



Optimização dos Fluxos numa Linha Produtiva de uma Fábrica de Tubos de Plástico – Alfatubo

Paulo Renato do Couto Lopes

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Eng.º Eduardo Gil da Costa

Orientadora na Alfatubo: Eng.ª Rufina Couto



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2011-06-30

Aos meus pais

Resumo

Optimizar os recursos por forma a reduzir os custos de produção ou melhorar a eficiência dos processos é um objectivo que todas as empresas ambicionam alcançar. Uma das metodologias que visa alcançar esse mesmo objectivo é a metodologia *Lean*.

Assim, a Alfatubo, sendo uma empresa produtora de tubos de plástico com quase duas décadas de laboração, tem a política de produzir o que é encomendado, eliminando a necessidade de produzir elevadas quantidades de stocks.

Esta política é rentável para a empresa, porém o cliente está interessado no preço e no tempo médio de entrega da encomenda. Em suma, é fundamental reduzir o tempo médio de entrega e os gastos dispensáveis.

Consequentemente, o objectivo do projecto foi o de otimizar o tempo médio de entrega da Alfatubo numa linha de produção.

Este projecto foi dividido em três fases com o propósito de serem obtidos resultados concretos e relevantes durante o curso do projecto e possibilitar a sua continuidade no futuro.

A primeira fase consistiu na adaptação, compreensão e integração numa realidade empresarial, particularmente no método de trabalho da Alfatubo. Nesta fase foi efectuado um levantamento dos pontos fortes e fracos da Alfatubo. Em paralelo foi efectuada uma análise sobre qual seria a melhor linha de produção para realizar o projecto.

Após a selecção da linha de produção, esta foi estudada criteriosamente relativamente aos tempos de mudança da linha e das velocidades de produção. Este estudo é referente à segunda fase. Para serem obtidas conclusões válidas foi observado e aferido junto dos operadores da produção as condicionantes da linha de produção.

Por último na terceira fase, foram implementadas algumas sugestões de melhorias em concordância com as conclusões obtidas na segunda fase. Posteriormente foram analisados os resultados obtidos e comparados com o estado inicial da Alfatubo.

Optimization of the flows in a Productive Line of a Pipe Factory

Abstract

The optimization of resources resulting in cost reduction or improvement of the efficiency of process is a goal that all firms want to achieve. One of the methodologies that supports the accomplishment of that goal is Lean.

Thus, Alfatubo, being a firm that produces plastic pipes almost for two decades, has the policy of producing only what is ordered, eradicating the need to produce high quantity of stocks.

This policy is profitable for the company, although the client is interested on the price and the lead time. To sum up, is important to reduce the lead time and the unnecessary waste.

Consequently, the goal of the project was to optimize the lead time in Alfatubo in a production line.

This project was divided in three phases with the purpose of obtaining solid and relevant results in the duration of the project and make possible its continue in the future.

The first phase consisted in the adaptation, comprehension and integration into a business reality, specifically in the method of work of Alfatubo. In this phase was done a characterization of the strong and weak points of Alfatubo. In parallel was done an analysis about which production line would be the most suitable one to perform the project.

Afterwards the selection, the production line was carefully studied in matters of setup time and production velocity. This study regards to the second phase. To achieve valid conclusions was observed and measured among the production workers the restrains of the production line.

At last, in the third phase were implemented some suggestions of improvements according with the conclusions achieved in the second phase. Subsequently, were analyzed the achieved results and compared with the initial state of Alfatubo.

Agradecimentos

No final do projecto de dissertação gostaria de agradecer a todas as pessoas que me ajudaram directa ou indirectamente na sua execução, nomeadamente:

À gerência da Alfatubo por ter criado esta oportunidade.

À gerência da Alfatubo, especialmente à Eng.^a Rufina Couto por se ter disponibilizado sempre que fosse necessário e por me ter ajudado na elaboração do trabalho.

A todos os colaboradores da Alfatubo que me ensinaram, apoiaram, mostraram disponibilidade e ajuda na elaboração deste trabalho, com especial destaque para o Sr. Rui Santos, o Sr. José Pereira e o Eng.^o Emílio Couto.

Ao meu orientador, Eng.^o Eduardo Gil da Costa, pelas suas sugestões e ajuda na elaboração do trabalho.

A todas as pessoas com quem convivi e troquei ideias por me terem influenciado a tornar na pessoa que sou hoje.

Um especial agradecimento à minha família por me ter ajudado, acarinhado e apoiado incondicionalmente durante todos os meus bons e maus momentos.

A todos o meu MUITO OBRIGADO

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da Alfatubo	2
1.2	Missão, visão e valores da Alfatubo	3
1.3	O projecto Optimização dos Fluxos numa Linha Produtiva de uma Fábrica de Tubos de Plásticos na Alfatubo	3
1.4	Organização e Temas abordados na Presente Dissertação	4
2	Revisão bibliográfica e conceitos técnicos	5
2.1	Produção de tubos de plástico	5
	Cabeça da extrusora	5
	Calibração	5
	“Puxo”	6
	Serra	6
	Enrolador e Acabamentos	6
	Características técnicas na produção de tubos de plástico	7
2.2	Metodologia <i>Lean</i>	9
	Lean – O que é?	9
	Origem da metodologia Lean	10
	Ferramentas e técnicas da metodologia Lean	11
2.3	As metodologias <i>Lean</i> e a sua aplicação à produção contínua	15
3	Apresentação do problema e condições iniciais	17
3.1	Apresentação do problema	17
3.2	Condições iniciais	18
3.3	Análise de dados	21
4	Desenvolvimento do projecto	26
4.1	Características e limitações da linha B2	26
4.2	Fundamentos teóricos	28
4.3	Dados observados	29
	Tempos de mudança	29
	Análise das velocidades	39
5	Implementação e resultados obtidos	44
5.1	Implementação e melhorias	44
	Melhoria dos 5S	44
	Implementação da ferramenta SMED para melhoria dos tempos de setup	45
	Aumento das velocidades	48
5.2	Resultados obtidos	48
	Tempos de setup	48
	Velocidades	49
6	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	50
	Referências	53
ANEXO A:	Breve história da Alfatubo	54
ANEXO B:	OEE – Overall Equipment Efficiency	58

ANEXO C:	Ficha Técnica do Produto.....	59
ANEXO D:	Ficha Técnica de Extrusão	61
ANEXO E:	Planta do rés-do-chão da Alfatubo	63
ANEXO F:	Comparação dos tipos de defeito por cada linha de produção do ano de 2010.....	64
ANEXO G:	Estudo sobre a melhor linha de tendência	66
ANEXO H:	Análise das velocidades	68
ANEXO I:	Melhoria dos 5S na banca de ferramentas.....	73
ANEXO J:	Documento CSS – Contextualização, Sensibilização e Sugestões	75
ANEXO K:	Mudança de uma Linha	78

Índice de Figuras

Figura 1 – Valores da Alfatubo.....	3
Figura 2 – Linha de produção para tubos de poliolefinas. a extrusora de parafuso simples, b cabeça da extrusora, c calibrador, d tina de vácuo, e tina de arrefecimento, f “puxo”, g serra, h enrolador (Fonte: Hensen, 1988, Com Permissão).....	5
Figura 3 – Relação entre volume de produção, variabilidade de matéria-prima e ponto onde a produção passa de contínua a discreta com as várias ferramentas de Lean (Fonte: Abdullah, 2003).	16
Figura 4 – Distribuição percentual do peso de cada linha de produção por tipo de defeito.	23
Figura 5 – Distribuição da percentagem da quantidade total de defeitos por cada linha de extrusão no ano de 2010.	24
Figura 6 – Cálculo do OEE.....	58
Figura 7 – Gráfico de dispersão relativo ao comprimento específico de arrefecimento em função do SDR e com a linha de tendência potencial	67
Figura 8 – Disposição das ferramentas nas bancas de arrumo. Da esquerda para a direita: B2, B1, B3 e K1.	73
Figura 9 – Ampliação da figura 8 da banca de arrumo das ferramentas pequenas.....	73
Figura 10 – Banca de arrumo das ferramentas que está entre as linhas B3 e K1 depois da melhoria dos 5S	74

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Pressão máxima admissível para um $c = 1,25$ e temperatura 20°C . (Adaptado do Grann-Meyer, 2005, Com Permissão)	8
Tabela 2 – Percentagem de tipo de desperdício do ano 2010	22
Tabela 3 – Percentagem do defeito total por quantidade de matéria-prima transformada em cada linha no mês de Janeiro de 2011	25
Tabela 4 – Características dos componentes da linha B2.....	27
Tabela 5 – Comprimento específico de arrefecimento em função do SDR (Fonte: Polyolefins, 2005)	28
Tabela 6 – Tabela com valores do comprimento específico em função do SDR obtidos através da equação (6)	29
Tabela 7 – Sequencia ideal para a mudança da linha de produção B2	31
Tabela 8 – Tempos em percentagem, em relação aos 100%, de execução de cada grupo de operações.....	35
Tabela 9 – Percentagens dos tempos mortos, em relação aos 100%, que precedem os grupos de operações referidas na tabela 8.....	37
Tabela 10 – Somatório dos tempos PTU e PTM	38
Tabela 11 – Cálculo da velocidade óptima de produção ou cálculo do comprimento necessário de arrefecimento	41
Tabela 12 – Tabela referente aos tipos de defeitos produzidos em cada linha de produção do ano 2010, em percentagem	64
Tabela 13 – Tabela onde são apresentados os valores arredondados conforme o valor real das linhas de tendência	66

1 Introdução

O presente trabalho foi realizado no âmbito do Projecto de Dissertação do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão (MIEIG) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) efectuado na Alfatubo, uma empresa produtora de tubos de plástico e acessórios, sediada em Serzedo – V.N. de Gaia, com a duração de cinco meses.

Este projecto teve como objectivos otimizar uma linha de produção e aplicar conceitos teóricos numa realidade empresarial onde não podem existir simplificações de restrições e variáveis, uma vez que estas generalizações podem levar uma empresa à falência.

Assim, na realização deste projecto foi necessário proceder a uma observação cuidada das restrições físicas e inerentes à política de trabalho na Alfatubo. Esta análise fez parte da primeira de um conjunto de três fases na execução deste projecto de dissertação.

Na primeira fase foi necessário proceder à análise e observação dos procedimentos internos assim como as condicionantes físicas da empresa. Nesta fase também foram extraídos e analisados dados relevantes para a próxima fase. Esses dados consistem em informações sobre o tipo de desperdícios produzidos em cada linha de produção durante o ano de 2010 e o mês de Janeiro de 2011 e a quantidade de produção efectuada em cada linha.

Seguidamente, em toda a segunda fase, focou-se numa única linha de produção. Isto incluiu o levantamento dos tempos de mudança da linha de produção, a sequência da alteração dependendo do turno e dentro de cada turno, do operador e por último, as limitações da linha tanto associadas aos recursos da linha como aos recursos da empresa. No final desta fase foram realizadas sugestões e procedimentos de aplicação tendo em consideração os dados levantados.

Finalizando, a terceira fase foi a implementação da nova situação e a observação dos resultados obtidos. Durante todas as fases, mas particularmente nesta última, foram consideradas e aplicadas medidas para esta optimização ter continuidade no longo prazo, num processo de melhorias contínuas.

É de extrema importância referir que a Alfatubo é uma média empresa com pouco mais de vinte anos de existência onde existe um reduzido conhecimento do conceito *Lean*. Das poucas abordagens *Lean* que praticam, a maior e mais relevante é a de produzirem por encomenda e não para stock. Assim, foi necessário uma abordagem cuidada e de sensibilização aos colaboradores da empresa.

O projecto proporcionou melhorias no departamento de produção da empresa e uma melhor compreensão e aplicação das ferramentas *Lean* numa actividade real. Este projecto também proporcionou um contacto com pessoas com variadas formações académicas e profissionais e diferentes personalidades. As vantagens foram notórias.

1.1 Apresentação da Alfatubo

A Alfatubo é uma média empresa, segundo o Iapmei é uma PME Líder, com 76 colaboradores sediada em Serzedo – V.N. de Gaia. Foi fundada em 1989 com o apoio da ANJE – Associação Nacional dos Jovens Empresários contudo, só iniciou a sua laboração em 1992 após a construção das instalações.

Seis anos após o início da laboração a empresa já tinha efectuado vários investimentos ao nível técnico, produtivo e da qualidade respondendo às especificações do mercado. Foi também em 1998 que a empresa apostou numa política de motivação e valorização dos recursos humanos.

Em 2000 a Alfatubo é qualificada para fornecer tubos para a rede de gás natural. A produção de tubos para condução de gás natural tem um peso importante no volume de negócios da empresa, sendo uma área com reduzida concorrência quer devido a decisões internas ou devido à saturação do mercado.

Outro produto importante no volume de negócios da Alfatubo é o Alfahidro – marca registada pertencente à Alfatubo de tubos para condução de água potável – certificado por entidades de Portugal, de Espanha e de França.

Em 2002 a empresa com apenas dez anos de produção, apoiou e participou na fundação do Pólo de Inovação da Indústria de Plásticos (PIEP), sendo portanto um dos sócios fundadores desta associação.

A nível de certificações de produtos e sistemas, desde cedo a Alfatubo teve a preocupação de estar na vanguarda tanto para a satisfação e confiança dos clientes nos seus produtos, como por requisitos dos reguladores do mercado e em alguns casos específicos, requisitos dos próprios clientes.

Assim, a primeira iniciativa neste campo foi em 1998 com o início da implementação de um sistema de gestão da qualidade, sendo certificada em 2000 segundo a norma ISO 9002. Em 2003 o laboratório de ensaios da Alfatubo foi qualificado pelo SGS-ICS (Société Générale de Surveillance S.A), sendo este grupo a maior organização mundial no domínio de inspecção, verificação, análise e certificação. Esta certificação foi de uma grande importância para a Alfatubo por não só conseguir efectuar ensaios nos seus tubos com reconhecimento de entidades externas, como ser uma fonte de rendimento por realizar ensaios para clientes externos.

De 2006 a 2008 foi o culminar das certificações. Em 2006 a Alfatubo foi certificada pela Entidade Certificadora Espanhola AENOR nos produtos Alfahidro e Alfasane. Em 2007 foi a vez de ser certificada pela Entidade Certificadora Portuguesa CERTIF. Esta certificação não só incluiu os produtos Alfahidro, Alfagás, Alfasane e Alfatherm, como também incluiu a certificação da Empresa. Já em 2008 a Alfatubo foi certificada pela LNE, empresa certificadora francesa no produto Alfahidro.

De uma forma concisa, a Alfatubo tem no seu portefólio de produtos tubos de transporte e distribuição de água potável sob pressão – Alfahidro, transporte e distribuição de gás natural – Alfagás, tubos para transporte de água não potável sob pressão – Alfasane, tubos para águas prediais quente e fria e aquecimento central – Alfaperflex e Alfatherm,

Actualmente a empresa encontra-se em contínuo crescimento quer nacional com a aquisição de uma empresa de actividade complementar à actividade da Alfatubo, quer internacional com a participação em diversas feiras no estrangeiro e com a reestruturação dos seus

departamentos. Uma descrição detalhada da empresa e das diversas certificações obtidas pode ser consultada no anexo A.

1.2 Missão, visão e valores da Alfatubo

A missão da Alfatubo é fornecer produtos tecnologicamente avançados a preços competitivos e com um nível de serviço elevado numa postura permanente de antecipação à concorrência.

A visão da Alfatubo é:

- Atingir níveis de excelência operacional pela maximização da utilização dos recursos disponíveis;
- Ser reconhecido como centro de competência industrial em sistemas de tubagens;
- Garantir ao mercado alvo (aquecimento central, distribuição de água, gás natural, electrotecnia e comunicações) uma oferta integrada e coerente de produtos e serviços no domínio dos sistemas de tubagens.

Os valores da empresa são apresentados na figura 1.



Figura 1 – Valores da Alfatubo

1.3 O projecto Optimização dos Fluxos numa Linha Produtiva de uma Fábrica de Tubos de Plásticos na Alfatubo

Nos dias de hoje é de extrema importância a redução dos custos de uma empresa mantendo a mesma qualidade ou até mesmo, aumentando-a.

Se for possível eliminar os desperdícios existentes numa empresa e se for possível haver só processos que acrescentem valor ao produto final, na perspectiva do cliente, a empresa reduziria ao limite possível os seus custos. Essencialmente este é o princípio geral da metodologia *Lean*.

O conceito *Lean* tem vindo, cada vez mais, a ser aplicado nas empresas. Contudo, estas empresas, tal como a origem do conceito *Lean*, são empresas de produção discreta, não

havendo portanto, muita aplicação deste conceito a empresas de produção contínua; este aspecto será abordado com mais detalhe na secção 2.3.

Apesar de a Alfatubo ser uma empresa de produção contínua possui uma política de resposta aos clientes que se enquadra no conceito *just in time*. A Alfatubo tem a política de só produzir o que é encomendado pelos seus clientes, apesar de produzir uma pequena percentagem da sua produção para stock, cerca de 5%.

No entanto, esta política torna-se obsoleta se os processos a jusante do recebimento das encomendas não tiverem capacidade e prontidão de resposta. Assim o objectivo deste projecto consistiu na diminuição, numa linha de produção, do tempo desde a entrada de matéria-prima na produção e a saída do tubo conforme os requisitos para o armazém.

Para tal, depois de se perceber a estrutura organizacional e física da empresa focou-se em ferramentas de diminuição de tempos de mudança de máquinas, SMED e 5S, técnicas de sensibilização para uma melhoria contínua e aumento da velocidade de produção tendo em consideração as restrições existentes.

1.4 Organização e Temas abordados na Presente Dissertação

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos.

Assim, no presente capítulo foi apresentada a empresa onde foi realizado o projecto bem como o respectivo propósito.

No segundo capítulo são apresentados e descritos os conceitos teóricos fundamentais para a realização do projecto.

Os três capítulos seguintes descrevem as três grandes fases fundamentais para atingir o objectivo do projecto de dissertação. Mais especificamente, no terceiro capítulo foi descrito a primeira fase, que corresponde a uma observação geral do funcionamento da empresa, recolha de dados e análise de condições e características de funcionamento. No capítulo quatro, correspondente à segunda fase, é apresentado o desenvolvimento do projecto, ou seja, os dados recolhidos e as conclusões obtidas desses dados. A implementação e os resultados obtidos são apresentados no capítulo cinco.

Por último, no capítulo seis são apresentadas as conclusões finais e as perspectivas de trabalho futuro.

2 Revisão bibliográfica e conceitos técnicos

Neste capítulo pretende-se apresentar uma breve noção teórica dos conceitos relevantes para fundamentar as secções que se seguem.

Assim serão abordados conceitos referentes à produção de tubos de plástico, a algumas ferramentas da metodologia *Lean* e à aplicação da metodologia *Lean* à produção contínua.

2.1 Produção de tubos de plástico

Os tubos de plástico são produzidos através de um processo contínuo de extrusão. O material é fundido e empurrado da extrusora para a cabeça da extrusora por um parafuso sem fim. Seguidamente o material passa para a tina de vácuo onde transpõe o calibrador, peça fulcral no dimensionamento do diâmetro exterior do tubo. O tubo é arrefecido desde o momento que sai da extrusora até uma temperatura próxima da temperatura ambiente por jactos de *spray* de água numa tina de vácuo e em tinas de arrefecimento (Grann-Meyer, 2005). O tubo final pode ser vendido em varas ou em bobines. Na figura 2 são apresentados os componentes mais importantes numa linha de produção de tubos de poliolefinas como PE (polietileno) e PP (polipropileno). De seguida procede-se a uma breve caracterização de alguns componentes de uma linha de produção de poliolefinas.

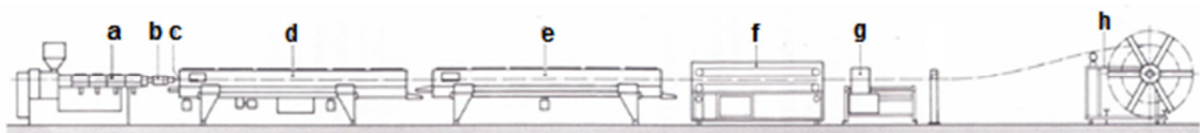


Figura 2 – Linha de produção para tubos de poliolefinas. *a* extrusora de parafuso simples, *b* cabeça da extrusora, *c* calibrador, *d* tina de vácuo, *e* tina de arrefecimento, *f* “puxo”, *g* serra, *h* enrolador (Fonte: Hensen, 1988, Com Permissão)

Cabeça da extrusora

A fieira (parte exterior da cabeça da extrusora) e o torpeda (parte interior da cabeça da extrusora) são duas ferramentas importantes na produção de tubos de plástico. As várias combinações destas originam vários diâmetros e várias espessuras na produção de tubo (Hensen, 1988). É de salientar que apesar de a fieira influenciar parcialmente o diâmetro final do tubo, este só é totalmente ajustado no calibrador. Já a espessura é obtida pela combinação da fieira e do torpeda bem como através da velocidade do “puxo” e do débito de material da extrusora (Grann-Meyer, 2005).

Calibração

A calibração também é uma parte fundamental na produção dos tubos de plástico. Esta permite medidas exactas de diâmetro e está relacionada com as tensões nas paredes do tubo.

Existem dois tipos de calibração, interna e externa, feitas pela parede interior e pela parede exterior do tubo, respectivamente. A calibração interna distribui as tensões de uma forma mais uniforme, contudo está limitada a certas excepções e é complicada de controlar (Hensen, 1988). Assim, a calibração externa é usualmente utilizada na calibração dos tubos, sendo impossível a utilização dos dois tipos ao mesmo tempo (Hensen, 1988).

A calibração externa pode ser feita por dois métodos: tinas de vácuo ou pressão de ar no interior do tubo. O método mais comumente usado é através de tinas de vácuo (Hensen, 1988).

O método da pressão no interior do tubo funciona exactamente como o nome indica. É criada pressão de ar no interior do tubo de modo a expandir e ficar dimensionado pelo calibrador. Nas tinas de vácuo o processo é inverso, é criada uma pressão negativa na tina de vácuo obrigando o tubo a expandir até ajustar ao calibrador (Grann-Meyer, 2005; Hensen, 1988).

A calibração externa através de tinas de vácuo necessita de uma ferramenta também chamada de calibrador. Os calibradores podem ser feitos de bronze ou alumínio. Estes podem ser calibradores de manga ou de disco, podendo ambos ter um pré-arrefecimento (Hensen, 1988). O pré-arrefecimento é mais utilizado para pequenos diâmetros. Para grandes diâmetros é utilizado, em todo o comprimento da tina de vácuo, meias-luas para o tubo não ovalizar enquanto ainda está quente.

“Puxo”

Para criar fluidez e para extrair o material da extrusora e guiá-lo por toda a linha é preciso uma máquina para esse efeito. Essa máquina é conhecida na indústria dos tubos de plástico por “puxo”. Contudo, o seu nome em inglês é *haul-off*.

Segundo Hensen (1988) existem vários tipos de “puxos” mediante o tipo de material usado no fabrico do tubo e o diâmetro do tubo. Características importantes num “puxo” são a superfície de contacto entre as lagartas e o tubo, ou seja, o comprimento do contacto e o atrito entre eles, e o número de lagartas. Para tubos com diâmetros pequenos só são necessárias duas, mas para diâmetros grandes até 630mm são precisas de quatro a seis lagartas.

Serra

Existem vários tipos de serras e também a sua escolha depende de vários factores. Entre eles destacam-se o diâmetro do tubo, a espessura, a matéria-prima, a forma do corte e a sua qualidade.

Podem-se destacar dois grandes grupos de serras, as serras radiais e as serras planetárias. A serra radial desloca-se na direcção radial ao tubo. Devido a este tipo de corte esta serra só corta até diâmetros de 200mm. Já a serra planetária gira ao longo de todo o tubo, sendo possível cortar diâmetros maiores (Hensen, 1988).

Enrolador e Acabamentos

Dependendo do diâmetro exterior e da espessura do tubo este pode ser vendido em forma de varas ou bobines. O tubo pode ser enrolado em bobines de 50m, 100m e com pouca frequência em múltiplos de 50m até um comprimento máximo de 500m. Já quando o diâmetro e a espessura não suportam as tensões criadas pelo enrolamento o tubo é cortado normalmente em varas de 6m, 12m e 13,5m podendo no entanto ser noutro comprimento caso seja requerido pelo cliente.

Contudo também pode ser necessário produzir comprimentos grandes de varas. Estas podem ser transportadas por via ferroviária ou fluvial, ou podem ser produzidos no local através de extrusoras móveis (Polyolefins, 2005).

Características técnicas na produção de tubos de plástico

Na produção de tubos de plástico e no seu dimensionamento todos os valores normalizados são baseados segundo a norma ISO 3 – *Preferred Numbers* em particular nas séries de *Renard 10* e *Renard 20* (Grann-Meyer, 2005).

Exemplo disso é o SDR – *Standard Dimension Ratio*. O SDR é muito utilizado em termos práticos porque é um parâmetro adimensional relativo à quantidade de massa do tubo. O SDR é calculado através do rácio entre o diâmetro exterior, d_e e a espessura, e do tubo:

$$SDR = \frac{d_e[mm]}{e[mm]} \quad (1)$$

Actualmente dependendo da aplicação são produzidos tubos SDR 7,4, SDR 9, SDR 11, SDR 13,6, SDR 17, SDR 21, SDR 26, SDR 33. Ainda é usado o SDR 17,6 (S 8,3) em alguns casos, apesar de futuramente vir a perder o uso. Valores inferiores a SDR 7,4 e superiores a SDR 33 não são muito usados porque ou tornam o PE (polietileno) pouco competitivo ou porque originam pouca rigidez, respectivamente (Grann-Meyer, 2005).

O valor do SDR está associado a S (séries de tubos) pela equação $SDR = 2S + 1$ que por sua vez é baseada na série de *Renard 10*.

Outra referência importante no dimensionamento dos tubos de plástico é a tensão hidrostática. Por outras palavras é a resistência a pressões mecânicas e térmicas do tubo no longo prazo sob uma pressão interna (Grann-Meyer, 2005). Assim, a tensão hidrostática determina a vida útil do tubo mediante a pressão de uso e é calculada segundo a fórmula (2) onde σ_v é a tensão circunferencial, p é a pressão interna no tubo, $d_{ext,m}$ é o diâmetro exterior médio e e_{min} é a espessura mínima do tubo (Grann-Meyer, 2005):

$$\sigma_v[N/mm^2] = \frac{p[bar] \cdot (d_{ext,m}[mm] - e_{min}[mm])}{20 \cdot e_{min}[mm]} = \frac{p[bar]}{20} \cdot (SDR - 1) \quad (2)$$

(1 N/mm² = 1MPa = 10 bar)

A vida útil do tubo depende das características da matéria-prima. No caso particular do polietileno é aplicável a norma ISO 12162 que especifica os valores mínimos da tensão hidrostática (MRS – *Minimum Required Strength*) para diferentes classes de polietileno, para uma temperatura de 20°C e para 50 anos de utilização (Grann-Meyer, 2005). Por exemplo para o PE100 o MRS é 10 MPa e para o PE80 o MRS é 8 MPa, sendo estas as classes de polietileno mais utilizadas.

Apesar de existir o MRS que especifica uma vida útil de um tubo PE para 50 anos a 20°C é necessário considerar sempre um factor de segurança, como que uma garantia para quando o tubo for sujeito às pressões máximas admissíveis não originar uma ruptura. A equação (3) relaciona o MRS e o coeficiente de segurança, c , onde σ_s é a tensão admissível de projecto.

$$\sigma_s[MPa] = MRS[MPa]/c \quad (3)$$

Está definido segundo a Norma Europeia EN 12201 para tubos de água em PE, e a Norma Europeia EN 1555 para tubos de gás em PE, que o coeficiente de segurança tem de ser no mínimo 1,25 e 2 respectivamente. Estes coeficientes são obtidos através de valores práticos.

Em Portugal existe uma entidade reguladora na instalação das redes de gás – Gás natural Galp Energia – que utiliza coeficientes de segurança superiores a 2 e só valores de SDR 11 e SDR 17,6.

Por último, a pressão máxima admissível de uso de um tubo está dependente do SDR, do MRS que resulta numa vida útil de 50 anos a 20°C e do coeficiente de segurança. A pressão máxima admissível (MOP – *Maximum Operating Pressure*) é calculada pela fórmula (4) que relaciona os factores acima descritos. Na tabela 1 são apresentadas as pressões máximas de operação para a água potável e vários SDR's e MRS's sendo utilizado, neste caso, o coeficiente de segurança de 1,25.

$$MOP[bar] = \frac{20 \cdot MRS [MPa]}{c \cdot (SDR - 1)} \quad (4)$$

Tabela 1 – Pressão máxima admissível para um $c = 1,25$ e temperatura 20°C. (Adaptado do Grann-Meyer, 2005, Com Permissão)

SDR	7,4	9	11	13,6	17	17,6	21	26	33
S	3,2	4	5	6,3	8	8,3	10	12,5	16
MRS	Maximum Operating Pressure (bar)								
10	25	20	16	12,5	10	9,6	8	6	5
8	20	16	12,5	10	8	7,7	6	5	4
6,3	16	12,5	10	8	6,3	6	5	4	3,2

Outro factor importante na produção de tubos de plástico é o arrefecimento. O tubo deve ser arrefecido de uma temperatura perto dos 200°C até uma temperatura próxima da temperatura ambiente. Para tal acontecer é necessário um comprimento mínimo de arrefecimento e uma temperatura ideal da água de arrefecimento. O comprimento de arrefecimento é garantido pelas tinas de arrefecimento e de vácuo.

Não existe uma única tina com o comprimento total de arrefecimento porque a transferência de calor do tubo é efectuada por contacto. Assim, se a temperatura da parede exterior do tubo for próxima da temperatura da água a transferência de calor será menor do que se tivesse uma temperatura maior, não arrefecendo o interior do tubo. Logo, deve existir um comprimento mínimo entre tinas para haver uma homogeneização da temperatura interior da parede do tubo e um melhor arrefecimento.

A temperatura ideal da água deve estar compreendida entre os 10°C e os 30°C, sendo o valor comumente utilizado superior a 20°C. Este valor podia ser inferior, contudo, além de ser mais dispendioso obter temperaturas inferiores, estas criam tensões superficiais no tubo. Isto acontece porque um arrefecimento rápido provoca uma solidificação rápida da camada exterior do tubo não permitindo que este contraia o esperado. Como o interior do tubo não sofre o mesmo tipo de arrefecimento irá contrair normalmente criando assim elevadas tensões interiores no tubo.

Para garantir que o tubo se encontre dentro dos requisitos das normas e dos clientes é necessário realizar testes normalizados, específicos para cada gama de produtos, tais como, testes à tensão hidrostática, à tracção, ao índice de fluidez, ao tempo de indução oxidativa e, não menos importante aspecto-cor, aparência, e características dimensionais como diâmetro externo médio e espessura, entre outros.

2.2 Metodologia Lean

Lean – O que é?

Lean não é nenhum recurso tácito, é uma forma de estar e pensar onde é importante maximizar o valor do produto para o consumidor diminuindo os desperdícios e usando menos recursos (LEI, 2009).

Fundamentalmente consiste em usar menos esforço, menos tempo, menos equipamento, menos espaço físico, menos investimentos e ter menos acidentes no trabalho, conseguindo obter o mesmo produto final ou melhor. Para obter tal resultado é necessário perceber quais são os desperdícios que são produzidos nas empresas. Taiichi Ohno identificou 7 tipos de desperdícios, dos quais os 5 primeiros são referentes ao fluxo do material e os dois últimos são referentes ao trabalho do operador (Koskela, 2000; Womack and Jones, 2003):

- Transporte – Transporte desnecessário de produtos semi-acabados de uma operação para a operação seguinte sem adicionar valor para o consumidor final;
- Stock – Armazenamento de matéria-prima ou produtos em curso de fabrico ou produtos acabados à espera de serem vendidos;
- Sobre processamento – Processos ou operações que não adicionam valor ao produto tendo em consideração as necessidades do cliente;
- Produção excessiva – Produção de produtos numa velocidade superior, em quantidades superiores às necessidades dos clientes ou em prazos inferiores;
- Defeitos – Não conformidade dos produtos com as especificações do cliente ou com as exigências das normas. Assim, é necessário corrigir ou eliminar a peça defeituosa;
- Espera – Tempo desnecessário dos operadores à espera de começarem a próxima operação;
- Deslocações – movimentos desnecessários dos operadores relativamente à produção de um produto sem adicionar valor ao mesmo.

Alguns autores, como é o caso de Drew *et al* (2004) referem variabilidade e inflexibilidade além dos desperdícios como inimigos à aplicação da metodologia *Lean*. Contudo, eliminando todos os tipos de desperdício elimina-se também a variabilidade e a inflexibilidade dentro da empresa. Ou seja, se não existir produção excessiva, espera, deslocações e transporte de ferramentas desnecessário então não existe inflexibilidade porque o produto é produzido sem tempos mortos e na quantidade e velocidade adequada a responder ao cliente. Já para explicar a redundância da variabilidade é preciso partir do pressuposto que para eliminar todos os sete desperdícios é estritamente necessário criar padrões de processos e um local de trabalho limpo, organizado e de fácil utilização. Em suma, inflexibilidade e variabilidade são particularizações dos sete desperdícios referidos anteriormente.

É de salientar que para uma empresa funcionar correctamente na perspectiva *Lean* é preciso que toda ela, desde a gerência até ao operador de máquina, entendam o que é *Lean* e que cada um seja valorizado no desempenho da sua função. Mais, é preciso que seja implementada horizontalmente e não verticalmente num único ramo da empresa. Não menos importante é o facto de ser necessário existir uma procura de melhoria contínua suportada em padrões e normas. Segundo Taiichi Ohno “*Without standards there can be no improvement*” (Venitz, sd). Uma vez compreendidos estes factores cruciais significa que a empresa está pronta para aplicar correctamente a metodologia *Lean* no longo prazo e não simplesmente no curto prazo.

No entanto, não basta que só a empresa esteja dentro do contexto *Lean*, é também necessário que os fornecedores e clientes sejam valorizados e estejam dentro do mesmo contexto,

particularmente os fornecedores. Estes devem também seguir uma abordagem, no mínimo, próxima da metodologia *Lean*. Caso contrário, a empresa pode ambicionar ser *Lean*, mas se os seus fornecedores não lhe entregarem a matéria-prima dentro das especificações e dentro dos prazos pretendidos, não existe flexibilidade por parte da empresa relativamente aos seus clientes, logo não é *Lean*. Além de que também existe um aumento dos desperdícios associados à não conformidade da matéria-prima.

Todavia, só é possível aplicarmos este conceito à empresa. Não se pode forçar os fornecedores a seguirem as mesmas directivas assumidas pela empresa, salvo raras excepções onde a empresa é suficientemente grande para influenciar os seus fornecedores. Contudo, é possível mudar de fornecedor.

Assim, para uma empresa implementar o conceito *Lean* necessita de se guiar por cinco princípios fundamentais (Womack and Jones, 2003; Jacobs, Chase, and Aquilano, 2009):

- Valor – Perceber o valor associado ao trabalho e/ou processos. Este valor é definido pelo cliente final. Se o cliente final estiver disposto a pagar pelo resultado duma operação então essa operação tem valor;
- Identificar a cadeia de valor – Mapear todos os processo desde o início, a entrada de matéria-prima, até à saída do produto final. Assim facilmente se consegue perceber as fases que adicionam valor e as que adicionam desperdício;
- Fluxo – Garantir que as operações que criam valor fluam, reduzindo os desperdícios, espera e stock;
- *Pull* – Produzir simplesmente o que o cliente quiser e quando quiser. Com isto elimina-se a produção excessiva.
- Melhoria contínua/Kaizen – Não existe um fim no processo da eliminação dos desperdícios e na sua manutenção através de normas.

Origem da metodologia Lean

Se procurarmos ao longo da história do mundo pode-se sempre encontrar algo ou alguém que tentou minimizar os custos e aumentar o proveito. Contudo foi no século XX que se deu o grande desenvolvimento da metodologia tal como a conhecemos hoje.

Henry Ford foi dos primeiros a criar um fluxo contínuo e normas de produção na sua empresa (LEI, 2009). Contudo não tinha flexibilidade porque só produzia o modelo T e em cor preta, e portanto não foi capaz de responder aos novos requisitos dos seus clientes.

Toyoda Kiichiro, Shigeo Shingo e Taiichi Ohno foram os líderes japoneses que começaram a reparar neste facto nos anos 30, apesar de só ser verdadeiramente impulsionado depois da Segunda Guerra Mundial quando os japoneses e os seus recursos eram escassos e débeis. Assim, Taiichi Ohno baseou-se em princípios ocidentais e nas ideias de Henry Ford (Abdullah, 2003; LEI, 2009).

Com base nos seguintes princípios (6) e valores nasceu o *Toyota Production System* (Harvey, 2004):

- Produzir simplesmente o que for necessário;
- Eliminar o que não acrescenta valor;
- Parar se alguma coisa estiver mal;
- Respeitar todos os trabalhadores;
- Procurar utilizar todas as capacidades do trabalhador;
- Dar autoridade e responsabilidade ao trabalhador no seu trabalho.

Através destes princípios e valores nasceram muitas ferramentas e técnicas tal como *Just in time*, melhoria contínua, 5S, *Total Productive Maintenance*, entre outras. Estas ferramentas e técnicas foram espalhadas e tornaram-se comuns no Japão nos anos 50. Apesar de esta metodologia ter sido baseada nos países ocidentais só depois dos anos 80 é que os países ocidentais se aperceberam da sua existência através do livro “*The Machine that Changed the World*” de James P. Womack, Daniel Roos e Daniel T. Jones (1990).

O termo *Lean* surgiu numa equipa liderada por James Womack no seu gabinete no Massachusetts Institute of Technology (MIT) em 1987 (LEI, 2009). E é por este termo que todas as pessoas conhecem esta metodologia hoje em dia. Actualmente a metodologia não só é aplicada à produção como também é aplicada aos serviços, logística, distribuição, retalho, e será aplicada a outros tipos de indústrias sendo os princípios, valores, e resultados promissores e oportunos num mundo onde os recursos são finitos e cada vez mais existe uma maior sensibilização para esse facto, sem nunca esquecer que os resultados são iguais ou melhores com a utilização de menos recursos.

Ferramentas e técnicas da metodologia Lean

Existem muitas ferramentas e técnicas das quais algumas foram desenvolvidas ou derivam de outras mais abrangentes. Nesta secção focam-se as técnicas que foram abordadas no decurso da dissertação e/ou que são importantes devido ao tipo de produção da empresa em questão.

SMED

SMED (*Single Minutes Exchange of Dies*) é uma ferramenta que foi criada nos anos 50 por Shigeo Shingo enquanto consultor de várias empresas de entre as quais a Toyota. SMED significa que uma máquina é alterada num dígito de minutos, ou seja, menos de 10 minutos.

Shingo durante a sua análise observou que existiam muitas operações que não acrescentavam valor nenhum ao produto final, sendo portanto, desperdícios na perspectiva do cliente. Desperdícios como o transporte de ferramentas ou ajuste de máquinas que eram efectuados enquanto estas estavam paradas e podiam ser feitos enquanto estavam em produção. Assim, Shingo identificou dois tipos de operações:

- Operações internas: Operações que só podem ser feitas enquanto a máquina estiver parada.
- Operações externas: Operações que podem ser efectuadas enquanto a máquina está em produção.

Aplicar esta ferramenta não passa simplesmente por identificar as operações internas e externas. Passa por uma sequência de melhoria contínua (King, 2009):

1. Identificar as operações externas e internas;
2. Transferir as operações externas de forma a serem efectuadas quando a máquina estiver em produção;
3. Simplificar as operações internas e tentar transformar as operações internas em externas;
4. Efectuar as operações internas em paralelo.

Shingo através da utilização da ferramenta SMED e da melhoria contínua conseguiu com que a mudança de uma ferramenta de uma grande prensa na Toyota passasse, em 1950, de várias horas para 15 minutos, em 1960. Em 1970 essa mesma mudança foi reduzida para 3 minutos (King, 2009).

É de referir que esta ferramenta também tem um efeito normalizador do trabalho. Assim, independentemente do operador que realizar a mudança da máquina, deverá demorar o mesmo tempo.

Kaizen/Melhoria contínua

Kaizen é uma palavra japonesa que tem origem nas palavras *Kai* e *Zen*. *Kai* significa mudar e *Zen* significa bom, ou para melhor neste contexto. Assim, *kaizen* é uma abordagem gradual e sistemática de melhoria contínua. Esta técnica é uma das técnicas principais e fundamentais na metodologia *Lean*. Se não existir uma política de melhoria contínua então muito dificilmente poderá haver evolução e até manutenção da primeira abordagem *Lean* a um departamento ou empresa.

Existem várias ferramentas de suporte desta técnica. Contudo, é de destacar os 5S como uma das mais efectivas e sendo a base de sustentação de toda a aplicação *Lean*. Os 5S têm origem em 5 palavras japonesas, *Seiri* (separar), *Seiton* (ordenar), *Seiso* (limpar), *Seiketsu* (normalizar) e *Shitsuke* (manter) e tem como objectivo eliminar os desperdícios sendo estes ferramentas obsoletas ou desnecessárias, excesso de matéria-prima, defeitos ou sucata (Abdullah, 2003). Esta ferramenta deve ser aplicada de forma sequencial, do primeiro S, *Seiri*, até ao último, *Shitsuke*, e continuamente de forma a não perder a usabilidade, ou seja, a empresa pode deixar de fabricar um produto modificando a importância das respectivas ferramentas para ferramentas obsoletas.

Na primeira etapa, *Seiri* (separar), deve-se identificar as ferramentas que são utilizadas regularmente e colocá-las num local diferente das que não são utilizadas com tanta frequência.

Após a separação é necessário identificar cada ferramenta e o seu respectivo lugar de modo a tornar o local de trabalho e a localização das ferramentas mais fácil, mais acessível e mais fácil de usar. Esta fase é denominada *Seiton* (ordenar).

Seiso (limpar) consiste na limpeza e organização metódica do local de trabalho. Nenhuma ferramenta deve estar fora do seu respectivo lugar e estas devem estar limpas, de forma a estarem prontas para serem utilizadas pelo próximo turno ou pessoa. Se o local de trabalho estiver limpo e organizado gera um ambiente saudável e propício a essa organização e limpeza serem mantidas pelos operadores que a utilizam.

Para facilitar que os passos anteriores sejam mantidos com a mesma funcionalidade é necessário normalizar (*Seiketsu*), criando normas e padrões para que todos os operadores sigam as mesmas directrizes, reduzindo a variabilidade do método de trabalho e reduzindo ou eliminando os riscos inerentes ao trabalho efectuado pelo operador.

A última etapa, *Shitsuke* (manter), tem como objectivo instruir os operadores sobre os procedimentos, cultura e normas da empresa. Quem seguir as normas e a cultura da empresa deverá ser valorizado e quem não cumprir deverá ser instruído de forma a ser sensibilizado para a prática dessas normas e procedimentos. Nesta fase é muito importante saber motivar os operadores, caso contrário os passos anteriores não serão aplicáveis.

Concluindo, 5S não é uma ferramenta que otimiza o desempenho de uma empresa mas, é o pilar fundamental para a implementação das outras ferramentas. Sem esta ferramenta dificilmente se conseguirá criar no longo prazo um ambiente saudável dentro da empresa bem como dificilmente se diminuirá alguns dos 7 desperdícios referidos anteriormente, como por exemplo transporte de ferramentas e deslocações desnecessárias de operadores.

Just In Time

O conceito mais associado à metodologia *Lean* é o *just in time* (JIT). JIT significa produzir o que é necessário quando necessário e no sítio certo. Tudo o que é produzido a mais ou numa sequência ou máquina mais lenta é desperdício para a empresa uma vez que, utiliza recursos limitados como tempo e material que estão associados a dinheiro.

O JIT, mais do que as outras ferramentas, é aplicado a operações repetitivas. Idealmente o lote é de 1 unidade. Para ser possível seguir esta ideologia terá que se utilizar o sistema *pull*, ou seja, o cliente é que desencadeia uma ordem de fabrico de um produto, que consequentemente requer a compra de matéria-prima, em detrimento do sistema tradicional. Assim, diminui-se o stock teoricamente para zero e reduz-se a produção excessiva.

A concretização do JIT não é tão simples quanto parece. Primeiro, é fundamental a aplicação desta ferramenta dentro da empresa/produção. Contudo, se os fornecedores e clientes não estiverem integrados de alguma forma na empresa, ou não seguirem uma metodologia semelhante, então a empresa dificilmente conseguirá seguir os princípios JIT. Portanto, pode-se dividir JIT em JIT produção, JIT distribuição e JIT compras (Abdullah, 2003).

Sucintamente, se os fornecedores não seguirem uma metodologia de JIT dificilmente conseguirão fornecer a empresa quando esta precisar e nas quantidades requeridas (JIT compras). O mesmo acontece quando a empresa passa a ser a fornecedora dos clientes finais ou distribuidores, se não houver uma comunicação eficiente entre eles então ambos ficarão insatisfeitos.

Para ser possível aplicar eficazmente o JIT em todos os níveis terá de se recorrer a sistemas de informação comuns aos fornecedores, à empresa e aos vendedores. Com isto é possível reduzir stock, reduzir quebras de stock, produção excessiva e uma vez que os produtos só são produzidos quando necessários os problemas de qualidade serão mais facilmente detectados.

Total Productive Maintenance

Total productive maintenance (TPM) é essencialmente um programa de manutenção que tem como objectivo final zero defeitos, zero paragens, zero acidentes e zero anormalidades. Numa empresa onde exista, ou onde se pretenda aplicar o conceito *Lean* é importante aplicar a ferramenta *total productive maintenance*.

Para se perceber melhor o significado de TPM é necessário saber o significado de cada palavra de TPM. *Total* significa o envolvimento de todas as pessoas de todos os níveis hierárquicos. *Productive* realça a eficiência e eficácia da utilização de todos os recursos. E *maintenance* está associado ao facto de se manter as máquinas e sistemas em boas condições (Kanta, Tripathy, and Choudhary, 2005).

Existe 4 tipos de manutenção, mas simplesmente os 3 últimos são utilizados nesta ferramenta:

- Manutenção de avarias;
- Manutenção preventiva;
- Manutenção correctiva;
- Prevenção de manutenção.

A manutenção de avarias ocorre simplesmente quando a máquina tem uma avaria. A equipa de manutenção só se dirige à máquina quando esta está parada devido a uma avaria.

Quando a manutenção é efectuada de forma regular e planeada então é chamada de manutenção preventiva. Nesta manutenção também está incluída a limpeza diária, inspecção

feita pelos operadores das máquinas, sendo eles as pessoas que melhor conhecem o seu funcionamento.

A manutenção correctiva segundo Venkatesh (2007) é para melhorar a máquina e os seus componentes. Instalar vedações de segurança, caso a máquina não possua e seja do benefício da empresa ter, ou simples alterações para melhorar a sua manutenção.

Prevenção da manutenção resume-se a comprar a máquina correcta para a sua aplicação. Na compra de uma nova máquina a empresa deve ter em atenção se a manutenção da mesma é fácil, caso contrário será difícil os operadores manterem uma manutenção regular. Se a empresa tiver uma boa e forte relação com o fornecedor, esta poderá aconselhar ou sugerir correcções para o fabrico de novas máquinas.

Um indicador de desempenho para quantificar e controlar a performance total de uma máquina associada ao TPM é o *Overall Equipment Efficiency* (OEE). Através da multiplicação de 3 factores (em percentagem): taxa de disponibilidade, taxa de performance e taxa de qualidade consegue-se saber a performance/estado de uma máquina.

Sendo a taxa de disponibilidade associada à perda de tempo planeado (tempo teórico total de produção da empresa) devido a avarias, paragens e *setup's*. A taxa de performance está ligada a perda de tempo de produção (tempo resultante da subtracção das avarias, paragens e *setup's* ao tempo planeado) por redução de velocidade e micro paragens. As peças ou produtos não conforme que são produzidas estão contabilizadas na taxa de qualidade. Uma descrição mais detalhada da forma de cálculo e utilidade do OEE é apresentada no anexo B.

Value Stream Mapping

Value stream mapping não é mais do que um mapa desde os fornecedores até aos clientes focado nas operações da empresa. Com este mapa consegue-se saber as actividades que acrescentam valor, as actividades que não acrescentam valor mas são necessárias e as actividades que não acrescentam valor e/ou só envolvem tempo de espera.

O objectivo do *value stream mapping* é o de eliminar os desperdícios olhando para a empresa como um todo e não para processos ou departamentos específicos. Abdullah (2003) defende que esta ferramenta deve ser utilizada como um ponto de partida para as empresas que quiserem seguir a metodologia *Lean* uma vez que é fácil de aplicar, analisa a empresa no seu todo e existem casos de sucesso em detrimento da aplicação, sem sucesso, de outras ferramentas.

Contudo Lichtenberg (2008) referencia que na Toyota estão focados na satisfação do cliente e não na implementação das ferramentas. Assim, não existem pessoas dedicadas a tal função e raramente utilizam *value stream maps* unicamente para a resolução de alguns problemas, apesar de continuarem a ter sucesso.

É de realçar que esta ferramenta apenas serve para identificar os processos que acrescentam valor e os que não acrescentam, contudo para eliminar os processos que não acrescentam valor é necessário aplicar as outras ferramentas. Através desta ferramenta consegue-se saber não só onde estão os processos que não acrescentam valor como a sua origem.

Para aplicar correctamente o *value stream mapping* deve-se seguir uma sequência de passos.

Primeiramente deve-se identificar famílias de produtos. Identificar todos os produtos é muito complexo. Uma vez identificada a família de produto a analisar procede-se à criação do fluxo de material desde o processo mais ligado aos clientes que será a expedição, até à compra de

matérias-primas. O fluxo de material é desenhado na parte inferior do mapa onde são registados todos os valores relevantes como os tempos de *setup*, mudança de ferramentas e stocks.

O segundo passo inclui a criação do fluxo de informação no topo do mapa. Este fluxo está relacionado com o fluxo de material previamente desenhado e é desenhado da direita para a esquerda. Seguidamente é criada uma linha de tempo onde se possa saber o tempo total de produção da família de produtos.

O terceiro e último passo é a criação do novo mapa onde são eliminadas ou reduzidas as fontes de desperdício. Assim facilmente se sabe qual é a melhor ferramenta para eliminar um desperdício em particular.

2.3 As metodologias *Lean* e a sua aplicação à produção contínua

A metodologia *Lean* tem a sua origem na indústria automóvel com Henry Ford e a Toyota. Está portanto associada à produção de partes ou produtos discretos (por exemplo automóveis, motores, aparelhos electrónicos) e desde então houve muitas aplicações desta metodologia a indústrias de produção discreta por oposição às indústrias de produção contínua (produtos que não são contáveis, e por isso têm de ser medidos, como por exemplo tintas, gases) onde só recentemente se começa a aplicar apesar de ainda ser com alguns receios.

Esta relutância por parte dos gestores na aplicação da metodologia *Lean* a indústrias de produção contínua deve-se em grande parte pela inflexibilidade do tipo de produção. Grandes volumes de produção, pouca variabilidade, o custo associado à paragem de uma máquina para corrigir um erro ou consertá-la é enorme e máquinas especializadas na produção de um certo produto são as características principais das indústrias de produção contínua.

Apesar de a metodologia ter sido aplicada a indústrias de processos discretos também pode ser aplicada a indústrias de processos contínuos. Dos 7 tipos de desperdícios referidos anteriormente, três deles existem nos processos contínuos. Lichtenberg (2008) no artigo *Applying Lean Principles in Process Industries* indica que espera, defeitos e sobre processamento são os três tipos de defeitos que existem nos processos contínuos. Mais especificamente, grandes tempos de mudanças de máquinas, produtos que não estão dentro das especificações dos clientes sendo portanto defeitos e acrescentar características ao produto que o cliente não valoriza, respectivamente. Lichtenberg não dá grande importância aos outros tipos de desperdício porque estão relacionados com o fluxo de material ou porque são problemas mínimos nas indústrias de processos contínuos.

Outro argumento que sustenta o facto de a metodologia *Lean* poder ser aplicada a processos contínuos, apesar de ter sido criada para processos discretos é o facto de todas as produções contínuas tornarem-se discretas num ponto da sua produção (Billesbach, 1994; Abdullah, 2003). Este ponto de mudança pode ser no início, meio ou fim da produção.

Um exemplo de uma indústria onde existe uma mudança de processos contínuos para processos discretos no início é a indústria dos têxteis. Nesta indústria o algodão é muito cedo cortado para originar diferentes produtos (Abdullah, 2003).

Seguindo o mesmo raciocínio as indústrias metalúrgicas são transformadas em processos discretos a meio da produção com a transformação do metal líquido em barras para depois serem transformadas.

Por último, um exemplo de uma indústria onde os processos contínuos são transformados em processos discretos no fim, ou mesmo antes de serem empacotados, é a indústria de extrusão de plásticos.

Abdullah (2003) criou um gráfico tendo como variáveis o volume de produção, a variedade de matéria-prima e o ponto na produção, cedo ou tarde, onde os processos passam de contínuos para discretos. Neste gráfico pode-se saber quais são as ferramentas mais indicadas tendo em consideração estas variáveis. Este gráfico está apresentado na figura 3.

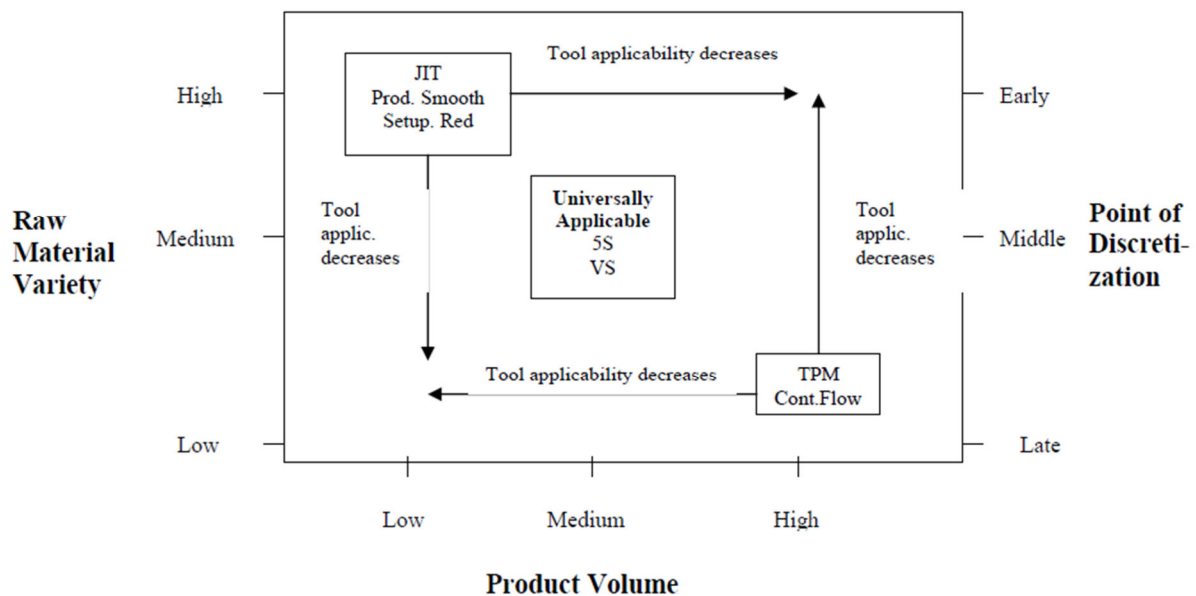


Figura 3 – Relação entre volume de produção, variabilidade de matéria-prima e ponto onde a produção passa de contínua a discreta com as várias ferramentas de *Lean* (Fonte: Abdullah, 2003).

Um caso de sucesso de aplicação da ferramenta JIT na indústria têxtil aconteceu na DuPont's May plant em Camden, na Carolina do Sul. Este caso é referenciado no artigo de Billesbach (1994) onde indica uma diminuição do stock dos produtos em curso de fabrico (WIP – *Work In Process*) de 96% e um aumento da qualidade do produto em 10% entre outras coisas.

A razão para este ser um caso de sucesso é justificado pelo envolvimento da liderança e gestores. Billesbach (1994) retira várias conclusões deste caso, sendo três delas que o facto de não se poder parar as máquinas não constituir uma barreira para não implementar a metodologia *Lean*, que a empresa se deve focar no fluxo do produto e não na eficiência do operador e, por último, que os gestores devem estar envolvidos no campo e no processo para seguir correctamente a evolução da implementação e encorajar as outras pessoas envolvidas.

3 Apresentação do problema e condições iniciais

Neste capítulo procede-se a uma apresentação detalhada do problema e das condições existentes na Alfatubo.

Este capítulo foca-se na primeira fase do projecto onde foi possível conhecer a realidade da Alfatubo, integrar e ganhar sensibilidade nos processos de produção de tubos de plástico e efectuar uma análise de dados para prosseguir nas fases seguintes.

3.1 Apresentação do problema

A Alfatubo é uma empresa produtora de tubos de plástico produzindo 24 horas por dia, 7 dias por semana, por forma a responder às necessidades dos clientes e às imposições e limitações físicas da sua produção. Para se perceber melhor as condicionantes da produção de tubos de plástico e do tipo de mercado associado à sua produção convém caracterizar o mercado de produção de tubos de plástico. Assim, o mercado de tubos de plástico pode ser caracterizado como sendo um mercado¹:

- Competitivo – existe competitividade associada ao binómio qualidade/preço do produto;
- Com substitutos – o aço inox, essencialmente em aplicações industriais;
- Normalizado – existem requisitos quer por parte de empresas certificadoras como por parte dos clientes. Sem o cumprimento destes requisitos o produto não é vendido;
- Com grandes barreiras à entrada – para a entrada de novas empresas é necessário grandes investimentos associados à aquisição de linhas de produção e seus componentes.

Logo, existe uma necessidade crescente para diminuir os recursos utilizados e consequentemente diminuir os custos da empresa, sem que isso provoque uma diminuição da qualidade do produto, para esta se manter competitiva no mercado dos tubos de plástico.

Sendo a Alfatubo uma empresa de produção contínua existem algumas limitações e desperdícios associados a esse tipo de produção tais como:

- Várias horas para iniciar e aquecer uma linha de produção;
- Elevados tempos para mudar uma linha de produção de um produto para outro;
- Inflexibilidade de produção associada aos factores referidos anteriormente;
- A maioria das empresas com este tipo de produção produzem para stock e por previsões para conseguirem responder à variabilidade das necessidades dos clientes;

¹ Caracterização do mercado de produção de tubos de plástico segundo o departamento comercial da Alfatubo

- Variabilidade de produção – existem vários pequenos factores (temperatura de fusão do material, temperatura da água de arrefecimento, tipo de matéria-prima, entre outros) que quando juntos têm grande influência nas características finais do tubo.

Contudo, a Alfatubo tem a política de produzir apenas o que é encomendado, não produzindo elevados stocks, ou seja, as linhas param se não existirem encomendas que justifiquem tal facto e tem documentos normalizadores (na secção seguinte será explanado melhor o que são e como normalizam a produção) para não existir um elevado desperdício devido à variabilidade de produção. Em contrapartida, tem tempos de resposta aos clientes teoricamente superiores aos seus concorrentes, se estes produzirem para stock e se efectivamente tiverem o produto em stock. Este tempo de resposta pode ser diminuído se o tempo de mudança de uma linha for diminuído e se for possível diminuir o tempo de produção de cada produto.

Assim constituiu objectivo do projecto otimizar os fluxos de uma linha de produção. Esta optimização passou por referir os pontos fortes e os pontos fracos podendo os últimos serem difíceis de otimizar devido às instalações físicas e à organização existente. Não obstante, ficam referidos para, se for necessário a criação de uma nova instalação fabril serem tidos em consideração e assim, não serem repetidos os mesmos erros.

3.2 Condições iniciais

A Alfatubo tem 19 anos de laboração e desde a construção das instalações que a empresa sofreu vários aumentos das instalações por forma a responder ao crescente número de encomendas. Esses aumentos foram efectuados mediante a existência e possibilidade de compra de terrenos adjacentes à Alfatubo. Este simples factor é de extrema importância para compreender algumas limitações físicas da organização da empresa.

A produção, sendo uma produção contínua, requer a existência de turnos. Assim, a produção está dividida em quatro turnos compostos por seis pessoas, incluindo o chefe de turno. Cada turno trabalha oito horas por dia, logo em cada dia há um turno de folga. Na produção existem mais 4 pessoas que trabalham em horário normal. Destas quatro pessoas, duas delas são o chefe e o subchefe de produção.

Outro departamento que influencia o desempenho da Alfatubo é a manutenção. Sem a manutenção a empresa não funciona, especialmente a produção. Isto deve-se às linhas de produção serem máquinas altamente especializadas na sua função e em produtos específicos. Ou seja, quando o “puxo” tem uma avaria toda a linha pára devido à sua importância na produção de tubos de plástico. A manutenção só tem quatro operadores sendo um deles o chefe de manutenção.

Das condições iniciais foram observados os pontos fortes e os pontos fracos mais relevantes e mais significativos que influenciam a produção da Alfatubo.

Assim, pode-se referir que o chefe e subchefe de produção estão nessa função há mais de uma década e são pessoas que não se conformam com a imperfeição. Dentro das suas capacidades, tentam sempre otimizar quando se apercebem, de que algo pode ser melhorado. Mais, em 2000 com a implementação de um sistema de gestão da qualidade a Alfatubo teve de normalizar alguns dos seus processos.

A junção destes dois factores originou uma normalização na produção de tubos de plástico e uma redução dos desperdícios. Foram criadas fichas técnicas de produto onde estão os parâmetros fundamentais à produção de um produto específico tais como características

dimensionais (diâmetro, espessura, peso/metro, entre outros). No anexo C é apresentado uma ficha técnica do produto genérica. Foram também criadas fichas técnicas de extrusão onde é referido o débito da extrusora, a velocidade do “puxo”, as ferramentas ideais para a produção daquele produto e distância do calibrador à cabeça da extrusora, entre outros parâmetros. Uma ficha técnica de extrusão genérica é apresentada no anexo D.

A estes pontos fortes pode-se acrescentar que a Alfatubo aproveita os seus desperdícios para produtos com especificações menos restritivas devido à sua aplicação.

Também devido a essa normalização foi criado um lugar específico para as ferramentas de produção com a respectiva identificação. Contudo, desde então, essa área não teve manutenção, estando muito danificada, sem grande legibilidade e, consequentemente, as ferramentas não estão no respectivo lugar.

Como já foi referido anteriormente a política da Alfatubo é a de produzir apenas o que é encomendado. Esta política é muito benéfica mas, também é prejudicial. Benéfica porque não têm grandes quantidades de stock de produtos acabados e, consequentemente, investimento em produtos que podem não ser vendidos. Em contrapartida, mudam uma linha de produção muitas vezes por semana para responder aos clientes, gastando muitas horas na mudança da linha e desperdícios de matéria-prima associados ao respectivo arranque, até o tubo estar dentro dos parâmetros.

O facto de a maioria dos operadores da produção pertencerem à Alfatubo em média há cinco anos tanto tem benefícios como prejuízos. Os operadores que têm o mesmo empregador há vários anos têm maior facilidade de reconhecimento e de manuseamento das ferramentas, de mudança de linhas de produção e de solucionamento de problemas que possam surgir aquando do fabrico de um produto numa linha diferente ou da utilização de uma nova matéria-prima com diferentes características. Porém, esta facilidade de reconhecimento e manuseamento devido, em grande parte, à repetibilidade dos processos, torna-se negativa quando os operadores se esquecem de fazer certas operações ou não estão atentos a certos pormenores fundamentais para venda de tubos, tais como a correcta marcação dos tubos. Se no tubo não estiver gravado a entidade certificadora nenhum cliente o compra.

É de acrescentar e destacar que apesar da antiguidade referida só uma minoria dos operadores possui competências para mudar e arrancar com uma linha de extrusão. Logo, existe uma dependência da produção nos operadores que conseguem mudar e arrancar uma linha. Este factor condiciona a produção especialmente quando existe mais do que uma mudança em simultâneo. A empresa apercebeu-se desta limitação há mais de um ano e desde então tem aplicado uma política de formação a todos os operadores, de modo a que possam desempenhar qualquer função com autonomia.

É de referir que as chefias, chefes de turno e, chefe e subchefe de produção, estão na Alfatubo há mais de uma década e portanto, têm um conhecimento tácito e uma sensibilidade para certos factores e problemas que outros colaboradores não têm e só terão com a prática e com a resolução de problemas, ou com uma transferência activa do conhecimento tácito dos mais experientes para os menos experientes.

Um dos problemas que pode estar na origem da não conformidade da matéria-prima, além do fornecedor, é as condições de armazenamento. Esta deve ser armazenada num local seco e fresco para não criar condensações devido a variações de temperatura, factor que altera as características da matéria-prima. Porém, devido às limitações físicas da Alfatubo, parte do stock das matérias-primas é armazenado ao ar livre, sem cobertura para a chuva no inverno e

sol no verão. Assim, as variações de temperatura são mais significativas do que se tivesse armazenado com condições adequadas.

Outro ponto fraco, associado às limitações físicas da empresa, é o *layout* da empresa e particularmente das linhas de produção. Como se pode observar no anexo E existem vários armazéns de produto acabado. Existe um armazém de produto acabado para bobines e no lado completamente oposto existe o armazém de produto acabado para varas. Mais, o fim das linhas de extrusão é junto aos gabinetes, excepto a linha K2 que foi instalada em 2006. Como a K2 só produz varas porque está dimensionada para grandes diâmetros, aquando da sua instalação, foi tido em consideração a localização do armazém do produto acabado para varas. Porém, todas as outras linhas de produção não estão perto de nenhum dos armazéns para produtos acabados o que origina muito tempo perdido no transporte do produto acabado, além de que se um cliente encomendar bobines e varas tem de deslocar o camião de um canto da empresa para o outro para finalizar a carga da encomenda.

Relativamente à manutenção, como já foi referido, a equipa é pequena e tem dificuldades em resolver todos os problemas que possam surgir com a prontidão requerida. É de referir que a equipa de manutenção efectua uma manutenção de avarias e uma prevenção de avarias. Contudo, tendo em consideração o tipo de produção da Alfatubo e o custo associado a ter uma linha parada, a manutenção deveria efectuar uma manutenção preventiva e possivelmente ter mais operadores no seu departamento ou uma melhor organização na resolução dos problemas, uma vez que existe uma ineficaz resolução dos problemas.

Para uma melhor identificação dos pontos fortes, dos pontos fracos e dos pontos que já foram fortes e que se tornaram ou também podem transformar-se em pontos fracos segue-se um sumário:

Pontos fortes:

- Existe uma redução de desperdícios optimizada pelo chefe da produção e pelo subchefe da produção;
- Existem documentos normalizadores com velocidades, débito das extrusora, valor do vácuo nas tinas de vácuo, distância entre calibrador e cabeça da extrusora para cada tipo de produto e para linhas diferentes;
- Existe reaproveitamento do desperdício.

Pontos fracos:

- Existem alguns problemas no armazenamento das matérias-primas podendo originar defeitos na produção devido à alteração das suas características;
- A equipa de manutenção é pequena, não dispendo de capacidade para solucionar os problemas que surgem na produção com a prontidão que algumas vezes é necessária. A equipa de manutenção faz manutenção de avarias além da prevenção de manutenção. Contudo numa empresa deste género, onde o não funcionamento de uma linha implica grandes prejuízos, deveria efectuar manutenção preventiva;
- Uma grande parte dos operadores, apesar de pertencerem à Alfatubo há mais de cinco anos, não sabem mudar e arrancar com uma linha de produção. Este factor cria uma dependência do departamento da produção em poucos operadores;
- O *layout* da empresa e das linhas não é o ideal. Existem dois armazéns de produtos acabados, para varas e bobines, em locais opostos. Com excepção da linha K2, todas as outras linhas não terminam perto dos armazéns. Isto origina desperdícios associados

ao transporte do produto acabado e pode originar a deslocação dos clientes quando necessitam de varas e bobines.

Pontos fortes que se tornaram ou também podem ser considerados pontos fracos:

- A empresa tem a política de produzir por encomenda, o que diminui o stock de produto acabado. Contudo, as linhas de produção têm de ser mudadas várias vezes por semana. Isto conduz a desperdícios na produção tais como, falta de marcação e desperdícios associados ao arranque da linha;
- As ferramentas já estiveram identificadas num lugar específico. Porém, já foi há alguns anos e actualmente o local encontra-se danificado facilitando a desordem;
- Os colaboradores da produção já pertencem a Alfatubo há mais de 5 anos o que facilita o reconhecimento e manuseamento das ferramentas, além de possuírem um conhecimento tácito que auxilia a resolução de problemas na produção de tubos. Em contrapartida os operadores não dispõem da atenção necessária à produção do tubo, podendo originar simples defeitos, mas que são fundamentais para a sua comercialização.

3.3 Análise de dados

O projecto proposto pela Alfatubo foi otimizar os fluxos de uma linha produtiva. Contudo, não foi especificado de que forma o projecto de dissertação iria incidir na optimização da linha nem em que linha. Assim, no primeiro mês foi observado o funcionamento da produção em geral, dos departamentos circundantes e foi efectuado um levantamento do que poderia ser optimizado e qual seria a melhor linha para optimizar. Este levantamento, além das condições referidas no capítulo anterior, incidiu sobre o tipo de desperdício na empresa, o tipo de desperdício por linha de fabrico, o número de ordens de fabrico, e a quantidade de quilogramas de matéria-prima transformada em produto acabado.

Através do software de gestão da Alfatubo foi possível fazer um levantamento preciso dos dados relevantes para a análise acima descrita. Inicialmente foi realizado uma análise sobre dados de Janeiro de 2011, mas posteriormente para obter informação mais precisa foi feita uma análise sobre dados do ano de 2010, que serviram de base para a continuidade do projecto.

Como a quantidade de dados de Janeiro de 2011 era pequena foi possível compreender os dados recolhidos e foi possível identificar alguns erros no sistema de gestão (sem importância para a análise em questão apesar de serem importantes para a Alfatubo) bem como, algumas limitações que influenciaram a análise do ano de 2010.

O software de gestão não estava programado para procurar certos tipos de valores de uma forma simples e prática, sendo exemplo disso a pesquisa dos quilogramas de produção por cada linha de produção. Com o rácio entre este valor e a quantidade total de desperdícios de cada linha de extrusão é possível saber a percentagem de desperdícios que cada linha produz relativamente à produção total da mesma. Este rácio só foi feito na análise de Janeiro de 2011 porque como eram poucos os valores foi possível passar do software de gestão para uma folha Excel e aí proceder ao somatório. Assim, este será o único rácio que será apresentado relativamente a Janeiro de 2011.

A recolha de defeitos é diferenciada no início da ordem de fabrico, ou seja, quando se está a arrancar com a produção e ainda não foi aprovada e depois de ter sido aprovada. Como pode

existir o mesmo tipo de erro no início e durante a ordem fabrico foram distinguidos os tipos de defeitos que ocorrem em ambas as situações através do sufixo IOF, significando início de ordem de fabrico, e DOF, significando durante a ordem de fabrico.

Na tabela 2 é apresentado a percentagem relativa à quantidade em quilogramas do tipo de defeito produzido na Alfatubo no ano de 2010.

Tabela 2 – Percentagem de tipo de desperdício do ano 2010

Tipo de Defeito	Percentagem
1105-Pele de sapo IOF	0%
2111-Espessura IOF	0%
2118-Arranque/Afinação IOF	60%
2133-Mudança de matéria-prima IOF	7%
3103-Risco/Fenda IOF	0%
1101-Poroso/Humidade	4%
1102-Lixo	1%
1105-Pele de sapo DOF	0%
1109-Contaminado	0%
2104-Material queimado	0%
2107-2Cores	0%
2109-Desperdício de fim OF	4%
2111-Espessura DOF	2%
2112-Diâmetro exterior médio	0%
2113-Descalibrado	0%
2114-Ovalizado	0%
2115-Falta risca	1%
2116-Marcação errada	0%
2118-Arranque/Afinação DOF	5%
2130-Comprimento	0%
2133-Mudança de matéria-prima DOF	0%
2220-Perfil deformado	1%
2322-Incompleta	1%
3103-Risco/Fenda DOF	8%
3106-Chupados/Ondulados	4%
3117-Falta de marcação	1%
Total	100%

Os nomes dos defeitos foram criados pela produção, carecendo de explicação prévia.

Assim, “Pele de sapo”, “Poroso/Humidade”, “Lixo e contaminado” tem origem na não conformidade da matéria-prima quer devido ao fornecedor ou quer ao mau armazenamento. O defeito “2 Cores” acontece na mudança de matéria-prima e o defeito “Chupado/Ondulado” é devido à falta de vácuo na tina de vácuo.

O defeito “Incompleta” é um defeito da injeção e não das linhas de extrusão. Contudo, aparece nesta análise por ter havido um erro dos operadores que o utilizaram como um defeito das linhas de extrusão.

Os defeitos “Espessura”, “Diâmetro exterior médio”, “Descalibrado”, “Ovalizado”, “Falta risca” (o tubo tem riscas de diferentes cores conforme a sua aplicação), “Marcação errada”, “Comprimento”, “Perfil deformado”, “Falta marcação” são utilizados quando o tubo não tem as características referidas dentro dos requisitos de produção e/ou do cliente.

“Risco/Fenda” acontece quando aparece um risco ou fenda ao longo do tubo. Este tipo de defeito tem origem no calibrador pela existência de sujidade, como pode acontecer na fiação pelas mesmas razões, ou porque alguma impureza do exterior ficou presa no calibrador riscando o tubo.

“Material queimado” tem origem na temperatura elevada da extrusora ou por o material estar muito tempo dentro da extrusora no caso de uma mudança longa.

Relativamente a “Arranque/Afinação”, “Mudança de matéria-prima” e “Desperdício de fim OF” as suas origens estão bem explicadas no respectivo nome.

Com esta análise surge a pergunta: que linhas produzem os quatro maiores defeitos? Será que é distribuído uniformemente pelas oito linhas? Ou será que existem duas ou três que são responsáveis?

Para responder a estas questões foi feita a análise da percentagem da quantidade, em quilogramas, de defeito de cada linha por tipo de defeito. Essa análise é apresentada na figura 4.

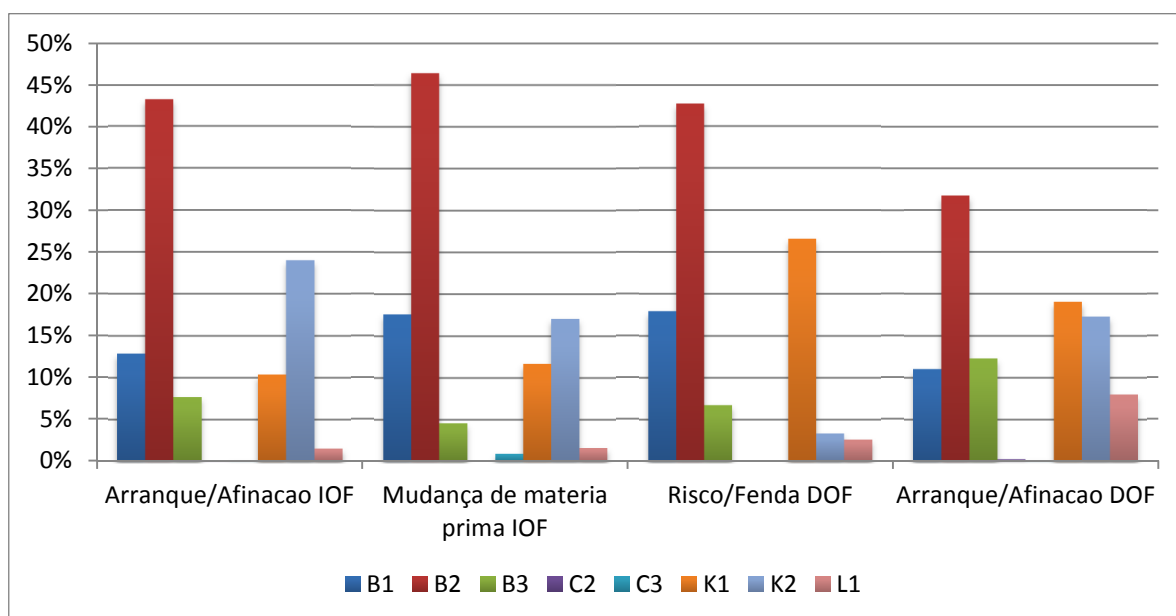


Figura 4 – Distribuição percentual do peso de cada linha de produção por tipo de defeito.

Depois de uma análise simplista observa-se que existe uma linha, a linha B2, que apresenta uma elevada percentagem (superior a 40%), em cada tipo de defeito, excepto no defeito “Arranque/Afinação DOF” que é pouco mais de 30%. Ou seja, mais de um terço da quantidade total de cada tipo de defeito analisado é criado pela linha de produção B2.

Se for feita uma análise mais cuidada constata-se que são poucas as linhas responsáveis pelo peso destes defeitos na quantidade total de defeito produzido na Alfatubo no ano de 2010. A segunda linha com maior percentagem de defeito por tipo de defeito varia entre as linhas B1, K1 e K2. Se for utilizado o mesmo raciocínio para o cálculo da terceira linha com mais percentagem, é constatado que são as mesmas três linhas: B1, K1 e K2. Ou seja, além da linha

B2 as linhas B1, K1 e K2 são as linhas com maior percentagem de defeito nos defeitos analisados.

Assim, pode-se referir que existem quatro linhas que são responsáveis pelos quatro maiores defeitos no ano de 2010. Contudo, esta pequena análise deve ser confirmada com outra mais genérica. Ou seja, estas linhas podem ter grande quantidade de defeito nos tipos de defeito analisados, mas pode existir uma linha que tenha muitos tipos de defeitos mesmo que em quantidades pequenas. Assim, não sobressaía na análise anterior mas, se for feito uma análise relativa à percentagem da quantidade total dos defeitos produzidos por linha comparativamente à quantidade total de defeitos produzidos na Alfatubo no ano de 2010 pode ser que surja alguma surpresa.

Na figura 5 é apresentado a percentagem da quantidade total de defeitos, em quilogramas, produzidos por linha, comparativamente à quantidade total de defeitos da Alfatubo no ano de 2010.

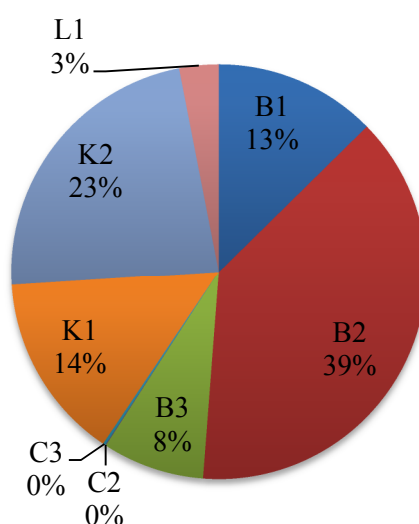


Figura 5 – Distribuição da percentagem da quantidade total de defeitos por cada linha de extrusão no ano de 2010.

Nesta figura, uma vez mais, a linha de produção B2 destaca-se das restantes linhas de produção. Quase 40% dos desperdícios produzidos em 2010 foram criados na linha B2. As outras linhas apresentam valores muito próximos porém, esta análise ajudou a distinguir a linha de produção K2 das linhas K1 e B1.

Esta figura relativamente às anteriores pode querer dizer uma de duas coisas: ou a linha B2 e K2 têm outras pequenas quantidades mas de muitos tipos de defeitos ou têm grandes quantidades de defeito mas, de poucos tipos de defeitos. Depois de uma observação do anexo F repara-se que a primeira solução é referente à linha B2 e a segunda é relativa à linha K2, ou seja, na linha B2 existem muitos tipos de defeitos com pouco peso cada um e na linha K2 apesar de produzir poucos defeitos cada um tem um grande peso, como é o caso do defeito “Poroso/Humidade”.

Para suportar esta análise pode-se acrescentar a tabela 3 que apresenta a percentagem da quantidade de defeitos produzidos por quantidade total de matéria-prima transformada. Com esta tabela foi possível determinar com mais certeza, se a linha está a produzir muitos defeitos ou não, porque a linha B2 podia estar a produzir muita quantidade de defeitos mas, em comparação com a transformação de matéria-prima podia ser mínima relativamente às outras linhas de produção.

Tabela 3 – Percentagem do defeito total por quantidade de matéria-prima transformada em cada linha no mês de Janeiro de 2011

Linha de produção	Percentagem
B1	1,2%
B2	3,8%
B3	1,9%
C2	0,3%
C3	0,9%
K1	2,8%
K2	3,8%
L1	2,2%

Com esta tabela fica-se com uma noção mais clara que tanto a linha B2 como a K2 produzem 3,8% de desperdício de toda a matéria-prima transformada seguido da K1 com 3%. Apesar da linha B1 produzir muita quantidade de defeitos quando comparada com as quantidades de defeitos das outras linhas, é só 1,2% quando comprado com a transformação de matéria-prima na linha B1.

A grande quantidade de desperdícios causados na linha K2 comparativamente à sua produção é explicado pelo facto de, como a linha K2 está idealizada para produzir grandes diâmetros de tubo (do ø250mm até ao ø630mm), cada defeito, por mínimo que seja ou mesmo que seja corrigido rapidamente, corresponde a um peso de matéria-prima transformada elevado, devido à grande dimensão do tubo.

Uma outra observação que pode ser feita é que existem defeitos que estão associados à distração dos operadores, como marcação errada ou falta de marcação, e outros que estão associados a problemas que não deveriam ocorrer, como a “Mudança de matéria-prima DOF” e “Arranque/Afinação DOF”, porque significam respectivamente que houve um problema com a matéria-prima a meio da produção ou com a afinação depois do tubo estar aprovado. Estes tipos de erros devem ser minimizados ou até eliminados devido ao descuido a que estão associados.

Resumindo, a linha que será analisada no decorrer do trabalho será a linha B2 pelas seguintes razões:

- Ser uma linha que apresenta muitos tipos de defeitos;
- É responsável, pelos quatro maiores tipos de defeitos, bem como, da maior percentagem do desperdício total anual de 2010 da Alfatubo;
- Em cada 100kg de produção produz 3,8kg de desperdício;
- É uma linha com muita produção e muitas mudanças de ordens de fabrico, facilitando a observação da origem dos maiores desperdícios (relativos à mudança da ordem de fabrico);
- Produz varas e bobines (além da B2 a linha B3 é a única que também produz varas e bobines).

Por estas razões a linha B2 será a ideal como modelo de optimização dos fluxos de uma linha de produção.

4 Desenvolvimento do projecto

Como já foi referido anteriormente a primeira fase foi para compreender e ganhar sensibilidade sobre a produção de tubos de plástico na Alfatubo e analisar qual seria a melhor linha como modelo para o desenvolvimento e aplicação do projecto de dissertação. Assim, na sua essência o desenvolvimento do projecto surgiu depois da primeira fase. Neste capítulo pretende-se apresentar a segunda fase do projecto deixando para o capítulo 5 a terceira fase – implementação e resultados obtidos.

Nesta segunda fase a linha de extrusão B2 foi exaustivamente analisada. Com a contextualização adquirida na primeira fase foi possível compreender melhor e com maior facilidade certas limitações da linha de produção B2 e as limitações da linha associadas aos recursos físicos da empresa. Ainda neste capítulo serão abordados conceitos teóricos fundamentais que não foram abordados nos capítulos anteriores devido a sua especificidade e aplicação particular no âmbito do projecto. Por último, serão apresentados os dados observados relativos aos tempos de mudança e optimização de velocidades juntamente com as conclusões dos mesmos. As análises que são apresentadas em valores percentuais foram efectuadas com o intuito de preservar a confidencialidade da informação real.

4.1 Características e limitações da linha B2

A linha de extrusão B2 é constituída por uma extrusora, uma co-extrusora, duas tinas de vácuo, duas tinas de arrefecimento, uma marcadora, um “puxo” e uma serra. Estes são os constituintes dedicados à linha de produção B2. Existe ainda um outro constituinte da linha B2, o enrolador, que não é dedicado. Ou seja, à linha tanto pode estar alocado um enrolador como dois, se assim for requerido, ou até nenhum.

O facto de não haver nenhum enrolador alocado a esta linha tem um benefício para a empresa, uma vez que o pode utilizar noutra linha. Contudo, no caso de estar a ser produzido bobines, a linha pode necessitar de dois enroladores para produzir a uma velocidade rentável e tal não ser possível por um dos enroladores estar alocado a outra linha.

Por forma a clarificar informação e conceitos acima referidos, deve ser mencionado o que é uma co-extrusora e quantos enroladores existem na Alfatubo.

Uma co-extrusora é uma pequena extrusora acoplada à extrusora principal cuja função é criar as riscas que existem no exterior do tubo. Estas riscas indicam a aplicação do tubo existindo cores normalizadas para cada aplicação.

Na Alfatubo existem vários enroladores, cada um específico para um determinado tipo de tubo. Contudo, para o tipo de tubos que a linha B2 produz só existem dois enroladores. Como foi referido anteriormente estes não estão dedicados a nenhuma linha em particular, podendo os dois estarem ocupados por outras linhas que não a linha B2.

As características principais da linha B2 são apresentadas na tabela 4. É de salientar que estas características serão fundamentais para compreender as limitações principais na produção de tubo. Posteriormente serão apresentadas limitações que estão associadas a um conjunto de factores estruturais e organizacionais.

Tabela 4 – Características dos componentes da linha B2

Extrusora	Ø min: 40mm
	Ø max.: 250mm
	Débito máximo 600kg/h
Co-extrusora	Débito máximo 50kg/h
Tina de vácuo	Comprimento da câmara: 5,5m
	Comprimento total: 5,9m
Tina de arrefecimento	Comprimento da câmara: 5,8m
	Comprimento da abrangência do spray: 5,5m
“Puxo”	Comprimento do contacto: 1,4m
	Velocidade: 0,2m/min – 10m/min
	Força máxima 10000N
Serra	Ø min: 50mm
	Ø max: 250mm
	Velocidade máxima: 15m/min

Cruzando os dados apresentados da tabela 4 fica-se a saber os limites da linha como um todo. Assim, a linha só pode produzir tubos de diâmetros compreendidos entre 50mm e 250mm, a velocidade máxima de produção é 10m/min e o comprimento máximo dedicado à refrigeração é de 22 metros (4 x 5,5m). É de salientar que, apesar de não estar referido o espaço entre tinas, este valor é de extrema importância para um correcto arrefecimento do tubo conforme referido na secção 2.1.

Através de uma observação mais cuidada à produção e aos tempos de mudança da linha B2 foi possível destacar limitações e restrições que anteriormente não tinham sido referidas na secção 3.2. Assim, as limitações que surgiram foram:

- Local de arrumo das ferramentas (torpedos, fieiras e calibradores) – As ferramentas que são utilizadas na linha B2 estão arrumadas numa banca entre a linha B2 e B1 para os diâmetros grandes, e entre a linha B3 e K1 para diâmetros pequenos. Isto deve-se ao facto das ferramentas para os diâmetros pequenos serem comuns para as restantes linhas exceptuando as linhas C2, C3 e K2 que são autónomas em termos de ferramentas. Já os diâmetros grandes são dedicados à linha B2. Para a mudança da linha os operadores precisam de passar por 2 linhas de produção (B1 e B3) para irem deixar e buscar ferramentas pequenas e precisam do auxílio de uma ponte rolante para o transporte das ferramentas grandes devido ao seu excessivo peso;
- Enroladores:
 - Como já foi referido existem dois enroladores com características para serem utilizados na linha B2. Contudo, não estão dedicados à linha e podem condicionar a velocidade de produção se for necessário dois para uma optimização da velocidade de produção e só existir um disponível;

- Quando o tubo, pelas suas características, não tem tempo de arrefecer antes de chegar ao enrolador, pode ovalizar, quebrar, ou adquirir uma forma curva definitiva (forma do enrolador) que dificulte o posterior desenrolar em obra;
- A velocidade de produção associada ao enrolamento depende do:
 - Número de fios de amarrar ou número de cintas de amarração da bobine;
 - Do tipo de tubo, condicionando a largura da bobine;
 - Da quantidade (comprimento) de tubo na bobine;
- Organização – Normalmente um operador está alocado a uma linha. Porém, quando a linha K2 está a produzir o mesmo operador fica responsável pelas linhas B2 e K2. Isto dificulta o trabalho do operador porque o fim das linhas é em locais opostos. E quando a linha B2 está a produzir varas o operador precisa de as transportar para o respectivo armazém de produto acabado.

Estes factores, isoladamente ou em conjunto, podem condicionar tanto a velocidade de produção como a mudança de linha.

4.2 Fundamentos teóricos

Para ser possível afirmar com certeza a velocidade óptima de produção deve-se recorrer a fundamentos teóricos. Todavia, para aplicar essa velocidade numa realidade prática é preciso ter os meios para tal. Caso não seja possível é necessário ter uma noção das limitações.

Segundo Polyolefins (2005) é possível calcular o comprimento total de arrefecimento necessário. Este está dependente do débito da extrusora e da espessura do tubo. Através da equação (5) onde L_{spec} é o comprimento específico de arrefecimento e o *output* é o débito da extrusora, calcula-se o comprimento total de arrefecimento necessário, L_{tot} :

$$L_{tot} [m] = L_{spec} [m \cdot h/kg] \times output [kg/h] \quad (5)$$

Contudo, é preciso ter em consideração algumas condições, para garantir a validade desta equação:

- Temperatura de fusão de 220°C;
- Temperatura máxima de saída no interior do tubo de 80°C;
- Temperatura da água de arrefecimento entre 10°C e 30°C;
- Arrefecimento exterior.

O L_{spec} está directamente relacionado com o SDR. Ou seja, se o SDR é grande, quer dizer que tem um diâmetro grande em comparação com a espessura, não precisa de tantos metros de arrefecimento comparativamente com um SDR pequeno para um arrefecimento igualmente eficiente. Essa dependência está apresentada na tabela 5.

Tabela 5 – Comprimento específico de arrefecimento em função do SDR (Fonte: Polyolefins, 2005)

SDR	L_{spec}
41	0,016
33	0,020
26	0,024
17,6	0,036
11	0,060
7,4	0,080

No entanto nesta tabela faltam valores, nomeadamente os comprimentos específicos de arrefecimento associados aos valores de SDR9, SDR 13,6, SDR 17 e SDR 21. Para o cálculo dos mesmos, foi determinada a linha de tendência que melhor se aproximava aos valores, sendo obtida a sua função e por último, através da função obtida foram calculados os valores anteriores.

Através de um estudo sobre qual a linha de tendência que melhor se enquadrava nos valores utilizados e tidos como certos foi obtida a função (6) onde x é o SDR e y é o comprimento específico de arrefecimento:

$$Y = 0,5674 \times X^{-0,961} \quad (6)$$

O estudo pode ser observado com detalhe no anexo G. Através da equação consegue-se obter os outros valores, apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Tabela com valores do comprimento específico em função do SDR obtidos através da equação (6)

SDR	L_{spec}
21	0,030
17	0,037
13,6	0,046
9	0,069

A equação (5) é de extrema importância para o desenvolvimento do trabalho porque através dela é possível saber se o tubo que está a ser produzido tem um comprimento de arrefecimento suficiente. Se a linha tiver um comprimento de arrefecimento superior, então é possível aumentar a velocidade de produção.

4.3 Dados observados

Esta secção está dividida em duas partes para facilitar uma correcta exposição dos dados e para mais facilmente se compreender os dados.

Tempos de mudança

Quando se fala em tempos de mudança associa-se de imediato à ferramenta SMED. Como já foi referido esta ferramenta tem a finalidade de reduzir os tempos de mudança de uma máquina, mais especificamente, diminuir os *setup's* das máquinas e normalizar o trabalho. Para diminuir o *setup* de uma máquina é preciso compreender o que é um *setup* para depois quantificá-lo e compará-lo com valores anteriores. Assim, *setup* é o tempo decorrido desde a última peça boa do lote anterior até à primeira peça boa do novo lote.

Contudo, esta ferramenta foi desenvolvida por empresas onde a produção é discreta e onde o tempo que medeia entre o início do fabrico de um produto até este estar feito nessa mesma máquina é menor que um minuto. E o tempo desde que a máquina começa a produzir uma peça até produzir a primeira peça boa é muito pequeno podendo mesmo ser, na maioria das empresas, igual. O mesmo já não acontece nas empresas de produção contínua.

Na Alfatubo o tempo que medeia desde que a linha começou a produzir até ter tubo no fim, tanto pode demorar 6 minutos como demorar 1 hora dependendo do débito da extrusora e da quantidade de massa do tubo. Estes são valores arredondados nos quais não está incluído o tempo para produzir o tubo dentro dos parâmetros de aprovação, podendo ser meia hora,

como mais, ou menos. Ou seja, existe uma grande variabilidade do tempo desde que a linha começa a produzir tubo até que este esteja dentro dos requisitos do cliente.

Existe ainda um outro problema associado às velocidades mas, inverso à situação acima caracterizada.

Se a ficha técnica de extrusão da ordem de fabrico anterior indica uma velocidade muito pequena e se for necessário mudar a linha toda (será referido posteriormente os tipos de mudança que podem existir na Alfatubo) pode estar um operador a mudar a extrusora enquanto o tubo ainda esta a percorrer a linha. Como o tubo pode demorar uma hora a percorrer a linha toda, o operador tem uma hora para mudar o maior número de componentes da linha sem que este tempo seja incluído no tempo de *setup*.

No seguimento deste raciocínio, pode acontecer que a ficha técnica de extrusão da ordem de fabrico anterior especifique uma velocidade elevada, isso só irá aumentar o tempo de *setup* porque o tubo irá percorrer a linha em poucos minutos. Assim, quase todo o tempo de mudança da linha irá ser contabilizado no *setup*.

Em suma, com esta breve explicação das condicionantes percebe-se o quão difícil pode ser extrair informação de dados sem que se tenha sensibilidade para analisá-los correctamente.

A Alfatubo recolhe dados sobre os tempos de paragem da linha e o tempo de produção de tubo até este ser aprovado através de uma folha de auto controlo. Desde 2010 que a Alfatubo trata os dados relativos aos tempos de paragem para um controlo interno. Esta análise não tem nenhuma ligação à redução dos tempos de mudança.

Como já foi referido no início desta secção existe muita variabilidade dos tempos desde que o tubo sai da extrusora até chegar ao fim da linha. Assim, o tempo desde que a linha começou a produzir até realmente produzir o tubo bom não será contabilizado no tempo de *setup*. Com isto será possível comparar os valores observados com os valores de 2010 e com posteriores recolhas da empresa. Resumindo, foram recolhidos os tempos todos relativos à mudança da linha B2 mas, para ser possível comparar com os dados já recolhidos pela Alfatubo os valores futuramente apresentados como valores de *setup* irão corresponder ao tempo decorrido desde o último metro de tubo bom da ordem de fabrico anterior até à extrusora começar a debitar material.

Depois de uma análise dos dados recolhidos pela Alfatubo, agora focada na média dos tempos de mudança, foi calculado a média dos tempos de *setup* da linha B2 no ano de 2010. Para efeitos de comparação foi atribuído o valor de 100% à média dos tempos de *setup* do ano de 2010. Assim todos os valores de tempos serão apresentados comparativamente com a média do tempo de mudança de 2010.

As recolhas foram efectuadas no horário normal de laboração (9h às 18h) apesar da produção funcionar 24h por dia e 7 dias por semana. Assim, houve muitas mudanças que ocorreram, começaram ou acabaram fora do horário normal. Consequentemente houve poucas recolhas que foram registadas pelas razões acima apresentadas e porque não tinha interesse registar dados de recolhas incompletas. Contudo, as mudanças que não foram registadas foram observadas para uma melhor compreensão das variáveis e condicionantes da mudança.

Assim, inicialmente foram recolhidos dados de uma forma pouco expedita. Mas, depois de uma semana de observação foi idealizado uma sequência de passos para ser mais fácil a recolha dos dados importantes. Esta sequência foi depois distribuída aos operadores para eles fazerem uma crítica à sequência, mas este aspecto será focado no capítulo 5. Essa sequência,

que está apresentada na tabela 7, foi baseada na ferramenta SMED, onde estão referenciadas as operações internas e está explícito a existência de operações paralelas.

Tabela 7 – Sequencia ideal para a mudança da linha de produção B2

Operador 1 – cabeça extrusora	Operador 2 – resto da linha
- Colocar o torpedo a aquecer e preparar novas ferramentas. Para tal coloca-las numa banca móvel perto da extrusora. (fieira, torpedo, acessórios se necessários e calibrador); - Parar a extrusora e afastar tina de vácuo; - Cortar o material e fechar o tubo (para não entrar água); - Limpar o excesso de material da fieira; - Tirar a fieira e resistência; - Limpar o excesso de material do torpedo; - Retirar o torpedo e proceder à limpeza do material na cabeça da extrusora; - Colocar novo torpedo; - Colocar a fieira e resistência. Deixar a aquecer; - Substituir M.P. Co-extrusora e iniciar o débito da mesma para uma redução dos desperdícios (se necessário); - Tirar calibrador; - Colocar novo calibrador e limpá-lo; - Se a fieira já estiver quente apertá-la correctamente, se não; - Ajustar os input's da extrusora; - Ajudar a colocar o tubo-guia; - Substituir M.P. extrusora; - Fundir o tubo-guia (vara) ao material; - Controlar e apontar os valores da extrusora; - Aprovar a O.F.	- Preparar os vedantes e suportes das tinas de arrefecimento e vácuo; - Ir substituindo os vedantes e suportes à medida que forem ficando livres; - Ir escoando o tubo da O.F. anterior; - Alternar entre os pontos 2 e 3 sempre que necessário, mas dando prioridade ao ponto 2; - Quando for possível libertar (levantar) o marcador; - Se for possível acelerar a velocidade do tubo não conforme e/ou conforme para cortá-lo e arrumá-lo; - Levantar o puxo e a serra; - Afinar o puxo e a serra; - Colocar o tubo-guia (vara, nome da produção); - Depois da fusão (soldadura) do tubo guia ao material afinar os suportes inferiores das tinas; - Preparar o marcador e ajustar; - Retirar as varas do tubo-guia; - Retirar e cortar os desperdícios.
Operações 2 a 14 são operações internas	Operações 7 a 9 são operações internas

Para uma melhor compreensão do que será explanado sobre algumas das operações convém referir que na Alfatubo existem dois grandes grupos de mudanças de linha: mudança da linha toda (LT) e mudança só do torpedo e calibrador (TeC).

Na mudança LT é preciso colocar um tubo-guia previamente fabricado com o diâmetro do tubo que será produzido. Este tubo-guia servirá para puxar o material da extrusora e guiá-lo

pela linha toda. Na mudança TeC já não é necessário o tubo-guia, uma vez que o tubo da ordem de fabrico anterior terá essa função. Com esta solução o tempo de mudança é reduzido e não é necessário o segundo operador.

A razão para o operador 1 mudar a cabeça da extrusora e o operador 2 mudar o resto dos componentes da linha deve-se ao facto de, para mudar a cabeça da extrusora, esta não poder estar em funcionamento e como o espaço perto da cabeça da extrusora é pequeno, pode originar confusão e mais tempo perdido se estiverem dois operadores a mudá-la. Já relativamente ao segundo operador as suas intervenções são fáceis de serem executadas, com a excepção da operação 9 – colocar o tubo-guia, que deve ser executada por dois operadores embora possa ser executada só por um. Em suma, na mudança TeC só é necessário um operador, mas a mudança LT tanto pode ser executada por um operador como por dois, dependendo da disponibilidade do segundo operador.

O método mais seguro de executar as operações na mudança LT, e praticado na Alfatubo com mais frequência, é o operador 1 executar a operação 1 até à operação 12 (mudança da cabeça da extrusora e calibrador) em paralelo com o operador 2 a executar desde a operação 1 até à 8 (alteração dos componentes da linha para ser possível colocar o tubo-guia). Depois os dois em conjunto executam a operação 9 do operador 2 (colocar o tubo-guia). De seguida o operador 1 prossegue com os subsequentes passos. Contudo, também é praticado a ajuda de um terceiro operador para colocar o tubo-guia apesar de ser raro existir um terceiro operador disponível.

Existem algumas operações que devem ser explicadas, pela complexidade e variabilidade da sua execução. Uma das operações que já foi explicada nos dois parágrafos anteriores é a colocação do tubo-guia.

A sequência de operações do operador 1 desde a operação 5 até à operação 9 (mudar a cabeça da extrusora, fieira e torpedo) e a operação 11 e 12 (tirar e colocar o calibrador, respectivamente) podem ser de extrema importância se:

- A velocidade de produção da ordem de fabrico anterior for elevada (superior a 3m/min) e portanto a linha fica livre para ser feita a mudança de qualquer componente. Especificamente o operador 2 pode executar as suas operações até à operação 8 e o operador 1 pode ainda não estar pronto para o ajudar a colocar o tubo-guia;
- Não for preciso o segundo operador porque a mudança é uma mudança TeC. Logo, todo o tempo requerido para mudar o torpedo e o calibrador influencia o tempo de *setup*;

No caso particular da sequência de operações 5 a 9 pode ser necessário a utilização da ponte rolante (do género de uma grua, ver no anexo E) para transportar as ferramentas de grandes dimensões e logicamente de grande peso. Assim, os operadores estão condicionados pela velocidade de deslocação da ponte rolante. Isto aumenta em mais de 100% o tempo desta mudança. Com uma banca, como está sugerido na sequência apresentada na tabela 7, este tempo poderia ser diminuído.

Outro factor que pode influenciar o tempo de mudança acontece quando se muda de um diâmetro grande, 200mm por exemplo, para 63mm. Para produzir diâmetros pequenos na linha B2 é preciso acrescentar um torpedo e uma fieira ao torpedo e fieira normais à produção de tubo. Normalmente, para a produção de tubo de plástico é necessário uma fieira e um torpedo. Contudo, para a produção de tubos com diâmetro pequeno na linha B2 é preciso duas fieiras e dois torpedos. Isto não acrescenta muito tempo à mudança porque são ferramentas

pequenas, o que acrescenta mais tempo é o facto de ser necessário usar a ponte mas, a necessidade de acrescentar um torpedo e uma fieira adicionais aumenta o tempo de mudança.

Relativamente às operações 11 e 12, estas também têm variabilidade se:

- O calibrador é ajustável ou não. Se for, só se demora 1 min a ajustá-lo. Por outras palavras, as operações 11 e 12 são realizadas num minuto;
- Para mudar o calibrador é preciso colocar um suporte diferente (este suporte pode ser diferente dependendo da tina de vácuo).
- O calibrador já não for usado há algum tempo e tiver de ser limpo com mais cuidado, isto aumenta drasticamente o tempo desta mudança.

O calibrador, sendo uma peça fulcral na produção do tubo de plástico, deve sempre ser limpo para ser garantido que não tenha nenhuma sujidade e não tenha gordura. A água funciona como um lubrificante do calibrador, para o tubo não ficar agarrado às paredes do calibrador. Se o calibrador tiver gordura a água não é distribuída uniformemente e consequentemente é repercutido no tubo. Se existir um problema com o calibrador a produção tem de ser parada para o calibrador ser correctamente limpo. Assim, não só existe um desperdício de tubo não conforme os requisitos, como de tempo.

Depois da cabeça da extrusora estar mudada e pronta para iniciar a produção e após a colocação do tubo-guia ou, se não for preciso colocar o tubo-guia, a existência do tubo da ordem de fabrico anterior, é preciso fundir o tubo com o material que sai da extrusora. Para tal, é preciso aquecer a ponta do tubo. Este é aquecido por contacto com a fieira e torpedo quentes. Esta operação demora algum tempo dependendo da massa de tubo que é preciso aquecer.

Relativamente ao operador 2 pouco pode ser acrescentado ao que já foi referido sobre a operação 9. São operações que não são complexas nem demoram muito tempo se forem feitas sequencialmente e sem nenhuma restrição. Contudo para substituir os vedantes das tinas é fundamental não existir nenhum tubo. Assim, esta operação pode demorar algum tempo devido à velocidade do tubo, mas não requer muita disponibilidade do operador.

Um factor, que pode influenciar indirectamente o desempenho do operador 2 é quando este necessita de transportar as varas para o respectivo armazém de produto acabado e paletizá-las. Este factor condiciona a disponibilidade do segundo operador para efectuar as operações seguintes.

Estas são as maiores fontes de variabilidade da mudança de uma linha condicionadas pela própria linha ou pelos operadores alocados a ela. Contudo, existem factores que influenciam directamente a mudança de uma linha mas, são externos à produção.

Exemplo disso é quando existe mais do que uma linha a ser mudada ao mesmo tempo, podendo estar duas, como menos frequentemente, três ao mesmo tempo. Quando está mais do que uma linha a ser mudada seria necessário mais recursos humanos para ambas serem mudadas como quando está só uma a ser mudada. Se a gestão de duas mudanças ao mesmo tempo é complicada então três é muito difícil.

Um factor multiplicativo da imposição anterior são as horas de trabalho. O chefe de produção e o subchefe de produção trabalham no horário normal, das 9h às 18h. Neste horário existem mais duas pessoas que podem ajudar na mudança de linha ou simplesmente resolver algum problema fundamental à diminuição do tempo de mudança e de desperdício. Se existirem

neste horário duas mudanças ao mesmo tempo não causa tantos problemas de organização do turno nem um aumento significativo de tempo de mudança como acontece nas restantes horas.

Mais, na hora da alteração do turno existe muito tempo perdido devido à necessidade dos operadores do turno que vai entrar se entrosarem com o que está a ser feito. Onde é mais relevante e onde é mais notória esta situação é quando uma mudança de linha é feita por dois turnos. O turno que entra precisa de saber qual o tipo de tubo que a linha irá produzir e não sabe o que o turno anterior já mudou. Assim pode haver uma duplicação de operações.

Para analisar e comparar tempos de mudança da linha B2, irá ser apresentado o tempo de *setup* de cada mudança em percentagem. Contudo, para se perceber em detalhe em que operação foi gasto a maioria do tempo foram analisados seis conjuntos de operações. Estas operações foram agrupadas tendo em consideração o grau de importância das operações e principalmente porque são as operações que demoram mais tempo a serem executadas. Os seis grupos de operações foram agrupados da seguinte forma tendo por base a tabela 7:

- Grupo 1 – Tirar a fieira e o torpedo (da operação 5 até à 7 do operador 1).
- Grupo 2 – Colocar a fieira e o torpedo (da operação 8 até à 9 do operador 1).
- Grupo 3 – Tirar o calibrador (operação 11 do operador 1).
- Grupo 4 – Colocar o calibrador (operação 12 do operador 1).
- Grupo 5 – Colocar o tubo-guia (operação 9 do operador 2).
- Grupo 6 – Apertar bem a fieira, aquecer a ponta do tubo e fundir o tubo-guia ao material que sai da extrusora (operações 13 a 15 do operador1).

Para se perceber os valores apresentados na tabela 8 é preciso ter em consideração a breve descrição das condicionantes da mudança de uma linha referidas anteriormente e uma descrição das características de cada mudança. M1 corresponde à observação da primeira mudança efectuada na linha B2 e a M9 corresponde à observação da última mudança efectuada na linha B2.

Nas duas primeiras observações de mudança da linha B2 ainda não foi utilizado um método expedito para recolher os dados observados. A informação foi retirada mas, não é possível tirar conclusões concretas dos valores recolhidos.

As mudanças M3 e M9 não têm valores na operação 5 porque são mudanças TeC (torpedo e calibrador) logo, não foi necessário colocar o tubo-guia. Na mudança M9 o tempo correspondente à alteração do calibrador (G3 e G4) demorou muito pouco tempo porque é um calibrador ajustável.

Nas mudanças M3, M4 e M5 estiveram operadores a aprender a mudar a linha toda. Logo, nestas mudanças, o operador aprendeu a mudar todos os componentes da linha com excepção da mudança M5 onde houve dois operadores a colocar o tubo-guia enquanto um terceiro (operador 1 que estava a aprender) estava a acabar de efectuar uma operação.

A mudança M6 foi parada para os operadores irem almoçar. Por esta razão, não foram registados os valores correspondentes às operações G5 e G6. Desde que o grupo de operações G4 terminou até ao fim do grupo de operações G6 decorreu 56% do tempo de *setup* desta mudança. Ou seja, mais de metade do tempo de *setup* desta mudança foi devido à paragem para almoço e para a execução dos grupos de operações G5 e G6.

No dia da mudança M8 houve muita ocupação por parte dos operadores porque houve problemas na execução/expedição de algumas ordens de fabrico. Para complicar ainda mais a situação estava mais uma linha parada além da linha B2. Assim, a mudança da linha B2 foi

adiada (este tempo será apresentado na tabela 9 – tempos mortos entre operações). Quando a mudança da linha B2 estava a meio, terminou a produção de uma terceira linha, cuja mudança tinha prioridade sobre todas as outras. É de salientar que esta terceira mudança ocorreu na alteração de turno. Pode-se dizer que este dia foi um dia onde ocorreram todas as situações menos prováveis de acontecerem a nível do trabalho na produção. Estiveram duas e depois três linhas paradas para serem mudadas e houve alteração de turnos.

Assim, na tabela 8 é apresentado o tempo, em percentagem (esta percentagem é em relação aos 100% referentes à média dos tempos totais de mudança de 2010), de execução de cada um dos seis grupos descritos anteriormente. Este tempo é apresentado para cada uma das nove mudanças observadas.

O “-” é para referir que este grupo de operações não existiu. O “nd” significa que não está definido porque não foi observado. E o “Total” é o somatório das percentagens dos diferentes grupos.

“PTU” é a percentagem do tempo útil da linha relativamente ao tempo de *setup* da mudança, ou seja, com este quociente fica-se a saber qual foi a percentagem do tempo de *setup* que foi utilizado nestes grupos de operações. Isto quer dizer que os operadores podem ter começado a mudar a linha apesar de esta ainda estar a produzir tubo para ser vendido mas, esse tempo não será contabilizado para este quociente porque não está incluído no tempo de *setup*. O ideal seria obter uma elevada percentagem porque significaria que a maior parte do tempo de *setup* foi a realizar este conjunto de operações, se fossem as únicas operações que fossem requeridas para a mudança da linha de produção. Contudo, isto não é verídico, as operações G1 a G6 são as que demoram mais tempo e são as mais cruciais apesar de existirem outras operações de pequena duração que também são importantes.

“PTS” é a percentagem do tempo de *setup* na linha B2 comparativamente aos 100% referentes ao ano de 2010. Este valor deveria ser o mais baixo possível representando uma mudança rápida.

Tabela 8 – Tempos em percentagem, em relação aos 100%, de execução de cada grupo de operações

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	Total	PTS	PTU
M1	10%		8%		10%	8%	36%	60%	60%
M2	25%				13%	10%	48%	57%	40%
M3	6%	9%	6%	7%	-	13%	41%	50%	82%
M4	17%	9%	9%		11%	22%	68%	108%	63%
M5	9%	4%	3%	18%	5%	33%	72%	111%	65%
M6	23%	10%	1%	8%	nd	nd	42%	133%	31%
M7	8%	5%	2%	3%	11%	23%	52%	66%	52%
M8	9%	2%	1%	1%	nd	nd	13%	275%	5%
M9	5%	7%	1%		-	3%	16%	47%	34%

Para a análise desta tabela convém observar os valores apresentados sem dar grande relevância aos valores das mudanças M6 e M8, uma vez que estão incompletos. Também é preciso ter especial atenção na análise dos dados das mudanças M3, M4 e M5 porque são mudanças onde estiveram operadores a aprender a mudar a linha, demorando mais tempo do que o normal.

Analisando o G1e o G2 destacam-se as mudanças M4 e M6 com valores bastante superiores aos restantes. Isto é justificado pelo manuseamento de ferramentas de grandes dimensões e assim, ter que ser utilizado a ponte para as transportar.

Um valor demonstrativo de causas pontuais é apresentado na mudança M5 no G4 onde o calibrador já não era utilizado há algum tempo requerendo uma limpeza mais cuidada do que a habitual. Os valores elevados no G6 para as mudanças M4 e M5 justificam-se pelo facto de o operador estar a aprender e ter executado outras operações no meio do grupo de operações 6 ou devido à sua inexperiência. Já o elevado tempo na mudança M7 do G6 é devido à alteração do turno referido anteriormente como um factor de variabilidade na mudança da linha. Na mudança M2 também ocorreu uma alteração de turno mas, esta situação não é destacada na tabela por razões que serão explicadas de seguida.

O tempo “Total” é referente à soma dos tempos de execução dos grupos de operações. Contudo, esse tempo pode não ser repercutido na sua totalidade no tempo de *setup* (“PTS”). Este fenómeno pode ser observado nas mudanças M2 e M7. Nestas mudanças o tubo que estava a ser produzido antes da mudança tinha uma velocidade muito lenta, sendo possível começar a mudar a extrusora sem influenciar a produção. Esta observação pode ser feita através de cálculos incluindo as três últimas colunas, sendo o “Total” a soma dos valores dos vários grupos a dividir por 100% e o “PTS” o tempo de *setup* a dividir por 100%. Então, se todos os tempos relativos aos grupos de operações (G1, G2,..., G6) forem realizados dentro do tempo de *setup* então a percentagem do tempo útil da linha (“PTU”) é a divisão da percentagem do “Total” pelo “PTS”.

Como foi referido isto não pode ser observado nas mudanças M2 e M7 porque parte do tempo que foi utilizado a mudar a linha não é contabilizado no tempo de *setup*. Assim, sabendo quando começou a ser contabilizado o tempo de *setup*, sabendo que conjuntos de operações faltavam ser executadas e sabendo os tempos mortos (dentro e fora dos grupos de operações), que podem ser eliminados, pode ser afirmado que o tempo de *setup* poderia ser 23% e 19% para as mudanças M2 e M7 respectivamente, quando na realidade foram 57% e 66% respectivamente. Uma vez mais, estes valores são justificados pela alteração de turno.

Analisando a coluna do “Total” que seria o tempo de *setup* se estas operações fossem as únicas operações e não existissem tempos mortos, poder-se-ia afirmar, excluído as mudanças M6 e M8 por não estarem completas e a mudança M9 por ser uma mudança muito excepcional, que demorariam em média 63%. Contudo, nos 63% estão incluídas as mudanças onde estiveram operadores a aprender, e não é contabilizado o possível tempo de outras operações nem o tempo morto dentro de cada grupo de operações. Ou seja, é possível afirmar, que se os operadores que ainda não sabem mudar a linha fossem treinados e se os tempos mortos entre operações fossem eliminados (tempos apresentados na tabela 9), poder-se-ia reduzir o tempo de *setup* para 50%. Este valor é obtido pela média das mudanças M1, M2 e M7 (45%) mais 5% para as outras operações que não são contabilizadas nos grupos de operações, sem excluir o tempo morto dentro das operações.

De um modo geral o “PTU” é muito baixo, em média, sem contabilizar a M6 e M8, é de 57%. Será que este valor é justificado pelos tempos mortos ou pelas outras operações que não foram caracterizadas? Esta análise é apresentada na tabela 10 contudo antes é necessário quantificar os tempos mortos entre os grupos de operações caracterizadas anteriormente.

Na tabela 9 são apresentados os tempos mortos, em percentagem (como na tabela 8 esta percentagem é em relação aos 100% da análise das mudanças de linha de 2010) que precedem as respectivas operações. Ou seja, na operação G1.1 é contabilizado o tempo morto que

precedeu a execução da respectiva operação (G1). Neste exemplo específico (operação G1.1) o tempo morto é contabilizado desde o início do tempo de *setup* até ao início da operação G1. Assim, nas mudanças M2 e M7 como a operação G1 é iniciada antes do tempo de *setup* ser iniciado, o tempo da operação G1.1 é zero. Seguindo o mesmo raciocínio, o tempo da operação G2.1 corresponde ao tempo morto que existiu desde a operação G1 até à operação G2.

O tempo morto que precede a operação G5 é muito difícil de ser contabilizado sem originar incoerências. Estas incoerências podem acontecer se depois de ser somado o tempo “PTU” da tabela 8 com o “PTM” da tabela 9 resultar num tempo superior ao tempo de *setup*. Tal acontecimento pode ser verificado se existirem mais dois operadores a colocar o tubo-guia em paralelo com o operador 1, ou se só existir um operador a mudar a linha toda. Assim, o tempo morto precedente a colocar o tubo-guia será quantificado desde a última operação efectuada pelo operador por forma a não eliminar o tempo das operações que não foram caracterizadas.

O “Total” é o somatório dos tempos mortos da operação G1.1 até à operação G6.1. O “PTM” é a percentagem do total do tempo morto em relação ao tempo de *setup*. Com este valor é mais fácil extrair conclusões sobre o peso dos desperdícios, que existiram entre o grupo de operações definido anteriormente, no tempo de *setup*.

O “-” e o “nd” têm a mesma explicação que foi dada na tabela 8. O “-” indica que essa operação não existiu e o “nd” significa que não está definido porque não foi observado.

Tabela 9 – Percentagens dos tempos mortos, em relação aos 100%, que precedem os grupos de operações referidas na tabela 8

	G1.1	G2.1	G3.1	G4.1	G5.1	G6.1	Total	PTM
M1	15%	0%	0%	0%	0%	9%	24%	40%
M2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
M3	7%	0%	2%	0%	-	0%	9%	18%
M4	3%	3%	1%	0%	13%	0%	20%	19%
M5	22%	2%	0%	2%	0%	0%	26%	23%
M6	8%	0%	12%	1%	nd	nd	21%	16%
M7	0%	3%	0%	2%	13%	0%	18%	25%
M8	52%	2%	0%	2%	nd	nd	56%	20%
M9	14%	5%	0%	0%	-	12%	31%	66%

Uma vez mais, as mudanças M1 e M2 não são muito credíveis porque a recolha dos dados não foi consistente com este tipo de análise. Contudo, consegue-se extrair dados relevantes na mudança M1.

Também não é possível tirar muitas conclusões das mudanças M6 e M8 porque a observação não está completa mas, pode-se constatar que na mudança M8 existiu um grande tempo morto antes de se começar a mudar a extrusora.

A maior fonte de desperdício acontece na operação G1.1 que corresponde ao tempo que decorre desde que o tempo de *setup* foi iniciado até que se começasse a mudar a extrusora.

A outra maior fonte de desperdício, em tempos mortos, acontece em diversas operações em diferentes mudanças. Este tipo de desperdício ocorre nas mudanças M1 (9%), M4 (13%), M5 (22%) devido ao lanche da manhã. Este tipo de desperdício pode ser minimizado facilmente

se os operadores alterarem a sua hora do lanche da manhã para depois de a mudança ter sido efectuada.

O valor de 12% nas mudanças M6 e M9 é devido a problemas de ferramentas e aquecimento destas respectivamente, ou seja, são desperdícios necessários ao contrário do lanche da manhã. Somente foi referido o tempo de aquecimento das ferramentas como um desperdício de tempo na mudança M9 porque o calibrador era ajustável, logo demorou pouco tempo. Normalmente enquanto se muda o calibrador as ferramentas (fieira e torpedo) vão aquecendo não sendo nesses casos muito relevante o tempo de aquecimento porque mudar o calibrador demora mais ou menos o tempo de aquecimento das ferramentas. A percentagem de 13% na mudança M7 é, uma vez mais, devido à mudança de turno.

Através da coluna do “PTM” conclui-se que em algumas mudanças existiram muitos tempos mortos relativamente ao tempo de *setup*. Das mudanças que podem ser alvo de análise (mudanças M1, M3, M4, M5, M7 e M9) metade têm um peso de tempos mortos superior ou igual a um quarto do tempo de mudança, sendo a média de todas as mudanças referidas superior a 30%.

É possível concluir que existem muitos tempos mortos entre os grupos de operações definidos para a tabela 8. Porém, não se deve negligenciar que dentro dos mesmos grupos também é possível ocorrer tempos mortos, verificando-se na realidade e nos dados recolhidos apesar de não serem apresentados, uma vez que, foi necessário apresentar a informação mais relevante por forma a sintetizar a informação.

Com os valores “PTM” e os valores de “PTU” é possível realizar outra análise: verificar se estes tempos correspondem à totalidade da mudança. Assim, na tabela 10 é apresentado o somatório do “PTM” e do “PTU” para cada mudança.

Tabela 10 – Somatório dos tempos PTU e PTM

	PTU	PTM	Total
M1	60%	40%	100%
M2	40%	0%	40%
M3	82%	18%	100%
M4	63%	19%	82%
M5	65%	23%	88%
M6	31%	16%	47%
M7	52%	25%	77%
M8	5%	20%	25%
M9	34%	66%	100%

Desta tabela podem ser extraídas as mudanças onde os seis grupos de operações e os tempos mortos entre elas foram mais ou menos significativos na totalidade do tempo de *setup*. Ou seja, nas mudanças M1, M3 e M9 pode ser concluído eficientemente a percentagem de tempo morto e de tempo útil na mudança da linha e que os grupos de operações estão bem caracterizados nestas mudanças, uma vez que, não existe nenhum tempo que não foi contabilizado.

Este aspecto também pode ser justificado de outro ponto de vista. Na mudança M1, como existe pouca informação útil e detalhada, é possível não terem sido contabilizados os tempos mortos entre operações por falta de informação para tal. Relativamente à mudança M3 e M9, como não foi necessário colocar o tubo-guia nem mudar a matéria-prima, as operações

necessárias para mudar a linha são as referidas nos grupos G1 até ao G4 e G6 e como não houve necessidade do segundo operador existe uma melhor fluidez na execução da mudança.

Relativamente às outras mudanças, excepto a mudança M2 por falta de informação detalhada e as mudanças M6 e M8 por inexistência de informação, os tempos que faltam à totalidade do tempo total de *setup* podem ser justificados por operações que foram realizadas e não estão incluídas nos grupos de operações identificados e por tempos mortos entre as operações que não foram caracterizadas.

Porém, as elevadas percentagens indicam que houve uma boa selecção das operações e são as que demoraram mais tempo.

Conclusões da análise dos tempos de mudança

Da análise dos tempos de mudanças da linha B2 podem-se retirar muitas conclusões. Contudo estas conclusões são baseadas em poucos dados podendo induzir em erro. Não obstante, as conclusões mais relevantes referidas na análise efectuada são sumarizadas nos seguintes pontos:

- Com grandes ferramentas (fieira e torpedo) demora-se mais do dobro do tempo para mudar a extrusora;
- Se existir alguma anormalidade nas ferramentas (ferramentas mal limpas) pode ser um factor significativo no aumento do tempo de mudança;
- Se o tubo que estiver a ser produzido antes da mudança tiver uma velocidade pequena de produção pode-se reduzir drasticamente o tempo de *setup*;
- Se as operações forem realizadas em paralelo é possível diminuir o tempo de *setup*;
- Como não são todos os operadores que mudam frequentemente a linha existe um aumento significativo do tempo de *setup* quando são eles a mudar;
- Poder-se-ia reduzir o tempo de *setup* para 50% se os tempos mortos entre operações fossem eliminados e se os operadores inexperientes soubessem mudar a linha;
- Existe muito desperdício de tempo antes de se começar a mudar uma linha e após o tempo de *setup* ser iniciado;
- O tempo para o lanche da manhã é um grande tempo morto no tempo de *setup*;
- Mais de 30% do tempo de *setup* é gasto em tempos mortos entre as operações G1 a G6;
- O tipo de mudança TeC, sem ser necessário mudar a matéria-prima, está bem caracterizado pelo conjunto de operações seleccionado uma vez que é dispensável o segundo operador e não é necessário colocar o tubo-guia;
- A selecção dos grupos de operações (G1 a G6) e os tempos morto precedentes a estas operações está bem efectuada, porque o tempo que não foi contabilizado nestes conjuntos de operações, podendo ser utilizado noutras operações como em tempos mortos entre elas, é inferior a um quarto do tempo de *setup*;
- Por último, uma das mais importantes fontes de desperdício quer entre operações quer dentro das operações é a alteração do turno.

Análise das velocidades

Na análise das velocidades serão efectuados, na primeira recolha, os passos todos por forma a ser perceptível como foram atingidos os resultados finais. Contudo, como os cálculos serão os mesmos para todos os outros dados recolhidos, serão apresentados os valores numa tabela.

Nesta secção só são apresentados alguns exemplos, contudo é possível consultar todos os dados analisados no anexo H.

Para o cálculo óptimo das velocidades foi utilizado o comprimento de arrefecimento de 22 metros apesar de se saber que a distância entre tinas é de extrema importância para um arrefecimento eficiente, devido à homogeneização da temperatura no interior da parede do tubo como já foi referido.

SDR 9

Para um SDR 9 o L_{spec} é de 0,069 (tabela 6)

Tubo PEAD PE 80 PN 16 063x071 – 100mts

$\dot{m}$ (debito da extrusora) = 206,1kg/h

Velocidade de produção = 2,73m/min

Peso/metro = 1,260kg/m

Através da equação (5):

$$L_{tot} = 0,069 \text{ m} \cdot h/kg \times 206,1 \text{ kg/h} = 14,2 \text{ metros}$$

Contudo existem 22 metros de arrefecimento em tinas. Logo, fazendo o cálculo inverso tendo como incógnita o débito irá saber-se qual o débito máximo para o comprimento máximo de arrefecimento da linha.

$$\dot{m} = \frac{22 \text{ m}}{0,069 \text{ m} \cdot kg/h} = 318 \text{ kg/h}$$

Com o débito máximo e o peso por metro é possível saber qual seria a velocidade máxima de produção.

$$\frac{318 \text{ kg/h}}{1,26 \text{ kg/m}} = 252,4 \text{ m/h}$$

$$\frac{252,4 \text{ m/h}}{60 \text{ min/h}} = 4,21 \text{ m/min}$$

A velocidade óptima, tendo só em consideração os pressupostos referidos acima, sem restrições de organização da empresa nem das condições da mesma, constata-se um aumento da velocidade de 2,73m/min para 4,21m/min.

Através da sequência de cálculos anteriores, e sabendo que a velocidade de produção é inferior à velocidade óptima, é possível obter uma equação geral para o cálculo da velocidade. Com a equação (5) e com a equação (7) onde v_{opt} é a velocidade óptima, o *output* é o débito da extrusora e *Peso/metro* é o peso do tubo por um metro, é obtida a equação (8) para o cálculo da velocidade em função do L_{tot} , comprimento total existente, L_{spec} , comprimento específico e *Peso/metro* do tubo.

$$60 \times v_{opt} [m/min] = \frac{\text{output} [kg/h]}{\text{Peso/metro} [kg/m]} \quad (7)$$

$$v_{opt} [m/min] = \frac{L_{tot} [m]}{L_{spec} [m \cdot h/kg] \times \text{Peso/metro} [kg/m] \times 60} \quad (8)$$

Na tabela 11 são apresentadas as ordens de fabrico que são mais relevantes para a compreensão da análise das velocidades. Quando o comprimento de arrefecimento necessário é maior que o real, é apresentado o valor do comprimento necessário na coluna do L_{tot} . Porém quando é inferior é apresentada a velocidade óptima para os 22 metros de arrefecimento existentes. No anexo H são apresentados todos os valores.

Tabela 11 – Cálculo da velocidade óptima de produção ou cálculo do comprimento necessário de arrefecimento

Ordem de fabrico	SDR	$\dot{m}$ (kg/h)	Velocidade de produção (m/min)	L_{tot} (m)	Velocidade óptima (m/min)
Vara PEAD SN PE 100 PN 6 225x205 – 6mts	11	435	0,55	26,1	-
Vara PEAD PE 100 PN 16 110x100 – 6mts	11	475	2,51	28,5	-
Tubo PEAD PE 80 PN 10 090x067 – 100mts	13,6	310	2,95	-	4,35
Tubo PEAD PE 100 PN 10 200x119 – 12mts	17	600	1,42	22,2	-
Tubo PEAD PE 100 PN 10 075x045 – 100mts	17	277	4,51	-	10
Vara GAS PE 100 PN 4 160x091 – 12mts	17,6	600	2,3	21,6	-
Vara PEAD PE 100 PN 6 125x048 – 12mts	26	325	2,8	-	5,56

Conclusões da análise das velocidades

Colmatando estes dados com todos os dados recolhidos que estão no anexo H é possível tirar conclusões sobre a equação (5) e sobre a optimização das velocidades.

As primeiras questões que surgem mesmo antes de se observar os resultados são: Qual é fundamento teórico desta equação? Qual é a aplicação prática desta equação? Será que engloba todas as variáveis possíveis da produção de tubos de plástico?

Estas perguntas são respondidas em parte na análise dos dados e convém destacar que esta equação é fornecida por um dos maiores e mais conceituados produtores de matéria-prima. Este assunto será discutido com mais detalhe posteriormente.

De todos os dados observados, só os referentes ao SDR 11 é que apresentam um comprimento de arrefecimento real superior ao comprimento de arrefecimento ideal. Porém, se também analisarmos com cuidado as velocidades de produção, apesar de estas produções necessitarem de um maior comprimento de arrefecimento para a velocidade actual, são muito baixas. Contudo, é de salientar que os dados correspondem a tubo produzido que estava dentro dos parâmetros das normas e/ou requisitos do cliente.

Isto pode ser explicado pela crescente pressão da diminuição do tempo de resposta ao cliente. Consequentemente a produção aumentou a velocidade de produção para valores necessários ou aceitáveis, tendo em consideração parâmetros como a contracção do tubo, limitações

físicas da empresa e requisitos dos clientes e das normas. Como já foi referido na secção 3.2, a optimização das produções por parte das chefias da produção é um ponto forte da Alfatubo.

Portanto, pode-se considerar que existe uma margem de erro na equação mas, não é suficiente para justificar, por exemplo, mais dez metros de arrefecimento. Poder-se-ia considerar que esta equação estava desprovida de aplicação prática, mas existem todos os outros dados que provam em contrário, especialmente os dados onde a extrusora está nas suas capacidades máximas e o comprimento real coincide com o comprimento ideal de arrefecimento. Mais, existe ainda uma ordem de fabrico onde o débito da extrusora e a velocidade da linha estão nas capacidades máximas originando um comprimento real igual ao comprimento ideal de arrefecimento. Surge uma questão pertinente: Será que a linha foi idealizada para utilizar as suas capacidades máximas de débito para vinte e dois metros de arrefecimento nos SDR 17 e SDR17,6, uma vez que o quociente dos vinte e dois metros de arrefecimento pelo comprimento específico de arrefecimento do SDR17 e SDR17,6 fica muito perto dos 600kg/h?

Outro aspecto muito importante que não deve ser esquecido é o facto só terem sido considerados os metros dedicados ao arrefecimento do tubo (22m). Contudo, como já foi referido, para um eficiente arrefecimento os espaços entre tinas são de extrema importância para haver uma maior homogeneização da temperatura interna do tubo. Se fossem considerados estes espaços entre tinas e a dimensão total da tina, o comprimento total de arrefecimento disponível subiria para os 28,5m. Este pormenor faz uma grande alteração nas conclusões finais.

Este detalhe não está bem explicado na bibliografia consultada e como tal, foi decidido utilizar o que parecia mais indicado após uma consulta cuidada sem nunca descurar o binómio risco/benefício associado à má interpretação.

Relativamente aos dados recolhidos cujas velocidades podiam ser aumentadas é preciso ter em atenção as variáveis que são externas aos componentes dedicados à linha B2. Essas variáveis são referidas na secção 4.1 nas limitações que surgiram aquando da análise da linha B2, nomeadamente os enroladores e a organização dos operadores.

Genericamente, nas produções de bobines, uma velocidade superior a 5m/min requer a utilização de um segundo enrolador. Na produção de varas a alteração da velocidade pode ser unicamente condicionada pelo facto do operador precisar de transportar e paletizar as varas para o respectivo armazém, ocupando-lhe algum tempo.

Minimizando, ou até mesmo eliminado estas restrições, qualquer produção pode atingir as velocidades óptimas. Todavia, esta evolução tem de ser gradual e cuidada para a optimização não ser uma fonte de desperdício causada pela não evolução do operador face às novas velocidades de produção ou por problemas do enrolamento.

Deve-se ter especial atenção ao enrolamento. A temperatura do tubo aquando do enrolamento não deve ser muito elevada pois isso pode causar o arrefecimento do tubo no enrolador e consequentemente, dificultar o desbobinar. Este factor pode dificultar a utilização do tubo pelo cliente. Mesmo que o tubo esteja dentro dos parâmetros das normas este factor pode passar a ser um requisito do cliente se este assim o desejar. A satisfação dos requisitos do cliente deve ser a prioridade da empresa. Assim, a equação pode deixar de ter aplicação prática. É de salientar que, segundo Polyolefins (2005) a temperatura ideal para enrolar o tubo é de 20°C e na equação o pressuposto é o de o tubo sair com uma temperatura máxima da parede interior de 80°C.

Relativamente às primeiras questões, depois de se observar os dados recolhidos, é possível afirmar que a equação (5) não está desprovida de aplicação prática porque existem fichas técnicas de extrusão onde são referidas velocidades inferiores às ideais e velocidades superiores às ideais. Logo, se existem fichas técnicas de extrusão onde são referidas velocidades superiores às ideais e estão dentro dos parâmetros requeridos pela norma ou pelo cliente, então significa que a equação está bem idealizada apesar de ter uma margem de erro.

Assim, esta equação pode ser um factor de normalização das velocidades para o comprimento de arrefecimento disponível na Alfatubo sem nunca negligenciar as variáveis externas à linha de produção como, o enrolador e a organização estrutural da produção.

5 Implementação e resultados obtidos

Neste capítulo pretende-se descrever as implementações que foram sugeridas e como foram efectuadas e os resultados obtidos com essas melhorias. Para uma fácil leitura, este capítulo está dividido em duas partes, sendo a primeira referente às implementações e melhorias efectuadas ou que foram sugeridas e na segunda parte são apresentados os resultados obtidos com as implementações e melhorias efectuadas.

É de referir que nesta fase do projecto não foi criada nenhuma equipa de actuação focada nas alterações a implementar por falta de recursos humanos com a disponibilidade requerida tendo o subchefe da produção ficado responsável por essa implementação.

Como o subchefe de produção não ficou isento das suas prévias funções, esta implementação pode ter demorado significativamente mais tempo do que o esperado, aspecto que deve ser tido em consideração para uma boa leitura dos resultados obtidos.

5.1 Implementação e melhorias

Nesta secção são apresentadas as implementações e melhorias que foram efectuadas e que foram sugeridas. Algumas melhorias tiveram a finalidade de criar o pilar de sustentação da metodologia *Lean* e assim, servir de alavanca para a implementação de ferramentas *Lean* e de proporcionar uma continuidade no longo prazo da manutenção e desenvolvimento das implementações e melhorias efectuadas.

Um dos grandes problemas após a primeira implementação do conceito *Lean* é a sua continuidade. Para tal, é necessário mudar a mentalidade das pessoas. Esta é a maior e mais fundamental implementação de todas, apesar de ser a mais negligenciada. Se a implementação do trabalho de uns depende da execução de tarefas de outros, então é estritamente essencial sensibilizá-los (os outros) para o benefício dessa melhoria e da sua importância nessa melhoria, para eles aderirem por vontade própria através de uma mudança de mentalidade. Isto será repetidamente referido nesta secção pela sua relevância na execução deste projecto.

Melhoria dos 5S

Um dos aspectos que rapidamente foi observado foi a desorganização das ferramentas de produção. Este factor condicionava o desempenho dos operadores nas mudanças da linha. Sendo este um factor essencial para a implementação das possíveis propostas que surgissem, a sua melhoria começou no início da segunda fase. Contudo, devido à limitada disponibilidade do subchefe de produção, a sua aplicação foi demorada e ainda não está (até ao fim da dissertação) devidamente aplicada.

Para a melhoria da banca de arrumo das ferramentas foram implementados os primeiros quatro S (separar, ordenar, limpar e normalizar) na sua totalidade, e em parte o quinto S (manter).

Relativamente aos primeiros três S, estes são fáceis de implementar. A banca de arrumo das ferramentas foi limpa de toda a sujidade acumulada ao longo dos precedentes anos e as ferramentas que já não eram utilizadas foram removidas deste local para o armazém da empresa. As ferramentas foram identificadas segundo as suas características. Depois desta identificação e tendo em consideração o seu peso e a frequência da sua utilização, foi possível idealizar a melhor disposição das ferramentas na banca. Para um fácil reconhecimento do lugar das ferramentas na banca de arrumo, estes foram devidamente identificados. Os operadores antes de colocarem as ferramentas no respectivo sítio depois de uma mudança de linha começaram a ter especial atenção à limpeza das mesmas.

Os primeiros três S não foram implementados na banca de arrumo das ferramentas grandes, situada entre a linha B2 e B1, cujas ferramentas são dedicadas à linha B2, porque não era prioritário, uma vez que as únicas ferramentas que não têm um lugar específico na banca de arrumo são os calibradores. Contudo os dois últimos S foram implementados nesta banca de arrumo.

Para a implementação dos dois últimos S (normalizar e manter), foi realizada uma reunião com os chefes de turno para sensibilizá-los sobre a importância de limpar as ferramentas antes de estas serem arrumadas, e a importância destas serem arrumadas no respectivo lugar. Após esta reunião de sensibilização e de normalização do trabalho e da melhoria na disposição e organização da banca de arrumo das ferramentas, foi observado uma manutenção da organização e da disposição das ferramentas na banca. Porém, ainda não foi criado nenhum método de controlo e consequentemente instrução dos operadores não cumpridores. Um método para este controlo ser realizado seria a criação de auditorias internas regulares com esse intuito.

No início desta secção foi referido que esta melhoria não foi totalmente aplicada até a conclusão desta dissertação, uma vez que existem pormenores que ainda não foram corrigidos como uma identificação mais duradoira e mais perceptível, apesar de já terem sido idealizados e de já existir o material para a sua correcção. Como foi referido no início desta secção este facto é devido à limitada disponibilidade do subchefe de produção.

No anexo I é apresentado o “antes” e o “depois” desta melhoria, aplicado à banca de arrumo das ferramentas pequenas e é mostrada a banca das ferramentas grandes.

Implementação da ferramenta SMED para melhoria dos tempos de setup

Para a implementação desta ferramenta, uma vez mais, foi necessário sensibilizar os operadores e chefias da produção e da empresa. Assim foi realizado um levantamento dos processos e de dados referentes aos tempos de mudança da linha B2.

Esta implementação pode ser dividida em duas partes. A primeira parte foi iniciada a meio da segunda fase com base em alguns dados observados e levantados. A segunda parte foi realizada após as conclusões dos dados analisados da segunda fase e dos dados recolhidos dos operadores através de uma folha distribuída na primeira parte.

1ª Parte

Através do levantamento, na segunda fase, dos processos de mudança de uma linha, foi possível idealizar uma sequência para diminuir os tempos de mudança tendo em consideração as condições da Alfatubo (apresentada na tabela 7).

Com os poucos dados dos tempos de mudança da linha B2 foi possível sensibilizar as chefias para alguns dos aspectos referidos na secção Tempos de mudança inserida na secção 4.3 e assim, preparar a implementação de algumas melhorias. Ou seja, através de alguns dados recolhidos na segunda fase, foi possível retirar, apesar de não estarem bem fundamentadas, conclusões como por exemplo a influência da alteração do turno no tempo de mudança de uma linha.

Relativamente à sequência idealizada, com o intuito de ser aplicada nas mudanças do dia-a-dia da empresa, deveria ter a opinião do seu melhor crítico – os operadores que todos os dias mudam uma linha e se deparam com os problemas que possam surgir, associada à variabilidade do tipo de mudança.

Assim, foi distribuído um documento com a sequência por todos os operadores da produção. O documento está apresentado no anexo J e tem o nome Documento CSS – Contextualização, Sensibilização e Sugestões. O nome foi atribuído segundo a sua funcionalidade, conforme é brevemente apresentado de seguida.

Contextualização – Foi aproveitado o propósito para enquadrar todos os operadores da produção do objectivo do projecto, no conceito a ser abordado (SMED), das suas características, conceitos e dos seus objectivos (diminuir o tempo de mudança de uma máquina para um único dígito de minutos) e dos resultados obtidos pelo impulsionador desta ferramenta.

Sensibilização – Este documento foi importante para sensibilizar os operadores para a sua importância dentro da empresa e para a sua relevância na melhoria do tempo de mudança.

Sugestões – Dos três objectivos, este era o mais materializável. Relativamente a este objectivo os operadores foram incentivados a adicionar operações que faltassem, idealizar a sua sequência e fazer sugestões sobre o que achassem necessário ser referido.

2ª Parte

Esta segunda parte foi baseada na implementação de acções baseadas nas conclusões da segunda fase e nos dados recolhidos do Documento CSS.

Assim, relativamente ao Documento CSS, este foi recolhido após todos os operadores o terem preenchido. Contudo, deve-se referir que houve algumas resistências, ou porque o operador tinha receio de se expressar ou porque não conseguindo expressar-se correctamente não o fazia, ou até mesmo por uma demora na entrega do documento. Estes aspectos foram contrariados através de diálogos individuais com todos os operadores.

Estes diálogos tinham o objectivo de ser certificado o que estava escrito, acrescentar sugestões que o operador não tivesse escrito pelas razões acima apresentadas, e simultaneamente confirmar que tinham percebido o que estava escrito no documento além de proporcionar uma maior proximidade com os operadores.

Após a recolha de todos os documentos todas as sugestões foram compiladas num único documento – Mudança de uma Linha (consultar anexo K). Este documento foi distribuído aos operadores através de uma reunião realizada por cada turno. Este documento é constituído pela sequência melhorada dos passos para mudar uma linha e uma folha anexa onde estão referidas as alterações efectuadas, as sugestões e críticas que foram feitas à aplicabilidade desta ferramenta, uma análise sobre os tempos de mudanças observados e a criação de um objectivo a curto prazo baseado na prévia análise.

Muito sucintamente foram acrescentadas operações fundamentais à produção do tubo, operações que são cruciais à diminuição dos desperdícios de produção apesar de serem simples, as operações internas foram identificadas através de uma cor diferente e foi melhor identificada a necessidade de certas operações dependendo do tipo de mudança.

As sugestões e críticas foram divididas em problemas que têm de ser solucionados dentro dos turnos, e por eles próprios, e em problemas da organização da empresa e chefias. No primeiro problema surgiram questões como falta de união de grupo, falta de comunicação entre operadores e o facto de muito trabalho ser feito de cor. Relativamente ao segundo problema surgiram questões como uma melhor compreensão dos operadores por parte das chefias, necessidade de uma melhor organização do planeamento das operações para não haver mais do que uma mudança ao mesmo tempo e não coincidirem com a hora de almoço ou jantar.

Houve ainda um operador relativamente novo na empresa que referiu os benefícios de ter lido o documento CSS antes de ter mudado uma linha.

Foi ainda realizada uma análise do tempo de mudança da linha B2, sendo esta, mais detalhada. Nesta análise tem-se como pressuposto que as mudanças são efectuadas por operadores experientes, sendo feita uma estimativa do tempo de mudança numa mudança LT com um operador e com dois operadores e numa mudança TeC sem contabilizar os tempos mortos entre e dentro das operações. Na apresentação destes valores não houve nenhuma contestação por parte dos operadores, tendo estes concordado ser possível obter estes resultados.

Assim, considerando que para obter os valores referidos na análise anterior é necessário que o operador seja um operador experiente, foi acrescentado 17% para que todos os operadores consigam efectuar a mudança, no máximo, nesse tempo.

No anexo K é apresentado o documento Mudança de uma Linha onde são aprofundadas as alterações, críticas e conclusões aqui apresentadas.

É de destacar, que as alterações apresentadas no documento Mudança de uma Linha (anexo K) foram feitas com o intuito de esta sequência poder ser aplicada a todas as linhas de produção, apesar da análise ter sido feita na linha B2. Isto foi possível porque a linha B2 engloba todas as variabilidades que possam existir nas restantes linhas, sendo assim, a mais complexa (excluindo a K2).

Para implementar as sugestões referidas no documento Mudança de uma Linha e os problemas referidos nas conclusões da análise dos tempos de mudança da linha B2 foram feitas sugestões às chefias, tendo sido implementadas algumas soluções.

Actualmente existe uma melhor e mais activa comunicação entre o planeamento, expedição e produção, sendo estes os três sectores directamente relacionados com o fluxo de material. Assim, é possível saber-se qual é a produção prioritária, bem como a mudança de linha se for o caso, entre outros aspectos relevantes para a produção.

Para diminuir a influência da alteração dos turnos nas mudanças das linhas foi criada a directriz de, se o tipo de tubo assim o justificar, continuar com a sua produção e mudar a linha só depois de o novo turno se ter entrosado na produção. Sobre este assunto outras sugestões foram feitas, como o turno seguinte começar a entrosar-se mais cedo do que o seu horário de laboração, porém isto significava uma mudança de mentalidade por parte dos operadores.

Por forma a formar os seus operadores eficientemente e no menor tempo possível, a Alfatubo passou a dar prioridade aos operadores que têm mais autonomia, para que estes sejam capazes

de mudar uma linha do início ao fim sem ajuda e só depois formar os restantes. Com este novo método a Alfatubo pretende diminuir o tempo de formação e os desperdícios associados a essa formação.

Com este trabalho, sobre o tempo de mudança da linha de produção e respectivas análises e conclusões, o tempo de mudança de uma linha passou a ser um indicador de desempenho da Alfatubo.

Aumento das velocidades

Na análise das velocidades foi concluído que podem existir alguns factores limitativos da velocidade óptima. Estes factores são os enroladores e a organização dos operadores.

É de salientar que na análise das velocidades foi imposto um determinado comprimento de arrefecimento. Porém, este valor pode ser alterado pelo simples aumento do comprimento de arrefecimento. Mediante as condições actuais da Alfatubo esta variável muito dificilmente poderá ser aumentada.

Relativamente às variáveis que podem ser implementadas nas actuais instalações da Alfatubo, enroladores e organização dos operadores, a primeira é muito fácil de implementar comparativamente à segunda devido ao facto que para implementar a primeira solução basta adquiri-la, enquanto para implementar a segunda é preciso uma alteração estrutural e organizacional.

Como a análise do custo-benefício da primeira solução é mais exacta e calculável, e como já existia uma pressão por parte do planeamento sobre este assunto, a Alfatubo está a estudar o mercado para a aquisição de um novo enrolador.

Este trabalho proporcionou um estímulo nas chefias da produção e da empresa. Assim, estes começaram a normalizar as velocidades de produção de cada tipo de tubo pelas possíveis linhas de produção desse tubo. Ou seja, um tipo de tubo pode ser produzido em mais do que uma linha (desde que tenham comprimento de arrefecimento semelhantes) com velocidades de produção semelhantes apesar de, anteriormente, nessas diferentes linhas o tubo ser produzido com diferentes velocidades de produção.

5.2 Resultados obtidos

Tempos de setup

Como foi referido na secção implementação e melhorias (5.1), a sensibilização e a mudança de mentalidade é de extrema importância para a implementação de algumas metodologias e ferramentas como é o caso da ferramenta SMED. Porém estas mudanças de mentalidade não são obtidas num mês, nem em dois. Consequentemente, os resultados obtidos não são muito significativos apesar de se ter observado uma redução do tempo de mudança.

Estes resultados obtidos são relativos à linha B2, apesar do trabalho realizado sobre a análise dos tempos de mudanças das linhas, ter sido posteriormente aplicado a todas.

Os dados recolhidos pela empresa são divididos por trimestres. Assim, serão apresentados os valores recolhidos do segundo trimestre.

Dos valores recolhidos do 2º trimestre de 2011 foi obtido (em relação aos 100% obtidos da análise da 2010):

Máximo tempo de mudança: 275%

Mínimo tempo de mudança: 13%

Média dos tempos de mudança: 88%

Existe uma diminuição significativa do tempo de mudança de 100% em 2010 para 88%. Porém, este valor engloba alguns dos dados dos tempos de mudança recolhidos, como pode ser confirmado pelo máximo tempo de mudança do segundo trimestre que corresponde ao valor previamente apresentado na secção 4.3. Ou seja, o valor do maior tempo de mudança (275%) é tanto apresentado aqui como é apresentado nos dados recolhidos, significando que, nem todos os valores do segundo trimestre correspondem a tempos de mudança ocorridos depois da implementação. Assim, se só fossem contabilizados os tempos de mudança após a implementação, o valor médio iria ser menor, uma vez que o valor de 275% não seria contabilizado na média.

Também com a apresentação do mínimo valor do tempo de mudança constata-se que é possível realizar uma mudança em pouco tempo. Muito provavelmente este valor foi obtido numa mudança LT onde a velocidade de produção do tubo anterior era muito baixa.

Velocidades

Relativamente ao aumento da velocidade, como até ao fim deste projecto a Alfatubo ainda não tinha adquirido um enrolador e como não existiu uma reorganização dos operadores, foi aumentada a velocidade de produção em poucas ordens de fabrico. Esse aumento foi efectuado especialmente para efeitos de normalização das velocidades na produção de cada tipo de tubo.

Relativamente às velocidades que foram aumentadas, são apresentadas seguidamente três que foram normalizadas noutras linhas de produção da Alfatubo e, outras três que foram aumentadas na própria linha B2:

- Velocidades de produção normalizadas noutras linhas de produção:
 - Tubo PEAD PE 80 PN 16 025x030 – 25mts, passou de 6,0m/min para 9,0m/min;
 - Tubo PEAD PE 80 PN 16 025x030 – 50mts, passou de 8,0m/min para 10m/min;
 - Tubo PEAD PE 80 PN 16 025x030 – 100mts, passou de 10,0m/min para 12,0m/min.
- Velocidades aumentadas na linha B2:
 - Tubo PEAD PE 80 PN 20 050x069 – 100mts, passou de 3,6m/min para 5,2m/min;
 - Tubo PEAD PE 80 PN 16 063x071 – 100mts, passou de 2,73m/min para 4,20m/min;
 - Tubo PEAD PE 100 PN 10 063x038 – 100mts, passou de 5,48m/min para 10,0m/min.

Através dos dados apresentados sobre as velocidades normalizadas, consegue-se perceber com mais facilidade a diferença que o comprimento da bobine tem na velocidade de produção, uma vez que, para o mesmo tipo de tubo as velocidades de produção variam com o comprimento da bobine.

6 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

O principal objectivo deste trabalho foi diminuir, numa linha de produção, os tempos desde a entrada de matéria-prima na produção até à saída do tubo, conforme os requisitos, para o armazém.

Contudo, para ser possível atingir o objectivo foi necessário analisar as condições físicas existentes, as variáveis associadas à produção e a política e o método de trabalho na Alfatubo. Além de que, foram utilizadas ferramentas *Lean* e fundamentos teóricos sobre a velocidade óptima de produção, tendo por base o comprimento necessário de arrefecimento para cada tipo de tubo. Depois desta análise foi possível obter conclusões que proporcionaram algumas implementações.

Das conclusões obtidas relativamente às condições existentes, às variáveis de produção e ao estudo efectuado na segunda fase do projecto podem-se destacar sucintamente algumas.

Relativamente às condições iniciais da Alfatubo podem-se referir aspectos onde existe uma boa optimização dos recursos e aspectos onde poderiam ser implementadas melhorias.

A Alfatubo possui documentos normalizadores para reduzir os desperdícios produzidos, bem como recursos humanos que são exímios em relação à redução dos desperdícios de produção e optimização da produção de tubos de plástico.

Em contrapartida, existem algumas limitações estruturais resultantes de uma evolução condicionada por factores físicos, como o terreno de construção. O ilógico *layout* dos armazéns e da produção provém da evolução gradual da expansão e aquisição de terrenos pela Alfatubo.

Outro aspecto que poderia ser melhorado tendo em consideração que existe uma sobre lotação das suas capacidades é a organização e/ou dimensão dos recursos humanos do departamento da manutenção. O departamento da manutenção não soluciona os problemas que surgem na prontidão desejada, além de que executa uma manutenção de avarias em máquinas especializadas onde poderá ser mais rentável executar uma manutenção preventiva.

Na análise dos dados dos tempos de mudança e das velocidades de produção da linha de produção B2, aquando do desenvolvimento do projecto, foi necessário ter em consideração os seus factores limitativos. Assim, deve ser destacado a disposição e distância da banca de arrumo de ferramentas à linha B2, bem como a sua desorganização, a organização estrutural dos operadores e o facto de existirem dois enroladores que não estão alocados à linha de produção B2. Estes factores condicionam a velocidade de produção e o tempo gasto na mudança da linha.

Da análise dos tempos de *setup* foi concluído que existem dois tipos de desperdício de tempo: desperdício resultante de limitações físicas e estruturais e desperdício que pode ser minimizado se for adoptada uma nova metodologia na execução das rotinas.

O desperdício que provém de limitações físicas e estruturais sucede quando não é possível aumentar a velocidade de transporte de ferramentas pesadas, devido a estas serem transportadas por uma ponte rolante, e ocorre por nem todos os operadores terem o conhecimento essencial para mudar e arrancar com a linha de produção, estando portanto, numa fase de aprendizagem.

Já o segundo tipo de desperdício pode ser minimizado se forem criadas condições para que o lanche da manhã e a mudança de turno, entre outros factores semelhantes, não tenham um elevado impacto no tempo de mudança da linha de produção, sendo de simples, embora não ser fácil, solução.

Desta análise também se pode concluir que seria possível reduzir o tempo de *setup* para metade se todos os operadores soubessem mudar e arrancar uma linha de produção e se os tempos mortos entre operações fossem eliminados.

Relativamente ao aumento das velocidades de produção foi observado e comprovado que é possível aumentar a velocidade de produção de vários tipos de tubos, tendo como sustentação uma equação desenvolvida por um fornecedor de matéria-prima. As conclusões foram obtidas tendo em consideração as condicionantes e características da linha B2 e da produção.

Das melhorias que foram implementadas pode-se destacar a aplicação da metodologia 5S à banca de arrumo de ferramentas, tendo sido distribuído aos operadores da produção o documento CSS que teve o objectivo contextualizá-los e sensibilizá-los para a ferramenta SMED e teve também o objectivo de obter a aferição dos operadores relativamente à sequência de passos para a mudança da linha. Da aferição do documento CSS surgiram novas sugestões de melhorias, referentes ao tempo de mudança, que foram implementadas. Quanto ao aumento da velocidade de produção, a Alfatubo começou a estudar o mercado por forma a adquirir um novo enrolador.

É de destacar que este projecto facultou uma nova visão da Alfatubo em relação aos tempos de mudança de uma linha e às velocidades de produção.

O tempo de mudança de uma linha passou a ser um dos indicadores de desempenho da Alfatubo e as velocidades de produção foram normalizadas para o mesmo tipo de tubo em diferentes linhas de produção.

Após as implementações foi obtido um aumento das velocidades de produção dependendo do tipo de tubo e o tempo de mudança da linha B2 foi reduzido de 100% em 2010 para 88% no segundo trimestre do ano de 2011.

Concluindo, o objectivo da dissertação foi alcançado. O projecto foi realizado tendo por base uma linha de produção, mas os resultados foram aplicados a toda a produção. Isto foi possível porque o trabalho desenvolvido pode ser aplicado às outras linhas, uma vez que a linha de produção seleccionada é a mais completa e mais complexa na Alfatubo, proporcionando a observação e consideração de todas as variáveis de produção.

Um aspecto que não deve ser descurado é a sensibilização para a mudança de mentalidades. Para o projecto ter tido o sucesso que teve foi necessário sensibilizar os operadores e chefias dos benefícios das melhorias, factor que não é alcançado no curto prazo. Assim, este factor condicionou os resultados obtidos. Esta sensibilização foi imprescindível, uma vez que existe pouca cultura e conhecimento da Alfatubo relativamente à metodologia *Lean*.

Apesar do objectivo do projecto ter sido alcançado, existem muitas outras análises que podem ser feitas com o intuito de melhorar o fluxo das linhas de produção. Assim podia-se efectuar

uma análise mais cuidada e mais minuciosa para ser possível tirar conclusões sobre como a mudança de linha pode ser melhorada, tentando eliminar os tempos mortos entre e dentro das operações, ou até otimizar a sequência dos passos de uma mudança.

Poderia ser analisado o impacto que as implementações tiveram na quantidade de desperdício e no tipo de desperdício produzidos.

Também poderia ser criada uma equipa para controlar e implementar novas soluções, tendo em consideração o trabalho efectuado até à data de conclusão do projecto. Esta mesma equipa poderia aplicar a ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM) para uma maior percepção dos fluxos da empresa e assim conseguir minimizar, não só os fluxos da produção, como os fluxos da empresa.

Seguindo o estudo apresentado na figura 3, presente na secção 2.3, e tendo em consideração que o departamento de manutenção tem uma grande margem de progresso, poderia ser aplicado uma manutenção preventiva na Alfatubo e a ferramenta TPM, como prevenção e antecipação dos problemas que possam surgir, nas linhas de produção.

Referências

- Abdullah, Fawaz. 2003. Lean manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel. Ph.D., University of Pittsburgh, United States -- Pennsylvania.
- Billesbach, Thomas J. 1994. Applying lean production principles to a process facility. *Production and Inventory Management Journal* 35 (3):40-44.
- Drew, John, Blair McCallum, and Stefan Roggenhofer. 2004. *Journey to Lean: Making Operational Change Stick*. Palgrave Macmillan.
- Grann-Meyer, Einar. 2005. *Polyethylene Pipes in applied engineering*: Total Petrochemicals.
- Harvey, David. 2011. *Agile, Lean* 2004 [cited 18 de Abril 2011]. Available from <http://www.davethehat.com/articles/LeanAgile.pdf>.
- Hensen, Friedhelm. 1988. *Plastics Extrusion Technology*: Hanser Publishers.
- Jacobs, F. Robert, Richard B. Chase, and Nicholas J. Aquilano. 2009. *Operations and Supply Management*. Twelfth Edition International Edition ed: McGraw-Hill
- Kanta, N. K., J. K. Tripathy, and B. K. Choudhary. 2005. Implementing the office total productive maintenance ("office TPM") program: A library case study. *Library Review* 54 (7):415-424.
- King, Peter L. 2009. *Lean for the Process Industries: Dealing with Complexity*. 1 Edition ed: CRC Press.
- Koskela, Lauri. 2000. An exploration towards a production theory and its application to construction. D.Sc.(Tech.), Teknillinen Korkeakoulu (Helsinki) (Finland), Finland.
- LEI. 2011. *What is Lean?* 2009 [cited 18 de Abril 2011]. Available from <http://www.lean.org/whatslean/>.
- Lichtenberg, Herb. 2008. Applying Lean Principals in Process Industries. *Industrial Maintenance & Plant Operation*.
- Polyolefins, Basel, ed. 2005. *Technical Manual - Materials used in Pipe Extrusion*.
- Venitz, Udo. *Lean Management* sd. Available from http://gc21.inwent.org/ibt/en/ilt/ibt/regionalportale/sadc/downloads/lean_management.pdf.
- Venkatesh, J. 2011. *An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)* 2007 [cited 22 de Maio 2011]. Available from http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.pdf.
- Womack, James P., and Daniel T. Jones. 2003. *Lean Thinking: Banish Wast and Creat Wealth in Your Corporation*. 2nd Edition ed: Free Press.

ANEXO A: Breve história da Alfatubo

A **ALFATUBO** é uma empresa produtora de tubagens plásticas e acessórios. De capitais integralmente portugueses a Alfatubo caracteriza-se por uma aposta profunda em colocar o cliente e a fiabilidade do produto no centro de todo o seu sistema de gestão.

Um apurado sentido do mercado e sua evolução, um eficiente sistema de identificação de necessidades, rigor técnico e uma orientação global no sentido da inovação permanente, colocam os produtos Alfatubo ao nível dos melhores da Europa.

O respeito pelo cliente, um rigoroso sistema de qualidade, a adopção das mais recentes tecnologias e uma estrutura logística integrada, fazem com que a Qualidade Total e Variância Mínima, não sejam meros conceitos, mas realidades que permitem construir uma reputação sólida e credível que nos é hoje reconhecida pelos principais clientes como um parceiro de negócios preferencial.

HISTORIAL:

1989 – Constituição da sociedade.

1990 – Construção das instalações da Alfatubo.

1992 – Início de laboração da Alfatubo.

1998 – Reforço da capacidade de produção pela aquisição de equipamentos produtivos da marca Battenfeld; Implementação de um sistema de qualidade; Forte aposta e motivação ao nível de formação dos seus colaboradores; Melhoria nos métodos e processos produtivos pela reestruturação de procedimentos, relatórios e ensaios laboratoriais.

2000 – Homologação do produto Alfahidro[®] PE80 pelo LNEC; Auditoria de concessão segundo a norma ISO 9002, efectuada pela SGS ICS; Qualificação da Alfatubo como fornecedor de tubagem para redes de gás natural; Programa de formação em todas as áreas da empresa.

2002 – Homologação do produto Alfahidro[®] PE100 pelo LNEC; Aquisição de equipamentos de injeção; Reorganização dos locais de carga e descarga; Reforço e melhoramento do laboratório com equipamentos tecnologicamente avançados; Participação e apoio ao Pólo de Inovação da Indústria de Plásticos (PIEP) do qual a Alfatubo é sócio fundador; Aquisição de equipamentos de reprocessamento de produtos não conformes.

2003 – Transição do Sistema de Qualidade da Alfatubo para a NP EN ISO 9001:2000; Qualificação do laboratório TUBOLAB por parte da SGS-ICS.

2004 – Aquisição de novos equipamentos produtivos; Implementação dos requisitos do Sistema de Gestão Integrado decorrentes das normas NP EN ISO 9001:2000; NP EN ISO

14001; OSHAS 18001; Obtenção da certificação dos produtos Alfatherm[®], Alfapex[®] e Alfahidro[®] pela SGS-ICS.

2005 – Aquisição do melhor equipamento disponível no mercado mundial para produção de tubagens até ao diâmetro 630mm;

2006 – Certificação do produto Alfagás[®]; Certificação dos produtos pela AENOR;

2007 – Substituição da SGS-ICS pela CERTIF; Execução de um programa de formação completo destinado a todos os colaboradores; Reforço e ampliação do laboratório;

2008 – A Alfatubo deu início ao processo de certificação dos produtos Alfahidro e Alfasane para o mercado francês através do LNE obtendo com sucesso a marca “NF-114”; Foi certificado pela CERTIF o produto Alfasuperflex – água quente e fria – ISO 22391; Verificou-se um crescimento de vendas em 35%.

2009 – Foram aprovadas novas matérias-primas para produção do nosso produto Alfagás.

2010 – Realização de obras estruturais nas instalações da empresa de forma a maximizar o espaço disponível, e optimização das condições de trabalho dos colaboradores; Reformulação de funções dos recursos humanos preparando-os para a abertura da empresa à internacionalização para novos mercados.

2011 – Tomada de decisão de adquirir uma nova empresa complementar à actividade da Alfatubo, Lda.

ADMINISTRAÇÃO:

- Sr. Manuel Nunes – sócio gerente
- Eng.º Fernando Leite – sócio gerente
- Eng.^a Rufina Couto – gerente

GARANTIA DO PRODUTO:

Tubolab[®] – Laboratório de Ensaios:

Tem como actividade a execução de ensaios de Tubos e Materiais Plásticos.

Possui um sistema de gestão de qualidade concebido e implementado de acordo com os critérios da Norma ISO/IEC 17025.

A administração considera a Gestão de Qualidade como factor essencial para o desenvolvimento sustentado do Laboratório e o meio preferencial para a satisfação dos Clientes, Fornecedores e Colaboradores.

Certificação do Produto:

A Alfatubo aposta na certificação dos seus produtos como testemunho da garantia da qualidade, possuindo uma vasta gama de produtos já certificados por entidades externas acreditadas.

A empresa garante aos seus clientes fiabilidade e qualidade total dos seus produtos e serviços.

A produção das tubagens desde o Ø12mm ao Ø630mm, é controlada e inspeccionada pelo Tubolab[®] (laboratório de ensaios da Alfatubo) de forma a garantir os padrões estabelecidos pelos requisitos dos clientes e do mercado.

ALFAHIDRO[®] PE100 (Água Potável norma EN 12201)

Certificados de Produto: CERTIF N° TMP – 011/2011;

AENOR N° 001/005342;

LNE – Certificat N° 14383 Rév. 3.

ALFAHIDRO[®] PE80 (Água Potável norma EN 12201)

Certificados de Produto: CERTIF N° TMP – 012/2011;

LNE – Certificat N° 14383 Rév. 3.

ALFAGÁS[®] PE100 e PE80 (Distribuição gás natural norma EN 1555)

Certificados de Produto: CERTIF N° TMP – 004/2007;

CERTIF N° TMP – 007/2007.

ALFASANE[®] PE100 (Água não Potável norma EN 13244)

Certificados de Produto: CERTIF N° TMP – 016/2007;

AENOR N° 001/005324;

LNE – Certificat N° 14799 Rév. 4.

ALFASANE[®] PE80 (Água não Potável norma EN 13244)

Certificados de Produto: CERTIF N° TMP – 031/2008.

ALFATHERM[®] (Água Quente e Fria norma EN ISO 15874)

Certificados de Produto: CERTIF N° TMP – 003/2010;

AENOR N° 001/003867.

ALFASUPERFLEX[®] (Água Quente e Fria norma EN ISO 22391)

Certificados de Produto: CERTIF N° TMP – 017/2010;

CERTIF N° TMP – 018/2010.

ALFAAGRO[®] PE40 (Água Potável, Rega Industrial norma EN 12201)

Certificados de Produto: AENOR N° 001/004897.

SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO: GESTÃO DA QUALIDADE E SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO.

A Alfatubo está certificada pela CERTIF ao nível da qualidade e segurança e saúde no trabalho segundo os referenciais normativos NP EN ISO 9001: 2008, NP 4397: 2008/OHSAS 18001: 2007.

CERTIF: N° SGQ – 001/2007

CERTIF: N° SGT – 001/2007

É com a adopção de princípios que promovem o desenvolvimento sustentável da sua actividade como o respeito pelo ambiente, elevados padrões de segurança e saúde no trabalho e qualidade total, que a empresa pretende alcançar a liderança na indústria das tubagens plásticas ao nível nacional e internacional.

A ALFATUBO ESTÁ PRESENTE NAS SEGUINTE ORGANIZAÇÕES:

Sócio fundador do PIEP – Polo de Inovação em Engenharia de Polímeros. www.piep.pt;

Comissões técnicas de normalização de tubagens plásticas CT 58 e CT 161;

Associado da APIP, www.apip.pt;

Membro da TEPPFA Portugal, www.teppfaportugal.com;

Associado da AEP, www.aeportugal.pt;

Associado da ANJE, www.anje.pt

ANEXO B: OEE – Overall Equipment Efficiency

Overall equipment efficiency é uma técnica de performance total da máquina. O OEE analisa as maiores perdas na produtividade de uma máquina. Estas perdas podem ser dadas em três grandes grupos: perdas de disponibilidade, perdas de velocidade e perdas de qualidade. Estas perdas estão associadas respectivamente à taxa de disponibilidade, taxa de performance e taxa de qualidade, isto será importante nos seguintes parágrafos.

A disponibilidade de uma máquina é todo o tempo que a máquina dispõe para produzir se forem retirados todos os tempos de paragem planeados. Estes tempos de paragem planeados podem ser paragens para manutenção preventiva ou paragens previstas (por exemplo paragens para almoço). Todo o tempo de paragens não planeadas como por exemplo avarias, tempos de *setup*, ou tempo em que a máquina está parada por outra razão são tempos que fazem a taxa de disponibilidade decrescer.

A taxa de performance é uma comparação entre o tempo ideal de funcionamento da máquina com o tempo real de funcionamento. Esta taxa diminui com o aumento de factores como micro paragens, diminuição da velocidade de produção ou ineficiência na produção.

Todas as peças que não são boas, não estão conforme os requisitos, diminuem a taxa de qualidade. Ou seja, a taxa de qualidade não é mais do que uma comparação entre o número de peças que foram fabricadas com as peças que foram bem fabricadas.

A multiplicação destas três taxas resulta na taxa de performance total da máquina, OEE. Na figura 6 é apresentado uma figura explicativa do cálculo do OEE.

$$\text{OEE} = \text{Availability (B/A)} \times \text{Performance (D/C)} \times \text{Quality (F/E)}$$

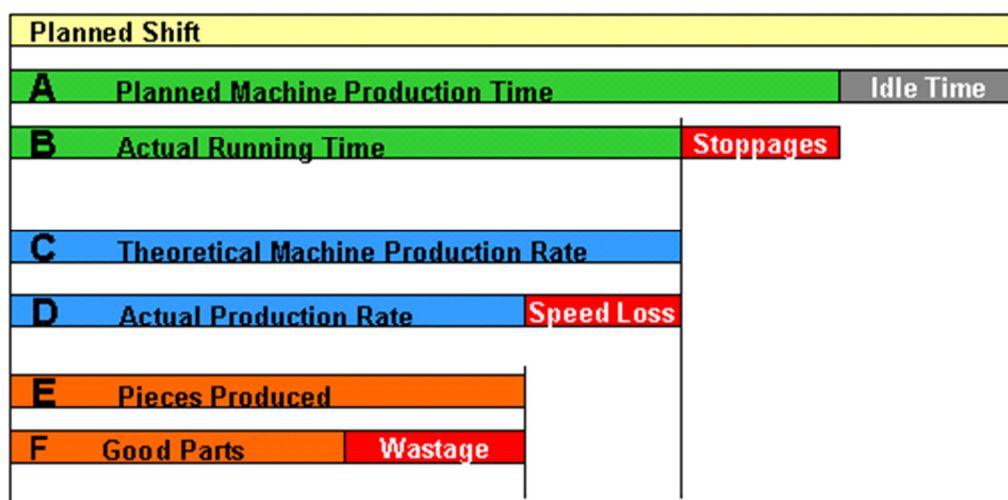


Figura 6 – Cálculo do OEE

ANEXO C: Ficha Técnica do Produto

alfatubo		FICHA TÉCNICA DO PRODUTO										FTP Nº: Edição:	
Gama: ALFAGÁS PE 80 PN(bar): 4 ϕ x e (mm): 110,0 X 10,0		Gama Acessório:										Designação:	
Código:		Código:											
CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS													
Diâmetro / Ovalização / Espessura / Outras Cotas (mm)												Peso (Kg)	
C1 - Diâmetro exterior médio mínimo ($d_{ext,min}$):		C5 - Espessura mínima:		C9 - Prof. da risc. mín.				1 Metro					
C2 - Diâmetro exterior médio máximo ($d_{ext,máx}$):		C6 - Espessura máxima:		C10 - Prof. da risc. máx.				1 Bobine (50 m):					
C3 - Ovalização ($d_{int,máx} - d_{int,min}$):		C7 - Largura da risc. mín.		C11 -				1 Bobine (100 m):					
C4 - Curvatura:		C8 - Largura da risc. máx.		C12 -				1 Vara (m):					
CARACTERÍSTICAS BASE DO PRODUTO													
Cor base:		Nº de riscas:		Marcação :									
Guia: ☐ Sim ☐ Não		Cor das riscas:											
CARACTERÍSTICAS FINAIS DA BOBINE / VARA													
Bobines (m):		100		50		Cor do fio:		Nº de tampões:		2		Cor dos tampões:	
Diâmetro Interior:				(mm)		Nº de fios interiores:		Nº de etiquetas:					
Largura:				(mm)		Nº de fios exteriores:		Colocação:					
Nº de voltas:				(mm)				Impressão:					
Diâmetro exterior:				(mm)									
ACONDICIONAMENTO / EMBALAGEM													
Caixa de Cartão:				Cor fio volume:		Nº bobines / volume:		Paletização: Sim ☐ Não ☒					
Nº unidades / caixa:				Nº de etiquetas:		Colocação:		Nº Varas / palete:					
Manga (papel, manga plástica, filme retráctil):				Impressão:		GAMA:		IT aplicável:					
Cor da manga:				PN (bar):		ø x esp. (mm):		Nº Atados/Paleta					
Nº bobines / varas:				COMP.:									
Elaborado (DES) / Data													
Aprovado (ADM) / Data													
SI 043.02		Manuel Nunes/ Fernando Leite		___ / ___ / ___		___ / ___ / ___		___ / ___ / ___					

ENROLAMENTO ALTERNATIVO

	A/100	B/100	C/100	D/100	E/100	F/100	A/50	B/50	C/50	D/50
Diâmetro interior										
Largura										
Nº de voltas										
Diâmetro exterior										

PALETIZAÇÃO ESPECIAL

	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D
Travessas										
Prumos										
Nº de Varas										
Dimensão externa										

ANEXO D: Ficha Técnica de Extrusão

alfatubo

FICHA TÉCNICA DE EXTRUSÃO / RETICULAÇÃO

FTER Nº:	
Edição:	
Linha:	B2

Gama: ALFAGAS PE: 80 PN(bar): 4 Ø x e (mm): 110,0 X 10,0 Código:

EXTRUSÃO

EQUIPAMENTOS DA LINHA		Extrusora	
Doseador	Cód. do rolo/ Fuso :	Cód. do fuso:	
Cabeça de Extrusão			
Cód. da cabeça:	Cód. do torpedão:	Postigo do torpedão (mm)	Cód. da feirra/flauta:

Tinas de Vácuo		Tinas de Arrefecimento	
Cód. calibrador:	Cód. discos de transferência:	Nº:	Cód. discos de transferência:
Diâmetro real do calibrador (mm):	Cód. discos de transferência:	Nº:	Cód. discos de transferência:
Cód. meias luas:	Cód. discos de transferência:	Nº:	Cód. discos de transferência:
Cód. disco lubrificação:	Cód. discos metálicos:	Nº:	Cód. discos metálicos:
Cód. Anel de arrefecimento:	Cód. discos borracha:	Nº:	Cód. discos borracha:

Marcadora	Puxo	Ferramentas de Corte	Empilhador de Varas	Enrolador
Cód. :	Cód. do Puxo:	Cód. :	Cód. :	Cód. :
	Nº de moldes:			

PARAMETROS DO PROCESSO												
Temperaturas (°C)												
Extrusora	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12
Adaptador TA1	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Cabeça extrusão	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Co-extrusora	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Cambio Filtro	Z	Z						Z13	Z14	Z15		

Elaborado (DES) / Data _____ Aprovado (ADM) / Data _____

SJ 044.02 _____ Página 1/2

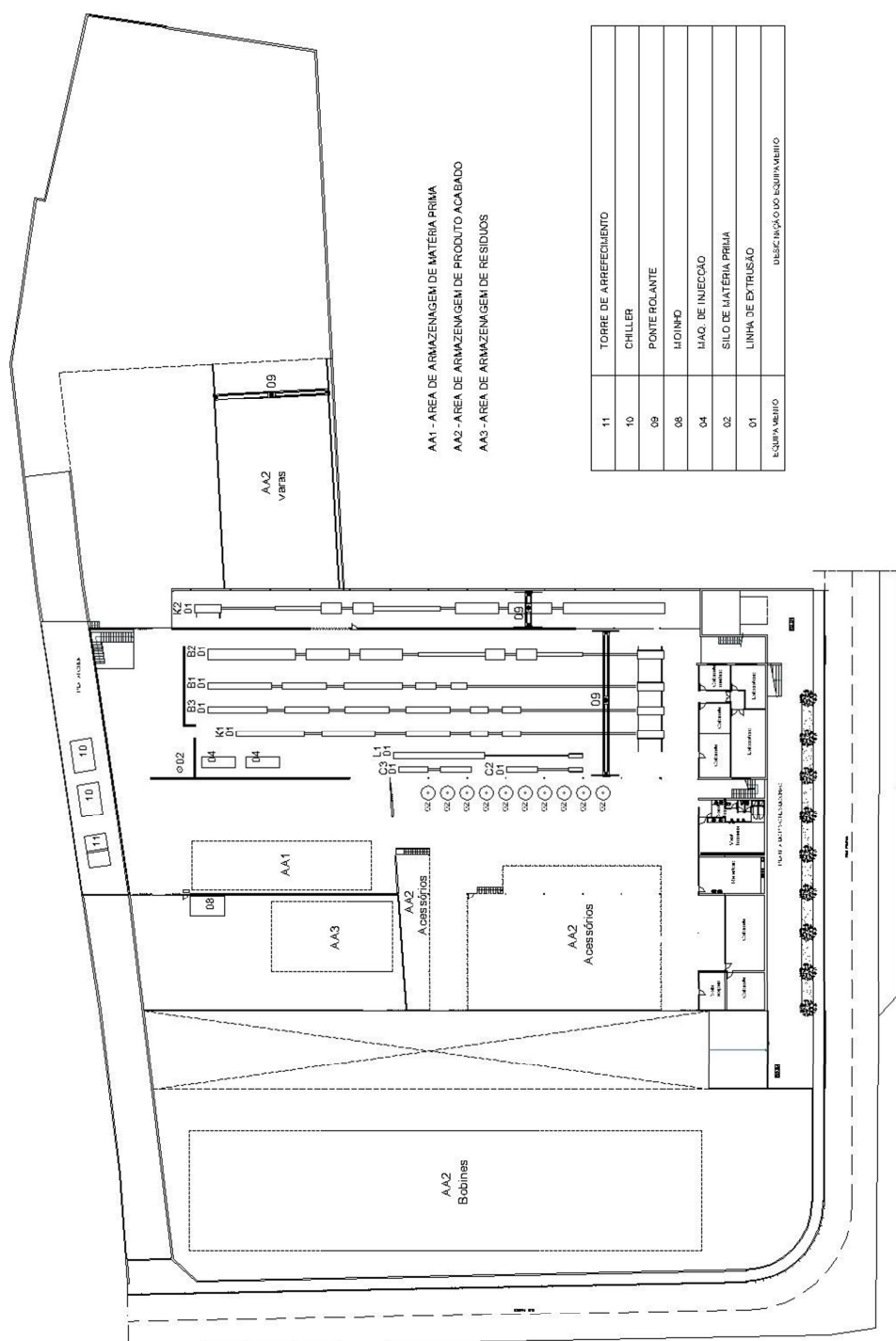
PARAMETROS DE ARRANQUE					
Produto			Velocidade (rpm)		
Peso (kg / m)	Débito (Kg /h):		Extrusora:	Co - extrusora:	Distância do calibrador
Diâmetro (mm):	Esp. min. (mm):		Guincho (m/min):		(mm)
Densidade (g/cm ³):			Puxo:		
Distância entre torpede e fieira da parte de cima (mm)					
Pressão do caudalímetro (bar)			Nível de caudalímetro (l / h)	Desovalizador (mm)	

PARAMETROS DE PRODUÇÃO					
Produto			Velocidade (rpm)		
Peso (kg/m):	Débito (Kg /h):		Extrusora:	Co - extrusora:	Distância do calibrador
Espessura (mm):					(mm)
Diâmetro do tubo à saída das tinas					
Tina de vácuo (1) (mm)			Tina de arrefecimento (1) (mm)	Tina de arrefecimento (2) (mm)	
Doseador					
%	Kg / h:		Tempo (s):	Impulsos:	
Macadora					
Velocidade (m/min):			Velocidade de impressão:	Temperatura (% / Volts):	
Serra					
Comprimento do Tubo (m)			Contração Longitudinal (m):		
Tina Vácuo					
Vácuo ₁ (bar)	Vácuo ₂ (bar)		Temperatura da Água (°C):	Temperatura da Água (°C):	
PARAMETROS DE CONTROLO DO PROCESSO DE EXTRUSÃO (LEITURA)					
Extrusora			Co - Extrusora		
Temperatura de Recuo (°C):	Caudal de recuo (l / h)	Amp(A)/ Binário(%)	Binário (%)		
Cabeça					
Temperatura do Fundido (°C):		Pressão do Fundido (bar):			
Observações:					

SI 044.02

Pagina 2/2

ANEXO E: Planta do rés-do-chão da Alfatubo



ANEXO F: Comparação dos tipos de defeito por cada linha de produção do ano de 2010

Tabela 12 – Tabela referente aos tipos de defeitos produzidos em cada linha de produção do ano 2010, em percentagem

Tipo de Defeito	Linhas de Produção							
	B1	B2	B3	C2	C3	K1	K2	L1
1105-Pele de sapo IOF	-----	-----	-----	-----	-----	0%	-----	-----
2111-Espessura IOF	-----	0%	-----	-----	-----	-----	0%	-----
2118-Arranque/Afinação IOF	61%	67%	58%	58%	48%	43%	63%	31%
2133-Mudança de matéria-prima IOF	10%	9%	4%	-----	35%	6%	5%	4%
3103-Risco/Fenda IOF	0%	0%	-----	-----	-----	0%	-----	-----
1101-Poroso/Humidade	-----	3%	1%	-----	4%	1%	11%	1%
1102-Lixo	1%	2%	1%	-----	-----	1%	-----	3%
1105-Pele de sapo DOF	0%	0%	0%	-----	-----	0%	-----	-----
1109-Contaminado	0%	0%	0%	-----	-----	-----	-----	-----
2104-Material queimado	-----	-----	0%	-----	-----	-----	-----	-----
2107-2Cores	-----	-----	0%	-----	2%	-----	-----	-----
2109-Desperdício de fim OF	0%	1%	0%	-----	-----	0%	14%	0%
2111-Espessura DOF	1%	0%	2%	-----	-----	12%	0%	0%
2112-Diâmetro exterior médio	-----	0%	3%	-----	-----	-----	-----	-----
2113-Descalibrado	-----	-----	-----	-----	-----	0%	-----	-----
2114-Ovalizado	0%	1%	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2115-Falta risca	1%	0%	1%	-----	-----	2%	2%	-----
2116-Marcação errada	1%	0%	-----	-----	-----	-----	-----	0%
2118-Arranque/Afinação DOF	4%	4%	7%	33%	5%	6%	4%	13%
2130-Comprimento	-----	-----	-----	-----	-----	0%	-----	-----
2133-Mudança de matéria-prima DOF	0%	3%	0%	-----	0%	1%	-----	-----
2220-Perfil deformado	0%	-----	-----	9%	3%	1%	-----	-----
2322-Incompleta	2%	0%	1%	-----	3%	3%	-----	11%
3103-Risco/Fenda DOF	11%	9%	7%	-----	-----	14%	1%	7%
3106-Chupados/Ondulados	5%	1%	10%	-----	-----	8%	-----	30%
3117-Falta de marcação	1%	0%	4%	-----	-----	1%	-----	1%
4129-Ensaio de laboratório	-----	-----	0%	-----	-----	-----	-----	-----
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Antes de se analisar a tabela 12 é preciso considerar que quando aparece “-” significa que o tipo de defeito correspondente não ocorreu. Mas, quando aparece “0%” significa que esse defeito ocorreu nessa linha apesar de não ter um peso significativo.

Através da análise desta tabela consegue-se perceber melhor o peso de cada tipo de defeito numa linha em particular. Assim, é possível referir que as linhas C2, C3, K1 e L1 não têm muitos tipos de defeitos e que na linha L1 no ano de 2010 houve um grande desperdício associado ao defeito “Chupados/Ondulados”. É possível chegar a várias conclusões e formar várias questões a partir desta tabela mas, não são relevantes para o desenvolvimento deste projecto.

ANEXO G: Estudo sobre a melhor linha de tendência

Através dos dados iniciais foi possível criar um gráfico de dispersão. Consequentemente foi possível criar uma linha de tendência através do software Excel. Foi utilizado equações polinomiais de grau cinco e três porque tinham uma aproximação aos valores (R^2) de 1 e 0,9999 respectivamente, também foi utilizado uma equação potencial com um R^2 de 0,9971.

Sabe-se que quando o SDR tende para 2, valor mínimo, o comprimento específico de arrefecimento tende para infinito e quando o SDR tende para infinito o comprimento específico de arrefecimento tende para 0.

O valor mínimo de SDR é 2 porque no máximo a espessura do tubo é igual ao raio, acontece quando o tubo é todo feito de material. Como o diâmetro externo pode ser substituído por duas vezes o raio obtém-se o valor 2 pelo quociente do cálculo do SDR.

Contudo não existem muitos valores de SDR e portanto as equações polinomiais podiam aproximar-se melhor ao intervalo compreendido entre o SDR 7,4 e SDR 41. Esse estudo é apresentado na tabela 13 onde os valores reais são os valores retirados da referência Polyolefins (2005) e tidos como certos e tendo por base as equações de cada linha de tendência, onde y é o comprimento específico de arrefecimento e x é o SDR.

Equação da linha de tendência polinomial de grau 5:

$$y = 4 \times 10^{-9}x^5 - 5 \times 10^{-7}x^4 + 2 \times 10^{-5}x^3 - 7 \times 10^{-5}x^2 - 0,0072x + 0,1315$$

Equação da linha de tendência polinomial de grau 3:

$$y = -3 \times 10^{-6}x^3 + 0,0003x^2 - 0,0105x + 0,1418$$

Equação da linha de tendência potencial:

$$y = 0,5674x^{-0,961}$$

Tabela 13 – Tabela onde são apresentados os valores arredondados conforme o valor real das linhas de tendência

SDR	Valor real	Pol. grau 5	Pol. grau 3	Potencial
7,4	0,080	0,080	0,080	0,080
11	0,060	0,060	0,060	0,060
17,6	0,036	0,051	0,034	0,036
26	0,024	0,068	0,019	0,025
33	0,020	0,100	0,010	0,020
41	0,016	0,148	0,009	0,016

Pela análise da tabela constata-se que inicialmente (SDR 7,4 e SDR 11) todas as equações têm valores idênticos aos reais. Porém, depois as equações polinomiais divergem dos valores reais continuando unicamente a equação potencial próxima, se não igual, dos valores reais.

De seguida apresenta-se a figura 7 relativa ao gráfico de dispersão e com a linha de tendência potencial.

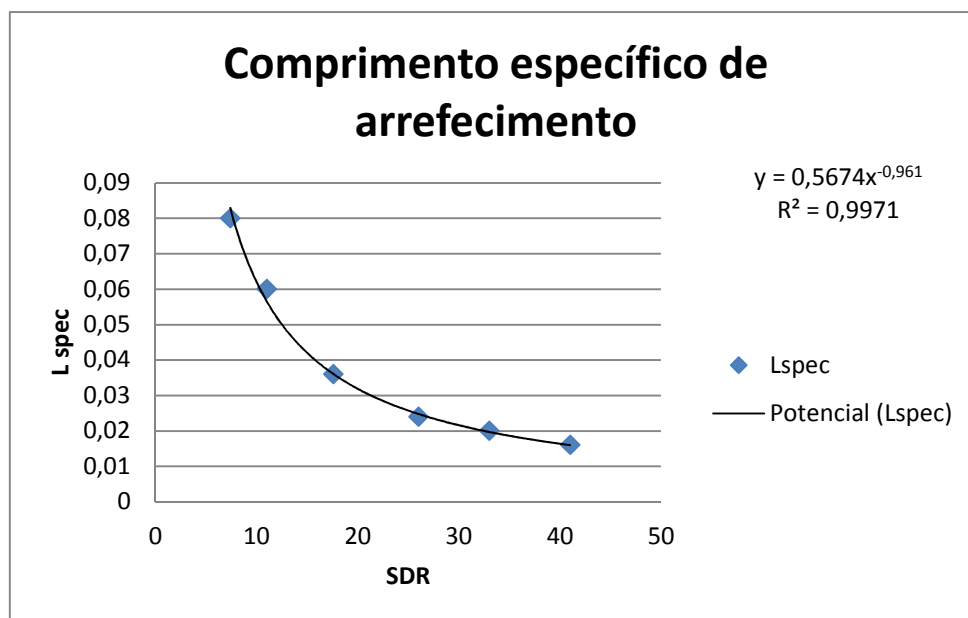


Figura 7 – Gráfico de dispersão relativo ao comprimento específico de arrefecimento em função do SDR e com a linha de tendência potencial

ANEXO H: Análise das velocidades

SDR 9

Para um SDR 9 o L_{spec} é de 0,069 (tabela 6)

Tubo PEAD PE 80 PN 16 063x071 – 100mts

$\dot{m}$ (debito da extrusora) = 206,1kg/h

Velocidade de produção = 2,73m/min

Peso/metro = 1,260kg/m

Através da equação (5):

$$L_{tot} = 0,069 \text{ m} \cdot \text{h/kg} \times 206,1 \text{ kg/h} = 14,2 \text{ metros}$$

Contudo existe 22 metros de arrefecimento em tinas. Logo, fazendo o cálculo inverso tendo como incógnita o débito irá saber-se qual o débito máximo para o comprimento máximo de arrefecimento da linha.

$$\dot{m} = \frac{22 \text{ m}}{0,069 \text{ m} \cdot \text{kg/h}} = 318 \text{ kg/h}$$

Com o débito máximo e o peso por metro é possível saber qual seria a velocidade máxima de produção.

$$\frac{318 \text{ kg/h}}{1,26 \text{ kg/m}} = 252,4 \text{ m/h}$$

$$\frac{252,4 \text{ m/h}}{60 \text{ min/h}} = 4,21 \text{ m/min}$$

A velocidade óptima tendo só em consideração dos pressupostos referidos acima, sem restrições de organização da empresa nem das condições da mesma constata-se um aumento da velocidade de 2,73m/min para 4,21m/min.

SDR 11

Para um SDR 11 o L_{spec} é de 0,06 (tabela 5)

Para um comprimento de 22m e com o L_{spec} calcula-se o débito máximo que é 366kg/h. Assim, é simples saber se a velocidade de uma produção está otimizada pela simples comparação do débito teórico com o real.

Tubo PEAD PE 100 PN 16 125x114 – 915mm

$$\dot{m} = 410\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 1,65\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 4,119\text{kg/m}$$

$$L_{\text{tot}} = 24,6\text{m}$$

Vara PEAD SN PE 100 PN 16 200x182 – 13,5mts

$$\dot{m} = 530\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 0,85\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 10,503\text{kg/m}$$

$$L_{\text{tot}} = 31,8\text{m}$$

Vara GAS PE 80 PN 4 110x100 – 12mts

$$\dot{m} = 450\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 2,5\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 3,175\text{kg/m}$$

$$L_{\text{tot}} = 27\text{m}$$

Tubo Gas PE 80 PN 4 063x058 – 100mts

$$\dot{m} = 385\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 6,05\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 1,058\text{kg/m}$$

$$L_{\text{tot}} = 23,1\text{m}$$

Vara PEAD PE 100 PN 6 200x182 – 12mts

$$\dot{m} = 600\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 0,97\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 10,300\text{kg/m}$$

$$L_{\text{tot}} = 36\text{m}$$

Vara PEAD SN PE 100 PN 6 225x205 – 6mts

$$\dot{m} = 435\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 0,55\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 13,295\text{kg/m}$$

$$L_{\text{tot}} = 26,1\text{m}$$

CAB FD PE 100 PN 16 110x100 – 6mts

$$\dot{m} = 460\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 2,40\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 3,17\text{kg/m}$$

$$L_{\text{tot}} = 27,6\text{m}$$

Vara PEAD PE 100 PN 16 110x100 – 6mts

$$\dot{m} = 475\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 2,51\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 3,174\text{kg/m}$$

$$L_{\text{tot}} = 28,5\text{m}$$

SDR 13,6

Para um SDR 13,6 o L_{spec} é de 0,046 (tabela 6)

Para um comprimento de 22m e com o L_{spec} calcula-se o débito máximo que é 478kg/h.

Tubo PEAD PE 80 PN 10 090x067 – 100mts

$$\dot{m} = 310\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 2,95\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 1,830\text{kg/m}$$

$$\text{Velocidade óptima} = 4,35\text{m/min}$$

SDR 17

Para um SDR 17 o L_{spec} é de 0,037 (tabela 6)

Para um comprimento de 22m e com o L_{spec} calcula-se o débito máximo que é 595kg/h.

Tubo PEAD PE 100 PN 10 063x038 – 100mts

$$\dot{m} = 240\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 5,48\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 0,722\text{kg/m}$$

$$\text{Velocidade óptima} = 13,7\text{m/min.}$$

Contudo, o “puxo” tem o limite de 10,0m/min logo, esta produção apesar de teoricamente poder atingir velocidades de 13,7m/min, o máximo só pode ser 10,0m/min por restrições da própria linha.

Tubo PEAD PE 100 PN 10 200x119 – 12mts

$$\dot{m} = 600\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 1,42\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 7,118\text{kg/m}$$

$$L_{\text{tot}} = 22,2\text{m}$$

Tubo PEAD PE 100 PN _ 075x045 – 100mts

$$\dot{m} = 277\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 4,51\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 0,991\text{kg/m}$$

$$\text{Velocidade óptima} = 10,0\text{m/min.}$$

Vara PEAD PE 100 PN 10 090x054 – 12mts

$$\dot{m} = 265\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 3,01\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 1,445\text{kg/m}$$

$$\text{Velocidade óptima} = 6,86\text{m/min.}$$

Vara PEAD PE 100 PN 10 125x074 – 11,8mts

$$\dot{m} = 500\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 3,1\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 2,783\text{kg/m}$$

$$\text{Velocidade óptima} = 3,6\text{m/min.}$$

Tubo PEAD PE 100 PN 10 090x054 – 100mts

$$\dot{m} = 240\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 2,72\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 1,457\text{kg/m}$$

$$\text{Velocidade óptima} = 6,86\text{m/min.}$$

Tubo PEAD PE 100 PN 10 110x066 – 100mts

$$\dot{m} = 260\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 2,00\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 2,182\text{kg/m}$$

$$\text{Velocidade óptima} = 4,54\text{m/min.}$$

SDR 17,6

Para um SDR 17,6 o L_{spec} é de 0,036 (tabela 5)

Para um comprimento de 22m e com o L_{spec} calcula-se o débito máximo que é 611kg/h.

Vara GAS PE 100 PN 4 160x091 – 12mts

$$\dot{m} = 600\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 2,30\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 4,390\text{kg/m}$$

$$L_{\text{tot}} = 21,6\text{m}$$

SDR 26

Para um SDR 26 o L_{spec} é de 0,024 (tabela 5)

Para um comprimento de 22m e com o L_{spec} calcula-se o débito máximo que é 917kg/h.

Vara PEAD PE 100 PN 6 125x048 – 12mts

$$\dot{m} = 325\text{kg/h}$$

$$\text{Velocidade de produção} = 2,8\text{m/min}$$

$$\text{Peso/metro} = 1,800\text{kg/m}$$

$$\text{Velocidade óptima} = 5,56\text{m/min.}$$

ANEXO I: Melhoria dos 5S na banca de ferramentas

Antes:



Figura 8 – Disposição das ferramentas nas bancas de arrumo. Da esquerda para a direita: B2, B1, B3 e K1.



Figura 9 – Ampliação da figura 8 da banca de arrumo das ferramentas pequenas.

Depois:



Figura 10 – Banca de arrumo das ferramentas que está entre as linhas B3 e K1 depois da melhoria dos 5S

ANEXO J: Documento CSS – Contextualização, Sensibilização e Sugestões



Eu sou o Paulo Lopes e estou a realizar uma dissertação cujo objectivo é de melhorar/optimizar os fluxos de uma linha de produção.

Como tal, observei que se demorava muito tempo na mudança de uma linha de produção e que poderia ser melhorado. Para suportar tal facto baseei-me no conceito SMED (Single Minute Exchange Die) em português, mudança de uma máquina num dígito de minuto (menos de 10 minutos). Shigeo Shingo em 1950 na Toyota foi o grande impulsionador e criador desta metodologia.

Shingo observou que existia muitas operações que não acrescentavam valor nenhum ao produto final (desperdícios) como transporte de ferramentas ou ajuste de máquinas enquanto estas estavam paradas e podiam ser feitas enquanto estavam em produção. Assim ele identificou dois tipos de operações:

- **Operações internas:** Estas operações só podem ser feitas enquanto a máquina estiver parada. Exemplo é o caso da alteração da fiação e do torpedo. Isto não pode ser feito com a extrusora a debitar material;
- **Operações externas:** Estas operações podem ser efectuadas enquanto a linha está em produção. Como por exemplo o aquecimento do torpedo, pode ser aquecido enquanto a linha ainda estiver a produzir a ordem de fabrico anterior. Ou por exemplo afinar a marcadora.

Após esta classificação de todas as operações numa máquina ele tentou num processo contínuo de melhoria transformar as operações internas em operações externas de forma a reduzir o tempo de alteração da máquina e aumentar a flexibilidade e rapidez de resposta da empresa às encomendas dos clientes.

Em 1950 a mudança da ferramenta de uma grande prensa demorava várias horas. Em 1960 essa mesma mudança só demorava 15 minutos. E em 1970 esse tempo foi reduzido para 3 minutos.

Outro exemplo desta aplicação são as corridas de Fórmula 1, onde uma corrida pode ser ganha ou perdida nas boxes. Nas boxes todas as alterações são feitas com muita precisão e no tempo certo.

Isto também pode ser realizado na Alfatubo, mas para tal é preciso a colaboração de todas as pessoas. Por isso mesmo peço a sua colaboração para tornar a Alfatubo numa empresa melhor e mais competitiva. Como pessoa que já mudou várias e muitas vezes linhas de produção, leia com atenção os passos por mim idealizados como uma mudança "perfeita" nas condições existentes actualmente na Alfatubo, e se discordar ou se tiver uma sequência que ache melhor exponha-a na folha seguinte. Se tiver sugestões de como tornar uma operação interna em externa, ou se achar que falta alguma operação exponha-a também nas sugestões.



Operador 1 – cabeça extrusora

1. Colocar o torpedo a aquecer e preparar novas ferramentas. Para tal coloca-las numa banca móvel perto da extrusora. (fieira, torpedo, acessórios se necessários e calibrador);
2. Parar a extrusora e afastar tina de vácuo;
3. Cortar o material e fechar o tubo (para não entrar água);
4. Limpar o excesso de material da fieira;
5. Tirar a fieira e resistência;
6. Limpar o excesso de material do torpedo;
7. Retirar o torpedo e proceder à limpeza do material na cabeça da extrusora;
8. Meter novo torpedo;
9. Colocar a fieira e resistência. Deixar a aquecer;
10. Substituir M.P. Co-extrusora e iniciar o débito da mesma para uma redução dos desperdícios (se necessário);
11. Tirar calibrador;
12. Colocar novo calibrador e limpa-lo;
13. Se a fieira já estiver quente aperta-la correctamente, se não;
 - a. Ajustar os input's da extrusora;
 - b. Ajudar a colocar o tubo-guia;
14. Substituir M.P. extrusora;
15. Fundir o tubo-guia (vara) ao material;
16. Controlar e apontar os valores da extrusora;
17. Aprovar a O.F.

Operações 2 a 14 são operações internas

Depois da 13ª seguir a evolução do tubo

Operador 2 – resto da linha

1. Preparar os vedantes e suportes das tinas de arrefecimento e vácuo;
2. Ir substituindo os vedantes e suportes à medida que forem ficando livres;
3. Ir escoando o tubo da O.F. anterior;
4. Alternar entre os pontos 2 e 3 sempre que necessário, mas dando prioridade ao ponto 2;
5. Quando for possível libertar (levantar) o marcador;
6. Se for possível acelerar a velocidade do tubo não conforme e/ou conforme para corta-lo e arruma-lo (é possível e por vezes fazem na K2, mas é raro fazerem nas outras linhas de produção);
7. Levantar o puxo e a serra;
8. Afinar o puxo e a serra;
9. Colocar o tubo-guia (vara, nome da produção);
10. Depois da fusão (soldadura) do tubo guia ao material afinar os suportes inferiores das tinas;
11. Preparar o marcador e ajustar;
12. Retirar as varas do tubo-guia;
13. Retirar e cortar os desperdícios.

Operações 7 a 9 são operações internas

Depois da 10ª operação seguir a evolução do tubo



Exponha aqui a sua sequência ideal. Utilize os números da minha sequência como sendo os números correspondentes à respectiva operação, evitando escrever a operação bastando simplesmente escrever o número. Assim o número 11 do operador 1 corresponde a tirar o calibrador independentemente de estar, ou não, na 11ª posição da sua sequência:

Operador 1		Operador 2	
Ordem	A sua sequência	Ordem	A sua sequência
1º		1º	
2º		2º	
3º		3º	
4º		4º	
5º		5º	
6º		6º	
7º		7º	
8º		8º	
9º		9º	
10º		10º	
11º		11º	
12º		12º	
13º		13º	
14º		14º	
15º		15º	
16º		16º	
17º		17º	

Sugestões:

Nome: _____

Turno: _____

Obrigado pela sua colaboração!

ANEXO K: Mudança de uma Linha



Operador 1 – cabeça extrusora

Operador 2 – resto da linha (caso seja necessário mudar o diâmetro ou matéria-prima)

1. Ler o dossier e a ordem de fabrico

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 2. Colocar o torpedo a aquecer e preparar novas ferramentas. Para tal colocá-las num local perto da extrusora. (fieira, torpedo, acessórios <u>se necessários</u> e calibrador); 3. Parar a extrusora e afastar tina de vácuo; 4. Cortar o material e fechar o tubo (para não entrar água – <u>se necessário</u>); 5. Limpar o excesso de material da extrusora; 6. Tirar a resistência e fieira; 7. Limpar o excesso de material da fieira e do torpedo; 8. Retirar o torpedo e proceder à limpeza do material na cabeça da extrusora; 9. Meter novo torpedo; 10. Colocar a fieira e resistência. Deixar a aquecer; 11. Substituir M.P. Co-extrusora e iniciar o débito da mesma para uma redução dos desperdícios (<u>se necessário e não existir operador 2</u>); 12. Tirar calibrador; 13. Colocar novo calibrador e limpá-lo; 14. Se a fieira já estiver quente apertá-la correctamente, se não: <ol style="list-style-type: none"> a. Ajustar os input's da extrusora; b. Ajudar a colocar o tubo-guia; 15. Substituir M.P. extrusora (<u>se necessário e não existir operador 2</u>); 16. Fundir o tubo-guia (vara) ao material; 17. Controlar e apontar os valores da extrusora; 18. Aprovar a O.F. | <ol style="list-style-type: none"> 2. Preparar os vedantes e suportes das tinas de arrefecimento e vácuo; 3. Ir escoando o tubo da O.F. anterior; 4. Ir substituindo os vedantes e meias-luas à medida que forem ficando livres; <u>baixar os suportes inferiores das tinas</u>; 5. Alternar entre os pontos 3 e 4 <u>sempre que necessário</u>, mas dando prioridade ao ponto 3; 6. Quando for possível libertar (levantar) o marcador; 7. Substituir M.P. Co-extrusora e iniciar o débito da mesma para uma redução dos desperdícios (<u>se for possível</u>); 8. Substituir M.P. extrusora (<u>se for possível</u>); 9. Afinar enrolador se não for possível efectuar antes por estar a ser utilizado na OF anterior; 10. Levantar o puxo, abrir a serra e levantar o rotor; 11. Afinar o puxo e a serra; 12. Colocar o tubo-guia (vara, nome da produção) e afinar os suportes inferiores das tinas à medida que se coloca o tubo-guia; 13. Baixar o rotor; 14. Preparar o marcador e ajustá-lo depois da fusão (soldadura) do tubo guia ao material; 15. Conferir a mensagem; 16. Retirar as varas do tubo-guia; 17. Cortar e retirar os desperdícios. |
|--|---|



O que foi alterado:

- Foi explicado melhor o tipo de mudança e quando é essencial a necessidade de certas operações:
 - As operações internas estão a vermelho para mais facilmente serem identificadas;
 - Certas operações podem não ser necessárias dependendo do tipo de mudança. Estas estão sublinhadas para uma melhor identificação;
- Criou-se operações correspondentes às operações 11 e 15 do operador 1 no operador 2, dando prioridade ao operador 2. Contudo neste ponto deve existir um espírito de entre ajuda entre os operadores. O fundamental é diminuir o tempo de mudança da linha e não criar confusões entre operadores.
- Acrescentou-se a operação afinar o enrolador;
- Foi adicionado levantar e baixar o rotor, operações fundamentais ao bom funcionamento da produção;
- Foi adicionado operações que, como são tão simples mas, essenciais como ler o dossier e a ordem de fabrico e confirmar a mensagem, passaram despercebidas apesar de poderem causar grandes desperdícios se não se tiver muita atenção à sua execução.

Sugestões e Críticas para esta metodologia ter resultados positivos:

- **Problemas que têm de se resolvidos dentro dos próprios turnos apesar de ser necessário a ajuda das chefias:**
 - Falta de espírito de equipa – Não havendo espírito de equipa pode gerar conflitos. Estes conflitos geram necessariamente rivalidades dentro do turno.
 - É necessário mais união do grupo
 - Concentração em fazer o seu trabalho da melhor forma possível sem comparar com outros colaboradores numa posição hierárquica superior.
 - Operadores com linhas onde as tarefas são mais fáceis podiam sair das suas tarefas e ir preparar as mudanças de outras linhas
 - Falha de comunicação entre operadores;
 - Muito trabalho é feito de cor;
 - “Para mim esta folha serviu para aprender de forma mais rápida a ter uma noção da mudança de máquinas” frase dita por um operador;
 - Se todos seguirem os passos, a mudança da linha será mais eficaz
- **Problemas da organização da empresa e das chefias:**
 - Haver um tratamento dos operadores com mais respeito
 - Os chefes podiam ser mais compreensivos quando estão a ensinar;
 - Explicar o porquê das coisas para facilitar a aprendizagem;
 - Maior valorização dos operadores;

Sede:
Rua Ponte - Paços
4410-034 Serzedo
Porto - Portugal

Contactos:
T +351 227 537 131/ 0 6
F +351 227 532 262/ 6444
www.alfatubo.pt

Correio:
Apartado 1032
4416-801 Grijó
comercial@alfatubo.pt

Certificação: CERTIF
NP EN ISO 9001:2008
NP 4397:2008



- Depende da carga de trabalho existente (numero de linhas a serem mudadas) e do numero de operadores existentes
- Existência de mais ferramentas;
- Melhor organização, responsabilização e mais disponibilidade;
- Melhor organização no planeamento das operações:
 - Ter em consideração as horas de almoço e de jantar;
 - Melhor identificação das operações importantes para efectivamente se dar importância às operações realmente importantes;
 - Não haver mais do que uma produção do mesmo produto em linhas diferentes.

Observações de tempos de mudanças:

Se for retirado os tempos perdidos a não fazer nada enquanto se muda a linha (considerar que houve uma total concentração na alteração da linha). Se for retirado o tempo perdido para arrancar com a produção, devido à alteração do turno, entre outras razões. Observei os seguintes tempos de mudança na linha B2:

- Um operador que já tenha mudado a linha algumas vezes consegue mudá-la em 25% do tempo de setup se não for preciso mudar o diâmetro, ou seja, não é preciso colocar o tubo-guia;
- Dois operadores que já tenham mudado a linha algumas vezes conseguem mudar toda a linha e todos os seus componentes (extrusora e diâmetro) em apenas 25% do tempo;
- Um operador que já tenha experiência consegue mudar a linha toda e os seus componentes (extrusora e diâmetro) com a ajuda pontual de outro operador em 50% do tempo;

Informações obtidas em conversas:

- Se for preciso mudar a linha toda com todos os seus componentes (extrusora e diâmetro) o chefe de turno X demora 37,5% do tempo;
- O operador RS demora 14% do tempo de setup a mudar a extrusora e o calibrador SE tiver preparado a mudança e as ferramentas que irá utilizar.

Objectivos com esta optimização:

Uniformização da mudança de linhas e diminuir os erros efectuados na alteração da linha. Quero com isto dizer, que todos consigam mudar as linhas de uma forma idêntica quer a nível de tempos de mudança quer a nível de sequência. Para tal foi criado um 1º objectivo.

1º Objectivo:

- Mudar a linha de produção sem tubo-guia por 1 operador 42% do tempo de setup;
- 2 Operadores a mudar toda a linha (extrusora e diâmetro) demorem 42% do tempo;
- 1 Operador com a ajuda parcial de um outro demorar 67% para mudar a linha toda.

Sede:
Rua Poente - Paços
4410-034 Serzedo
Porto - Portugal

Contactos:
T +351 227 537 131/ 0 8
F +351 227 532 262/ 6444
www.alfatubo.pt

Correio:
Apartado 1032
4416-801 Grijó
comercial@alfatubo.pt

Certificação: CERTIF
NP EN ISO 9001:2008
NP 4397:2008