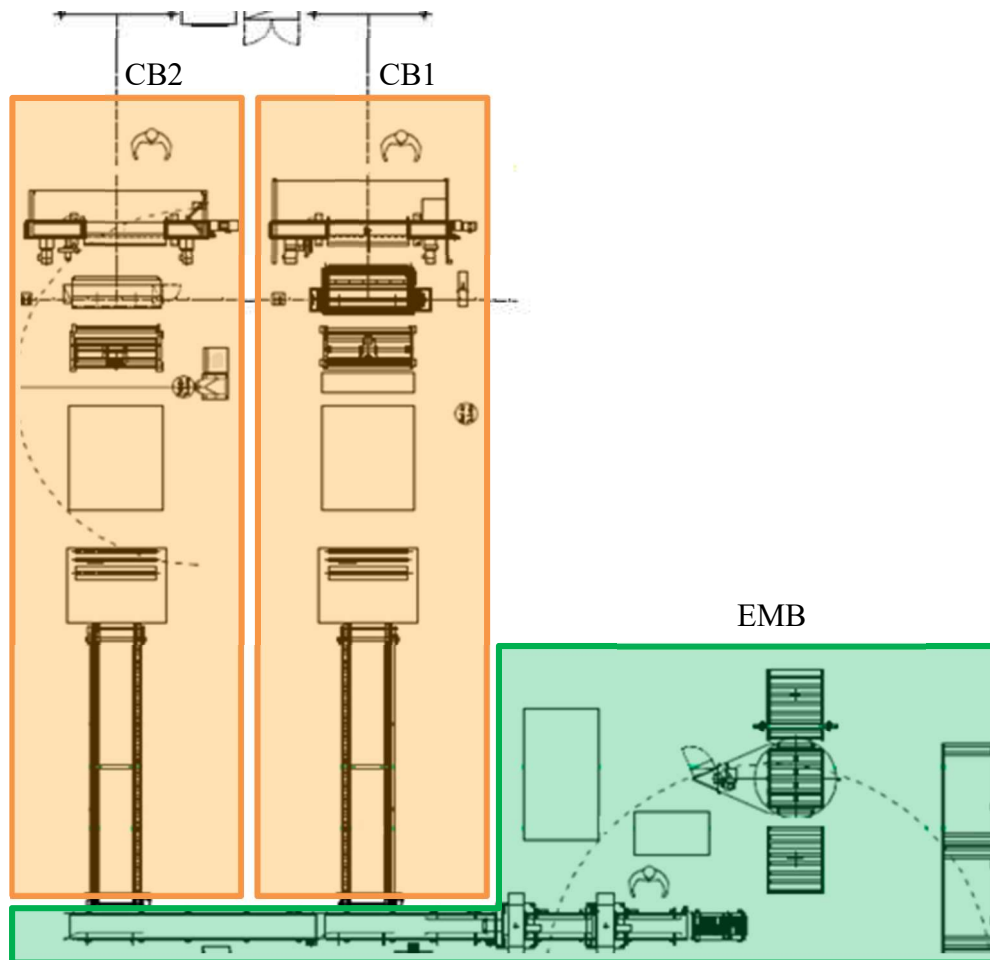


Figura 17 - Layout CBE e delimitação de CB1, CB2 e EMB

A CBE pode operar em 3 turnos, de 8 horas. O número de turnos usados na produção é condicionado pelo nível de procura, uma vez que é necessário dar resposta rápida a níveis de procura flutuantes.

Em cada turno, por 3 operadores. Cada uma das linhas que constituem a CBE está alocada a um dos colaboradores de cada turno. Durante este projeto foi acompanhado o processo produtivo do 1º e do 2º turno.

A CBE é uma linha automatizada com necessidade de intervenção humana para supervisão, reabastecimento de materiais e acompanhamento do processo de embalagem.

3.3.1 Corte e bobinagem (CB1 e CB2)

Nas Figura 18 e Figura 19 é esquematizada a constituição e layout de CB1 e CB2.

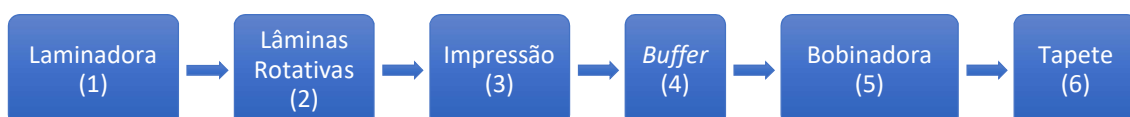


Figura 18 - Constituição de CB1 e CB2

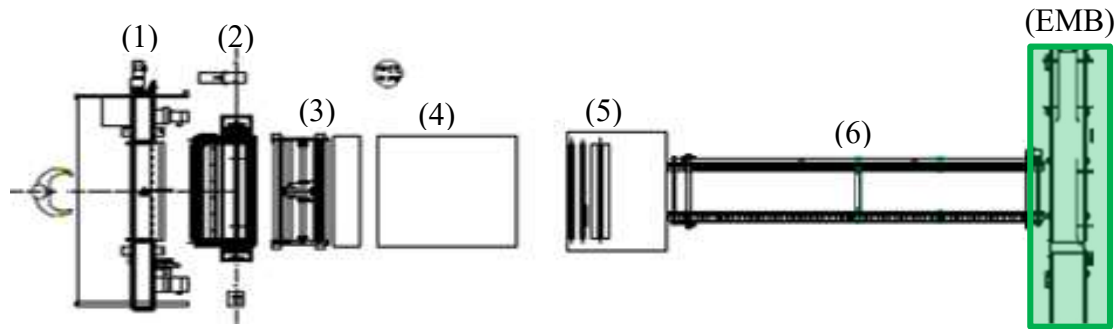


Figura 19 - Layout CB1 e CB2

O processo de corte e bobinagem tem início na laminadora (1), que corta o cilindro maciço de aglomerado de cortiça de acordo com a espessura pretendida, formando uma folha contínua que é também cortada à largura por duas lâminas rotativas (2).

Para produtos que necessitem de impressão, a folha de cortiça é marcada com a imagem pretendida usando um carimbo rotativo (3).



Figura 20 - Processo de corte à espessura (1), largura (2) e impressão (3)

Já com a espessura e largura pretendida, a folha de cortiça passa por um *buffer* (4) antes de chegar à bobinadora. O *buffer* acumula material nos momentos de redução de velocidade de bobinagem.

Na bobinadora (5) a folha de cortiça é enrolada em torno de um tubo de cartão, formando o rolo de cortiça aglomerada. Uma vez enrolada com o comprimento pretendido, a folha de cortiça é cortada, separando o rolo da folha contínua.

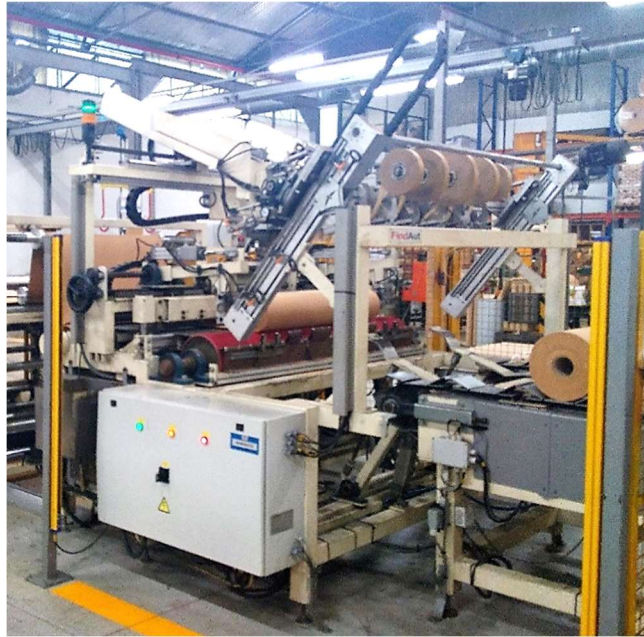


Figura 21 - Bobinadora (5)

Depois de formados os rolos estes são transportados até à EMB num tapete (6) com berços para acomodar os rolos. Este tapete funciona como um *buffer* com capacidade para 20 rolos, no máximo, entre a bobinadora e a EMB.

Durante a produção os operadores da CB1 e CB2 fazem a troca de cilindros, alimentam a bobinadora com tubos de cartão e fita-cola sempre que necessário e controlam o fluxo de material.

A frequência da mudança de cilindros de cortiça está dependente da espessura pretendida da folha de cortiça e do tipo de material uma vez que diferentes materiais são cortados a diferentes velocidades.

O processo de embalamento com cartão, para os rolos que o requerem, é também feito pelos operadores destas linhas. O embalamento com cartão é feito no tapete (6) antes dos rolos chegarem à EMB.

A matéria prima desta linha, os cilindros maciços de cortiça, é transportada por empilhador até cada uma das laminadoras, depois de solicitada pelos operadores da CB1 ou CB2 ao operador da empilhadora.

Nas CB1 e CB2 também são consumidos tubos de cartão, fita-cola e tinta para o sistema de impressão, quando este está a ser utilizado.

3.3.2 Embalamento (EMB)

Nas Figura 22 e Figura 23 são esquematizadas a constituição e layout de EMB.



Figura 22 - Constituição da EMB (*equipamentos partilhados com a linha de produção adjacente)

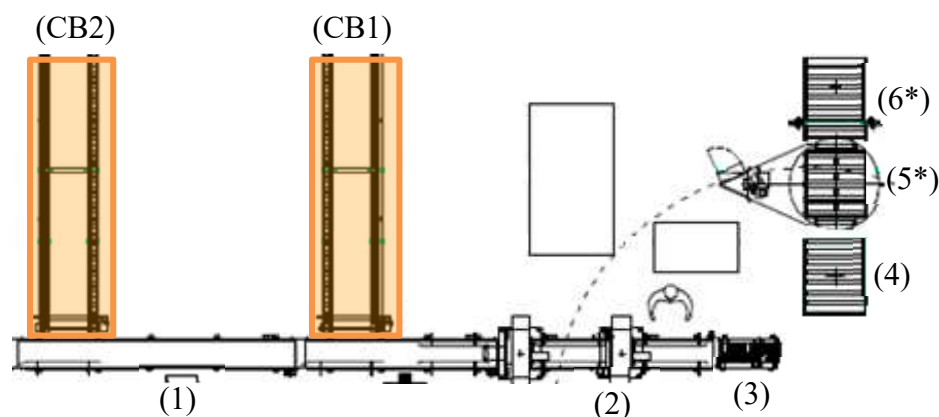


Figura 23 - Layout EMB

Os rolos de cortiça chegam à EMB num tapete rolante (1) que é alimentado automaticamente pelos tapetes (6_{CB1} e 6_{CB2}) de cada linha de corte e bobinagem.

O tapete rolante (1) transporta os rolos até à embaladora (2) de plástico. Na embaladora cada rolo é envolvido por uma película de plástico que protege o rolo e fixa os topos de cartão, e se necessário o panfleto, os dois colocados manualmente pelo operador. Os topos e panfletos são visíveis na Figura 24.



Figura 24 - Tapete de transporte (1) e embaladora (2)

Uma vez embalados os rolos são posicionados no chão com o auxílio de uma plataforma pneumática articulada (3). A partir do chão os rolos são movimentados manualmente pelo operador para a paleta (4).



Figura 25 - Rolos prontos na paleta (4) e plataforma auxiliar (3)

Após terminada a paleta esta é retirada da EMB com recurso a um *transfer* (6*) sobre carris e colocada na zona de recolha por empilhadores.

As paletes que necessitam de ser embaladas, são-no antes de retiradas da EMB na embaladora de paletes (5*).



Figura 26 - Movimentação de uma paleta apos plastificada

A embaladora de paletes (5*) e o *transfer* (6*) são partilhados com outra linha adjacente.

No caso de ser feito embalamento com cartão, as folhas de cartão individuais usadas para envolver os rolos são cortadas pelo operador de EMB, a partir de um rolo de cartão.

3.4 Gargalo da produção

Durante o levantamento do método operativo inicial verificou-se que a EMB é o gargalo do processo quando os rolos são apenas embalados com plástico, o que corresponde a 82% da produção.

Durante a produção de rolos embalados com plástico por vezes a CR1 e a CR2 têm de interromper a produção devido à falta de capacidade de resposta da EMB o que leva ao congestionamento do *buffer* existentes entre as linhas de corte e rebobinagem e a EMB.

O posicionamento do gargalo inverte-se quando é adicionado o processo de embalamento com cartão, feito pelos operadores de CR1 e CR2. As linhas de corte e rebobinagem tornam-se o gargalo da produção.

3.5 OEE

Deve ser tida em conta a alteração feita ao cálculo do OEE relativamente ao apresentado na secção 1.1.1, pois devido à politica interna da empresa o índice de qualidade da CBE não é analisado. A qualidade dos produtos é considerada fundamentalmente resultado do processo anterior, de aglomeração. Contudo, se os defeitos do processo anterior apenas forem detetados na CBE estes irão afetar a eficiência da linha em análise

Ainda assim nos registos analisados o índice de qualidade é considerado de 100%. Assim o OEE passa a ser calculado apenas como função da disponibilidade e do desempenho.

$$OEE = \text{Índice de disponibilidade} \times \text{Índice desempenho} \quad (7)$$

$$OEE = \frac{Unid. produzidas \times Tempo de ciclo ideal}{Tempo de produção planeado} \quad (8)$$

O tempo de produção planeado é afetado por faltas de encomenda, formações, manutenções preventivas e intervenções para melhoria. O peso de cada uma destas paragens pode ser consultado na Figura 27, esta figura foi construída com recurso aos registos de paragens feitos pelos operadores de CR1 e CR2 entre setembro de 2016 e setembro de 2017.

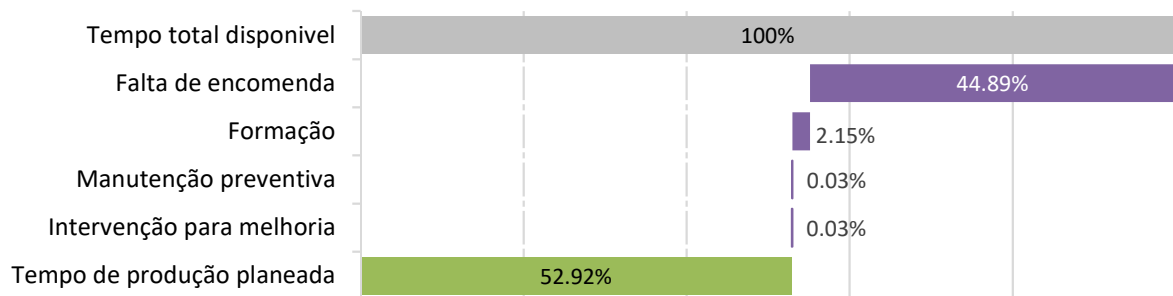


Figura 27 - Estratificação das paragens planeadas (setembro 2016 a setembro 2017)

Ao analisar a Figura 27 torna-se evidente que as paragens por falta de encomenda são a maior fatia das paragens planeadas, correspondendo a aproximadamente 45% do tempo total disponível. Durante as paragens de produção por falta de encomenda os operadores do CBE são alocados a outras funções, resultando na flexibilidade em operar a linha com diferente número de turnos influenciados pelo nível de procura. O aumento da procura aumentaria o tempo de produção planeado pois os equipamentos têm uma grande margem para aumento de ocupação.

Os valores de OEE, índice de disponibilidade e índice de desempenho referentes às primeiras 40 semanas de 2017 estão representados na Figura 28 e os seus valores médios e desvio padrão registados na Tabela 1.

Melhoria do método operativo de uma linha de corte e embalagem de rolos de aglomerado de cortiça

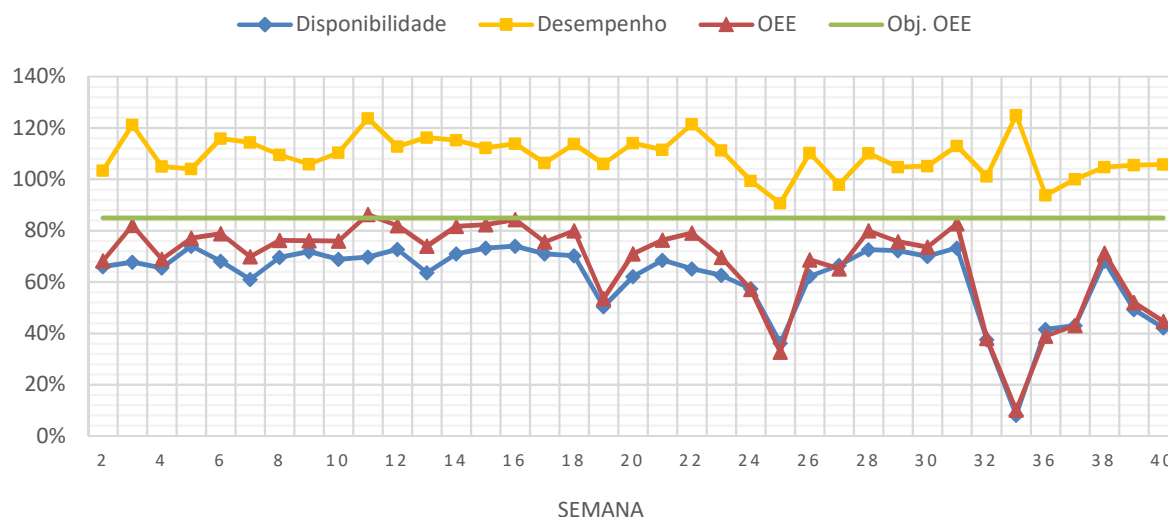


Figura 28 - Evolução do OEE, índice de disponibilidade e índice de desempenho nas primeiras 40 semanas de 2017

Tabela 1 - Resumo dos valores de OEE, índice de disponibilidade de desempenho nas primeiras 40 semanas de 2017

	Índice de disponibilidade	Índice de desempenho	OEE
Média	61.85%	109.09%	67.67%
Desvio padrão	14.23%	7.77%	17.30%
Máximo	74.06%	124.98%	86.30%
Mínimo	8.15%	90.65%	10.19%

A análise da Figura 28 e da Tabela 1 evidência a semelhança entre a evolução do índice de disponibilidade e de OEE, e os elevados valores do índice de desempenho.

A média superior a 100% do índice de desempenho indica que sistematicamente são produzidas mais unidades do que teoricamente é possível no tempo de produção efetivo. O que leva a concluir que o tempo ciclo utilizado no cálculo não corresponde ao verdadeiro devendo ser atualizado para melhor representar a situação real.

O cálculo do índice de disponibilidade baseia-se no registo de tempos improdutivo feito pelos operadores de CB1 e CB2. São consideradas como perdas de disponibilidade paragens superiores a 10 minutos.

A Figura 29 traduz a percentagem de tempo perdido na produção planeada em cada tipo de paragem, registadas entre setembro de 2016 e setembro de 2017.

Melhoria do método operativo de uma linha de corte e embalagem de rolos de aglomerado de cortiça

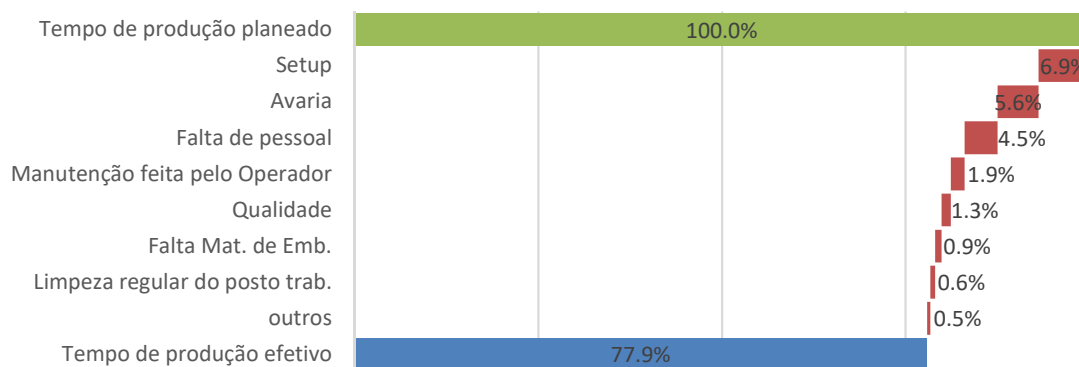


Figura 29 - Estratificação de perdas de disponibilidade (setembro 2016 a setembro 2017)

No período abrangido pelos registos de paragens as perdas de disponibilidade correspondem a 22,1% do tempo de produção planeado. Sabendo que o tempo de produção planeado corresponde a 52,9% do tempo total disponível, o tempo de produção efetivo corresponde a 37,8% do tempo total disponível.

Uma vez que o registo é apenas feito pelos operadores de CB1 e CB2 e após 10 minutos de paragem, os registos não refletem todas as paragens de EMB, mas apenas aquelas que levam também a uma paragem do processo de corte e bobinagem maior que 10 minutos.

Devido ao funcionamento em paralelo das linhas de corte e bobinagem a paragem de uma delas não implica a paragem do CBE, contudo a paragem da linha de embalagem leva à paragem de produção do CBE.

4 Análise teórica de métodos operativos

Foram considerados cinco métodos operativos, sendo que um deles representa o método operativo da situação inicial. Uma vez que a análise de todos eles no chão de fábrica não era uma opção viável optou-se pela construção de um simulador simples de forma a analisar o encadeamento de operações e a potencial capacidade de produção de cada uma das alternativas.

Para alcançar os objetivos de redução de custos de produção e melhoria do balanceamento da produção, optou-se por variar o número de operadores na linha uma vez que a dimensão e disposição da CRE torna difícil a transferências de tarefas.

Neste capítulo serão apresentados os cinco métodos operativos analisados, o funcionamento do simulador e os resultados da simulação dos métodos referidos.

4.1 Métodos operativos analisados com recurso à simulação

A partir da análise do método operativo atual, e do tempo de ocupação dos equipamentos e dos operadores surgiu a possibilidade de alterar o método operativo. Na Figura 30 estão ilustrados os diferentes métodos operativos analisados. Foi considerado que o número de operadores seria a variável de custo de produção, sendo que cada operador representaria um custo de 15 euros por hora.

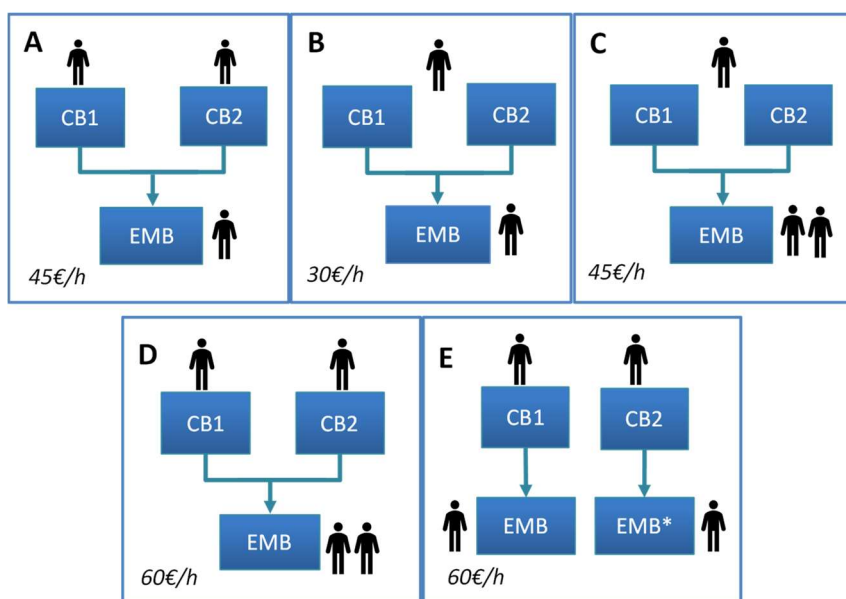


Figura 30 - Métodos operativo analisados

A opção de produção *A* representa a situação atual em que existe 1 operador para CB1, outro para CB2 e outro para EMB. Ou seja, 3 operadores em cada turno em CBE, com um custo operacional de 45€/h.

Na opção *B* propõe-se que apenas existam 2 operadores, em cada turno, em CBE. CB1 e CB2 seriam operadas por apenas 1 colaborador e o outro operaria LE. A redução de um operador levaria à diminuição de custo com pessoal para 30€/h.

Em *C* sugere-se a transferência de um dos operadores das linhas de corte/bobinagem para LE. Ou seja, CB1 e CB2 seriam operados por apenas 1 colaborador enquanto que EMB seria operado por 2 colaboradores em simultâneo, mantendo os 3 operadores por turno, de CBE e o custo de 45€/h.

As opções *D* e pressupõem o aumento de um operador, no total CBE seria operado por 4 colaboradores, por turno, o que implica o aumento de despesas com pessoal para um total de 60€/h.

Em *D* o operador adicional seria alocado a EMB, passando a ser operada por 2 pessoas em simultâneo.

Por último a opção *E* implicaria, para além do aumento de um colaborador, o investimento na mudança de CBE para que cada linha de laminagem/bobinagem tivesse uma linha de embalagem dedicada. A nova linha de embalagem seria operada pelo colaborador adicional.

4.2 Simulador

Tendo em conta a janela de tempo existente e não sendo possível perturbar a produção, concluiu-se que não era exequível a experimentação de todos os métodos de produção supramencionados. Por essa razão foi construído um simulador que permitiu analisar a produção segundo estes métodos.

O princípio base do simulador concebido é um diagrama de Gantt dinâmico em que a duração e sincronização das tarefas estão dependentes do tipo de produto.

A simulação permitiu estimar a capacidade de produção (unidades por hora) visualizar e adaptar o encadeamento das etapas de produção para os diferentes métodos tendo em consideração as características do produto.

As características do produto consideradas como significativas para a simulação são o material, a espessura, comprimento e tipo de embalagem.

A duração do corte/bobinagem de cada rolo é determinada pelo material e comprimento. O tempo entre a mudança de cilindros pode variar entre 8 e 20 minutos, sendo determinado pelo número de rolos que se podem produzir a partir de um cilindro maciço, para uma dada espessura e comprimento de cada rolo.

A simulação de rolos embalados com cartão cria tarefas adicionais e a alteração da sua sincronização.

O tempo dedicado ao embalamento com plástico é constante em cada rolo. Contudo o tempo entre a mudança de paletes está dependente da área de cada rolo uma vez que determina a capacidade das paletes.

Para a construção do simulador foi realizado um levantamento da situação atual de produção através da cronometragem e registo de tempos das diferentes tarefas e tempos improdutivos. Como simplificação, admitiu-se que os tempos registados se manteriam

iguais aos atuais, independentemente do tipo de produção adotado e que qualquer outra medida para melhoria teria igual influência em todos os métodos propostos.

O simulador foi construído partindo do princípio que as linhas de corte e bobinagem produzem simultaneamente o mesmo produto.

Os dados usados na elaboração do simulador podem ser consultados no ANEXO B.

Foram construídas simulações parciais para o processo de corte/bobinagem e para o processo de embalagem. As simulações parciais representavam:

- a) 2 laminadoras/bobinadoras operadas por 2 colaboradores;
- b) 2 laminadoras/bobinadoras operadas por 1 colaborador;
- c) 1 embaladora operada por 1 colaborador;
- d) 1 embaladora operada por 2 colaboradores.

As diferentes combinações das simulações parciais permitem simular cada um dos métodos operativos que se pretendem testar; as combinações podem ser consultadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Combinação das simulações parciais para análise dos métodos operativos

Método operativo	CB1 e CB2	EMB
<i>A</i>	a)	c)
<i>B</i>	b)	c)
<i>C</i>	b)	d)
<i>D</i>	a)	d)
<i>E</i>	a)	c) (resultados duplicados)

Considerou-se que seria representativo simular a produção dos produtos que representam 85% da produção, ou seja 27 *SKU's*. Contudo não foi possível simular 2 *SKU's* devido a falta de dados representativos para o material utilizado. Por isso foi simulada a produção de 25 *SKU's* para um total de 83% da produção.

No ANEXO C e no ANEXO D podem ser consultados os resultados da simulação e os diagramas de Gantt dos produtos identificados como A e E, respetivamente. Estas simulações referem-se aos produtos mais representativos da produção com embalagem com plástico e de embalagem com plástico e cartão, respetivamente.

4.3 Processo de análise dos métodos operativos e resultados da simulação

Foi feita uma análise de custos de produção por unidade com o objetivo da sua minimização. Admitiu-se como variáveis o número de operadores, sendo que cada operador representaria um custo de 15 euros por hora, e a capacidade de produção dos diferentes produtos segundo cada método.

Para selecionar o método que minimiza o custo de produção para cada produto foram seguidos os seguintes passos:

1. Determinar capacidade de produção de cada processo;
2. Identificar o gargalo de cada método operativo;
3. Determinar a capacidade de produção de cada método operativo;

4. Calcular custo de produção de cada unidade para cada método;
5. Determinar o método que minimiza o custo de produção para cada *SKU*.

Na Tabela 3 é feito o resumo dos resultados da simulação para cada um dos 27 *SKU*, apresentados no ANEXO E de forma completa. As percentagens de produção referem-se ao total da produção tendo sido apenas analisado 83%.

Tabela 3 - Resumo de análise dos métodos operativos *A*, *B*, *C*, *D* e *E*

Método operativo	Produção com custo minimizado (Para 100% da produção)	Aplicado cada método a 83% da produção			
		Gargalo (percentagem da produção)		Variação de custo (relativo a A)	Variação de capacidade de produção (relativo a A)
		CB1 e CB2	EMB		
<i>A</i> (atual)	3%	12%	70%	-	-
<i>B</i>	72%	16%	67%	-24%	-4%
<i>C</i>	8%	75%	8%	-6%	11%
<i>D</i>	0%	74%	8%	2%	27%
<i>E</i>	0%	74%	8%	1%	27%

O método operativo *A* foi usado como padrão para o cálculo das variações de custo e variação de capacidade de produção, uma vez que representa o método operativo atual.

No caso de um aumento da procura o método operativo *D* permitiria aumentar a capacidade de produção em 27% sem necessidade de investimento num novo equipamento, mas com a adição de um operador na embaladora existente. Contudo considerou-se que não seria eficiente para o nível de produção atual.

O método operativo *B* foi selecionado para implementação pois permite a maior poupança, minimizando o custo de 72% produção total, apesar de ter uma potencial diminuição de produção. A diminuição de produção não foi considerada preocupante, uma vez que 45% do tempo disponível para produção é inutilizado devido a falta de encomendas.

5 Propostas de Melhorias

Foi implementado experimentalmente um novo método operativo, com o intuito de melhorar o balanceamento e reduzir custos de produção.

A alteração ao método operativo foi acompanhada por outras medidas que pretendem auxiliar o trabalho dos operadores e melhorar o fluxo de produtos.

5.1 Método operativo implementado - Método B

O método operativo implementado, *B*, tem como objetivo o balanceamento de produção com o gargalo, EMB, e a redução de custo de produção.

Na situação inicial a CBE era operada por um total de 3 colaboradores, um operador para cada linha de corte e bobinagem e um operador para a linha de embalagem.

Ao implementar o método operativo *B* pretende-se que sejam apenas necessários 2 colaboradores para operar a CBE, um em ambas as linhas de corte e bobinagem e um na linha de embalagem, levando a uma diminuição de custos de produção.

A análise do funcionamento da linha e dos resultados na simulação levaram à divisão da produção em duas situações diferentes devido à alteração de tarefas e do gargalo da produção:

- Rolos embalados com plástico.
- Rolos embalados com cartão e plástico.

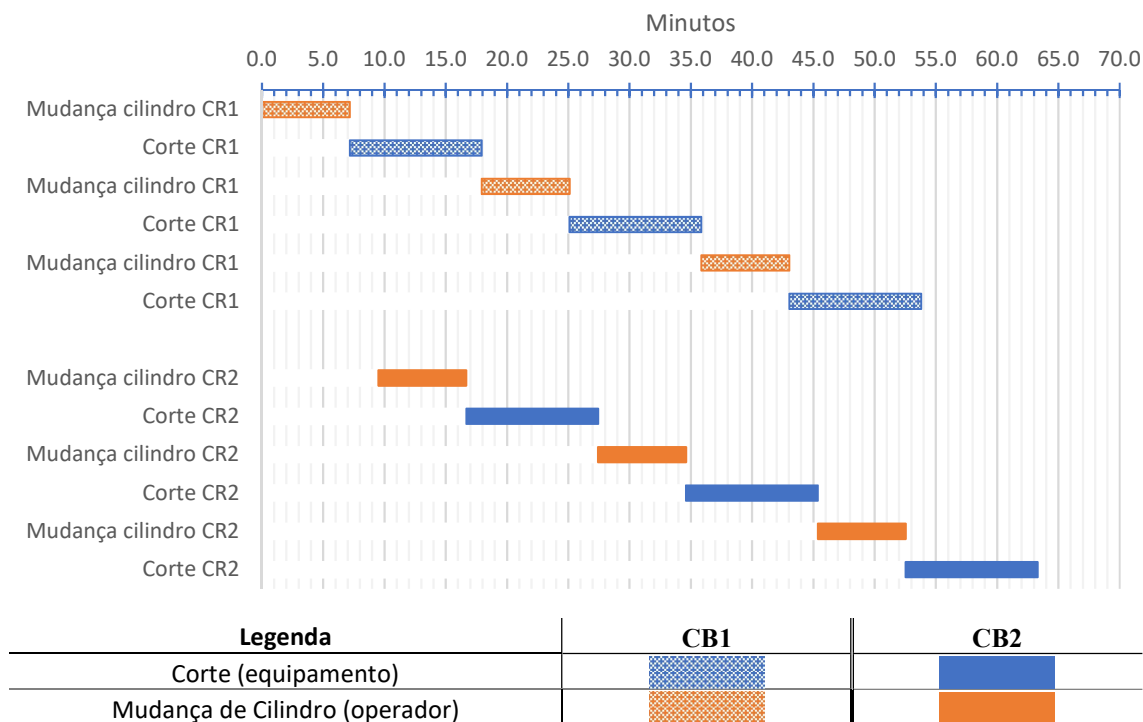
Na produção de rolos embalados com plástico o gargalo é a EMB e na produção de rolos embalados com cartão e plástico o gargalo passa a estar localizado na CB1 e CB2, analisando de forma geral.

A redução de um operador nas linhas de corte e bobinagem pressupõe uma alteração da sincronização de operações, tendo como objetivo principal a existência constante de rolos nos tapetes de CB1 e CB2 para garantir o constante funcionamento de EMB, em especial quando a EMB é o gargalo da produção.

Inicialmente cada linha tinha um operador pelo que a operação de ambas era iniciada simultaneamente e o funcionamento de uma não tinha influencia no funcionamento da outra.

Ao operar CB1 e CB2 apenas com um operador a produção deve ser iniciada na CB1, pois é mais próxima de BEM; uma vez iniciado o corte nesta linha, o operador deve então iniciar a produção na CB2. Durante a produção serão feitas sucessivas mudanças de cilindro em CB1 e CB2; pretende-se que esta operação coincida com o processo de corte da linha paralela. Na Tabela 4 é demonstrado o sequenciamento de tarefas em CB1 e CB2 na produção do produto A, a título de exemplo.

Tabela 4 - Diagrama de Gantt do sequenciamento das tarefas em CR1 e CR2 na produção do produto A



A operação crítica para conseguir o sincronismo de operações é a mudança de cilindros, pelo que foi alvo de um processo de SMED. O processo de corte tem uma duração variável, pelo que é esperado que durante a produção de alguns SKU's existam momentos em que ambas as linhas de corte e bobinagem estarão paradas, pois o operador apenas pode dar assistência a uma de cada vez. Contudo pretende-se impedir a paragem da EMB garantindo a existência de rolos prontos a embalar

No Anexo E é descrito o método implementado diferenciando as operações e sequência das mesmas para a produção de rolos embalados com plástico e para a produção de rolos embalados com cartão e plástico. A formatação e o tipo de informação seguem os parâmetros internos da empresa. No referido anexo estão discriminadas as responsabilidades de cada operador bem como a sequência de operações que deverá ser seguida.

5.1.1 Movimentação de operadores na produção de rolos embalados com plástico

Nas Figura 31 é demonstrada, usando diagramas de spaghetti, a movimentação dos operadores de CBE durante a produção de rolos embalados apenas com plástico.

Na Figura 31.1 é representada a situação inicial, os movimentos do operador de CB1 estão assinalados a amarelo, o de CB2 a azul e os do operador de EMB a vermelho.

Na Figura 31.2 são ilustradas as movimentações do operador de CB1 e CB2 a azul e do operador de EMB a vermelho.

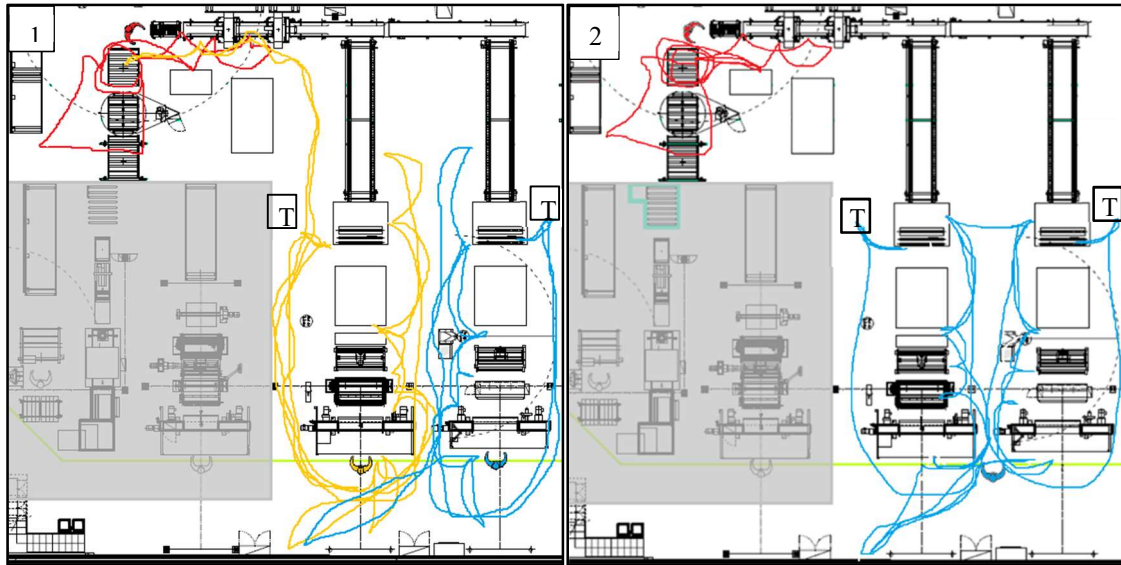


Figura 31 - Diagrama de spaghetti da movimentação de operadores na produção com embalagem em plástico: 1 - método operativo inicial; 2 - método operativo B

5.1.2 Movimentação de operadores na produção de rolos embalados com cartão e plástico

Na Figura 32 é demonstrada, usando diagramas de spaghetti, a movimentação dos operadores de CBE durante a produção de rolos embalados com cartão e plástico.

Na Figura 32.1 é representada a situação inicial, os movimentos do operador de CB1 estão assinalados a amarelo, o de CB2 a azul e os do operador de EMB a vermelho.

Na Figura 32.2 são ilustradas as movimentações do operador de CB1 e CB2 a azul e do operador de EMB a vermelho.

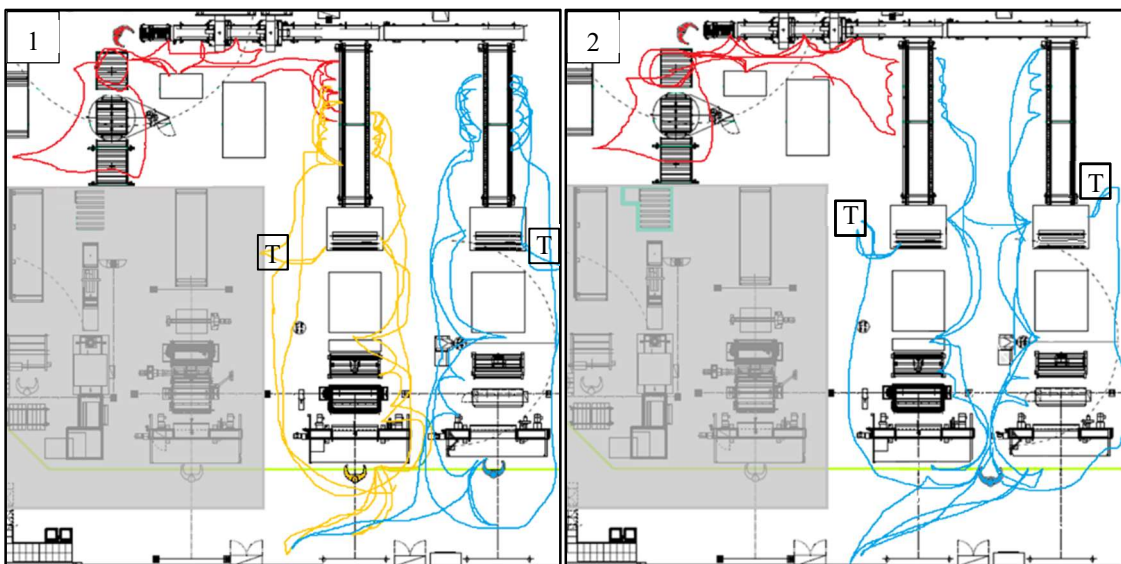


Figura 32 - Diagrama de spaghetti da movimentação de operadores na produção com embalagem em cartão e plástico: 1 - método operativo inicial; 2 - método operativo B

Durante a produção com embalagem em cartão e plástico deverá dar-se prioridade ao processo de envolver em cartão até existirem unidades suficientes para completarem uma paleta.

O operador de EMB poderá auxiliar no processo de embalagem com cartão na CB1 uma vez que esta é mais próxima do seu posto.

A alteração fundamental a este processo seria na colocação de topos nos rolos. Na situação inicial eram ambos postos antes de chegarem a EMB, mas para melhorar o fluxo de produtos e diminuir as deslocações do operador das linhas de corte e bobinagem este operador passará a colocar apenas os topos no interior de CBE sendo que o topo em falta deverá ser colocado pelo operador da EMB antes do rolo ser envolvido em plástico.

5.2 SMED na Mudança de Cilindros

Tradicionalmente o processo de SMED é aplicado aos processos de mudança de ferramenta, contudo pode ser aplicado a todos os tipos de tarefas. Neste caso considerou-se pertinente analisar à luz das ferramentas de SMED o processo de mudança de cilindros dentro da mesma ordem de produção, para diminuir a duração deste processo

A implementação do método operativo *B*, em que apenas um operador está responsável por CB1 e CB2, torna relevante a duração da operação de mudança de cilindro.

Foi feito uma análise do método usado para mudar um cilindro na situação inicial:

1. Divisão do processo em operações mais pequenas e bem definidas;
2. Cronometragem das operações;
3. Identificação de oportunidades de melhoria.

No método a implementar duas operações foram transformadas em operações externas e foram implementadas normalizações para reduzir variações do método usado por cada operador. Na Tabela 5 é feita a comparação da situação inicial com o método que se pretende implementar. Não foi possível implementar o método devido a restrições de tempo para a produção de um veio expansível adicional.

Tabela 5 - Comparação do processo de mudança de cilindro antes e depois de SMED

Operações	Situação inicial			Método a implementar		
	Duração média	Desvio padrão	Tipo	Duração média	Desvio padrão	Tipo
1. Iniciar emenda	00:00:59	00:00:12	Interno			Interno
2. Cortar núcleo do cilindro	00:00:18	00:00:07	Interno			Interno
3. Retirar veio	00:00:47	00:00:06	Interno			Interno
4. Mudar veio	00:00:50	00:00:14	Interno			Externo
5. Colocar novo cilindro	00:00:50	00:00:12	Interno			Interno
6. Limpar camada exterior	00:02:31	00:01:44	Interno			Interno
7. Colocar lixo na paleta	00:00:18	00:00:15	Interno			Externo
8. Encaminhar	00:00:48	00:00:14	Interno			Interno
9. Finalizar emenda	00:00:41	00:00:08	Interno			Interno
Total	00:07:50	00:01:58		00:06:54	00:01:52	

O processo de limpeza da camada exterior representa a maior parcela do tempo de mudança de cilindro, esta operação é inerente ao processo de fabrico e armazenamento dos cilindros de aglomerado de cortiça servindo também para iniciar o processo de corte à espessura, não sendo nas condições atuais viável torna-lo externo.

5.3 Corte de cartão

O perímetro do rolo determina o comprimento das folhas de cartão usadas para envolver cada rolo, quando o produto é embalado com cartão.

Na situação inicial sempre que era alterado o produto era necessário esperar que a primeira unidade fosse rebobinada para medir o perímetro do rolo. Só após saber o perímetro era possível cortar, a partir de um rolo de cartão canelado, as folhas individuais para fazer a embalagem. Esta tarefa é realizada pelo operador da EMB.

De forma a fazer um melhor aproveitamento do tempo foi desenvolvida uma formula que permite saber o perímetro de cada rolo sabendo a espessura e comprimento do produto.

$$\begin{aligned}
 & \text{Perímetro}[cm] \\
 & = 2\pi \sqrt{\frac{(\text{espessura}[mm] \times 10 \times \text{comprimento}[m] \times 10^2 + 42.5^2\pi)}{\pi}} \quad (9)
 \end{aligned}$$

Esta fórmula permitiu construir uma tabela de dupla entrada, Anexo G. Ao consultar esta tabela é possível saber o comprimento de cartão que deve ser cortado. A introdução desta tabela pretende adiantar o corte de cartão para que este possa coincidir com o processo de mudança de série.

A tabela foi construída usando as unidades de medida mais intuitivas para consulta. Na informação das ordens de fabrico, a espessura é expressa em milímetros e o comprimento em metros, e o comprimento de cartão que deve ser cortado é medido usando uma fita métrica com unidades representadas em centímetros, pelo que se fez a tabela coincidir.

O comprimento do cartão na tabela contabiliza 15 centímetros adicionais que darão uma margem de segurança para os intervalos de dimensões não representados e permitiram a sobreposição do cartão para fixação.

No futuro esta informação poderá passar a constar da ordem de fabrico, permitindo uma informação mais pormenorizada para cada produto.

5.4 Sistema de controlo do tapete de CB1 e CB2

Na situação inicial, os tapetes, de CB1 e CB2, que transportam os rolos, após rebobinados, até a EMB são automaticamente acionados pelo posicionamento de um novo rolo. Ou seja, cada novo rolo faz o tapete mover-se um espaçamento. Sabendo que cada tapete tem espaço para 20 rolos, no máximo, um dado rolo só chegara a EMB, de forma automática, após terem sido rebobinados 20 rolos na respetiva linha de corte e bobinagem.

Devido a esta programação no início da produção de cada nova ordem de fabrico o operador da EMB só iniciava o processo de embalagem após produzidas pelo menos 20 unidades, o que podia demorar entre 20 a 40 minutos dependendo das especificações do produto. Na situação inicial esta programação era contornada se os operadores de CB1 ou CB2 movessem os rolos manualmente no tapete.

A introdução de um sistema de controlo dos tapetes de CB1 e CB2 junto do operador de EMB possibilita adiantar o início do processo de embalagem sem intervenção do operador de CB1 e CB2.

Iniciar o processo de embalagem antes do *buffer* do tapete estar completamente preenchido permitirá uma melhor distribuição da carga de trabalho do operador de EMB e reduzir os momentos em que CB1 e CB2 têm que ser paradas porque a linha se encontra preenchida por trabalho em curso.

5.5 Aumento do sistema de alimentação de tubos das bobinadoras

Cada bobinadora tem um sistema de alimentação de tubos usados para fazer o núcleo de cada rolo. Este sistema é abastecido manualmente pelo operador a partir de uma palete. A frequência de reabastecimento é variável pois depende da espessura da cortiça cortada e da velocidade de corte do material, o que varia a cadência de produção.

Na situação inicial, na CB1 o sistema de alimentação tem a capacidade para 16 tubos e na CB2 tem capacidade para 24 tubos.

Tabela 6 - Reabastecimento de tubos por turno em função da produção de cada CR e da capacidade do sistema de alimentação

Produção (rolos por turno)	Reabastecimentos por turno		
	CB1 (16 tubos)	CB2 (24 tubos)	Em Estudo (80 tubos)
154	10	7	2
42	4	3	1

Na Tabela 6 foram usando os resultados da simulação do método operativo *B* para estimar a produção máxima (154 rolos) e mínima (42 rolos) de cada laminadora por turno, e estimar o número de vezes que cada bobinadora necessita de ser reabastecida, em cada turno. Foi feita uma extensão do sistema de alimentação da bobinadora de CB1 para um total de 24 tubos. Esta extensão permitiu reduzir as reposições de CB1 e igualar a CB2.

Foi feito um aumento da capacidade do sistema de alimentação de tubos em CB1 para um total de 24 rolos de forma a garantir a segurança dos operadores e a rápida implementação da medida. Contudo está em estudo a implementação, em cada bobinadora, de um sistema com capacidade para 80 tubos que permitiria a reposição garantindo a segurança do operador.

5.6 Localização das paletes de tubos

Os tubos, usados para fazer o núcleo de cada rolo, são armazenados em paletes e reabastecidos manualmente com o auxílio de um carrinho e um escadote, pelo operador, em cada bobinadora.



Figura 33 - Pallet de tubos, carrinho e escadote usado no reabastecimento de tubos

Na situação inicial cada uma das bobinadoras é reabastecida a partir de uma pallet colocada do lado exterior do CBE, como ilustrado na Figura 34.1 onde cada pallet de tubos é identificada por um T.

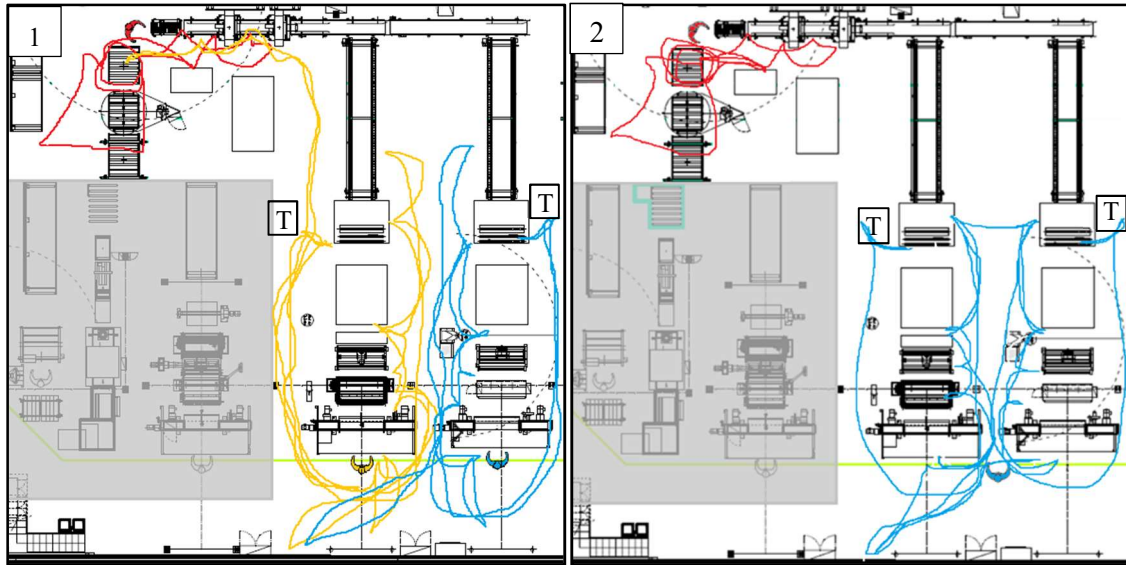


Figura 34 - Diagrama de spaghetti da movimentação de operadores na produção com embalagem em plástico - 1: movimentação usando o método operativo inicial; 2: movimentação após implementação do método operativo B

O posicionamento exterior das paletes obriga os operadores de CB1 e CB2 a deslocarem-se à zona exterior do CBE. Na Figura 34.1 a movimentação do operador de CB1 é assinalada a amarelo e a do operador de CB2 a azul.

Ao implementar o método B, CB1 e CB2 passam a ser operadas apenas por um operador o que evidencia a ineficiência da movimentação ao exterior de CBE para reabastecer cada uma das bobinadoras. A movimentação do operador de CB1 e CB2 é representada a azul na Figura 34.2 e as paletes de tubos estão assinalados por um T.

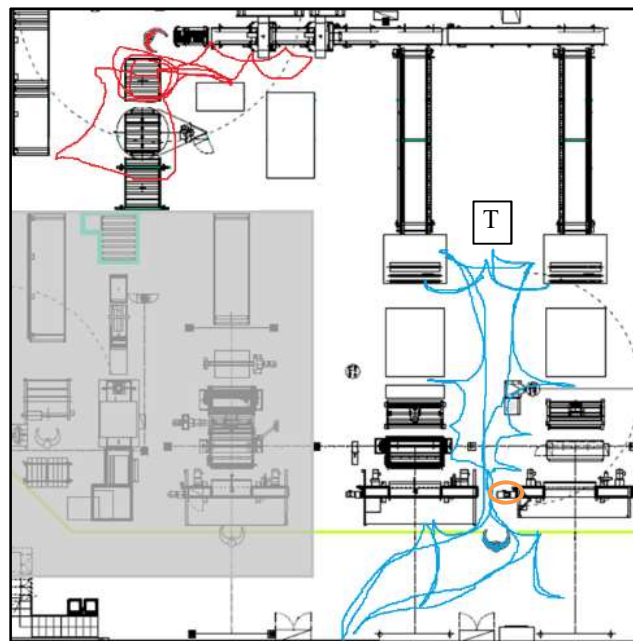


Figura 35 - Diagrama de spaghetti da movimentação de operadores na produção com embalagem em plástico após alteração da posição da paleta de tubos e dimensões da zona de passagem da paleta

A alteração do posicionamento das paletes de tubos para o centro do CBE permitiria melhorar a eficiência das movimentações do operador de CB1 e CB2, focando-as no centro do CBE, como ilustrado na Figura 35 a azul.

Contudo, esta mudança não pôde ser implementada durante a duração deste estudo pois a dimensão da palete obriga à alteração do posicionamento de um motor, assinalado por um círculo laranja na Figura 35.

6 Implementação experimental do método operativo B e das melhorias

O método operativo B e as melhorias implementadas foram estudadas experimentalmente durante um turno no qual foi produzido o produto identificado, anteriormente, como A. Considerou-se que este seria o produto crítico à produção uma vez que representa aproximadamente 40% da produção.

Para validação deste método operativo a produção foi analisada por 3 horas durante as quais foram registadas todas as operações realizadas pelo operador de CB1 e CB2; estes registos podem ser consultados na Tabela 7 na forma de um diagrama de Gantt. Considerou-se que era crítico observar estas operações uma vez que representam a maior mudança no método operativo em relação à situação inicial.

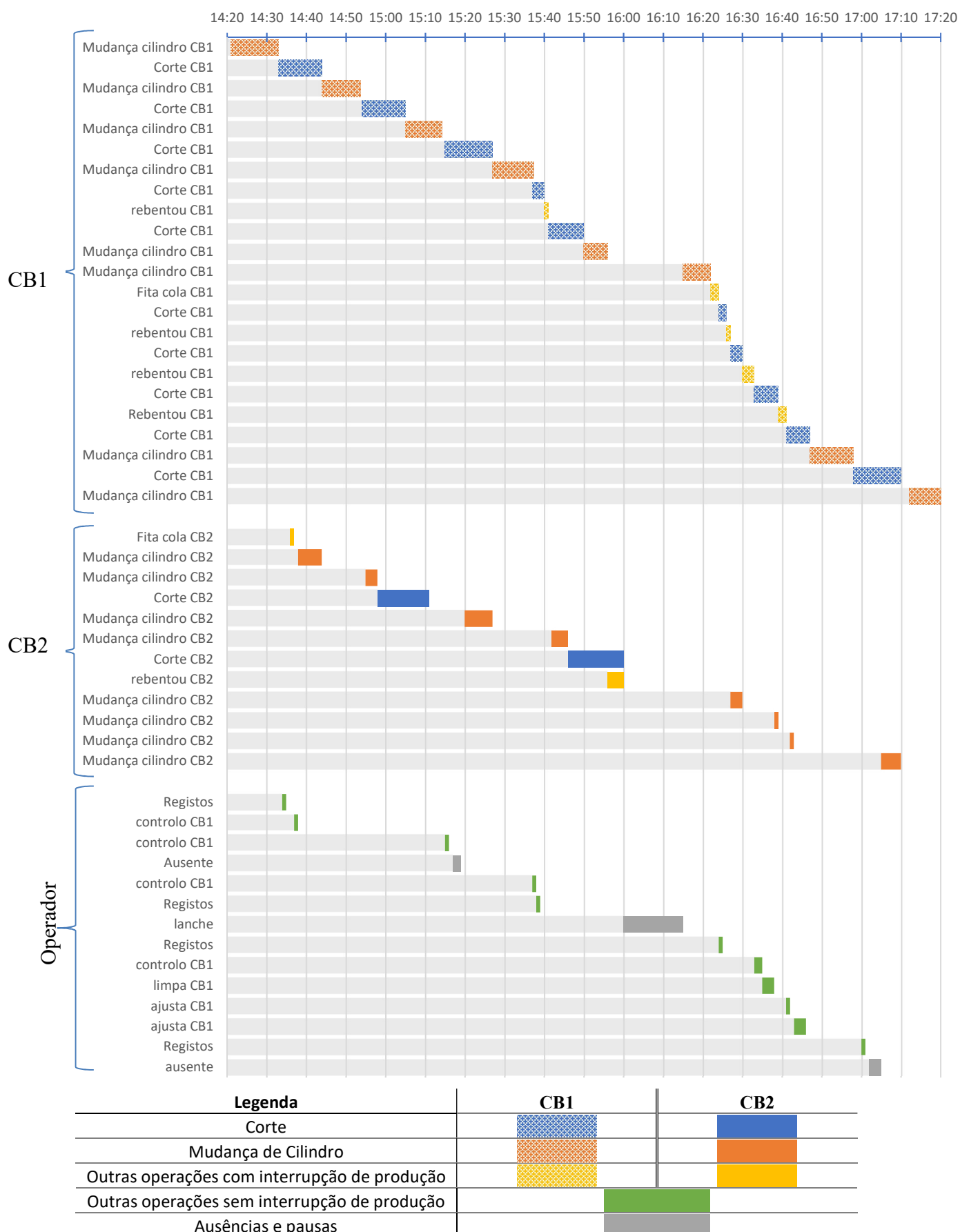
É de salientar que durante a implementação experimental do método B houve um desvio do estipulado no método pretendido, pois o operador deu prioridade à assistência da linha CB1 em detrimento da linha CB2. As operações de mudança de cilindro na linha CB2 foram interrompidas, sistematicamente, para iniciar uma mudança de cilindro na linha CB1 pelo que apenas foram completadas 3 mudanças de cilindro na linha CB2 contra 7 na CB1. Esta forma de operação desvia-se do estudado com recurso ao simulador e poderá dever-se à falta de formação e treino do operador.

O processo de corte ocorre em simultâneo com outras operações pois este corresponde à ocupação do equipamento, as restantes operações correspondem às tarefas a realizar pelo operador de CB1 e CB2.

Durante esta análise, ocorreu um problema no corte em CB1 que levou a sucessivas interrupções no processo de corte e obrigou ao acompanhamento do corte pelo operador, retendo-o na CB1. Esta dinâmica pode ser analisada na Tabela 7 tendo ocorrido no período entre as 14:22h e as 16:41h, no qual a produção foi retomada de forma intermitente. Os tempos de paragens para correção deste género de problemas corresponderam a 7% do tempo de produção observado.

Melhoria do método operativo de uma linha de corte e embalagem de rolos de aglomerado de cortiça

Tabela 7 - Diagrama de Gantt das operações realizadas na implementação experimental do método B



6.1 Resultados da implementação experimental do método operativo B

A partir dos dados recolhidos durante a implementação experimental do método operativo B foi feita uma análise da capacidade de produção e dos tempos dedicados a cada tarefa executada, recorrendo a registos históricos de produção e aos dados produzidos pela simulação do método.

A implementação experimental do método operativo B não surtiu os efeitos esperados uma vez que se verificou um acentuado decréscimo da capacidade de produção e consequente aumento de custos.

Contudo existem alguns dados que devem ser tidos em conta ao analisar estes resultados:

- Uma vez que o método em estudo levava à redução de um operador a sua implementação encontrou uma elevada resistência por parte dos colaboradores;
- O método seguido não foi o pretendido uma vez que o processo de mudança de cilindro na CB2 foi sistematicamente interrompido para iniciar a mudança de cilindro na CB1, atrasando o reinício de produção e consequentemente a alimentação da EMB;
- Tendo este método sido analisado apenas durante 3 horas não foi possível existir um período de formação e adaptação dos operadores, e qualquer pequeno contratempo na produção tem um impacto ampliado.

6.1.1 Nível de ocupação do equipamento e distribuição do tempo do operador de CB1 e CB2

O método operativo B foi analisado no período das 14:20 às 17:20; neste período ocorreu a pausa de lanche de 15 min, os quais não são considerados como tempo disponível para produção.

Na Tabela 8 o processo de corte é contabilizado como tempo de ocupação do equipamento podendo ocorrer simultaneamente com outras operações pois estas representam a ocupação do operador.

Relativamente à ocupação do equipamento previa-se uma ocupação semelhante em CB1 e CB2. Para cada linha 41% do tempo de produção planeado seria utilizado para o corte de cilindros de cortiça. Contudo as linhas de corte e bobinagem tiveram uma ocupação desigual durante a análise do método em estudo. A CB1 esteve a produzir durante 46% do tempo disponível para produção e a CB2 durante 16% desse tempo, o que se traduz em 6 e 2 operações completas de laminagem em cada linha respetivamente.

Tabela 8 - Nível de ocupação do equipamento no tempo disponível para produção

	Simulador		Implementação	
	CB1	CB2	CB1	CB2
Corte (ocupação do equipamento)	41%	41%	46%	16%

Na Tabela 9 é comparada a distribuição de tempo do operador tendo em conta os resultados da simulação e a distribuição real de tempo do operador durante a implementação experimental.

Tabela 9 - Distribuição de tempo do operador de CB1 e CB2 no tempo disponível para produção

	Simulador			Implementação		
	CB1	CB2	Operador	CB1	CB2	Operador
Mudança cilindro	44%	32%	76%	45%	18%	62%
Perdas disponibilidade	-	-	22%	-	-	-
Ausências	-	-	2%	-	-	3%
Outras operações com interrupção de produção	-	-	-	5%	3%	8%
Outras operações sem interrupção de produção	-	-	-	-	-	10%
Ócio	-	-	-	-	-	16%

No simulador previa-se que o operador estivesse ocupado 76% do tempo com operações de mudança de cilindro. Devido ao início preferencial de operações na CB1, 44% do tempo seria dedicado a mudanças de cilindro nesta linha e os restantes 32% na CB2.

Uma vez que um processo de corte completo corresponde a um processo de mudança de cilindro executado pelo operador, o tempo dedicado à mudança de cilindros em cada uma das linhas é também desigual. Sendo que na CB1 foram feitas 7 mudanças completas que corresponderam a 46% do tempo e na CB2 foram feitas 3 mudanças de cilindro, todas elas fragmentadas, que ocuparam 18% do tempo do operador.

Verificou-se que 18% do tempo em que o método foi analisado o operador realizou operações não contempladas no simulador, devido à sua imprevisibilidade, como correção de problemas, realização de registos ou realimentação de consumíveis.

Na simulação foram tidas em conta as perdas de disponibilidade registadas historicamente, que contemplam 22% do tempo de produção planeado.

No período experimental não foram registadas perdas de disponibilidade correspondentes à definição interna das mesmas, segundo as quais apenas são efetuados registos de paragens superiores a 10 min. Contudo surgiram varias paragens da produção inferiores a 10 minutos, que perfizeram 8% do tempo de produção, entre estas encontram-se tarefas resultantes de problemas no processo.

O operador responsável pela CB1 e CB2 esteve 10% do tempo ocupado a realizar pequenas tarefas sem adição de valor, como limpeza, registos e controlo, que podem ser feitas sem interrupção da produção, mas que o impediram de nestes períodos realizar mudanças de cilindro que é uma tarefa prioritária para que não haja paragem de produção.

Uma vez que inicialmente o simulador não contemplava algumas situações registadas durante a implementação experimental, para uso futuro este deverá ser adaptado de forma a ter em consideração a percentagem de tempo usada nestas tarefas de forma a que se aproxime da realidade.

6.1.2 Tempos de corte e mudança de cilindro

Os tempos usados na construção do simulador basearam-se no levantamento inicial da produção. Durante a implementação experimental verificou-se que os tempos médios de duração destas tarefas superaram os usados na simulação. A variação dos tempos registados durante a implementação e os usados na construção do simulador podem ser consultados na Tabela 10.

Tabela 10 - Comparação de tempos de simulação e tempos médios de implementação

	Simulador	Implementação	Variação
Corte	00:10:48	00:12:30	00:02:15
Mudança de cilindro	00:07:44	00:09:59	00:01:42

Estes valores levam a concluir que o operador levou mais tempo a realizar a operação de mudança de cilindros e que a velocidade de corte e bobinagem foi mais reduzida do que o registado durante o levantamento inicial e usado na simulação.

6.1.3 Capacidade e custo de produção

A capacidade de produção é, internamente, medida usando como referência o número de cilindros de cortiça laminados. Cada cilindro permite produzir 10 rolos de produto A, cuja produção foi analisada durante a implementação. Na Tabela 11 é feita uma comparação da capacidade de produção e do custo por rolo de A na situação inicial, na simulação do método B e a registada durante a implementação.

Tabela 11 - Capacidade de produção e Custo do produto A

	CB1 (cilindros/h)	CB2 (cilindros/h)	CB1 e CB2 (cilindros/h)	Custo do produto A (€/rolo)
Situação inicial	2,4	2,4	4,8	0,94
Simulação do Método B	2,4	2,4	4,8	0,63
Implementação Experimental	1,6	0,6	2,1	1,43

Na situação inicial eram, para este produto, laminados em média em cada uma das linhas 17 cilindros por turno (2,4 cilindros/hora), o que resulta num total de 32 cilindros laminados por turno na CBE. Tendo em conta que o método inicial teria um custo associado de 45 €/h, uma vez que teria 3 operadores em CBE, na situação inicial cada rolo do produto A teria um custo de 0,94€ associado a pessoal.

O simulador construído para análise dos métodos operativos previa uma capacidade de produção do método operativo B semelhante à capacidade da situação inicial. Na simulação deste método, o custo de produção associado aos colaboradores era 30€/h que tendo em conta a capacidade de produção esperada levaria a um custo de 0,63€ por rolo.

Durante o período de análise do método operativo *B* verificou-se uma acentuada descida da capacidade de produção. A CB1, à qual foi dada prioridade de produção, laminou 1,6 cilindros por hora. E a CB2 apenas laminou 0,6 cilindros por hora. O que resulta numa capacidade total de 2,1 cilindros/hora, ou seja, 14 cilindros laminados num turno. Apesar da diminuição dos custos de produção associados aos colaboradores, a acentuada diminuição da capacidade de produção levou ao aumento do custo associado com pessoal por rolo para 1,43€.

Ou seja, durante a implementação experimental verificou-se uma diminuição de 44% da produção e um aumento de 66% do custo por rolo, relativamente à situação inicial. E um aumento de 44% do custo por rolo comparando com o previsto no simulador.

7 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Após ter sido realizado um levantamento da situação inicial da produção foram estabelecidos como objetivos a redução do custo de produção e melhoria de balanceamento da linha, através da alteração do método operativo.

Recorreu-se à construção de um simulador para análise dos diferentes métodos operativos. A partir dos resultados da simulação foi selecionado para teste no chão de fábrica o método operativo *B*.

Foi realizada uma implementação experimental do método *B* durante um turno, tendo sido registadas todas as operações realizadas pelo operador de CR1 e CR2 durante três horas.

A análise dos dados registados durante estas 3 horas permitiu concluir que houve uma redução em 44% da capacidade de produção e um aumento do custo por rolo de 66%, relativamente à situação inicial, apesar da diminuição dos custos fixos com pessoal, o que contraria os objetivos estabelecidos. Uma vez que a redução de produção das linhas de corte e bobinagem foi mais acentuada do que o esperado, de apenas 4% com base na simulação, não foi alcançado o balanceamento da linha.

No entanto, ao analisar estes resultados, deve considerar-se a curta duração do período observado, a falta de formação dos operadores para o novo método e o não seguimento do método previsto e analisado na simulação. Durante o período observado o processo de mudança de cilindro na CB2 foi sistematicamente interrompido para iniciar a mudança de cilindro na CB1, atrasando o reinício de produção e consequentemente a alimentação da EMB.

Caso no futuro se verifique um aumento de procura ou a redistribuição dos operadores nos turnos, o método operativo *D* seria uma alternativa a analisar no chão de fábrica. Este método acrescentaria um operador na linha de embalamento, mantendo os dois operadores nas linhas de corte e bobinagem, o que levaria a um aumento da capacidade de produção, podendo levar à eliminação da necessidade de operar a linha de corte e embalagem de rolos de aglomerado de cortiça no turno da noite, uma vez que este turno tem um maior custo associado.

7.1 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros poderão ser implementadas algumas melhorias que podem não só favorecer a implementação do método *B* mas também o funcionamento da CBE. Entre elas encontram-se propostas de melhorias já apresentadas no capítulo 5 que não foram implementadas, mas também outras. Essas melhorias seriam:

- Alimentação direta do sistema de tubos a partir da palete;
- Existência de veio adicional para diminuição do tempo de mudança de cilindros;

- Implementação de um sistema de auxílio à troca de veios;
- Existência de um sistema automático de registo e controlo de espessura da folha de cortiça;
- Existência de um sistema de deteção de rebentamento da folha de cortiça com capacidade de paragem automática do sistema de corte e bobinagem
- Rotatividade dos operadores entre CB1, CB2 e EMB.

A simulação do método não obteve resultados tão próximos dos registados no chão de fábrica quanto era esperado. Contudo, o uso do simulador permitiu estudar diferentes hipóteses de métodos operativos sem que a produção fosse perturbada. Para análises futuras ficou claro que o simulador necessitaria de maior precisão, devendo ser ajustados os valores médios usados para a duração das operações de mudança de cilindro e deverão ser consideradas outras operações de recorrência esporádica.

Referências

- AllAboutLean.com. 2015. "All About Spaghetti Diagrams ", Last Modified 2015-08-25, accessed 16/01. <http://www.allaboutlean.com/spaghetti-diagrams/>.
- Almomani, Mohammed Ali, Mohammed Aladeemy, Abdelhakim Abdelhadi, e Ahmad Mumani. 2013. "A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques." *Computers & Industrial Engineering* 66 (2):461-469. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.07.011>.
- American Society for Quality. 2017. "Spaghetti Diagram - ASQ." accessed 24/11. <http://asq.org/learn-about-quality/process-analysis-tools/overview/spaghetti-diagram.html>.
- Amorim Cork Composites S.A. 2017. "Grupo Amorim." accessed 18/12. <http://www.amorimcorkcomposites.com/pt/sobre-nos/grupo-amorim/>.
- AMORIM S.A. 2017. "Introdução, Unidades de Negócio - Corticeira Amorim, Líder Mundial Setor Cortiça."
- Azizi, Amir, e Thulasi a p Manoharan. 2015. "Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time Using SMED-A Case Study." *Procedia Manufacturing* 2 (Supplement C):153-158. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.027>.
- Coimbra, Euclides de Almeida. 2013. *Kaizen in logistics and supply chains*. New York [etc.]: McGraw-Hill Education.
- Dal, Bulent, Phil Tugwell, e Richard Greatbanks. 2000. "Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis." *International Journal of Operations & Production Management* 20 (12):1488-1502. doi: 10.1108/01443570010355750.
- Ford Motor Company. 2017. "Innovation: 100 Years of the Moving Assembly Line | Ford Motor Company." accessed 9/11 <http://corporate.ford.com/innovation/100-years-moving-assembly-line.html>.
- Gantt.com. 2017. "What is a Gantt Chart? Gantt Chart Software, Information, and History." accessed 23/11. <http://www.gantt.com/>.
- Gibbons, Paul M., e Stuart C. Burgess. 2010. "Introducing OEE as a measure of lean Six Sigma capability." *International Journal of Lean Six Sigma* 1 (2):134-156. doi: 10.1108/20401461011049511.
- Investopedia, Staff. 2010. "Gantt Chart." @Investopedia, Last Modified 2010-02-23, accessed 23/11. <https://www.investopedia.com/terms/g/gantt-chart.asp>.

- iSixSigma. 2017. "Standard Work | iSixSigma." accessed 29/12. <https://www.isixsigma.com/dictionary/standard-work/>.
- Lean Enterprise Institute, Inc. 2017a. "Standardized Work: The Foundation for Kaizen." accessed 29/12. <https://www.lean.org/Workshops/WorkshopDescription.cfm?WorkshopId=20>.
- Lean Enterprise Institute, Inc. 2018. "Toyota Production System in the Lean Lexicon Â©." accessed 9/01. <https://www.lean.org/lexicon/toyota-production-system>.
- Lean Enterprise Institute, Inc. "A BRIEF HISTORY OF LEAN." accessed 1 de novembro. <https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>.
- Lean Enterprise Institute, Inc. 2017b. "A Brief History of Lean." accessed 26/11. <https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>.
- Liker Jeffrey, K., e David Meier. 2006. <<The>> *Toyota way fieldbook a practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. New York [etc.]: McGraw Hill.
- Millard, Maggie. 2017a. "14 Benefits of Standard Work." @KaiNexus, accessed 30/12. <https://blog.kainexus.com/improvement-disciplines/lean/standard-work/14-benefits-of-standard-work>.
- Millard, Maggie. 2017b. "Top 5 Questions About Standard Work." @KaiNexus, accessed 30/12. <https://blog.kainexus.com/improvement-disicplines/lean/standard-work/top-5-questions-about-standard-work>.
- Nakajima, Seiichi. 1988. *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*: Productivity Press.
- Narayanasamy, Geethai. 2017. "Spaghetti Diagram." accessed 24/11. <http://www.whatissixsigma.net/spaghetti-diagram/>.
- Rajput, Hemant Singh, e Pratesh Jayaswal. 2012. "A Total Productive Maintenance (TPM) Approach To Improve Overall Equipment Efficiency." *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)* 2 (6):4383-4386.
- Rohani, Jafri Mohd, e Seyed Mojib Zahraee. 2015. "Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry." *Procedia Manufacturing* 2 (Supplement C):6-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.002>.
- Rother, Mike, e John Shook. 2003. *Learning to see value-stream mapping to create value and eliminate Muda*. Vol. Version 1.3. Cambridge, MA: The Lean Enterprise Institute.
- Shingo, S. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Translated by A.P. Dillon: Taylor & Francis.
- Toyota Motor Corporation. "Toyota Production System." accessed 1/11. http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/.
- Vorne Industries, Inc. 2017. "SMED Dramatically Reduces Setup (Changeover) Time." accessed 12/12. <https://www.leanproduction.com/smed.html>.
- Vorne Industries Inc. "OEE (Overall Equipment Effectiveness)." accessed 9/11. www.leanproduction.com/oee.html.

ANEXO A: Impresso usado na recolha de tempos de operações

44

ANEXO B: Dados usados na construção do simulador

Dados para a simulação parcial: a) e b)

Tabela 12 - Velocidade de corte para os principais materiais

Material	Velocidade (m/min)
8244	29,0
8248	29,0
8245	18,7
8210	18,7
Constante bobinagem: 33 s/rolo	
Tempo emb. Cartão: 66 s/rolo	

$$\text{Rolos por cilindro} = \frac{900}{\frac{\text{espessura}[mm]}{\text{comprimento}[m]}}$$

Tabela 13 - Dados do processo de mudança de cilindro

Mudança Cilindro	Media	%	Desv. Padrão	85%
Iniciar emenda	00:01:09	15%	00:00:26	00:01:36
Retirar veio	00:01:10	16%	00:00:22	00:01:32
Por cilindro	00:01:28	20%	00:00:21	00:01:50
Limpar	00:02:15	30%	00:01:25	00:03:42
Finalizar emenda	00:01:26	19%	00:00:32	00:01:59
Total	00:07:27	100%	00:01:50	00:09:21

Dados para a simulação parcial: c) e d)

Tabela 14 - Dados sobre o embalamento de um rolo

Embalagem	
Tempo ciclo	58 s
Tempo maquina	32 s
%tempo maq./operador	55%

$$\text{Rolos por palete} = \frac{(1200 \times 900)}{\text{espessura}[mm] \times \text{comprimento}[m] \times 10^3 + \frac{80^2 \pi}{4}}$$

Tabela 15 - Dados do processo de mudança de palete

Mudança Palete	Media	%	Desv. Padrão	85%
Elevar	00:00:31	15%	00:00:05	00:00:36
Fixar	00:00:34	16%	00:00:08	00:00:42
Preencher documento	00:01:12	35%	00:00:27	00:01:40
Movimentar	00:00:51	25%	00:00:37	00:01:29
Colocar nova palete	00:00:18	9%	00:00:07	00:00:26
Total	00:03:26	100%	00:00:54	00:04:22

ANEXO C: Simulação do produto: A

Insira as especificações do produto:

Material:	8244
Espessura (mm):	5.8
Comprimento (m):	15.25
Largura (mm):	1220
Cartão (sim ou não)	nao

Rolos por palete	12
rolo/cilindro:	10.0

Resumo de simulação (atualização automática)

Processo	Rolo/h
2L2O	54
2L1O	47
2L1O (cartão)	47
1E1O	40
1E2O	65

Método Operativo	Rolos /h	custo €/rolo
A	40	1.13
B	40	0.75
C	47	0.96
D	54	1.11
E	54	1.11

Diagramas de Gantt:

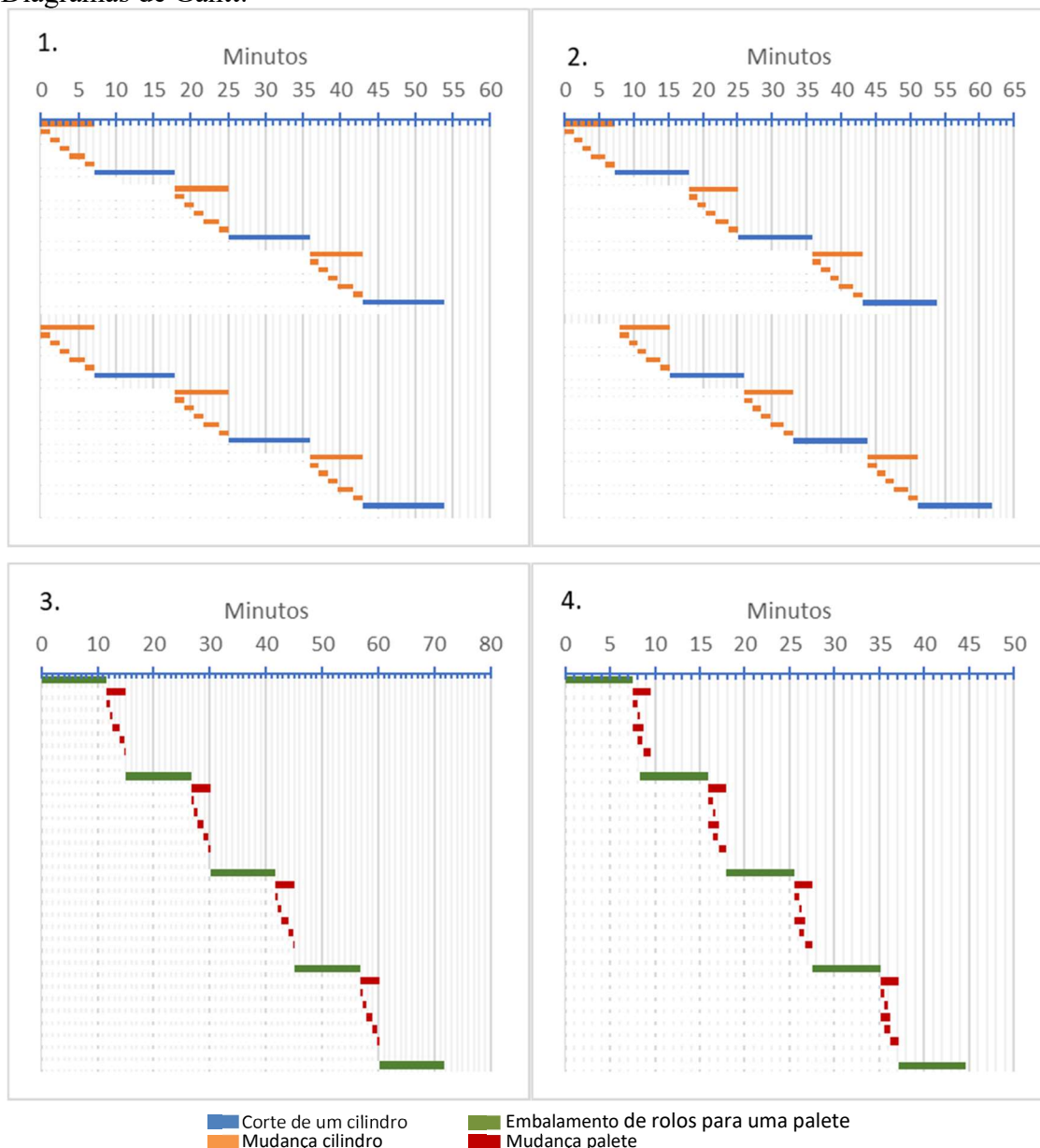


Figura 36 - Diagramas de Gantt da simulação da produção do produto A: 1. 2 laminadoras/bobinadoras operadas por 2 colaboradores; 2. 2 laminadoras/bobinadoras operadas por 1 colaborador; 3. 1 embaladora operada por 1 colaborador; 4. 1 embaladora operada por 2 colaboradores.

ANEXO D: Simulação do produto: E

Insira as especificações do produto:

Material:	8245
Espessura (mm):	6
Comprimento (m):	30.5
Largura (mm):	1220
Cartão (sim ou não)	sim

Rolos por palete	6
rolo/cilindro:	4.0

Resumo de simulação (atualização automática)

Processo	Rolo/h	Método Operativo	Rolos /h	custo €/rolo
2L2O	22	A	22	2.05
2L1O	18	B	16	1.88
2L1O (cartão)	16	C	16	2.81
1E1O	34	D	22	2.73
1E2O	56	E	22	2.73

Digramas de Gantt:

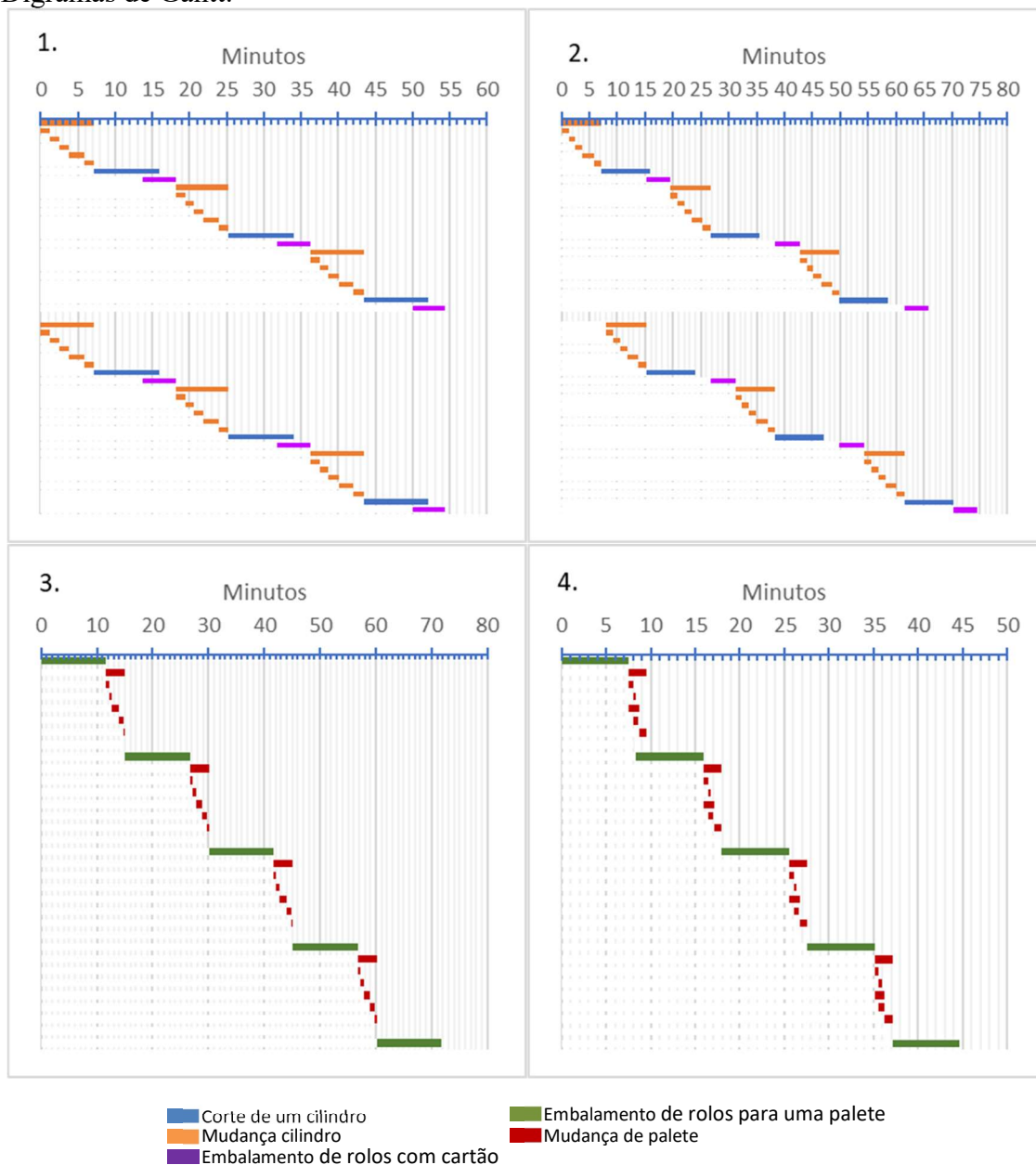
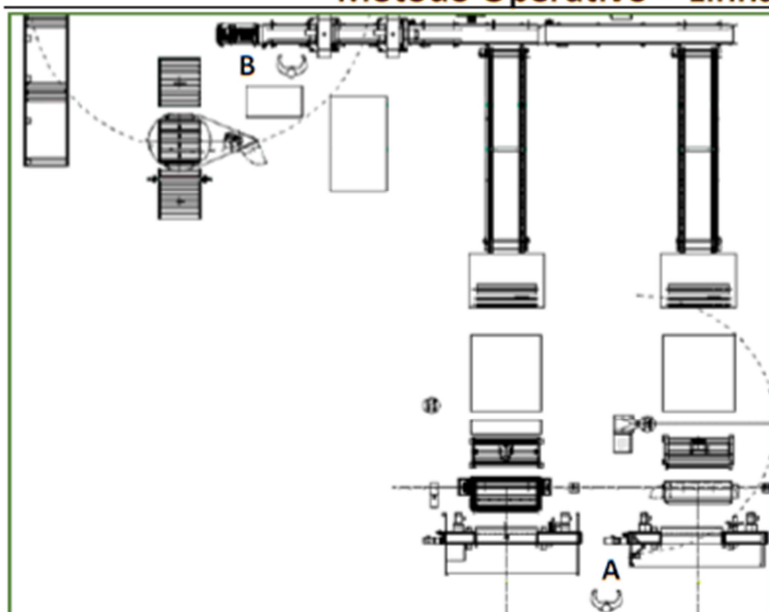


Figura 37 - Diagramas de Gantt da simulação da produção do produto E: 1. 2 laminadoras/bobinadoras operadas por 2 colaboradores; 2. 2 laminadoras/bobinadoras operadas por 1 colaborador; 3. 1 embaladora operada por 1 colaborador; 4. 1 embaladora operada por 2 colaboradores

48

ANEXO F: Método Operativo B

Método Operativo - Linha LRE



Antes iniciar uma ordem de fabrico deve ser verificada a existência do material de embalagem para a cumprir

No início do turno cada operador deve certificar-se que tem os consumíveis necessários para a produção planeada

Operação	Descrição de operações		Operador
Mudança de Cilindro	1	Iniciar a emenda	A
	2	Retirar veio da laminadora e colocar no carro de apoio	
	3	Colocar o novo cilindro na laminadora	
	4	Limpa cilindro	
	5	Passar a tela pelas facas e pela impressão	
	6	Concluir a emenda	
	O segundo veio expansivo já deve estar colocado no novo veio antes do inicio desta operação		
Embalagem em cartão (se aplicável)	1	Cortar folhas de cartão	B
	2	Envolver em cartão e por disco do lado interior da linha : iniciar quando esta 3º rolo no tapete ate fim desse cilindro	A/ B* (poe disco exterior)
Embalagem de plástico	1	Colocar disco base	B /A**
	2	Colocar disco topo e insert (se aplicável)	
	3	Colocar etiqueta (se aplicável)	
	4	Colocar rolo anterior na palete com auxilio da berço articulado	
	5	Movimentar rolo anterior para a palete	
Mudança de Palete	1	Subir a palete no cova e prender os rolos com fita cola	B
	2	Preencher o documento e fixa-lo ao lado exterior do rolos	
	3	Colocar a palete na a zona de recolha	
	4	Colocar a nova palete no cova e desce-la	
	Se ** executar nesta sequencia: 1 (mover para libertar cova), 4, 2 e 3		
	Se for uma palete embalada esta não deve ser presa e o documento deve ser posto depois de embalada		
Diversos	Alimentar tubos e fita cola sempre que necessário		A
	Reaproveitamento		A
Movimentações	Zona laminagem/rebobinagem		A
	Zona de embalagem		B
*B auxilia A: Ordem com emb. em cartão até que existam rolos que permitam concluir a palete			
**A auxilia B: Quando laminagem/rebobinagem em automático e sem necessidade de alimentação			

Método Operativo - Linha LRE

Sequenciamento de operações

Embalamento em plástico

Operador	Ord.	Operação
A	1	Mudança de serie L1
A	2	Mudança de serie L2
A	3	Mudança cilindro L1
A	4	Mudança cilindro L1
A	5	Mudança cilindro L1
A	6	Mudança cilindro L2

Nota: Sempre que necessário alimentar tubos e reaproveitamento
Repetir 3,4,5 e 6 até conclusão da ordem

Operador	Ord.	Operação
B	1	Mudança de serie
B/A*	2	Embalamento em plástico (repetir até completar paleta)
B	3	Mudança de paleta
B/A*	4	Embalamento em plástico (repetir até completar paleta)
B	5	Mudança de paleta

Nota: Sempre que necessário mudar bobina de plástico
Repetir 2,3,4 e 5 até conclusão da ordem

Embalamento Cartão e Plástico

Operador	Ord.	Operação
A	1	Mudança de serie L1
A	2	Mudança de serie L2
A/B**	3	Embalamento em cartão L1
A	4	Mudança cilindro L1
A/B**	5	Embalamento em cartão L2
A	6	Mudança cilindro L2
A/B**	7	Embalamento em cartão L1
A	8	Mudança cilindro L1

Nota: Sempre que necessário alimentar tubos e reaproveitamento
Repetir 3,4,5,6,7 e 8 até conclusão da ordem

Operador	Ord.	Operação
B	1	Mudança de serie
B	2	Embalamento em plástico (repetir até completar paleta)
B	3	Mudança de paleta
B	4	Embalamento em plástico (repetir até completar paleta)
B	5	Mudança de paleta

Nota: Sempre que necessário mudar bobina de plástico
Repetir 2,3,4 e 5 até conclusão da ordem

*B auxilia A: Ordem com emb. em cartão ate que existam rolos que permitam concluir a paleta

**A auxilia B: Quando laminagem/ rebobinagem em automático e sem necessidade de alimentação

ANEXO G: Guia para corte de cartão

Tabela 16 - Tabela dupla entrada para consulta do perímetro dos rolos

Guia de Comprimento de Cartão para Corte

Os comprimentos de cartão estão expressos em centímetros [cm].



Comp. [m]	Espessura [mm]													
	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
8	62	67	72	76	80	84	87	91	94	97	100	103	106	109
10	66	72	77	82	86	91	95	99	102	106	109	113	116	119
12	70	76	82	87	92	97	102	106	110	114	118	121	125	128
14	73	80	86	92	98	103	108	113	117	121	125	129	133	137
16	76	84	91	97	103	109	114	119	123	128	132	137	141	145
18	79	87	95	102	108	114	119	125	130	135	139	144	148	152
20	82	91	99	106	113	119	125	130	136	141	146	150	155	159
22	85	94	102	110	117	123	130	136	141	147	152	157	161	166
24	87	97	106	114	121	128	135	141	147	152	158	163	168	173
26	90	100	109	118	125	132	139	146	152	158	163	169	174	179
28	92	103	113	121	129	137	144	150	157	163	169	174	180	185
30	95	106	116	125	133	141	148	155	161	168	174	180	185	191
32	97	109	119	128	137	145	152	159	166	173	179	185	191	196
34	99	111	122	131	140	148	156	164	171	177	184	190	196	202
36	102	114	125	135	144	152	160	168	175	182	189	195	201	207
38	104	116	127	138	147	156	164	172	179	186	193	200	206	212
40	106	119	130	141	150	159	168	176	183	191	198	204	211	217
42	108	121	133	144	154	163	171	180	187	195	202	209		
44	110	123	136	147	157	166	175	183	191	199	206			
46	112	126	138	149	160	169	178	187	195	203	211			
48	114	128	141	152	163	173	182	191	199	207				
50	116	130	143	155	166	176	185	194	203					
55	120	136	149	161	173	183	193	203						
60	125	141	155	168	180	191	201	211						
65	129	146	160	174	186	198	209							
70	133	150	166	180	192	204	216							
75	137	155	171	185	199	211	223							
80	141	159	176	191	204									
100	155	176	194	211	226									
120	168	191	211											
130	174	198	219											

No caso de produção de uma dimensão não representada na tabela selecione a dimensão imediatamente superior.