

Levantamento e análise de requisitos de operação para implementação de um sistema de informação de execução fabril

Pedro Trigo Rodrigues Franco Miranda

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. José Barros Basto

Orientador na Empresa: Eng.º José Trindade



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2016-07-04

Resumo

Este documento apresenta um levantamento de requisitos, por operação, para implementação de um sistema de execução fabril do tipo MES – *Manufacturing Execution System* na Unidade Industrial Top Series do grupo Amorim & Irmãos, SA.

Os principais problemas encontrados atualmente prendem-se com longos tempos de ciclo de operações, controlo de processos insuficiente, inserção de dados manual pouco expedita e elevado nível de produtos em curso de fabrico. Com vista a reverter esta situação, foi idelizado um sistema de informação capaz de recolher dados, de forma automática e em tempo real, relativos a registos de produção, consumo de matérias primas, controlo de processos e rastreabilidade de produtos. Para tal, foi analisada inicialmente a situação atual da Top Series e o seu processo produtivo, definindo-se os requisitos funcionais a serem cumpridos pelo MES. Posteriormente, procedeu-se à análise de cada operação caracterizando o tipo de dados e definindo as variáveis a serem recolhidas bem como os resultados que se pretendem obter com a utilização deste sistema.

Após a implementação e integração do MES, espera-se que esteja assegurada e monitorizada a rastreabilidade dos produtos, haja uma maior robustez do controlo dos processos e seja reduzido o volume de inserção de dados manuais. A realização deste trabalho, configura a primeira etapa para implementação do sistema. Concluída esta fase, será possível proceder ao desenvolvimento informático do seu *software* estando já acauteladas as especificações que se requerem ao sistema.

Gathering and analysis of operation requirements for implementing a Manufacturing Execution System

Abstract

This document presents a gathering of requirements, by operation, for implementing a MES – Manufacturing Execution System, at the Industrial Unit Top Series, Amorim & Irmãos, SA.

The main issues found to this day, refer to long operation cycle times, insufficient process control, slow manual data insertion and high level of work in progress. Aiming to revert this situation, an information system able to automatically and in real time collect information regarding production data, material consumption, process control and traceability was conceived. To that end, the current situation and the production process of Top Series was characterized, defining the functional specifications of the MES system. In addition, each process was individually analyzed and the collectable data and variables were defined as well as the type of results expected using this information system.

After the implementation and integration of the MES system, it is expected that product monitoring and traceability is assured, process control is strengthen and the volume of manual data insertion is reduced. The work on this document presents itself as the first step for implementing this system. Having completed this phase and defined the system's specifications, it would now be possible to initiate the information system software development.

Agradecimentos

Ao Eng.º José Trindade, meu orientador na empresa, pelo acompanhamento do trabalho realizado e pelo conhecimento e sugestões transmitidas no decorrer do projeto.

A todos os colaboradores do Grupo Amorim, que sempre se mostraram disponíveis para esclarecer as minhas questões. Em especial ao Gil Dias que pelo seu dinamismo e iniciativa auxiliou a minha integração na empresa.

Ao Prof. José Barros Basto, meu orientador na FEUP, pela disponibilidade demonstrada e supervisão do projeto ao longo da sua realização.

A todas as pessoas do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da FEUP, que ao longo dos últimos anos contribuíram para a minha formação académica e me acompanharam durante esta jornada.

Numa vertente pessoal, gostaria de agradecer aos meus pais e à minha irmã, que eu admiro como pessoas e que me inspiram como profissionais. O apoio e interesse evidenciado, não só durante a dissertação, mas em todas as fases da minha vida, foram sempre além daquilo que seria expectável. Pelos valores transmitidos e pelas oportunidades que me deram devo-lhes aquilo que sou hoje e constituirão sempre os alicerces em que me poderei apoiar perante os desafios futuros.

Durante a elaboração da dissertação, foi sem dúvida importante o papel dos amigos que nesta fase se mostraram presentes e me ajudaram nos momentos difíceis. As palavras de incentivo, a preocupação demonstrada ou o simples convívio, serviram como fonte de motivação e ânimo para seguir o meu caminho. Neste grupo de pessoas, gostaria de agradecer em especial ao Pinto, Leonildo, Ricardo, Rafa e João Diogo que aqui merecem um justo destaque pelo grande apoio que me deram numa fase que acabou por ser também tão marcante na minha vida pessoal.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	Amorim & Irmãos, SA – Top Series Unit	1
1.3	Problema proposto e objetivos do projeto	3
1.4	Método seguido no projeto	4
1.5	Estrutura da dissertação	4
2	Enquadramento teórico	5
2.1	Sistemas de informação na indústria	5
2.2	Sistemas de informação de execução da produção MES	5
2.3	Guias e standards para implementação de sistemas MES	9
2.3.1	MESA International	9
2.3.2	ISA S95	10
2.4	Desafios da implementação de sistemas de execução de produção	11
2.5	O MES como apoio ao <i>Lean Sigma</i>	12
2.6	Resultados esperados da implementação de um MES	13
3	Processo produtivo na Top Series Unit e requisitos funcionais do sistema MES	14
3.1	Processo produtivo na Top Series Unit	14
3.2	Estrutura dos sistemas de informação	17
3.3	Fluxo de informação atual	17
3.4	Requisitos de funcionalidades transversais do MES	18
4	Análise de processos e levantamento de requisitos por operação	23
4.1	Detalhes da solução proposta	23
4.1.1	Considerações iniciais	23
4.1.2	Soluções tecnológicas e automação	23
4.2	Definição e levantamento de requisitos por operação	24
4.2.1	Escolha Eletrónica/Manual	24
4.2.2	Acabamentos Mecânicos	26
4.2.3	Lavação	27
4.2.4	Estufa ROSA	29
4.2.5	Tratamento	31
4.2.6	Injeção de Cápsula	32
4.2.7	Escolha de Cápsula	34
4.2.8	Gravação/Estampagem	35
4.2.9	Capsulagem	37
4.2.10	Escolha de Rolha Capsulada	38
4.3	Necessidades de material e procedimentos de operação	40
5	Simulação de resultados e conclusões	41
5.1	Simulação de relatório de processo e interface com utilizador	41
5.2	Desenvolvimentos futuros	45
5.3	Conclusão	45
	Referências	46
ANEXO A:	Fluxograma processos Top Series Unit	47
ANEXO B:	Layout Top Series Unit	50
ANEXO C:	<i>Template</i> de requisitos de operação	51
ANEXO D:	Interface MES com utilizador	53

Siglas

AI – Amorim & Irmãos, SA

CEP – Controlo Estatístico do Processo

CIM – *Computer Integrated Manufacturing*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

ISA – *Instrumentation Systems and Automation Society*

KPI – *Key Performance Indicator*

MES – *Manufacturing Execution System*

MESA – *Manufacturing Execution Solutions Association*

ML – Unidade de medida “Milheiro”, 1 ML representa mil rolhas

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OF – Ordem de Fabrico

TCA – Tricloroanisol

TI – Tecnologias de Informação

TSUnit – Top Series Unit

UI – Unidade Industrial

Índice de Figuras

Figura 1 – Sequência de operações na TSUnit	2
Figura 2 – Organigrama Top Series Unit	3
Figura 3 – Horizontes temporais de planeamento nos níveis de produção (adaptado de Kletti, 2007).....	6
Figura 4 – Tipos de Sistemas de Informação existentes numa organização (adaptado de Besteiro, 2010)	7
Figura 5 – Ciclo de informação e posicionamento do MES relativamente a outros SI. Fonte: http://www.ifactoryinc.com/img/mes2.jpg	8
Figura 6 – Integração vertical e horizontal do MES (adaptado Kletti, 2007)	8
Figura 7 – Estrutura dos níveis ISA S95 (adaptado Meyer (2009)).	10
Figura 8 – Interfaces dos níveis da ISA S95 (adaptado Kletti (2007))......	11
Figura 9 – Detecção e exploração de potencial de melhorias com o sistema MES (adaptado de Kletti, 2007).....	12
Figura 10 – Exemplos de artigos produzidos na TSUnit.....	14
Figura 11 – Fluxo de processos da TSUnit (1).....	15
Figura 12 – Fluxo de processos da TSUnit (2).....	16
Figura 13 – Arquitetura dos sistemas de informação	17
Figura 14 – Registos de produção do setor de Acabamentos Mecânicos (esquerda) e Escolha Eletrónica (direita).	18
Figura 15 – Exemplo explicativo da operação de reprocessamento.....	20
Figura 16 – Fluxograma da operação Escolha Eletrónica/Manual.....	25
Figura 17 – Fluxograma da operação Acabamentos Mecânicos	26
Figura 18 – Fluxograma da operação Lavação.....	28
Figura 19 – Fluxograma da operação estufa ROSA	30
Figura 20 – Fluxograma da operação Tratamento.....	31
Figura 21 – Fluxograma da operação Injeção de cápsula.....	33
Figura 22 – Fluxograma da operação Escolha de Cápsula.....	34
Figura 23 – Fluxograma da operação Gravação/Estampagem	36
Figura 24 – Fluxograma da operação Capsulagem	37
Figura 25 – Fluxograma da operação Escolha de Rolha Capsulada.....	39
Figura 26 – Novo formulário de registos de produção da Escolha	41
Figura 27 – Quantidade produzida (ML) por turno e por semana.....	42
Figura 28 – Distribuição (%) das quantidades de consumo por classe	42
Figura 29 – Defeitos por máquina	43
Figura 30 – Desvio de classe após Escolha	43
Figura 31 – Menu Inicial da Escolha Eletrónica	44

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Atividade Top Series	2
Tabela 2 – Necessidades de material por operação	40
Tabela 3 – Desvio de classe após Escolha em relação à classe original	44

1 Introdução

Neste capítulo introdutório, é feito o enquadramento do projeto da presente dissertação e são abordadas as principais temáticas visadas ao longo deste documento. Após a descrição da empresa em que este projeto foi realizado, são delineados os objetivos que se pretendem atingir e a metodologia seguida para os alcançar. Conclui-se esta secção apresentando a estrutura e organização do presente documento.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O tema da presente dissertação prende-se com um levantamento de requisitos de operação para implementação de um sistema de informação a nível do chão de fábrica do tipo MES (*Manufacturing Execution System*) para controlo e gestão do processo produtivo na Unidade Industrial Top Series Unit do grupo Amorim & Irmãos, SA. A criação deste projeto surge de uma necessidade, cada vez mais patente, de obter informação relativa ao rastreio dos artigos produzidos, controlo de processos, registos de produção, consumos de matéria prima e indicadores de desempenho dos processos em tempo real e com o mínimo de intervenção humana possível. Pela sua dimensão, aplicabilidade e tipo de resultados esperados, este é um projeto de grande relevância no contexto em que será aplicado.

1.2 Amorim & Irmãos, SA - Top Series Unit

Constituída em 1922, a empresa Amorim & Irmãos, Lda, (AI) surge a partir da atividade de uma fábrica de produção manual de rolhas de cortiça (Corticeira Amorim) inicialmente fundada em 1870. O crescimento do negócio e uma vasta expansão além-fronteiras deram origem a todo um universo de empresas ligadas à indústria da cortiça e aos seus produtos subsequentes. Este crescimento foi complementado com uma verticalização do negócio. Desta forma, o aprovisionamento de matéria prima é feito através de uma estreita ligação com fornecedores certificados que promovem a sustentabilidade do montado de sobro. Esta visão relaciona-se com os ideais de responsabilidade ambiental e social que desde sempre estiveram implícitos em todas as atividades do Grupo Amorim. Hoje em dia, com quase 150 anos de experiência, a Amorim & Irmãos, SA é líder mundial no setor de vedantes naturais, contando com mais de 20 mil clientes ativos distribuídos por mais de 100 países, preconizando-se como a empresa portuguesa mais internacional da atualidade.

Fazendo jus ao seu lema “nem um só mercado, nem um só cliente, nem uma só divisa, nem um só produto”, a AI adquire a UI RARO, tornando-se a fábrica produtora de rolhas com cápsula para bebidas espirituosas do Grupo. Mais tarde denominada Top Series Unit (TSUnit), esta é uma Unidade Industrial (UI) que apresenta várias especificidades, inerentes ao produto final que fabrica. O facto de trabalhar com rolhas de cortiça e outros materiais como plástico, madeira e vidro, aumenta o nível de complexidade associado ao processo produtivo destes vedantes capsulados.

Apesar de a brocagem – processo de obtenção da rolha a partir da prancha de cortiça – não estar incluída nas operações da TSUnit, todos os passos seguintes até obtenção do produto final e expedição para o cliente, figuram no leque de processos realizados nesta UI. A sequência de operações inicia-se pela compra da rolha cilíndrica (não trabalhada) e de material “não cortiça” (poliestireno, madeira, vidro, produtos químicos) associado ao fabrico da rolha capsulada. Realizado o controlo de qualidade aos itens comprados, estes podem iniciar o processo produtivo propriamente dito. O fluxo de operações, de uma forma “macro”, pode ser observado na Figura 1. De notar ainda que a realização ou não de cada operação depende do tipo de artigo que se deseja produzir.



Figura 1 – Sequência de operações na TSUnit

Na Tabela 1, estão representados alguns dados relativos à atividade desta UI. Os artigos produzidos dividem-se em quatro grandes grupos de rolhas capsuladas – Classic Value, Premium, Elegance e Prestige – sendo que 80% das vendas são representadas por capsuladas do grupo Classic Value a ser aplicadas em garrafas de valor entre 15 € e 25 €.

Tabela 1 – Atividade Top Series

Número de colaboradores	108
Volume de produção (milhões de rolhas)	300
Países para onde comercializa	50+
Número de clientes	700+
Número de referências (em 2015)	760
Formas e dimensões	Personalizado
Famílias de produtos	Natural, Acquamark, Neutrotop

Nos últimos anos, esta UI tem registado um crescimento anual na ordem dos 10% e projeta-se para 2016 um crescimento na mesma ordem de grandeza. A organização funcional da empresa em termos administrativos e respetivas funções está representada no organigrama da Figura 2.

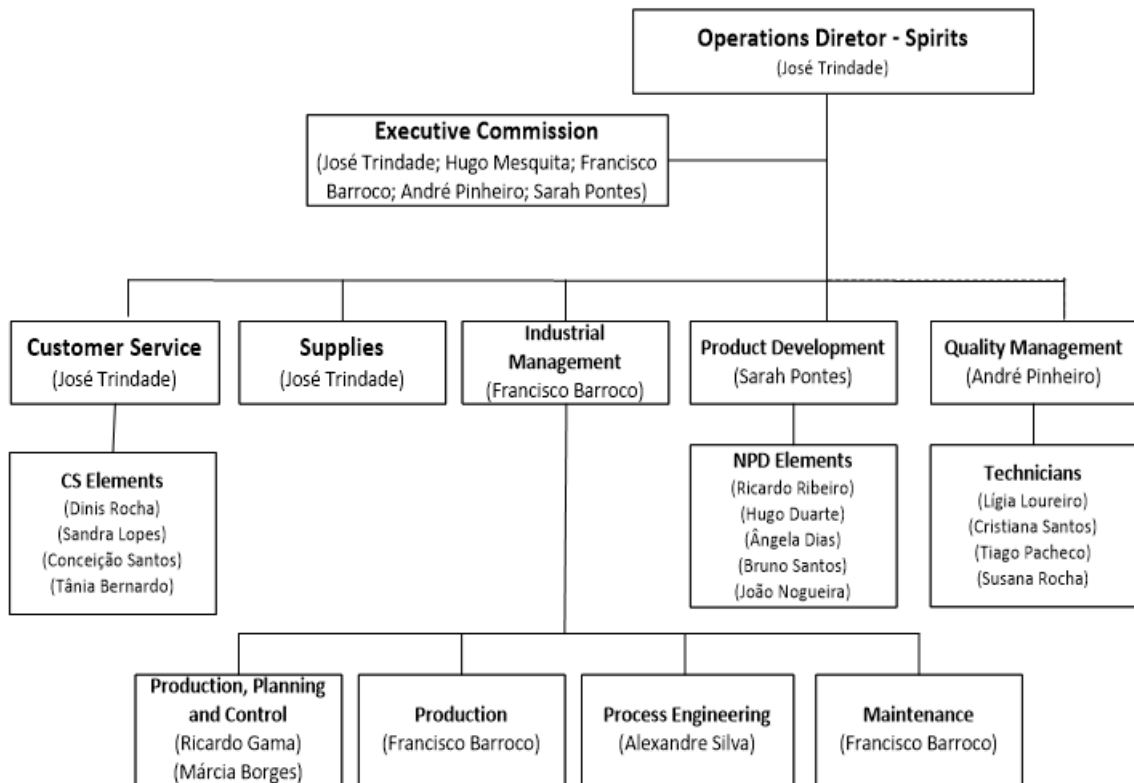


Figura 2 – Organigrama Top Series Unit

1.3 Problema proposto e objetivos do projeto

A atividade operacional diária da empresa levou à identificação de alguns processos com potencial de melhoria. Tendo em conta os recursos humanos e materiais disponíveis, seria possível atingir índices de performance e rentabilidade mais elevados. Os principais problemas encontrados atualmente prendem-se com longos tempos de ciclo de operações, controlo de processos insuficiente, inserção de dados manual pouco expedita e elevado nível de produtos em curso de fabrico.

Integrado no âmbito de implementação de um sistema MES na Amorim & Irmãos, SA, este projeto visa o desenvolvimento de um plano com as soluções mais adequadas para implementação deste sistema, focando-se na recolha de dados de produção, consumo de matérias, rastreabilidade de produto, registos, índices de produtividade e quais as necessidades para o efeito na TSUnit. Este levantamento deverá abranger todos os processos existentes atualmente nesta UI, garantindo simultaneamente a sua aplicabilidade nas restantes UI's do Grupo em que esses processos também se realizem. Com o trabalho desenvolvido para elaboração deste documento, pretende-se que estejam cumpridos os requisitos que possibilitem e sirvam de base ao desenvolvimento informático do *software* MES nesta Unidade Industrial.

Após a implementação e integração do referido sistema de informação espera-se que esteja assegurada e monitorizada a rastreabilidade dos produtos, haja uma maior robustez do controlo dos processos e seja reduzido o volume de inserção de dados manuais.

1.4 Método seguido no projeto

O desenvolvimento do projeto iniciou-se, numa primeira fase, pela integração na empresa e reconhecimento das Unidades Industriais do Grupo onde se pretende implementar o MES. A fase seguinte caracterizou-se por uma série de reuniões com a equipa responsável pelo desenvolvimento do projeto MES na empresa, de onde resultaram os requisitos funcionais que se idealizaram como essenciais a serem cumpridos por este sistema de informação.

Numa fase posterior, foi caracterizado o processo produtivo na TSUnit identificando as operações alvo de análise neste projeto e definido o fluxo de informação atual. Tendo em conta as referidas operações, foi efetuado o levantamento operação a operação dos requisitos necessários para o sistema MES e definido o tipo de informação que se pretende obter a partir do sistema.

1.5 Estrutura da dissertação

O presente documento encontra-se dividido em 5 capítulos, organizados e sumariamente apresentados da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução ao âmbito do projeto e apresentação da empresa em que foi realizado;
- Capítulo 2 – Enquadramento teórico e revisão bibliográfica sobre sistemas MES e conceitos relevantes para abordagem ao tema;
- Capítulo 3 – Detalhes do problema proposto, fluxo de informação atual e descrição do processo produtivo na TSUnit;
- Capítulo 4 – Análise e levantamento de requisitos por operação;
- Capítulo 5 – Simulação de resultados e conclusão.

2 Enquadramento teórico

No presente capítulo, apresentam-se os temas fundamentais abordados ao longo da dissertação apoiados na bibliografia existente, bem como a definição de alguns conceitos inerentes ao projeto. Mais concretamente, pretende-se detalhar o que é um sistema de informação do tipo MES, qual o seu enquadramento na estrutura da empresa, vantagens e desafios da sua implementação. Serão também apresentados os métodos *standard* e guias de implementação destes sistemas de execução fabril existentes na atualidade que servirão de orientação à solução final proposta.

2.1 Sistemas de informação na indústria

O desenvolvimento de sistemas informáticos direcionados para recolha de informação e tratamento de dados de forma sistemática surge a partir dos anos 80. Desde então, estes sistemas preconizavam-se como uma ferramenta útil e com grande aplicabilidade na indústria dando apoio em setores como o planeamento de produção, logística, recursos humanos e controlo do processo produtivo. Neste sentido, as empresas foram criando aplicações específicas para cada setor com o intuito de obter informação relevante de forma expedita. O conjunto destas aplicações conformava o que na altura se denominou de *Computer Integrated Manufacturing* (CIM). A busca pelo aperfeiçoamento destes sistemas foi evoluindo e, segundo Kletti (2007), no início da década de 90, com os sistemas do tipo CIM, deram-se os primeiros passos na integração dos diferentes tipos de sistemas de recolha de dados.

No entanto, apesar do esforço feito no sentido de integração dos diferentes módulos, o desenvolvimento de forma independente deste tipo de aplicações fez com que estes sistemas CIM carecessem de uma infraestrutura organizada, impedindo a comunicação entre setores e a sua exportação para outras empresas, devido à sua especificidade. Com o decorrer dos anos, a disseminação destas Tecnologias de Informação (TI), tanto em termos de *software* como *hardware* a preços cada vez mais acessíveis, permitiu às empresas uma maior capacidade de recolha, processamento e tratamento de dados. Este revela-se um aspeto fulcral, tendo em conta as exigências cada vez mais vincadas por parte dos clientes e a necessidade de diferenciação perante o panorama de mercado competitivo existente na atualidade. As TI ocupam, hoje em dia, um lugar cada vez mais preponderante na atividade das empresas, contemplando sistemas de informação direcionados desde a interação com o cliente, até ao planeamento e aplicações a nível de chão de fábrica.

2.2 Sistemas de informação de execução da produção MES

A evolução dos sistemas de informação ligados à indústria, revelou uma lacuna existente entre as fases ligadas ao planeamento de produção e gestão administrativa e o processo produtivo no chão de fábrica. Os *softwares* ERP (*Enterprise Resource Planning*) cumprem funções como o planeamento, gestão de inventário, vendas e contabilidade. No entanto, como se pode verificar na Figura 3, o horizonte temporal em que operam não se coaduna com o ritmo de acompanhamento necessário para controlo efetivo do processo

produtivo. A informação recolhida pelas tecnologias de chão de fábrica, não sendo por norma compatível com os *softwares* ERP, leva a que muitos registos tenham que ser feitos manualmente, o que implica um grande desfasamento temporal até que os dados sejam analisados. Segundo Kletti, (2007), a ligação entre os níveis de gestão administrativa e produção é muito indireta e os ciclos de comunicação são concebidos com uma resolução de vários dias.

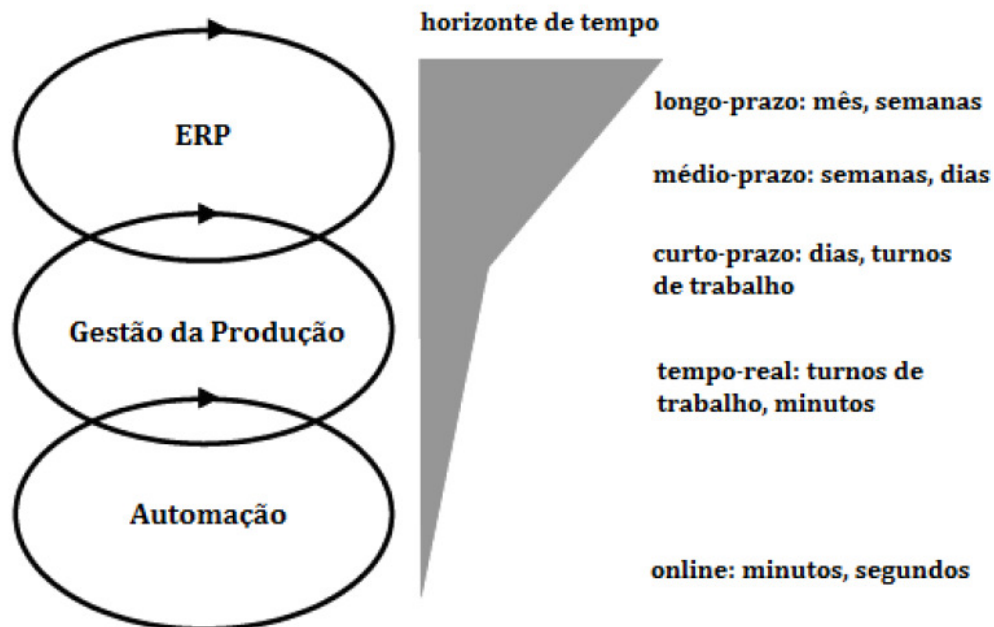


Figura 3 – Horizontes temporais de planeamento nos níveis de produção (adaptado de Kletti, 2007)

Este método de trabalho faz com que a informação recolhida perca relevância (pelo atraso) e fiabilidade (erros nos registos manuais). Segundo Kletti, (2007), o objetivo de aumentar a transparência, capacidade de resposta e eficiência de custos, requer que novos caminhos sejam tomados e haja um incremento de esforços às medidas já introduzidas.

As organizações, reconhecendo a necessidade de obter informação de qualidade e de forma rápida sobre o processo produtivo, realizaram esforços no sentido de construir uma “ponte” entre o planeamento e a execução do produto. A integração destas duas realidades revela-se como fator crucial para o planeamento de produção e tomadas de decisão.

Como forma de colmatar esta lacuna foram criados, num nível de gestão da produção, os sistemas de informação de execução de produção do tipo MES – *Manufacturing Execution Systems*. Um sistema MES trata-se, portanto, segundo Kletti, (2007), de uma integração a nível de chão de fábrica onde várias aplicações destinadas à recolha, análise e processamento de informação estão integradas, numa aplicação que funciona como uma plataforma de integração vertical numa organização.

Através de vários módulos integrados, com diferentes funções, o raio de ação do MES abrange geralmente três grandes áreas – Produção, Qualidade e Recursos Humanos. Desta forma, os sistemas MES requerem interfaces com capacidades de troca de dados em tempo real com ferramentas desde a gestão administrativa até aos autómatos ligados às máquinas no chão de fábrica. Segundo McCellan (1997), os ganhos potenciais com a implementação de um MES, requerem informação atual e em tempo real, que permita aos utilizadores do sistema a tomada de melhores decisões de forma imediata relativamente a inventário, recursos e pessoas.

Na estrutura dos sistemas de informação existentes, definida pela *Satyam Automation* (2006), o MES situa-se numa posição intermédia entre aplicações direcionadas ao cliente, planeamento de produção e aplicações de chão de fábrica.

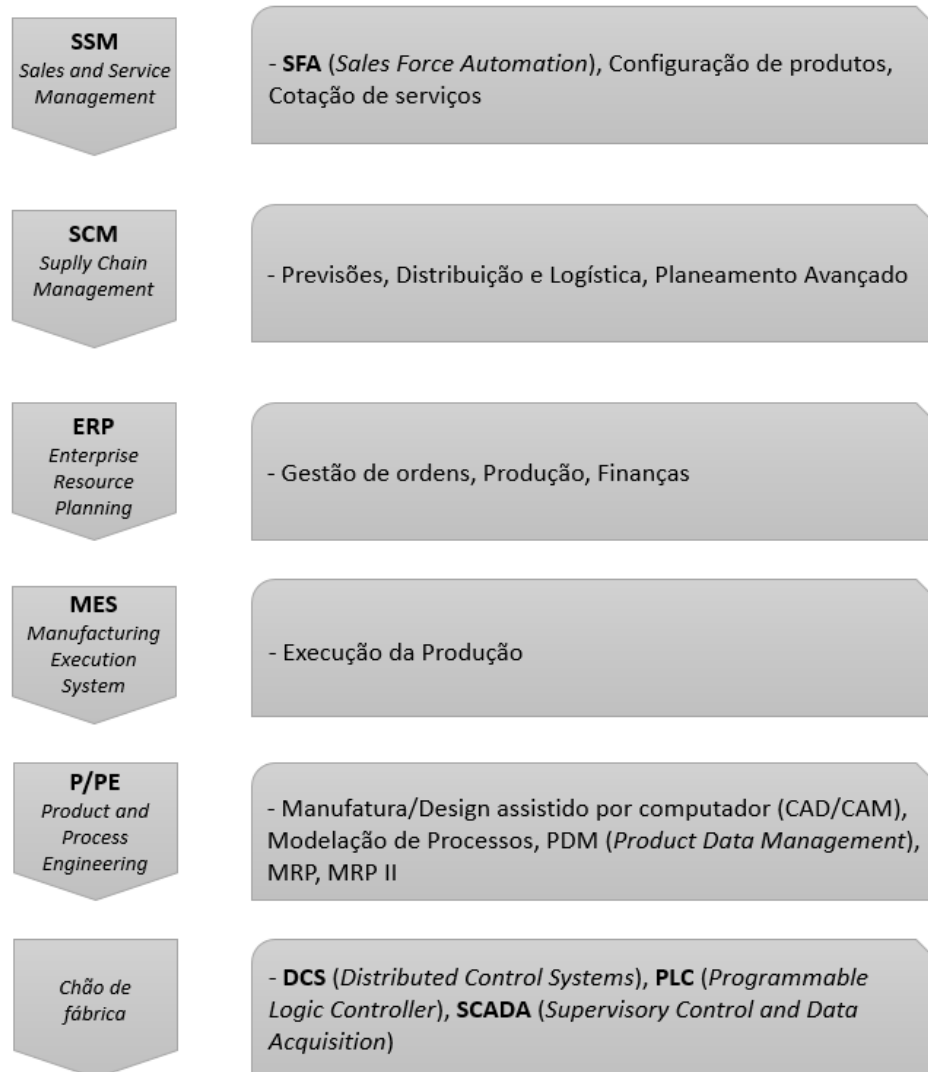


Figura 4 – Tipos de Sistemas de Informação existentes numa organização (adaptado de Besteiro, 2010)

Em muitas soluções de implementação, o MES interage com todos os sistemas de informação descritos. No entanto, a comunicação com o ERP ganha principal relevância pois requer-se que o MES seja carregado com ordens de fabrico provenientes do planeamento feito no ERP. Por outro lado, é também necessário que haja um feedback da produção realmente efetuada em termos de consumos, volumes de produção, controlo de qualidade, entre outros no sentido inverso. Segundo Meyer (2009), as tarefas divididas entre MES e ERP têm que ser estabelecidas de forma precisa e as suas interfaces especificadas. Na Figura 5, está representado o ciclo de informação pretendido e o posicionamento do MES na arquitetura dos sistemas de informação. Segundo a *Satyam Automation* (2006), o MES situa-se numa camada acima dos processos e sistemas no chão de fábrica, é por isso uma aplicação fulcral de integração vertical numa organização, que fornece feedback de qualidade relativo ao que se está a passar no chão de fábrica.



Figura 5 – Ciclo de informação e posicionamento do MES relativamente a outros SI.

Fonte: <http://www.ifactoryinc.com/img/mes2.jpg>

Além desta integração vertical, o MES preconiza também uma integração no sentido horizontal, como se pode observar na Figura 6. O sistema agrega informação dos vários setores, uniformemente e de preferência numa única base de dados. Consequentemente, será possível ter uma visão holística e o mais aproximada possível daquilo que se passa na fábrica.

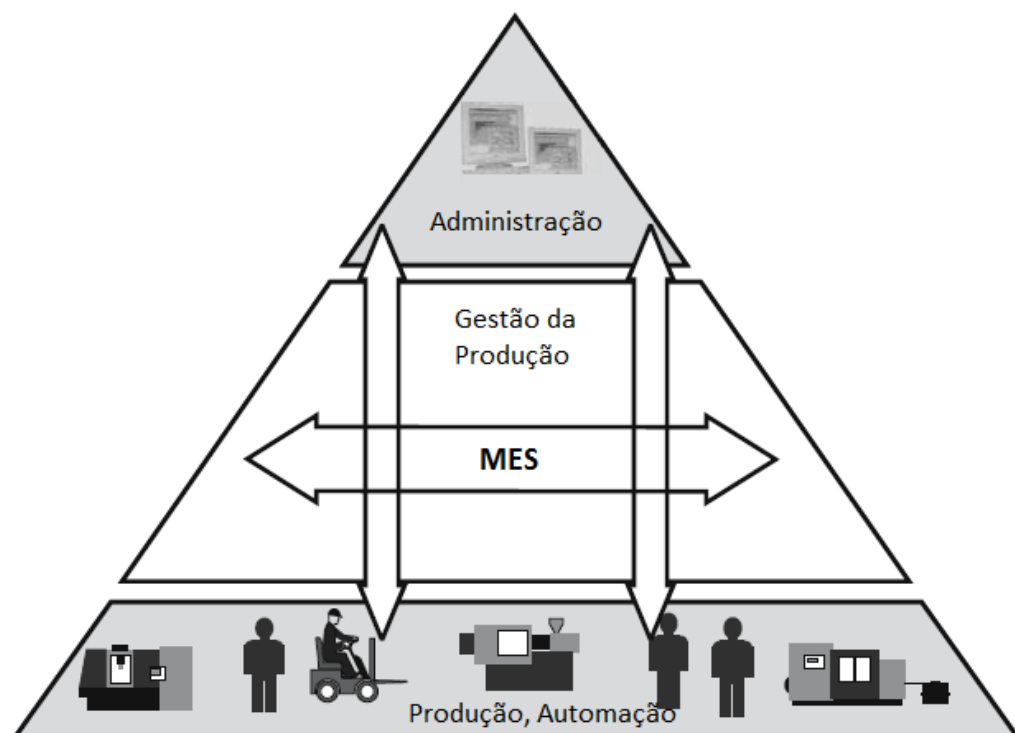


Figura 6 – Integração vertical e horizontal do MES (adaptado Kletti, 2007)

Pela sua forma de atuar e pelas funções que desempenha, o MES é atualmente uma das TI mais atrativas para as empresas. O facto de a partir deste sistema ser possível gerar informação confiável e em tempo útil é um dos grandes motivos para a sua implementação. Esta informação funciona muitas vezes como um “gatilho” para a organização numa empresa,

atuando simultaneamente como catalisador do aumento do desempenho. Outros motivos de grande relevância se podem destacar para a escolha da implementação de um MES:

- Rastreamento da produção
- Redução/Eliminação de registos manuais
- Apoio a decisões de planeamento de produção
- Aumento da produtividade
- Complemento do ERP controlando as operações diárias do chão de fábrica

2.3 Guias e standards para implementação de sistemas MES

Com o intuito de apoiar e orientar a conceção destes sistemas de informação tipo MES, várias organizações tomaram a iniciativa de criar normas e guias de boas práticas para a sua implementação. Tendo em conta que a criação de um modelo MES único é algo inviável, estes *standards* tomam uma especial relevância. De seguida descrevem-se as abordagens das organizações mais versadas nesta área e relevantes no enquadramento deste projeto.

2.3.1 MESA International

A MESA (*Manufacturing Execution Solutions Association*) International é uma associação sem fins lucrativos que se dedica, segundo (Meyer, 2009), à melhoria dos setores de processos de produção através da otimização de aplicações existentes e introdução de sistemas de informação inovadores.

Esta foi a organização pioneira a adoptar o conceito MES, preconizando desde início a integração vertical e horizontal dos sistemas de informação como aspeto essencial neste tipo de projetos. Através de uma abordagem pragmática ao assunto, são definidas pela MESA International onze grupos de funcionalidades a serem cumpridos pelo MES:

- *Planeamento detalhado do fluxo de trabalho* – otimização da sequência das ordens de trabalho tendo em conta os recursos disponíveis.
- *Gestão de recursos e manutenção* – alocação de recursos e sua manutenção e monitorização.
- *Controlo da unidade de produção* – possibilita o ajuste do planeamento perante eventos inesperados de forma imediata.
- *Controlo de informação* – acessibilidade de informação relevante à produção no tempo e locais adequados.
- *Registos de operações* – obtenção (preferencialmente automática) de registos de produção.
- *Gestão de Recursos Humanos* – registo de horas de trabalho e gestão de faltas, férias, entre outros.
- *Controlo de Qualidade* – registo, rastreio e análise de produtos e processos e confronto com os valores ideais.
- *Controlo de processos* – monitorização do processo produtivo.
- *Gestão da manutenção* – implementação de medidas preventivas para manutenção dos recursos através de registos de utilização.
- *Rastreabilidade de lotes* – registo de toda a informação relativa à produção assegurando que todos os produtos são rastreáveis.

- *Análise de performance* – disponibilização de métricas adequadas e relevantes para avaliação de produtividade, cumprimento de objetivos e detecção de eventuais problemas.

2.3.2 ISA S95

A *Instrumentation Systems and Automation Society* criou a norma ISA S95 partindo de uma versão anterior, a ISA S88, onde eram definidos e descritos os processos para controlo de lotes na indústria produtiva. Reconhecendo a necessidade de informação disponível de forma transversal em todos os setores da organização e sua integração, a norma ISA S95 define uma estrutura caracterizada por três níveis – gestão administrativa, gestão da produção e automação de chão de fábrica (Figura 7). Em relação ao nível de automação, este é subdividido em três tipos atendendo à forma operacional do processo produtivo – produção por lote, produção contínua e produção discreta.

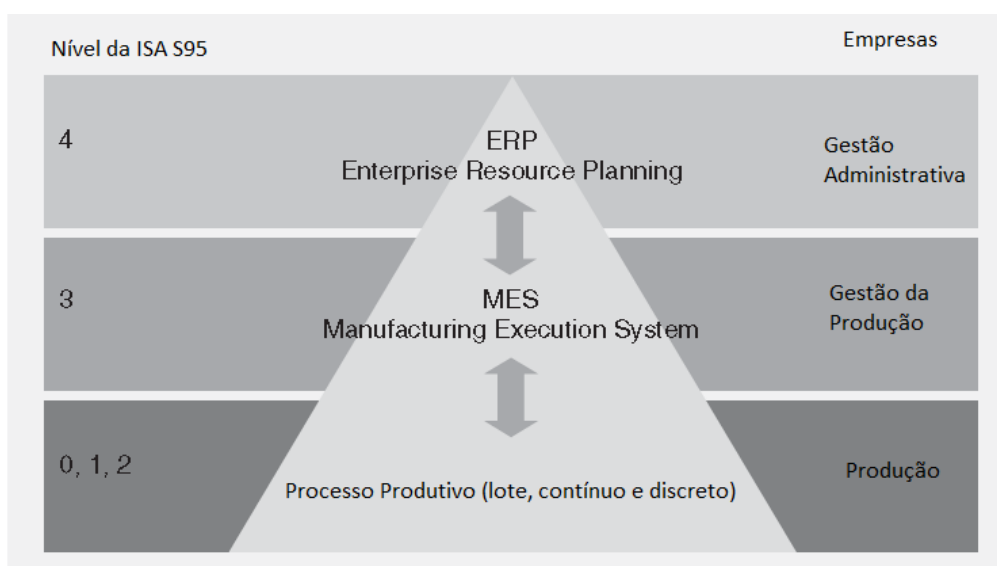


Figura 7 – Estrutura dos níveis ISA S95 (adaptado Meyer (2009)).

Ao longo deste documento, são definidas terminologias e modelos usados para integração de sistemas ERP (nível administrativo) e sistemas de automação (nível de produção). As questões relativas à interface destes dois níveis são extensivamente abordadas nas Partes 1 e 2 da norma. A Parte 3 é dirigida ao nível de gestão de produção, procurando definir e aplicar alguma standardização à implementação de sistemas MES. Os aspetos mais relevantes nesta terceira parte referem-se à própria gestão da produção e aquisição de dados, bem como os requisitos e estrutura das bases de dados necessárias. Um esquema exemplificativo da interligação dos diferentes níveis pode ser observado na Figura 8.

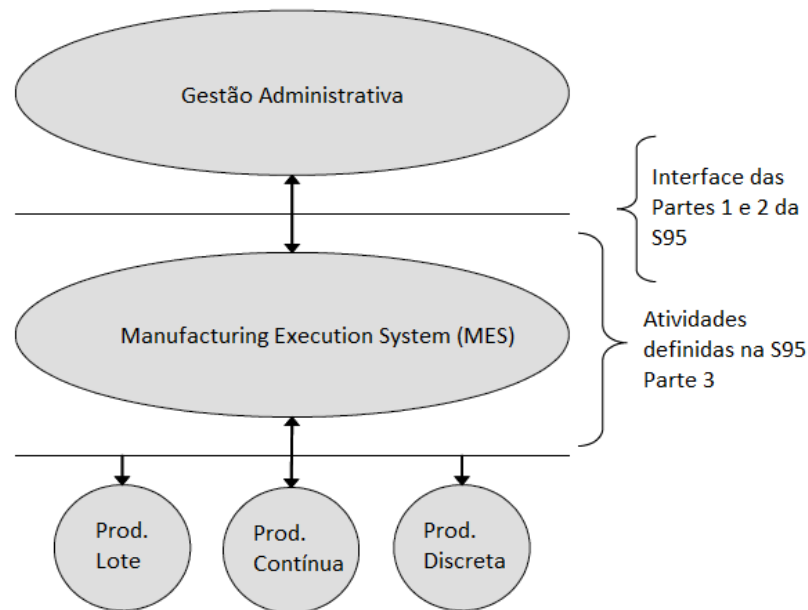


Figura 8 – Interfaces dos níveis da ISA S95 (adaptado Kletti (2007))

2.4 Desafios da implementação de sistemas de execução de produção

Muitos dos desafios e obstáculos existentes na implementação de um sistema MES são comuns aos da implementação de qualquer sistema de informação. Nomeadamente as questões financeiras e técnicas estão no cerne das dificuldades associadas a este processo. Para execução de um projeto deste calibre será necessário ter em conta os seguintes aspetos gerais:

- *Custo* – tanto o desenvolvimento do *software* customizado como a aquisição de licenças acarretam uma grande despesa, por norma bastante significativa no orçamento das instituições. A acrescentar a isto, tem-se o custo do *hardware* que por vezes requer características específicas para o bom funcionamento dos sistemas.
- *Tempo* – as várias fases incluídas nestes processos (planeamento, desenvolvimento, testes, implementação, entre outros) são bastante longas e normalmente sofrem atrasos.
- *Utilização e manutenção* – o manuseamento de *softwares* informáticos requer sempre algum grau de experiência e regras de utilização que por vezes não são cumpridas. Estes fatores levam a que por vezes sejam necessárias intervenções de manutenção dispendiosas além daquelas já programadas.

Relativamente ao caso dos sistemas MES em concreto, os maiores problemas coincidem também com algumas das suas funções essenciais. Em particular, a compatibilidade com *softwares* já existentes torna-se por vezes muito complexa, dificultando a recolha de dados. Segundo Meyer (2009), as questões mais proeminentes a ter em conta ao implementar um MES são as seguintes:

- *“Remendos”* – neste contexto, refere-se à utilização de vários *softwares* descoordenados entre si que por esse motivo traduzem resultados negativos.
- *Multiplicidade de bases de dados* – apesar de um dos objetivos do MES ser precisamente a agregação de informação proveniente de outros sistemas, isto

nem sempre é possível ou torna-se demasiado complexo. Desta forma, corre-se sempre o risco de haver duplicação e inconsistência nos dados recolhidos.

- *Custos de gestão e manutenção* – inerente à utilização de um MES, estão os custos de gestão do sistema que requer frequentes atualizações e correções bem como a inclusão de novos módulos para acompanhamento da atividade da organização.

2.5 O MES como apoio ao *Lean Sigma*

A filosofia *lean* aplicada à indústria é um conceito hoje em dia largamente implementado e que teve a sua origem nos anos 50. Desenvolvido pela Toyota e tendo por base um foco nas necessidades do cliente, almeja uma melhoria no fluxo do processo através da remoção de toda a “gordura” existente na fábrica. Na prática, pretende-se eliminar tudo aquilo que não acrescenta valor ao processo, obtendo um ganho de produtividade, redução de inventário, redução de tempos de entrega e um melhor serviço ao cliente. Mais tarde, nos anos 80, a Motorola surge com o conceito *Six Sigma*. Centrado na obtenção de zero defeitos e adotando a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), o *Six Sigma* mune-se de ferramentas estatísticas avançadas para obtenção de melhorias de processos por forma a atingir as metas de produção estabelecidas. Esta abordagem foca-se em especial no plano financeiro da empresa. Hoje em dia, é cada vez mais corrente a ideia de *lean Sigma*, um sistema híbrido que conjuga as ideias nucleares das filosofias previamente descritas.

Interiorizadas as ideias principais subjacentes a estes conceitos, será evidente concluir que um sistema MES promove e amplifica os resultados que se pretendem atingir na aplicação do *lean Sigma*. Segundo Meyer (2009), é absolutamente possível afirmar que um MES funcional é uma condição para atingir objetivos e implementação de medidas do conceito *lean Sigma*. Um sistema de planeamento operacional, o núcleo funcional de um MES, reduz esperas, inventário e tempos de transporte através da sincronização de processos – os operadores são guiados com informação em formato eletrónico, o que contribui significativamente para um aumento de produtividade.

Apesar de a recolha de informação e disponibilização de indicadores por si só não tornar uma fábrica *lean*, esta é sem dúvida uma ferramenta crucial no apoio a tomadas de decisão tanto estratégicas como operacionais. Pode-se afirmar que um sistema MES, como se constata na Figura 9, potencia a capacidade de melhoria numa empresa.

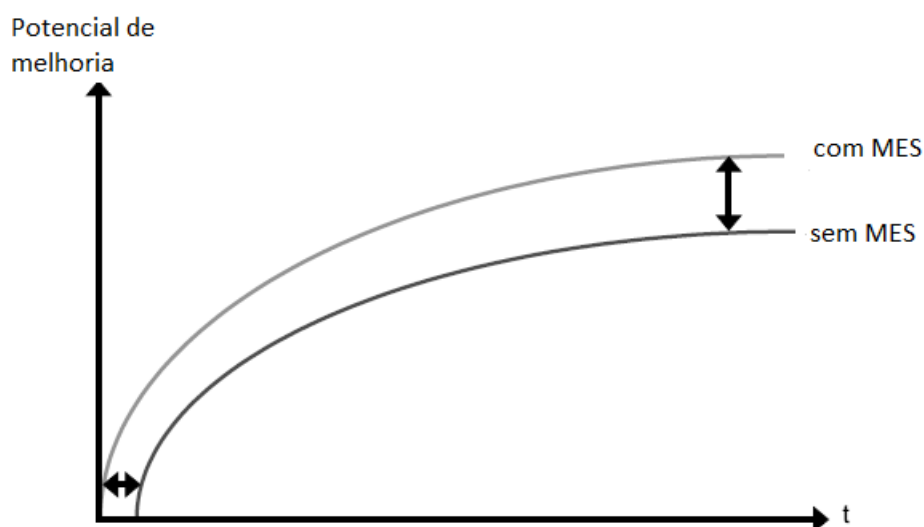


Figura 9 – Detecção e exploração de potencial de melhorias com o sistema MES (adaptado de Kletti, 2007)

Pode-se assim afirmar que o MES é uma ferramenta facilitadora dos processos de melhoria contínua, dando apoio e construindo uma base de trabalho para as diferentes fases da metodologia DMAIC.

2.6 Resultados esperados da implementação de um MES

No que diz respeito à implementação com sucesso de um sistema MES, há dois aspetos incontornáveis: integração e execução. Cumpridos estes dois requisitos, as organizações experienciam melhorias nos seus setores tanto a nível de processos como em termos organizacionais. Em relação aos processos, estas melhorias passam essencialmente pela redução ou eliminação das fontes de desperdício, nomeadamente:

- Redução dos tempos de entrega.
- Redução do nível de produtos em curso de fabrico.
- Redução do nível de inventário.
- Aumento do nível de qualidade.
- Redução de tempos de *set up* e transporte.

Todos estes aspetos, aliados a uma melhor e mais expedita circulação de informação, auxiliam o planeamento e fluxo operacional da fábrica, ajudando simultaneamente a atingir metas de produção estabelecidas. O conjunto destes fatores terá como consequência uma melhoria no plano financeiro da empresa, recuperando ao longo do tempo o valor investido.

Apesar de por vezes ser difícil, pela sua grande variabilidade, quantificar as melhorias associadas à implementação do MES, um estudo conduzido pela MESA (1996) permitiu de alguma forma balizar em termos percentuais, os possíveis ganhos:

- Redução do tempo de ciclo de produção: 35-45%
- Redução do tempo de entrada de dados: 35-75%
- Redução de produtos em curso de fabrico: 15-35%
- Redução de registos manuais: 55-70%
- Redução de tempos de entrega: 20-35%
- Melhoria na qualidade (redução do número de produtos defeituosos): 15-20%

3 Processo produtivo na Top Series Unit e requisitos funcionais do sistema MES

O presente capítulo principia com a caracterização do processo produtivo na Top Series Unit e o fluxo das operações nesta UI. Com este enquadramento feito, é descrita a estrutura dos sistemas de informação que se idealiza com a implementação do sistema MES. De seguida, é apresentada a situação atual em termos de registos de produção e fluxo de informação. Conclui-se este capítulo descrevendo os requisitos funcionais a serem cumpridos pelo MES.

3.1 Processo produtivo na Top Series Unit

Como já referido no capítulo introdutório deste documento, a atividade da Top Series Unit destina-se à produção de vedantes com cápsula para garrafas de bebidas espirituosas. As cápsulas são concebidas e desenhadas à medida do cliente. São produzidos e testados protótipos de rolhas capsuladas onde se verifica a capacidade de inserção na garrafa, as condições de colagem e são feitos testes mecânicos. Após aprovação por parte do laboratório e do cliente, o artigo pode seguir para a produção. Na Figura 10, apresentam-se alguns exemplos dos artigos produzidos nesta unidade industrial.



Figura 10 – Exemplos de artigos produzidos na TSUnit

A sequência de operações da TSUnit tem início no processo de compra de materiais. Estas ordens de compra têm origem no planeamento de produção, que por sua vez, gera uma necessidade de compra. A partir desta necessidade, é criada uma nota de encomenda ao fornecedor e comprado o material necessário. O material adquirido pode dividir-se em três categorias – rolhas, cápsulas e outros materiais não cortiça. Estes últimos incluem produtos químicos como poliestireno e pigmento para injeção de cápsulas, cápsulas de vidro ou madeira, colas, material para embalagem, entre outros. Todo o material rececionado é controlado pelo laboratório. Na eventualidade de o controlo revelar que o material não está dentro das especificações, este é devolvido. Caso contrário, o material é alocado ao armazém previamente designado. Na Figura 11, está representado o diagrama correspondente aos processos acima descritos.

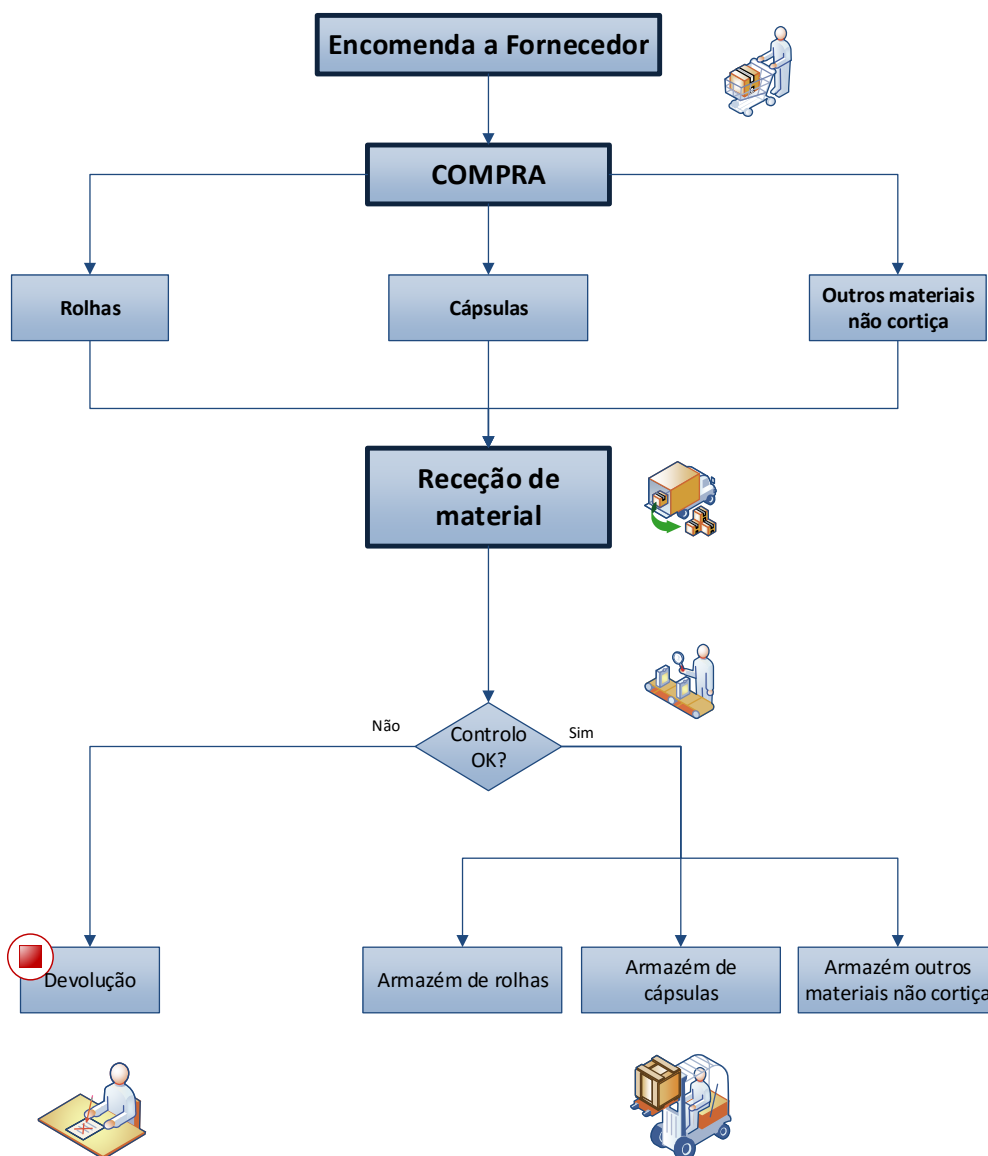


Figura 11 – Fluxo de processos da TSUnit (1)

Mediante o lançamento de ordens de fabrico, são feitas em cada setor produtivo, requisições de material para consumo na operação. Para uma melhor compreensão do seguimento de operações, optou-se por definir dois fluxos em paralelo, nomeadamente, a produção de cápsulas e a escolha e transformação de rolhas.

A produção de cápsulas é feita a partir da injeção do poliestireno e pigmento conforme o artigo a produzir. Obtida a cápsula, procede-se à gravação ou estampagem da mesma. Relativamente às rolhas, estas iniciam a sequência de operações pelo primeiro processo de escolha, onde são desdobradas em diferentes classes mediante a sua qualidade. De seguida, são feitas as operações de acabamentos mecânicos e lavação, seguido de um período em estufa para acerto de humidade. Após uma segunda escolha de rolhas, estas são alvo de um tratamento com o objetivo de facilitar a sua inserção e extração da garrafa. Nesta fase, unem-se os dois fluxos através do processo de capsulagem – a cápsula é colada à rolha obtendo-se uma rolha capsulada. Esta última etapa inclui a operação de embalagem/ensaque, ficando o produto pronto para expedição. Analisando a Figura 12, é possível ter uma melhor visualização desta sequência, bem como o número de máquinas existentes para cada operação.

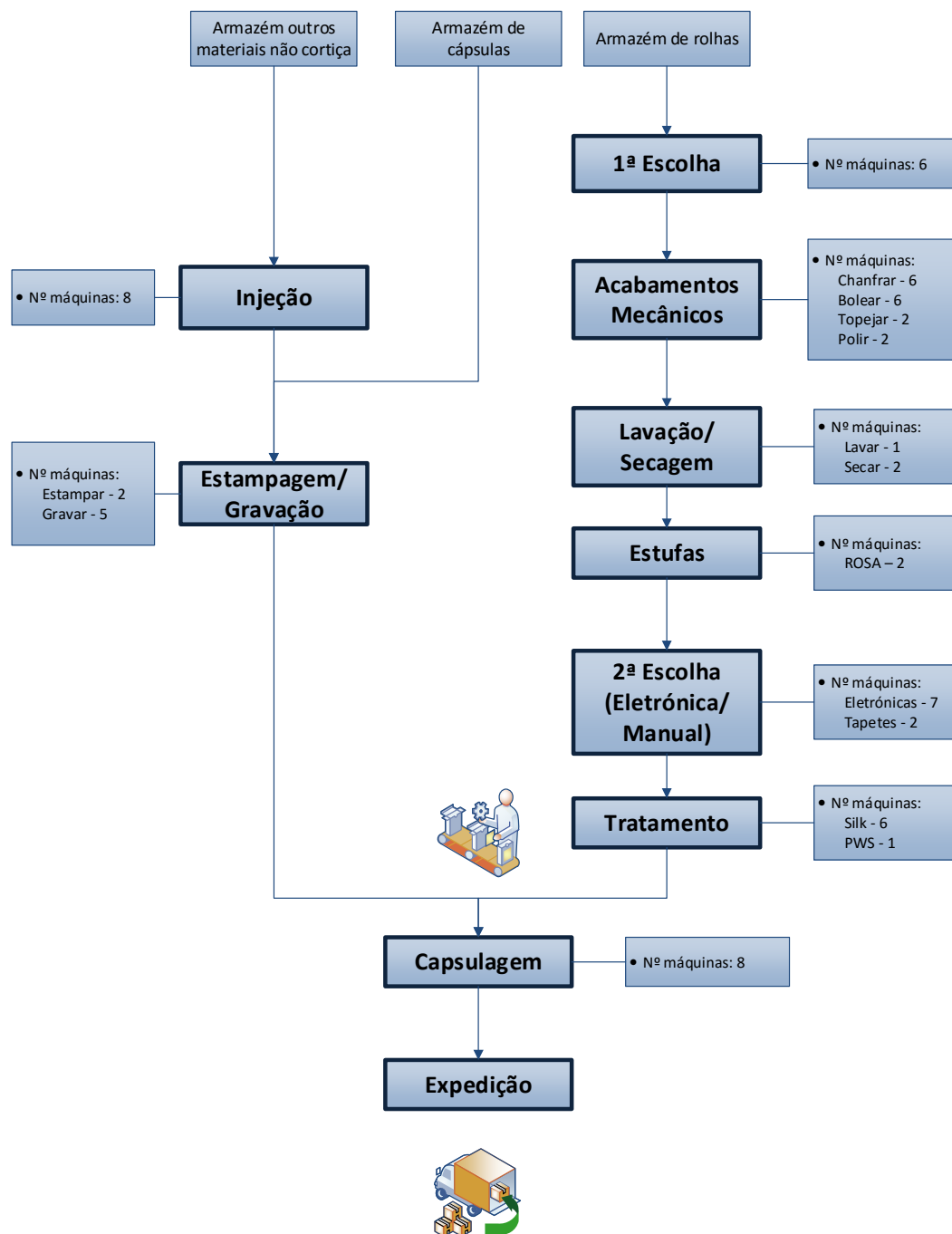


Figura 12 – Fluxo de processos da TSUnit (2)

De referir ainda que o fluxo de operações descrito representa o fluxo de processos *standard*. No ANEXO A, está representado um fluxograma mais detalhado destes processos. Dependendo do artigo a ser produzido, do material comprado aos fornecedores e da capacidade da fábrica em cada momento, algumas operações podem não ser realizadas ou realizadas em prestação de serviços. No ANEXO B encontra-se a planta da fábrica e o *layout* dos diferentes setores.

3.2 Estrutura dos sistemas de informação

Atendendo às necessidades do Grupo Amorim e ao que se entende por um sistema MES, este tem como finalidade o acompanhamento e monitorização de todas as transformações que são efetuadas ao produto ao longo do fluxo de operações até se obter o produto final. Por outro lado, ao ERP cabem as funções de armazenamento, processamento e organização das informações geradas durante os processos. Estas informações serão agregadas podendo-se estabelecer relações entre os vários setores de uma UI e mesmo entre UI's. De forma esquemática, a arquitetura do sistema de informação está representada na Figura 13.

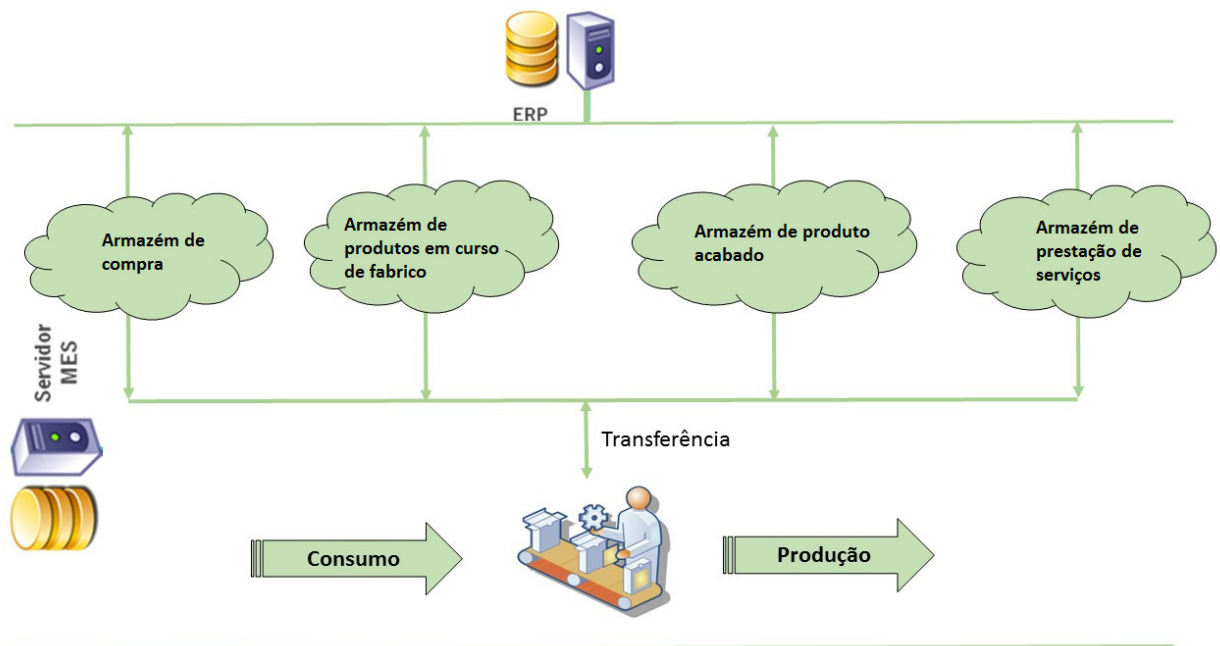


Figura 13 – Arquitetura dos sistemas de informação

3.3 Fluxo de informação atual

A situação atual na Top Series Unit, no que diz respeito a registos de consumos e produções, é feita à base de registos manuais em papel para posteriormente serem inseridos no ERP. Os operadores, habitualmente no final de cada turno, preenchem o formulário do seu setor com as informações da produção do turno. Esta tarefa requer, em alguns casos, muito tempo a ser realizada devido aos vários campos a serem preenchidos, sendo que alguma desta informação é redundante. Além disto, muitas vezes contêm erros ou imprecisões. Na Figura 14, estão representados dois exemplos deste tipo de registos. Exceção feita ao setor da Expedição onde todos os registos são realizados através da leitura de códigos de barras e impressão de etiquetas.

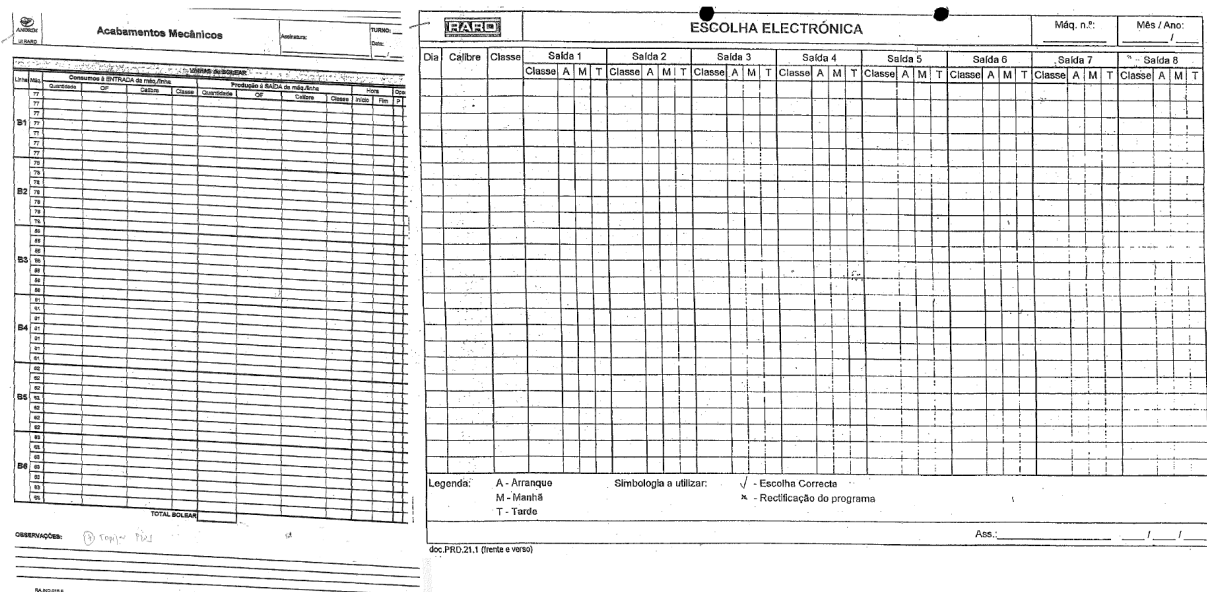


Figura 14 – Registos de produção do setor de Acabamentos Mecânicos (esquerda) e Escolha Eletrônica (direita).

Da análise desta situação, ficam claras as necessidades desta UI relativamente à informatização a nível de controlo da produção. Um sistema de informação capaz de disponibilizar dados precisos e em tempo real, conforma-se como uma mais valia no quadro de operações desta organização. O apoio à gestão do chão de fábrica através das Tecnologias de Informação torna-se de certa forma imperativo atendendo ao panorama de competitividade no mercado atual.

3.4 Requisitos de funcionalidades transversais do MES

Como etapa de preparação para implementação de um sistema MES, foi executado o levantamento dos requisitos funcionais a serem realizados pelo sistema. Uma condição inicial para elaboração desta tarefa reside na necessidade de aplicação transversal destes requisitos, tanto em termos de operações como de Unidades Industriais. A partir da análise das necessidades existentes em termos de operações resultaram as deliberações em termos de requisitos de MES que se seguem.

Inputs e Outputs de produto

Um *input* configura-se como toda a matéria prima e material subsidiário necessário para uma determinada operação, de onde resultará um produto denominado como *output*. Para cada *input* e *output*, deve ser possível introduzir *n* lotes. Relativamente aos *outputs*, estes podem ter diferentes classificações tendo em conta o seu estado. Desta forma, os *outputs* do processo podem ser:

- *Produto/Artigo* – *output* do processo em que o produto está de acordo com as especificações;
- *Subproduto* – *output* da operação que não pode ser utilizado no processo produtivo e tem valor monetário inferior;
- *Coproducto* – *output* de uma operação, mas que não era intenção desta.

Em relação aos coprodutos, estes podem vir a ser reclassificados após controlo. Um novo reprocessamento pode revelar que o produto estava em conformidade com as especificações, alterando o seu estado para Produto/Artigo. Se não estiver em conformidade, pode ser classificado como produto não conforme, sendo submetido, mediante avaliação, a outra operação ou reaproveitado.

Identificação do produto – ID

Os *inputs* e *outputs* do processo serão em qualquer momento acompanhados pela identificação de produto – ID. Este é um número único, identificativo do Produto/Artigo em questão. Após cada processo, será acrescentado ao ID o número da máquina em que foi produzido, bem como a data e hora de produção. Anexado à identificação do produto, campos facultativos como o Número de Encomenda ou o Cliente, podem ser preenchidos sempre que haja necessidade. Como condição básica para o bom funcionamento e fiabilidade deste sistema, requer-se que todos os *inputs* e *outputs* estejam codificados.

Tipo de Movimentação

Regra geral, os tipos de movimentação após operação são: Consumo, Produção ou Transferência para outro setor. Exceção feita aos processos de Compra, Devolução e Expedição onde a única hipótese de movimentação é a Transferência.

Níveis de Autorização

A disponibilização e visualização de informação será feita mediante diferentes níveis de autorização. O acesso ao sistema por parte dos utilizadores será diferenciado em termos de leitura, edição e registo de relatórios de produção e variáveis de máquina, tendo em conta o seu nível hierárquico. A hierarquia destes níveis será construída à medida de cada Unidade Industrial.

Acerto de inventário

O sistema MES deverá possibilitar a retificação de inventário em qualquer operação sempre e quando houver necessidade para tal. Em termos de autorizações, para esta tarefa será requerido um nível de autorização superior.

Rastreabilidade

Como forma de garantir a rastreabilidade daquilo que se produz, ao longo do processo produtivo será, sempre que necessário, redefinido o Número de Lote ou OF (Ordem de Fabrico), dependendo do método de trabalho da UI em causa. Este aspeto toma principal relevância nos casos de agrupamento de lotes e reprocessamentos, em que há maior susceptibilidade de perda de rastreabilidade.

Será de igual forma acautelada, em termos de rastreabilidade, a questão dos subprodutos. Neste caso, ser-lhes-á atribuído além do ID, um Número de Lote/OF temporal definido por cada UI que os identificará como subprodutos.

Reprocessamento

A necessidade de reprocessamento de um certo lote verifica-se com bastante frequência, quer por questões relativas à calibração das máquinas quer por questões inerentes à própria operação. Esta situação, levanta uma problemática relativamente ao registo de produções. Como tal, definiu-se pela criação de um campo identificativo com a designação de “Reprocessamento” por forma a fazer a distinção entre o que foi reintroduzido novamente no processo e está a ser reprocessado e aquilo que está a ser produzido. Desta forma, serão evitados erros no que diz respeito aos registos de produção efetiva. Esta tarefa está exemplificada na Figura 15. Sempre que se incorrer numa situação de reprocessamento será necessário possuir as seguintes informações:

- *Quantidade produzida* – total da produção efetuada na operação;
- *Quantidade reprocessada* – total da produção que necessita de reprocessamento;

- *Quantidade de inventário na operação* – dada pela diferença entre quantidade produzida e reprocessada.

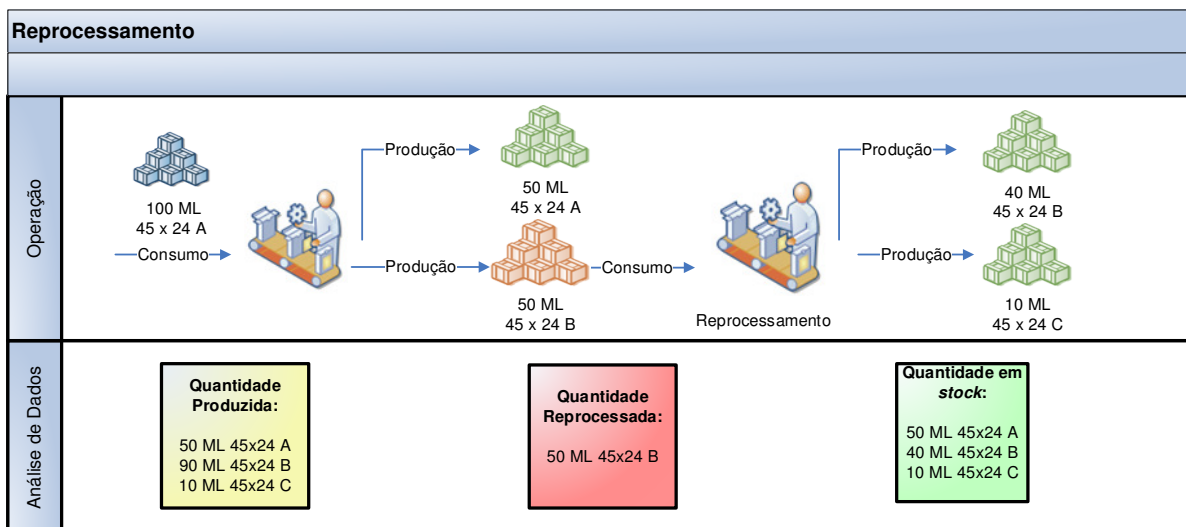


Figura 15 – Exemplo explicativo da operação de reprocessamento

Em termos de relatórios de produção, sempre que houver reprocessamento, este facto deverá estar explícito relativamente à quantidade reprocessada e número de reprocessamentos por cada OF.

Receita

Neste contexto, a receita define-se como a fórmula para fazer um produto com o detalhe de matérias-primas e subsidiárias a utilizar, bem como o pormenor das operações (parametrizações de *set points* de máquina). Na base de dados do sistema MES, deverá constar a receita para cada operação. Através desta informação será possível:

- Definir de forma automática os *inputs* de cada operação relativamente a quantidade de produtos químicos e descrição do Produto/Artigo a ser produzido;
- Efetuar os consumos de matérias primas e material subsidiário;
- Fornecer combinações de parâmetros de máquina a introduzir.

No entanto, deve ser salvaguardada a possibilidade de alteração às receitas de forma expedita caso haja necessidade para tal.

Controlo de máquina

O controlo do processo produtivo exige também um controlo daquilo que é feito a partir da máquina. Para o efeito deverão ser criadas, na base de dados do sistema, tabelas com registos de alterações das variáveis e parâmetros de máquina. Desta forma, será construído um histórico das alterações efetuadas na máquina às quais estarão também associados o utilizador e a data em que foram feitas.

Produtos Químicos

Em todas as operações que requeiram a utilização de produtos químicos, o sistema deverá efetuar o registo do consumo real destes produtos relativo a cada OF. Estes produtos serão identificados pelo seu Número de Lote e só poderão ser dados a consumo caso estejam dentro do prazo de validade estipulado, pelo que esta informação também constará em sistema. Em caso de avaria dos autómatos controladores das quantidades de produtos

químicos, deverá ser possível a introdução manual destes, assim como o respetivo registo de quantidades.

Material de Embalagem

Sempre que for realizada uma operação, serão alocados ao artigo a produzir os materiais necessários para a respetiva embalagem. Estes materiais serão identificados pelo seu ID, Fornecedor e Data de Receção. Todos os lotes de produção feitos a partir do momento da entrada a consumo de um certo lote de materiais de embalagem, terão a informação deste último.

Controlo de Qualidade

O Controlo de Qualidade é feito através da recolha de amostras de lotes de produção. Como tal, o sistema deverá permitir a recolha de uma amostra para controlo associada a cada Número de Lote/OF. Existem várias categorias de controlo de qualidade, nomeadamente:

- Controlo Laboratorial;
- CEP (Controlo Estatístico do Processo);
- Controlo aos processos/produtos pela Engenharia do Produto/Processos.

Em sistema ficará também registada qual a categoria de controlo a ser efetuada. No momento de recolha da amostra será gerada uma etiqueta associada a esta. Na etiqueta constam as informações relativas ao ID do artigo produzido, utilizador que recolheu a amostra e a data e hora em que esta foi recolhida. Através da leitura da etiqueta da amostra, será possível introduzir os resultados dos testes efetuados de forma expedita. O laboratório deverá ter uma secção própria onde seja possível filtrar as amostras recolhidas por:

- Estado da amostra (Em inspeção, Aprovado, Rejeitado);
- Parâmetros em falta a preencher;
- ID do Produto/Artigo.

Os ensaios realizados são específicos para cada operação e caberá a cada UI elaborar o seu plano de inspeção e ensaios. No entanto, possíveis alterações nos processos ou exigências de clientes específicos, requerem que este plano seja parametrizável e que permita acrescentar variáveis de controlo.

Relativamente ao CEP, o sistema deverá elaborar Cartas de Controlo para atributos e variáveis. Associadas a estas estarão disponíveis os seguintes parâmetros:

- Limites de especificação;
- Plano de amostragem;
- Estatísticas descritivas para análise do processo produtivo (média, mediana, desvio padrão, amplitude);

Realizado o controlo, o sistema MES deverá gerar boletins de qualidade em ControLab para o cliente final.

Avárias e paragens de máquina

Sempre que houver uma avaria ou por alguma razão se verificar uma paragem de máquina, o evento ficará registado no sistema. Idealmente, esta informação será comunicada diretamente dos autómatos da máquina ao servidor MES, no entanto será também possível introduzir esta informação manualmente. Desta forma, ficarão salvaguardadas as ocasiões em que não seja possível comunicar estes eventos automaticamente.

Análise de Dados

A análise e tratamento de dados divide-se essencialmente em três categorias:

- KPI's (*Key Performance Indicators*);
- Relatórios de Produção;
- Relatórios de Processo.

Nestes relatórios será possível uma filtragem da análise dos dados obtidos por:

- Agrupamento de máquinas (linhas de produção, tipos de máquina);
- Unidade temporal (turno, dia, mês, ano);
- Produto/Artigo.

A informação disponibilizada e a sua análise, varia consoante a operação em causa. Contudo, alguns aspetos serão transversais a todas estas, nomeadamente o ID do artigo em produção e o estado da máquina (ocupada, avariada, parada). Também será necessário, em todas as operações, a visualização do relatório de rastreabilidade. Este relatório caracteriza-se pela descrição do percurso de cada lote produzido. Desta forma, será possível consultar as operações a que um certo lote foi submetido até um dado momento, bem como as operações seguintes. Caso um lote seja subdividido ou provenha de vários lotes, esta informação também deverá estar disponível.

Alterações Futuras

Uma das principais razões para optar pela implementação de um sistema MES prende-se com a sua capacidade de ser flexível. Desta forma, mediante avaliação e necessidade de acrescentar máquinas, diferentes módulos de sistema ou de mudança de *layout*, o MES deverá adaptar-se e permitir as alterações de forma expedita.

Flags barreira

As condições para aceitar *inputs* numa operação estão diretamente relacionadas com a ativação ou não de uma *flag* barreira. Caso ativa, para a operação ou para algum parâmetro de Controlo de Qualidade, a operação seguinte apenas aceitará os *inputs* de produto se estes já tiverem sido aprovados ou eventualmente derogados. Exemplos de utilização destas *flags* prendem-se com a necessidade de tempos de estabilização ou o preenchimento de parâmetros de qualidade que representem condições necessárias para o avanço do processo produtivo.

4 Análise de processos e levantamento de requisitos por operação

4.1 Detalhes da solução proposta

No presente capítulo, preconiza-se a caracterização por operação dos requisitos essenciais à definição de um plano de implementação de um sistema MES. As soluções apontadas foram elaboradas tendo em conta o panorama atual da empresa, os meios disponíveis e alguns pressupostos e considerações definidos pela Administração que em seguida serão detalhados.

4.1.1 Considerações iniciais

A metodologia seguida neste projeto, assenta no modelo idealizado pela empresa para um sistema MES. Pretende-se que este esteja focado e orientado para o processo propriamente dito, dando relevância a duas principais vertentes – rastreabilidade do produto e registos de produções/consumos. Relativamente ao desenvolvimento do *software* MES, este será entregue ao departamento informático do Grupo Amorim, a OSI – Sistemas informáticos e Eletrotécnicos, Lda. Este desenvolvimento terá em consideração a integração com o novo ERP da empresa, que atualmente se encontra em negociações para a sua aquisição.

4.1.2 Soluções tecnológicas e automação

A capacidade de recolha automática de dados das máquinas reside na utilização de vários sistemas que compõem a automação do chão de fábrica. O tipo de sistema aplicado varia consoante a máquina e a operação em causa. Desta forma, as soluções tecnológicas contempladas na aquisição de dados serão as seguintes:

- Códigos de barras;
- Controladores Lógicos Programáveis (PLC);
- Sistemas operacionais SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*);
- Painéis de controlo;
- Sensores.

De salientar ainda que a aplicação de alguns destes sistemas está sujeita à estrutura já existente na fábrica. Em específico, no caso dos códigos de barra, uma solução mais adequada e eficiente passaria pelo uso de RFID (*Radio-Frequency IDentification*) nas unidades de movimentação. No entanto, decidiu-se pela utilização de códigos de barra pois esta é uma tecnologia já existente em alguns setores da fábrica.

4.2 Definição e levantamento de requisitos por operação

O levantamento de requisitos para cada operação foi realizado tendo por base um *template* (ANEXO C), desenvolvido pela equipa de implementação do MES, transversal a todas as operações. Para a caracterização destas operações, o referido *template*, foi estruturado em termos de Balanços Mássicos, Controlo do Processo, Monitorização do Processo e Análise de Dados. O intuito desta subdivisão visa cobrir todos os requisitos necessários em cada operação. Em primeiro lugar, na secção de Balanços Mássicos, como forma de assegurar a rastreabilidade dos produtos, foram especificados os *inputs* e *outputs* de operação. De seguida, em termos de Controlo do Processo, definem-se as condições para aceitar/disponibilizar os *inputs/outputs* e caracterizam-se as variáveis de produto a controlar. Na secção de Monitorização do Processo, são definidas as variáveis de máquina necessárias para acompanhamento do processo produtivo. Por fim, em Análise de dados, são discriminados os índices de performance (KPI's) e relatórios de produção e processo que se pretendem gerar no sistema para cada operação. Os requisitos das várias UI's foram agregados e discutidos por operação em reunião, para alinhamento destes de forma transversal.

Cumpridos estes requisitos, o sistema MES abrangerá todos os módulos a que inicialmente foi proposto. Os registos de produção, consumo e transferência de materiais, mediante filtragem, serão comunicados ao ERP. O registo de variáveis em Controlo do Processo no sistema MES é posteriormente transferido para o *software* de controlo de laboratório para análise. A informação relativa a eficiência e níveis de desempenho dos processos estará disponível no módulo dedicado a relatórios de produção e processo do MES.

O resultado deste levantamento apresenta-se neste documento também sob a forma de fluxograma de operações. A estrutura destes fluxogramas encontra-se dividida tendo em conta os níveis intervenientes nos requisitos de operação – MES, chão de fábrica e controlo de qualidade. Em termos de etapas de operação definem-se os consumos, a operação propriamente dita e a produção daí resultante.

4.2.1 Escolha Eletrónica/Manual

A operação de escolha caracteriza-se pela alocação de rolhas a uma certa classe consoante o seu nível de defeitos e porosidade. Existem nove classes principais de rolhas naturais sendo as superiores classificadas como *Flor*, *Extra* e *Superior*. As restantes são numeradas de 1 a 6, sendo a 6ª classe a mais fraca em termos da qualidade das rolhas. As rolhas feitas a partir do triturado de cortiça são classificadas como Neutrocork ou Aglomeradas dependendo da sua granulometria. Esta operação pode ser feita manualmente, pela análise visual das rolhas ou através de máquinas preparadas para a seleção de rolhas (escolha eletrónica). Nestas máquinas, à medida que as rolhas passam num tapete, são tiradas fotografias a cada rolha que o *software* da máquina analisa. Através do reconhecimento de defeitos em cada foto, estas são comparadas com as classes padrão e alocadas à classe mais adequada. Uma vez que o modo como é feita a escolha (manual ou eletrónica) não conduz à definição de requisitos de operação distintos, os dois métodos foram analisados em conjunto.

Esta operação é efetuada, por norma, duas vezes durante o processo produtivo, com diferentes objetivos. A Escolha para Abertura de Classe, ou 1ª Escolha, tem como propósito atribuir as rolhas indiferenciadas a uma gama de classes. Esta gama engloba 2 a 3 classes. A 2ª Escolha, ou Escolha para Cliente ocorre no final do processo produtivo e destina-se à seleção de rolhas para uma classe específica, mediante o pedido do cliente. Na Figura 16, é possível observar o fluxograma correspondente à Escolha, seguindo-se as especificações de requisitos de operação.

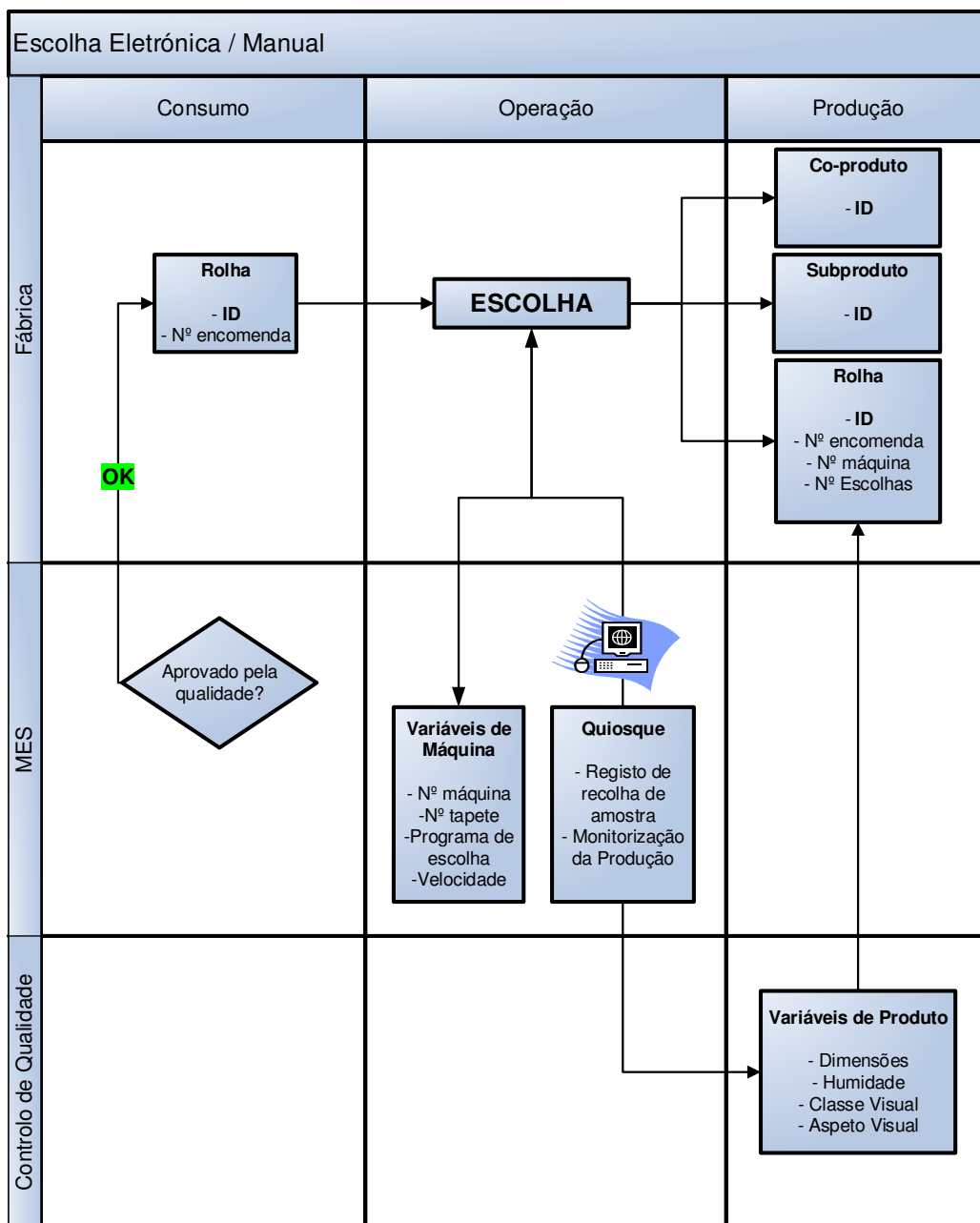


Figura 16 – Fluxograma da operação Escolha Eletrónica/Manual

Balanços mássicos

- *Input* – Rolha;
- *Output* – Rolha, Co-produto, Subproduto.

Controlo do Processo

- *Variáveis de Produto a controlar* – Dimensões, Classe Visual, Aspeto Visual.

Monitorização do Processo

- *Número de máquinas* – 7 máquinas e 2 tapetes manuais (2ª escolha), 6 máquinas (1ª Escolha);
- *Variáveis de máquina* – Número de máquina/tapete, Programa de Escolha, Velocidade.

Análise de Dados

- *KPI's* – OEE por máquina, OEE por unidade temporal (dia, turno, mês), Desvio de qualidade por máquina, por OF e por unidade temporal;
- *Relatórios de Produção* – Quantidade produzida e percentagem de Reprocessamento por máquina, por OF e por unidade temporal; Inventário por Produto, por unidade temporal e por OF.

4.2.2 Acabamentos Mecânicos

Os Acabamentos Mecânicos conferem às rolhas as dimensões pretendidas para inserção na garrafa e ajuste à cápsula. Nesta UI existem dois tipos de linhas para diferentes tipos de acabamento. A primeira linha realiza as operações de chanfragem, polimento e topejamento enquanto na segunda as rolhas são boleadas, polidas e topejadas. Estas operações encontram-se, como já foi dito, em linha, podendo, no entanto, operar de forma independente, pelo que no sistema MES deve estar prevista esta situação e consideradas as várias combinações possíveis. O modo de funcionamento desta operação pode ser analisado no fluxograma da Figura 17.

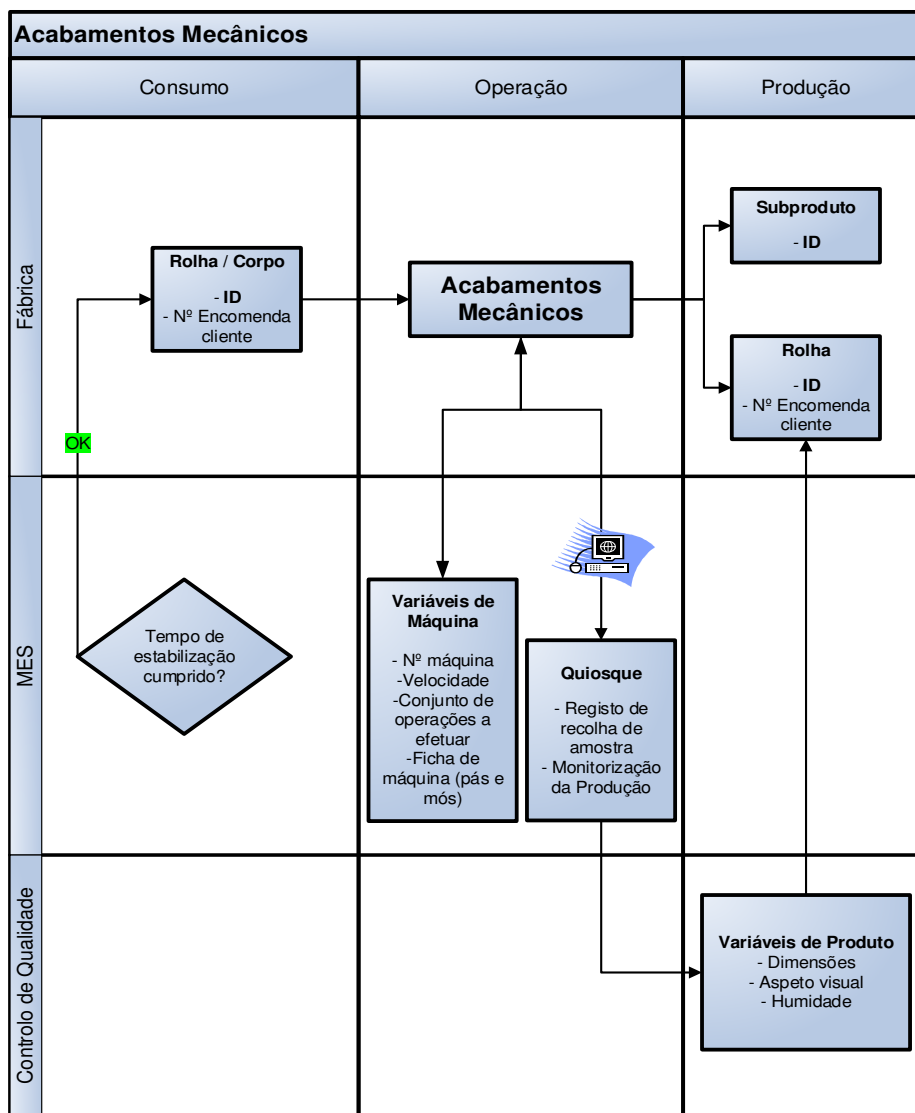


Figura 17 – Fluxograma da operação Acabamentos Mecânicos

Balancos mássicos

- *Input* – Rolha;
- *Output* – Rolha, Subproduto.

Controlo de Qualidade

- *Variáveis de Produto a controlar* – Dimensões, Aspecto Visual, Humidade;
- *Condição para aceitar input* – Tempo de estabilização cumprido.

Monitorização do Processo

- *Número de máquinas* – 6 linhas de chanfrar, 6 linhas de bolear, 2 máquinas de polir, 2 máquinas de topejar (as linhas de chanfrar/bolear pressupõem as operações de polir topejar e chanfrar/bolear em sequência);
- *Variáveis de máquina* – Número de máquina, Velocidade, Sequência de operações efetuada.

Análise de Dados

- *KPI's* – OEE por máquina, OEE por unidade temporal;
- *Relatórios de Produção* – Quantidade produzida por máquina e por OF; Inventário por Produto, por unidade temporal e por OF.

4.2.3 Lavação

Na operação de Lavação, pretende-se desinfetar as rolhas através da ação de produtos químicos. Existem vários tipos de lavação que conferem às rolhas diferentes aspetos visuais. Neste processo as rolhas são inseridas nos tambores das máquinas da lavação, às quais são adicionados os produtos químicos desinfetantes. O tempo da lavação varia consoante o programa escolhido. Nesta operação o consumo é igual à produção, ou seja, para cada lote de *n* rolhas dadas como *input*, ter-se-ão as mesmas *n* rolhas como *output* não havendo co-produto ou subproduto. O fluxograma desta operação pode ser analisado na Figura 18, seguido dos respetivos requisitos.

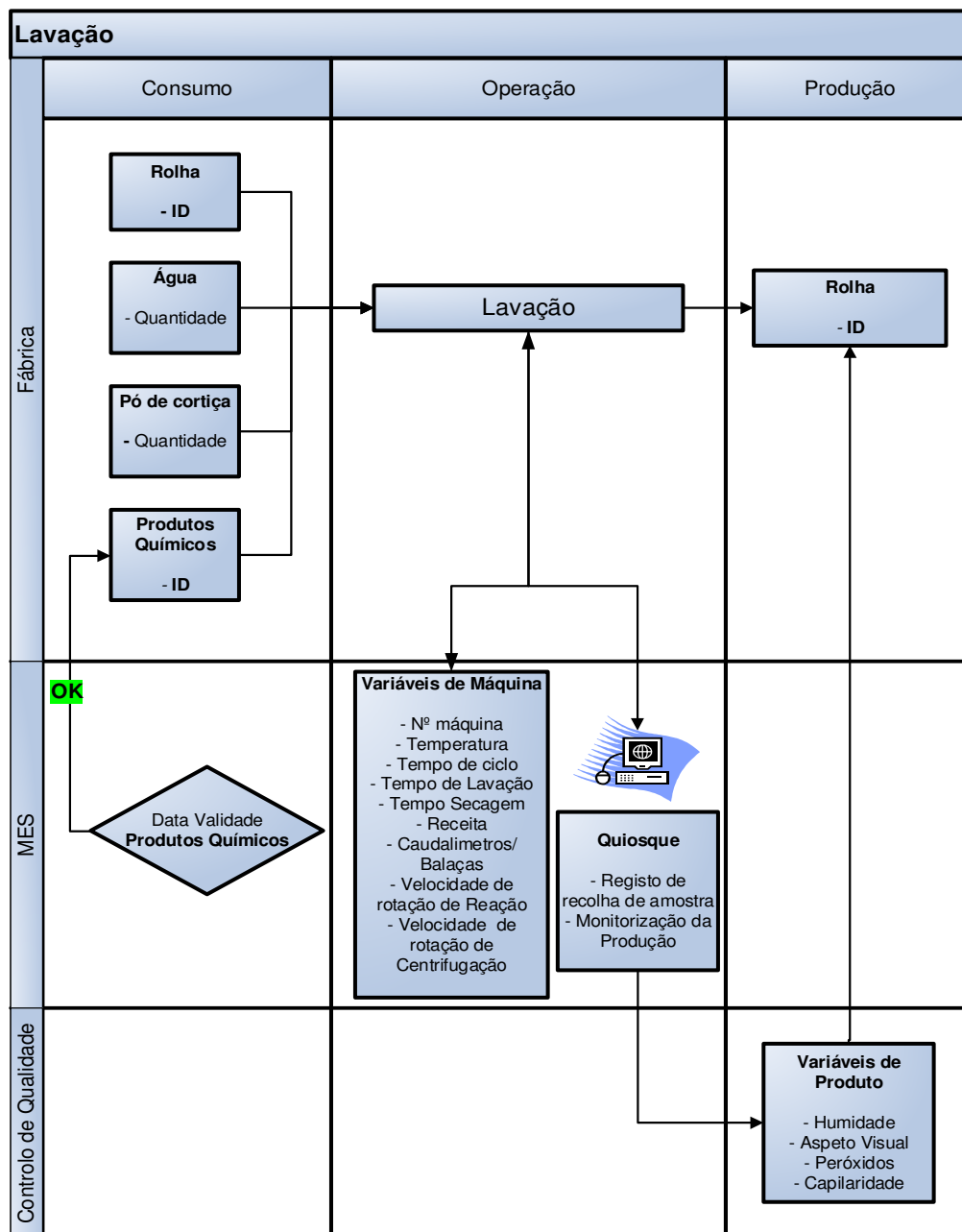


Figura 18 – Fluxograma da operação Lavação

Balances mássicos

- *Input* – Rolha, Produtos Químicos, Água, Pó de Cortiça;
- *Output* – Rolha.

Controlo de Qualidade

- *Variáveis de Produto a controlar* – Humidade, Peróxidos, Capilaridade, Aspeto Visual;
- *Condições para aceitar inputs* – Validade dos Produtos Químicos;
- *Condições para disponibilizar outputs* – Tempo de estabilização cumprido.

Monitorização do Processo

- *Número de máquinas* – 2 máquinas;
- *Variáveis de máquina* – Número de máquina, Receita, Tempo de ciclo, Temperatura dos tambores, Caudalímetros, Velocidades de rotação;
- *Variáveis do Processo a controlar* – Humidade relativa e Temperatura ambiente;
- *Tipos de lavação* – Raro 5/6/0.

Análise de Dados

- *KPI's* – OEE por máquina, OEE por unidade temporal;
- *Relatórios de Produção* – Quantidade produzida e percentagem de Reprocessamento por máquina, por OF e por unidade temporal; Inventário por Produto, por unidade temporal e por OF;
- *Relatório de Processo* – Relação entre as variáveis de produto, de máquina e de processo em termos de Produto, Classe e unidade temporal.

4.2.4 Estufa ROSA

O sistema ROSA – *Rate of Optimal Steam Application*, pretende ajustar os valores de humidade das rolhas e níveis de TCA, através de variáveis como temperatura e vapor, para que possam seguir o processo produtivo. Nesta operação, o consumo é igual à produção, ou seja, os *inputs* são equivalentes aos *outputs* não havendo co-produto ou subproduto. Como forma de evitar misturas de lotes nesta operação, definiu-se que o MES deverá despoletar um alerta para que se cumpra um tempo de espera entre o processamento de lotes. Este tempo deverá ser parametrizável. Na Figura 19, observa-se o fluxograma desta operação.

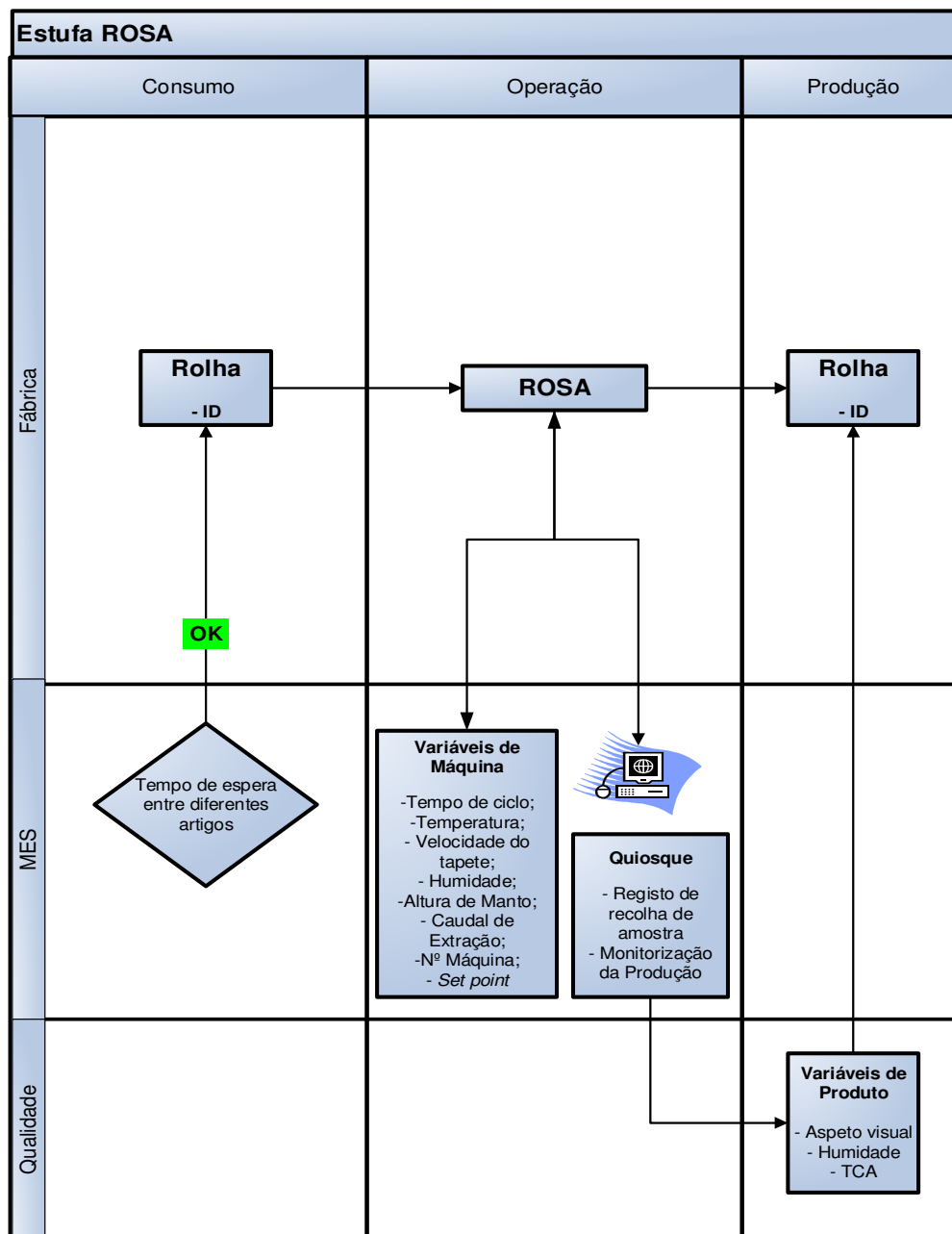


Figura 19 – Fluxograma da operação estufa ROSA

Balanços mássicos

- *Input* – Rolha;
- *Output* – Rolha.

Controlo de Qualidade

- *Variáveis de Produto a controlar* – Humidade, Aspeto Visual, TCA (Tricloroanisol).

Monitorização do Processo

- *Número de máquinas* – 1 máquina;
- *Variáveis de máquina* – Tempo de ciclo, Temperatura, Humidade, Consumo de Vapor, Caudal de exaustão e insuflação, Programa;
- *Variáveis do Processo a controlar* – Humidade relativa e Temperatura ambiente.

Análise de Dados

- *KPI's* – OEE por máquina, OEE por unidade temporal;
- *Relatórios de Produção* – Quantidade produzida por máquina, por Programa e por unidade temporal; Inventário por Produto, por unidade temporal e por OF;
- *Relatório de Processo* – Evolução da Humidade por máquina e por unidade temporal; Relação entre as variáveis de produto, de máquina e de processo.

4.2.5 Tratamento

O tratamento de rolhas visa atribuir às rolhas uma melhor capacidade de inserção e extração da garrafa. Para o efeito, as rolhas são colocadas nos tambores das máquinas de tratamento e centrifugadas juntamente com os produtos químicos que lhes conferem as características desejadas. De seguida são descritos os requisitos desta operação e respetivo fluxograma na Figura 20.

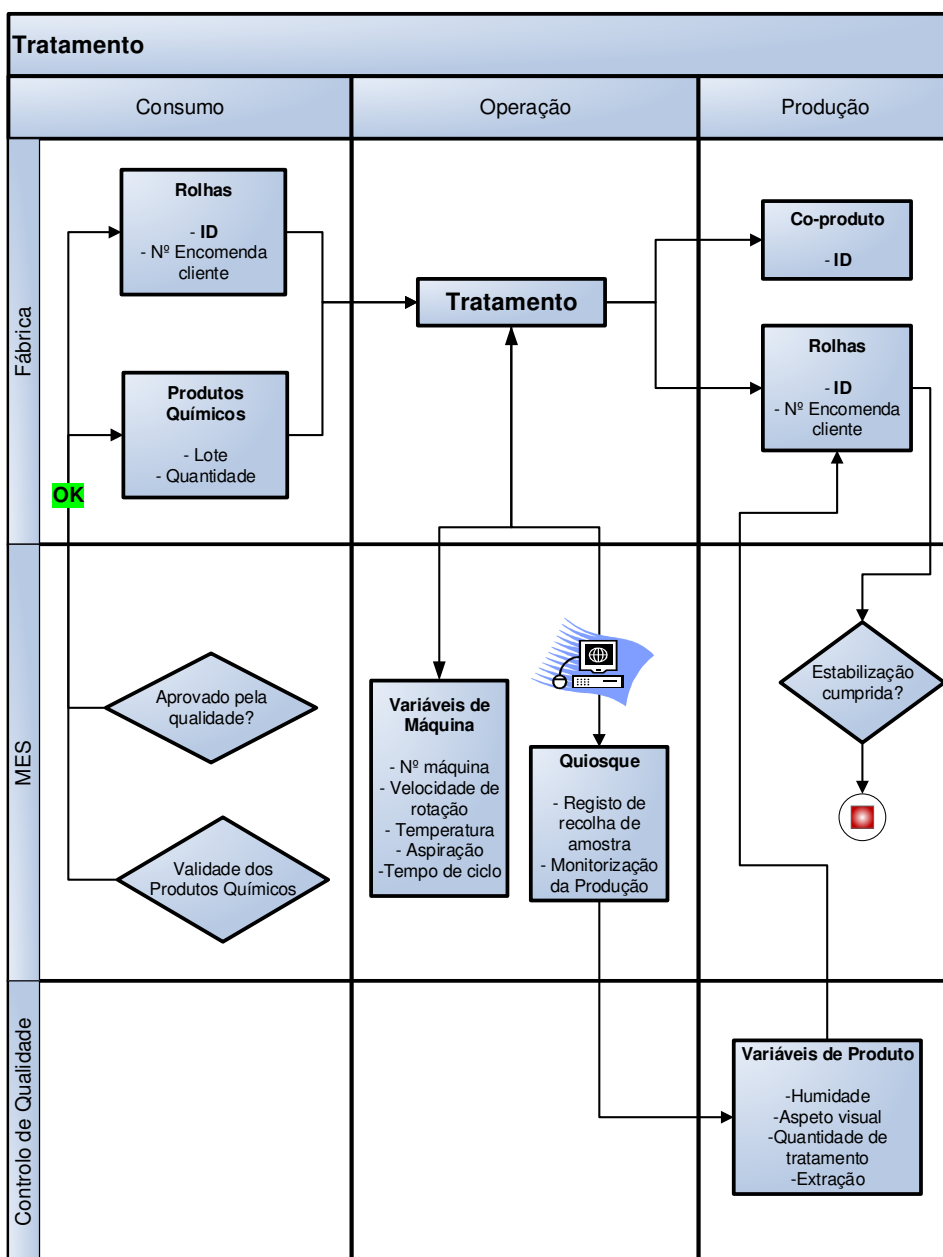


Figura 20 – Fluxograma da operação Tratamento

Balances mássicos

- *Input* – Rolha, Produtos Químicos;
- *Output* – Rolha, Co-produto.

Controlo de Qualidade

- *Variáveis de Produto a controlar* – Humidade, Aspeto Visual, Forças de extração, Quantidade de tratamento;
- *Condições para aceitar inputs* –Validade dos Produtos Químicos, Aprovação do laboratório;
- *Condições para disponibilizar outputs* – Tempo de estabilização cumprido.

Monitorização do Processo

- *Número de máquinas* – 8 máquinas;
- *Variáveis de máquina* – Número de máquina, Receita, Tempo de ciclo, Temperatura dos tambores, Capacidade da máquina, Velocidades de rotação;
- *Variáveis do Processo a controlar* – Humidade relativa e Temperatura ambiente.

Análise de Dados

- *KPI's* – OEE por máquina, OEE por unidade temporal;
- *Relatórios de Produção* – Quantidade produzida por máquina, por OF e por unidade temporal; Inventário por Produto, por unidade temporal e por OF;
- *Relatório de Processo* – Relação entre as variáveis de produto, de máquina e de processo.

4.2.6 Injeção de Cápsula

A produção de cápsulas é feita por injeção de poliestireno e pigmento nos moldes próprios para o efeito. Esta operação tem a particularidade de poder utilizar como matéria-prima as cápsulas produzidas com defeito. Estas são reintroduzidas nas máquinas de injeção e trituradas, servindo como matéria-prima na operação e dando origens a novas cápsulas. Por conseguinte, como se verifica no fluxograma da Figura 21, as cápsulas com defeito reprocessadas constituem um dos *inputs* necessários de acautelar nesta operação.

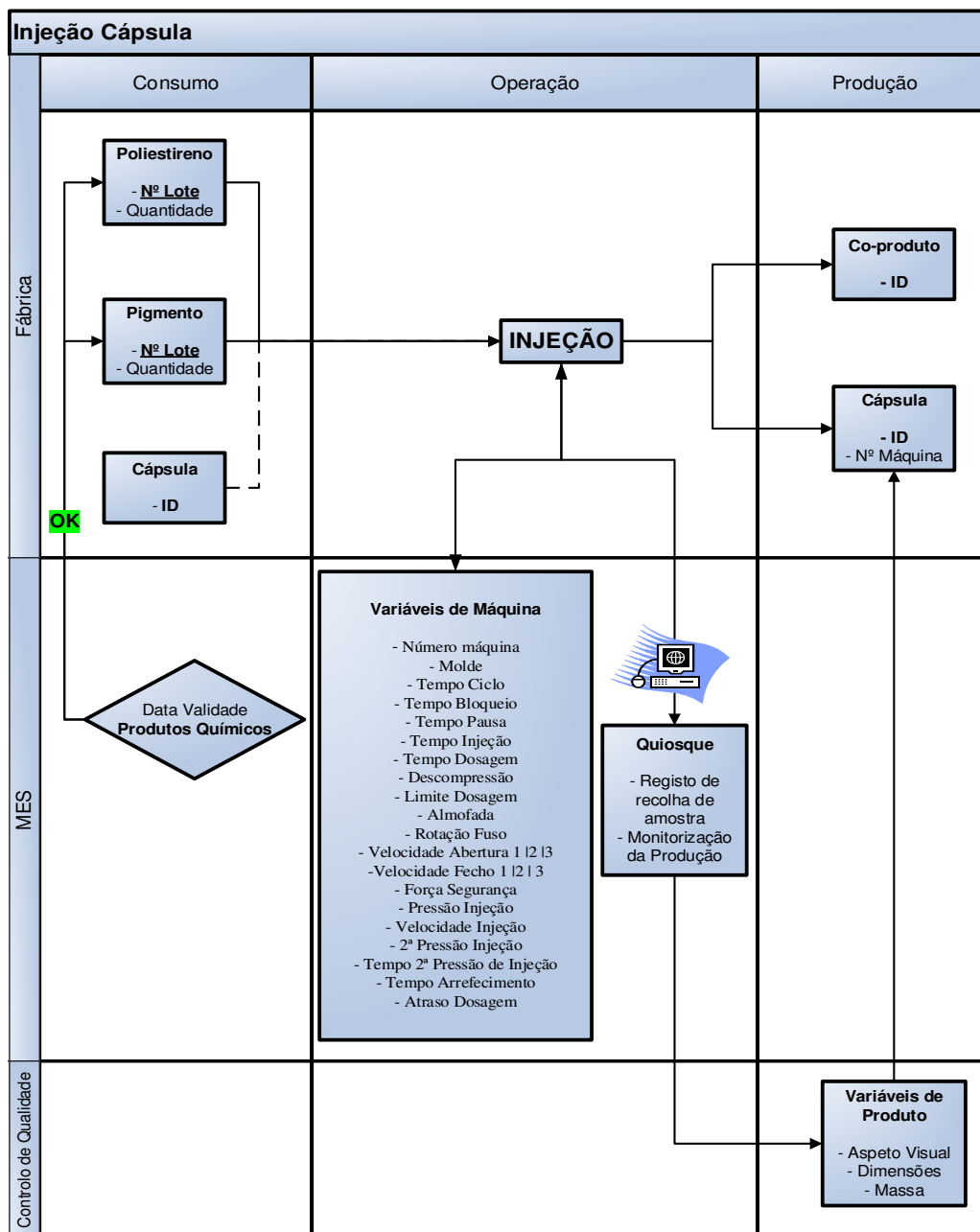


Figura 21 – Fluxograma da operação Injeção de cápsula

Balanços mássicos

- *Input* – Poliestireno, Pigmento, Co-produto (cápsulas com defeito);
- *Output* – Cápsula, Co-produto.

Controlo de Qualidade

- *Variáveis de Produto a controlar* – Dimensões, Aspecto Visual, Massa;
- *Condições para aceitar inputs* – Validade dos Produtos Químicos.

Monitorização do Processo

- *Número de máquinas* – 8 máquinas;
- *Variáveis de máquina* – Número de máquina, Molde, Tempo de ciclo, Tempo de bloqueio, Tempo de pausa, Tempo de injeção, Tempo de dosagem, Descompressão,

Limite dosagem, Almofada, Rotação Fuso, Velocidade de abertura 1/2/3, Velocidade de fecho 1/2/3, Força de segurança, Pressão de injeção 1/2, Velocidade de injeção, Tempo de pressão de injeção, Tempo arrefecimento, Atraso dosagem;

- *Variáveis do Processo a controlar* – Humidade relativa e Temperatura ambiente.

Análise de Dados

- *KPI's* – OEE por máquina, OEE por unidade temporal;
- *Relatórios de Produção* – Quantidade produzida por máquina, por OF e por unidade temporal; Inventário por Produto, por unidade temporal e por OF, Tempo de ciclo por Produto;
- *Relatório de Processo* – Relação entre as variáveis de produto, de máquina e de processo.

4.2.7 Escolha de Cápsula

Nesta operação, pretende-se avaliar se as cápsulas produzidas no setor da Injeção, se encontram conforme as especificações. São verificadas as dimensões e aspeto visual destas. As cápsulas que se encontrem dentro dos padrões definidos seguem o processo produtivo, as que não cumpram os requisitos são reencaminhadas para *input* no processo de injeção. Na Figura 22 representa-se o fluxograma correspondente a esta operação.

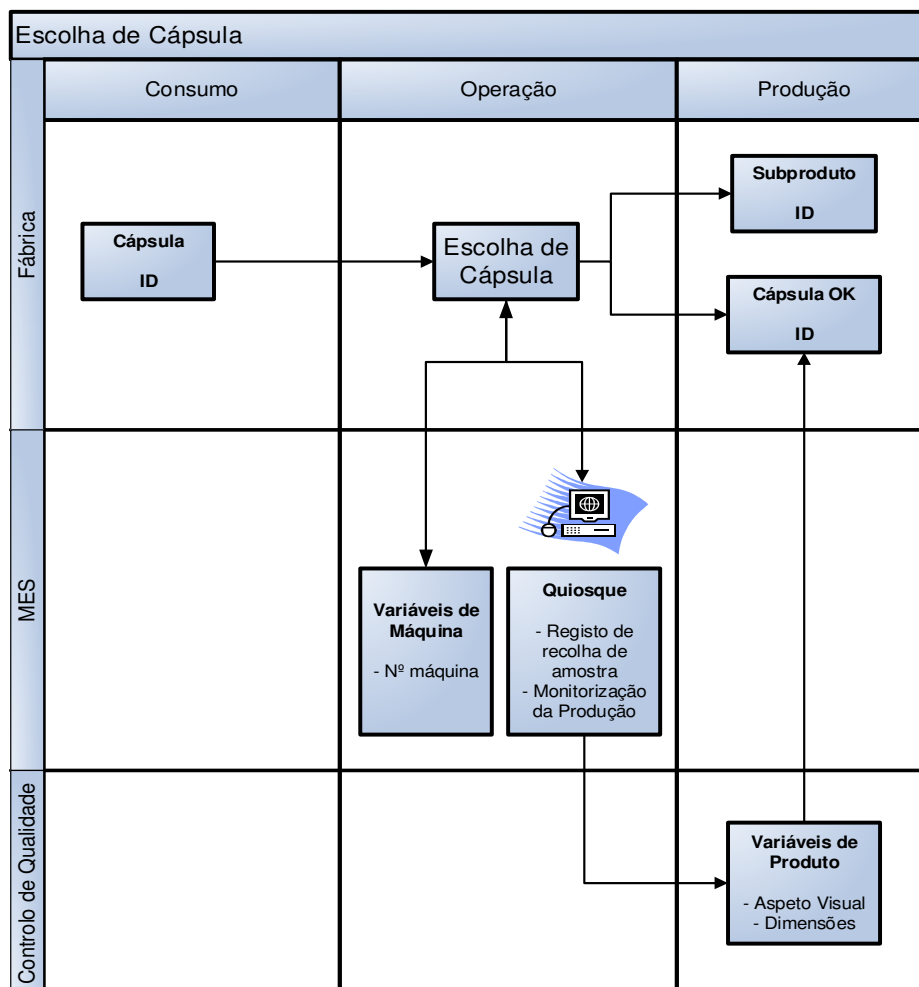


Figura 22 – Fluxograma da operação Escolha de Cápsula

Balancos mássicos

- *Input* – Cápsula;
- *Output* – Cápsula OK, Co-produto.

Controlo de Qualidade

- *Variáveis de Produto a controlar* – Dimensões, Aspecto Visual.

Monitorização do Processo

- *Número de máquinas* – 1 máquina, 1 banca manual;
- *Variáveis de máquina* – Número de máquina.

Análise de Dados

- *KPI's* – OEE por máquina, OEE por unidade temporal;
- *Relatórios de Produção* – Quantidade produzida por máquina, por Produto, por OF e por unidade temporal; Quantidade produzida de co-produto por máquina, por Produto, por OF e por unidade temporal; Inventário por Produto, por unidade temporal e por OF, Tempo de ciclo por Produto.

4.2.8 Gravação/Estampagem

As etapas de gravação de cápsulas a tinta ou estampagem destas com fita possuem requisitos de operação equivalente e analisam-se aqui em conjunto. Conforme o artigo a produzir, as cápsulas seguem para as máquinas de gravação ou estampagem após serem escolhidas. Existe nesta operação a possibilidade de cápsulas mal gravadas/estampadas serem introduzidas novamente na máquina para reprocessamento, logo, o sistema deverá permitir o consumo do mesmo lote várias vezes. De seguida, na Figura 23, apresenta-se o fluxograma desta operação.

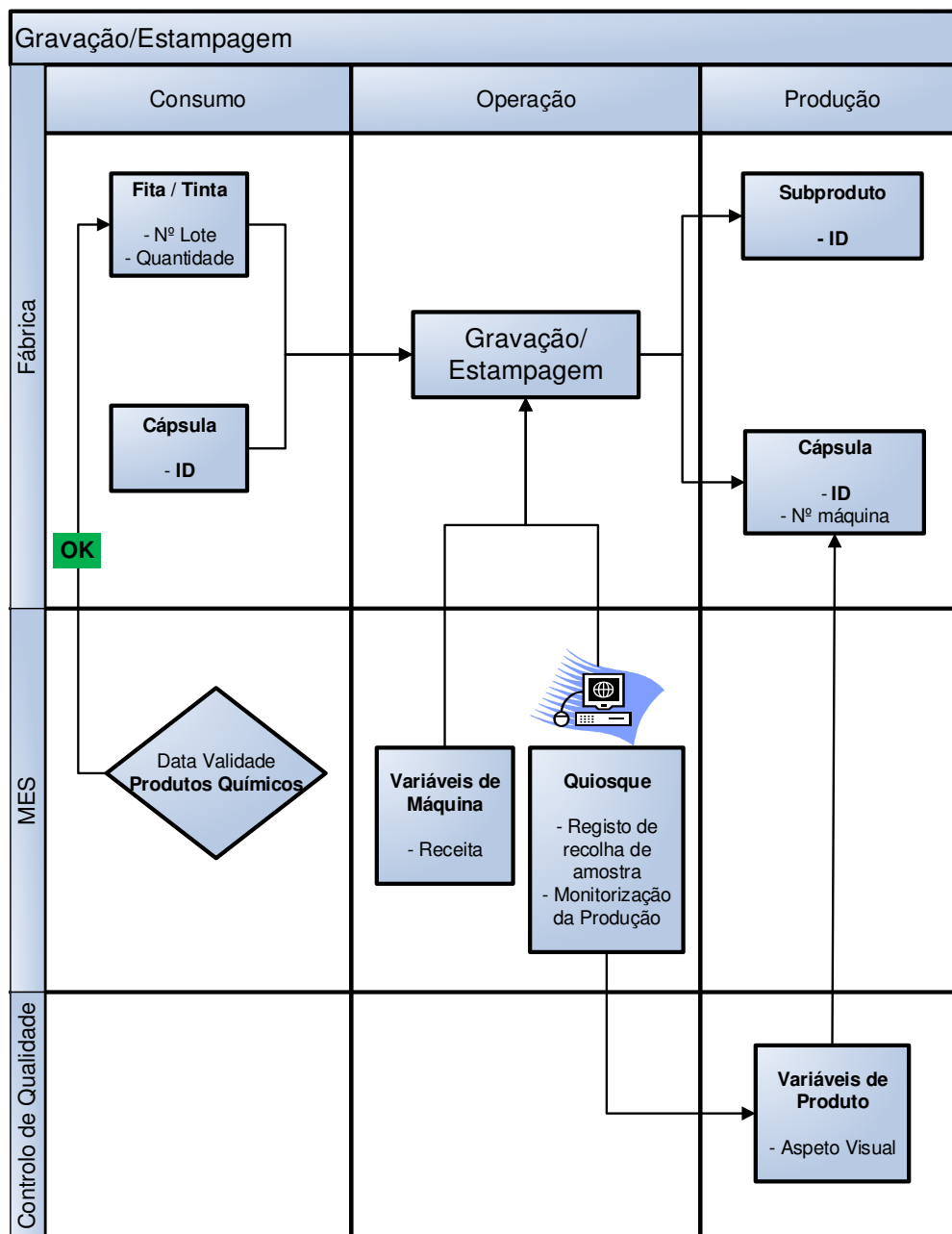


Figura 23 – Fluxograma da operação Gravação/Estampagem

Balanços mássicos

- *Input* – Cápsula, Fita/Tinta;
- *Output* – Cápsula.

Controlo de Qualidade

- *Variáveis de Produto a controlar* – Aspeto Visual.

Monitorização do Processo

- *Número de máquinas* – 2 de estampagem, 5 de gravação;
- *Variáveis de máquina* – Número de máquina, Receita.

Análise de Dados

- *KPI's* – OEE por máquina, OEE por unidade temporal;
- *Relatórios de Produção* – Quantidade produzida por máquina, por Produto, por OF e por unidade temporal; Tempo de ciclo de Produto; Inventário por Produto, por unidade temporal e por OF, Tempo de ciclo por Produto.

4.2.9 Capsulagem

O processo de capsulagem caracteriza-se pela colagem de uma cápsula a uma rolha, perfazendo uma rolha capsulada. Mediante o artigo a produzir, esta operação pode ser feita em linha com as operações seguintes (escolha de capsulada e embalagem) ou como operação independente. Como se pode observar no fluxograma da Figura 24, existe também a possibilidade de integração de outros elementos (como fios ou aplicações de vidro ou plástico) que configuram uma cápsula composta, um dos *inputs* desta operação.

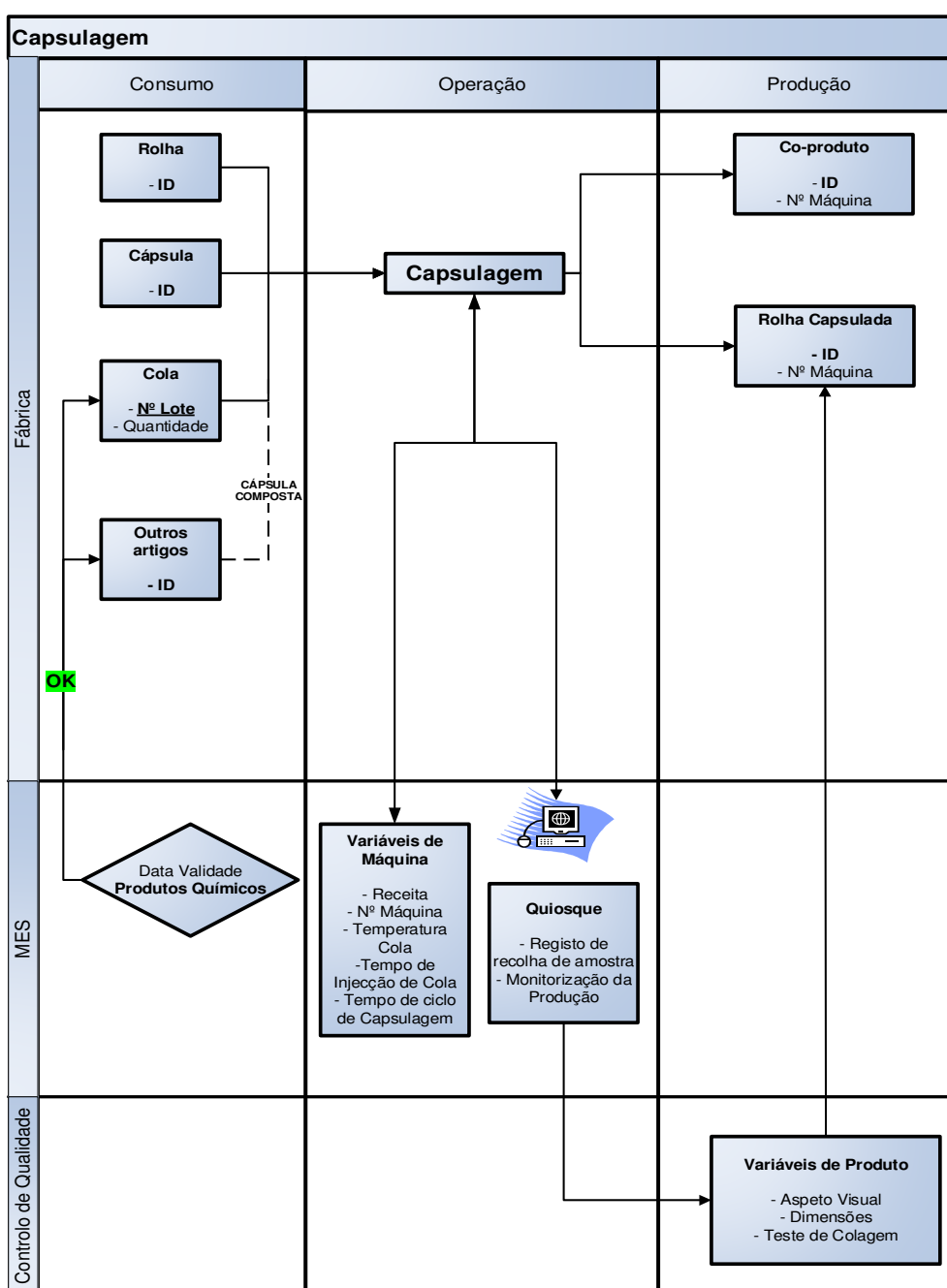


Figura 24 – Fluxograma da operação Capsulagem

Balancos mássicos

- *Input* – Rolha, Cápsula, Cola. Outros artigos;
- *Output* – Rolha capsulada, Co-produto.

Controlo de Qualidade

- *Variáveis de Produto a controlar* – Aspecto Visual, Dimensões, Colagem;
- *Condições para aceitar input* – Validade dos Produtos Químicos.

Monitorização do Processo

- *Número de máquinas* – 6 máquinas T-Cork, 2 Robots, 4 máquinas capsulagem, 1 capsulagem semiautomática, 1 manual, 6 pistolas de colagem;
- *Variáveis de máquina* – Número de máquina, Receita, Temperatura da cola, Tempo de ciclo de capsulagem, Tempo de injeção de cola.

Análise de Dados

- *KPI's* – OEE por máquina, OEE por unidade temporal;
- *Relatórios de Produção* – Quantidade produzida por máquina, por Produto, por OF e por unidade temporal;
- *Relatórios do Processo* – Relação entre as variáveis de produto e máquina, por máquina e unidade temporal.

4.2.10 Escolha de Rolha Capsulada

De forma análoga à escolha de cápsula, na operação de escolha de rolha capsulada, pretende-se verificar a conformidade destas relativamente às suas especificações dimensionais. Devido à complexidade das formas de algumas rolhas capsuladas, estas exigem vários repasses do mesmo lote na máquina para uma aferição correta do número de produtos defeituosos. Nesta situação, deverá ficar registado em sistema o número de vezes que um certo lote foi colocado nesta operação, por forma a evitar imprecisões nos registos de produção. Observando a Figura 25, é possível analisar os detalhes desta operação.

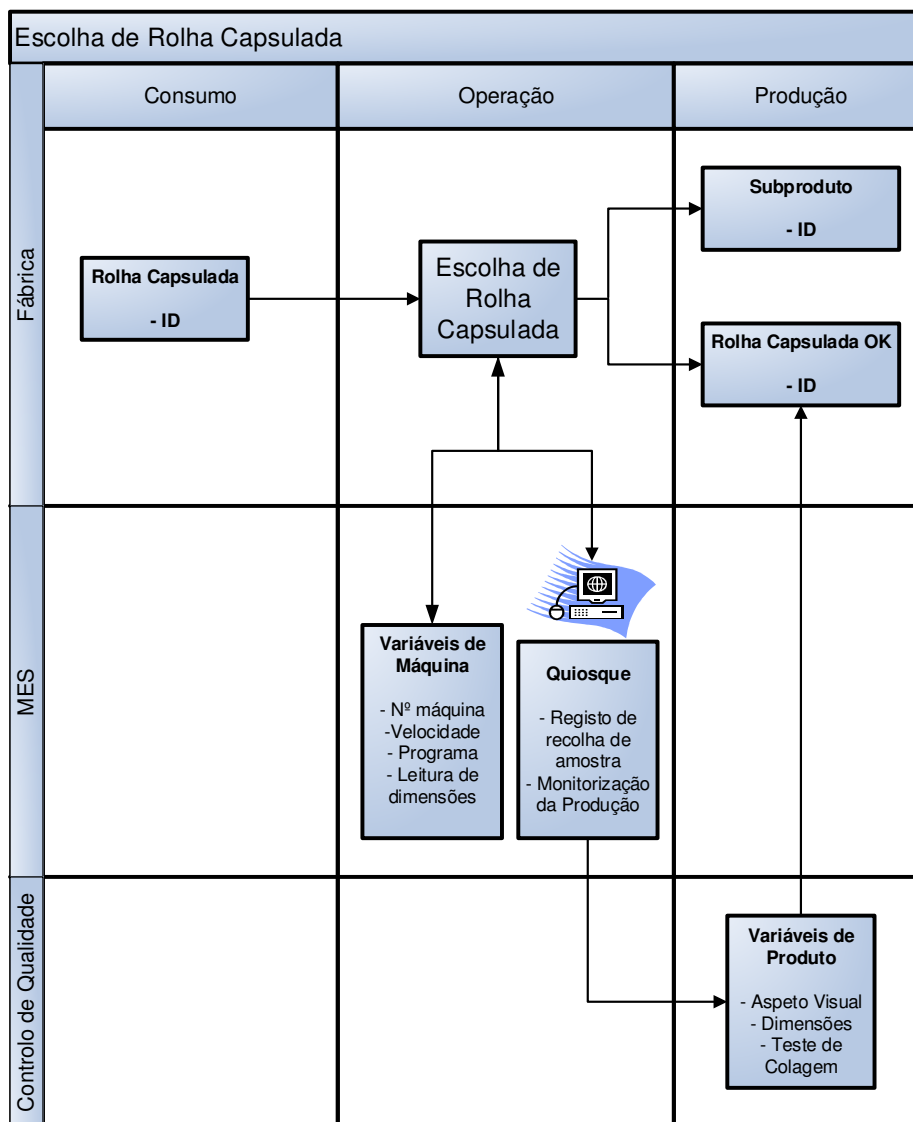


Figura 25 – Fluxograma da operação Escolha de Rolha Capsulada

Balanços mássicos

- *Input* – Rolha capsulada;
- *Output* – Rolha capsulada OK, Co-produto.

Controlo de Qualidade

- *Variáveis de Produto a controlar* – Aspecto Visual, Dimensões, Colagem.

Monitorização do Processo

- *Número de máquinas* – 5 linhas (capsulagem, escolha e embalagem), 2 máquinas Bresimar, 1 banca manual;
- *Variáveis de máquina* – Número de máquina, Velocidade, Programa, Dimensões.

Análise de Dados

- *KPI's* – OEE por máquina, OEE por unidade temporal;
- *Relatórios de Produção* – Quantidade produzida por máquina, por Produto, por OF e por unidade temporal; Quantidade produzida de co-produto por máquina, por Produto, por OF e por unidade temporal;
- *Relatórios de Processo* – Percentagem de quantidade rejeitada; Relação entre as variáveis de produto e máquina, por máquina e por unidade temporal.

4.3 Necessidades de material e procedimentos de operação

Efetuada o levantamento de requisitos de operação, procedeu-se à verificação do material necessário em termos de *hardware*, em cada setor. Na Tabela 2, é possível observar quais estas necessidades nas diversas operações.

Tabela 2 – Necessidades de material por operação

Operação	Impressora	Pistola de código de barras	Consola de registo
Escolha	2	3	2
Acabamentos Mecânicos	1	2	1
Lavação	-	1	1
Estufa ROSA	-	1	1
Tratamento	1	1	1
Injeção de cápsula	1	1	1
Escolha de cápsula	-	1	1
Gravação/Estampagem	1	1	1
Capsulagem	3	1	1
Escolha de rolha capsulada	-	1	1

O procedimento de operação a realizar caracteriza-se pela geração de etiquetas internas de artigo e a associação destas a cada unidade de movimentação. Estas etiquetas terão a informação relativa ao ID do artigo, Quantidade, Ordem de Fabrico e Número de Encomenda. A validação de *inputs* e *outputs* em cada operação e adjudicação de um artigo à máquina será feita através da leitura do código de barras das etiquetas. Esta informação será recolhida e comunicada à consola do setor, onde se encontrará instalado o *software* MES. Nesta consola será também possível recolher os registos de produção de cada máquina ou introduzir esta informação manualmente, caso se trate de uma operação manual ou a máquina em questão não permita a adaptação de autómatos.

- Total da produção semanal da operação de Escolha por unidade temporal (turno).

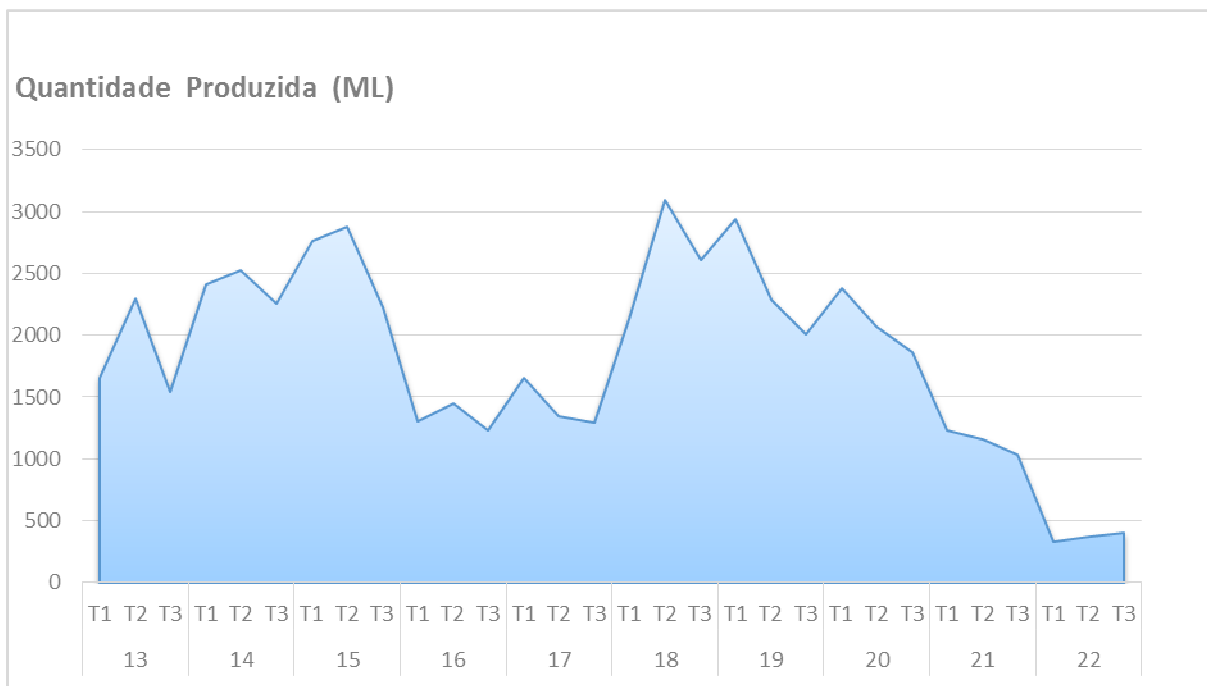


Figura 27 – Quantidade produzida (ML) por turno e por semana

- Distribuição relativa da quantidade de cada classe de rolhas consumidas.

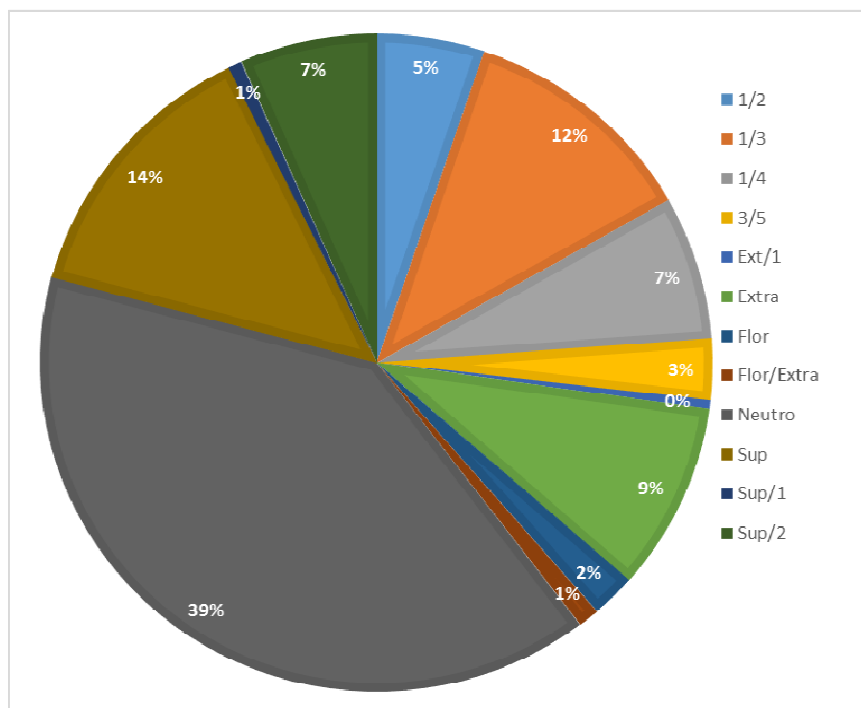


Figura 28 – Distribuição (%) das quantidades de consumo por classe

- Quantidade total de rolhas defeituosas identificadas em cada máquina.

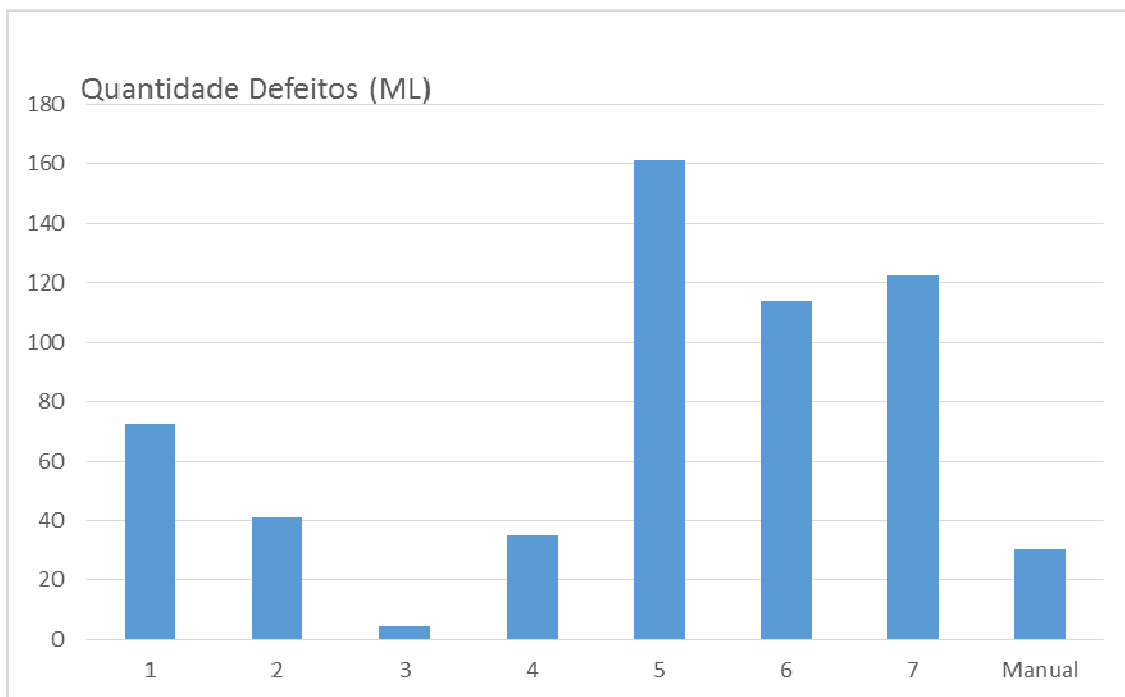


Figura 29 – Defeitos por máquina

- Representação do desvio de classe após escolha. No gráfico representa-se a quantidade de rolhas que após escolha mantiveram a sua classe original (Quantidade Principal) e as que foram reclassificadas para uma classe inferior (Quantidade Refugo). Em termos percentuais, esta informação está também representada na Tabela 3.

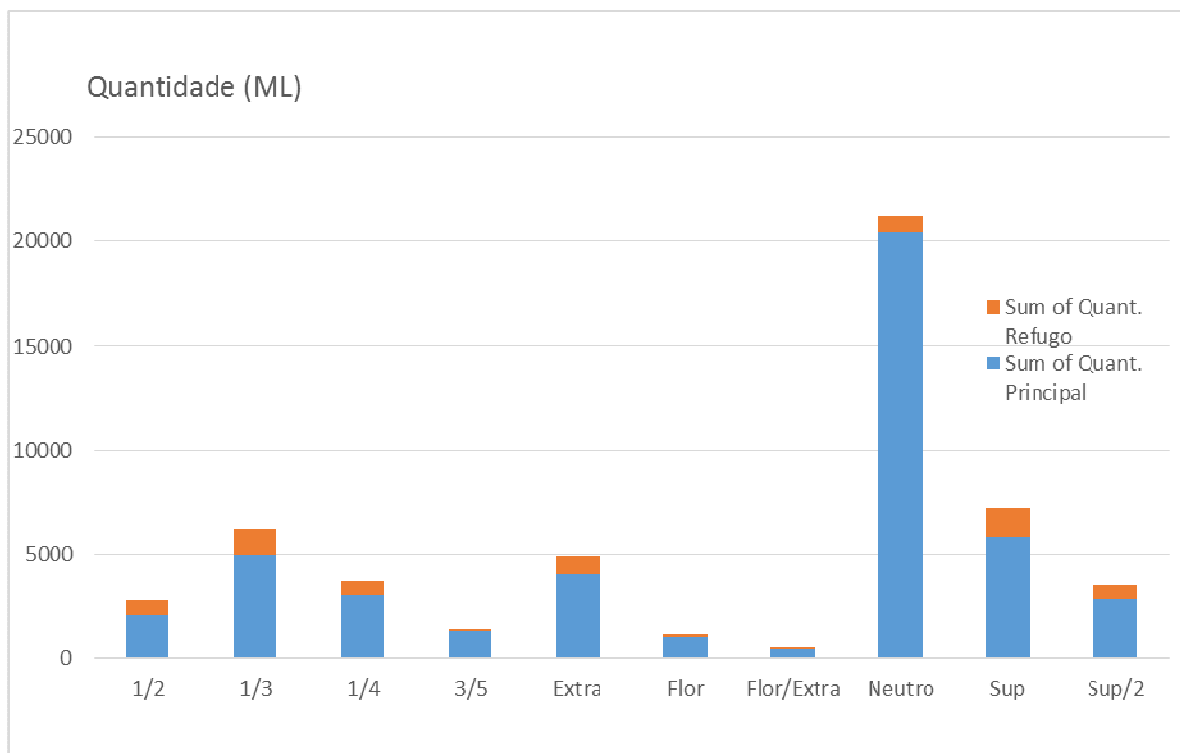


Figura 30 – Desvio de classe após Escolha

Tabela 3 – Desvio de classe após Escolha em relação à classe original

Classe	Desvio
1/2	27%
1/3	20%
1/4	18%
3/5	5%
Extra	17%
Flor	12%
Flor/Extra	15%
Neutro	4%
Sup	19%
Sup/2	20%

Quando implementado, o MES irá gerar, de forma automática, a informação acima descrita. O tipo de relatórios e gráficos obtidos será em qualquer momento editável, podendo as variáveis em jogo ser parametrizadas de acordo com as necessidades.

A posse deste tipo de informação auxilia o planeamento de produção e controlo do processo, apoiando simultaneamente a tomada de decisões em termos de:

- Definição de objetivos de produção;
- Monitorização do processo;
- Previsão de resultados;
- Gestão da qualidade;
- Avaliação de fornecedores.

Em termos de interface com o utilizador, foram idealizadas as *views* disponíveis no MES referentes à operação de Escolha de acordo com os requisitos definidos anteriormente. O menu inicial deste setor pode ser observado na Figura 31. Através da opção “Relatórios de processo”, será possível aceder à informação descrita nas Figuras 27 a 30. No ANEXO D, é possível conferir as restantes funcionalidades do sistema.



Figura 31 – Menu Inicial da Escolha Eletrónica

5.2 Desenvolvimentos futuros

O trabalho desenvolvido neste projeto define aquilo que se caracteriza pela primeira fase do processo de implementação de um sistema MES. O plano de trabalhos posterior ao levantamento de requisitos efetuado definiu-se pela seguinte sequência de etapas:

- Levantamento “micro” de requisitos de operação:
 - Desenvolvimento e/ou adaptação de autómatos de máquina para recolha de informação;
 - Definição de requisitos de utilização (procedimentos para operadores);
 - Avaliação da interação do *software* de máquina com o MES.
- Acautelamento de todas as unidades de movimentação com códigos de barra;
- Desenvolvimento de *software* e interface MES com o utilizador;
- Realização de testes e validação do sistema.

5.3 Conclusão

O levantamento de requisitos de operação e sua análise, descritos neste documento, configuram a base onde assentará o desenvolvimento do sistema de informação de gestão de produção pretendido pela empresa.

Com o objetivo de definição do modelo do sistema de informação, foi necessária uma primeira abordagem ao problema proposto, tendo presente aquilo que se preconiza como um módulo de gestão de produção na estrutura da empresa. Durante este processo, numa fase inicial, foi possível perceber quais as funcionalidades transversais a todas as UI's que se exigem ao sistema. Este grupo de requisitos funcionais de sistema será sempre tido em conta aquando do desenvolvimento informático do mesmo e sua implementação.

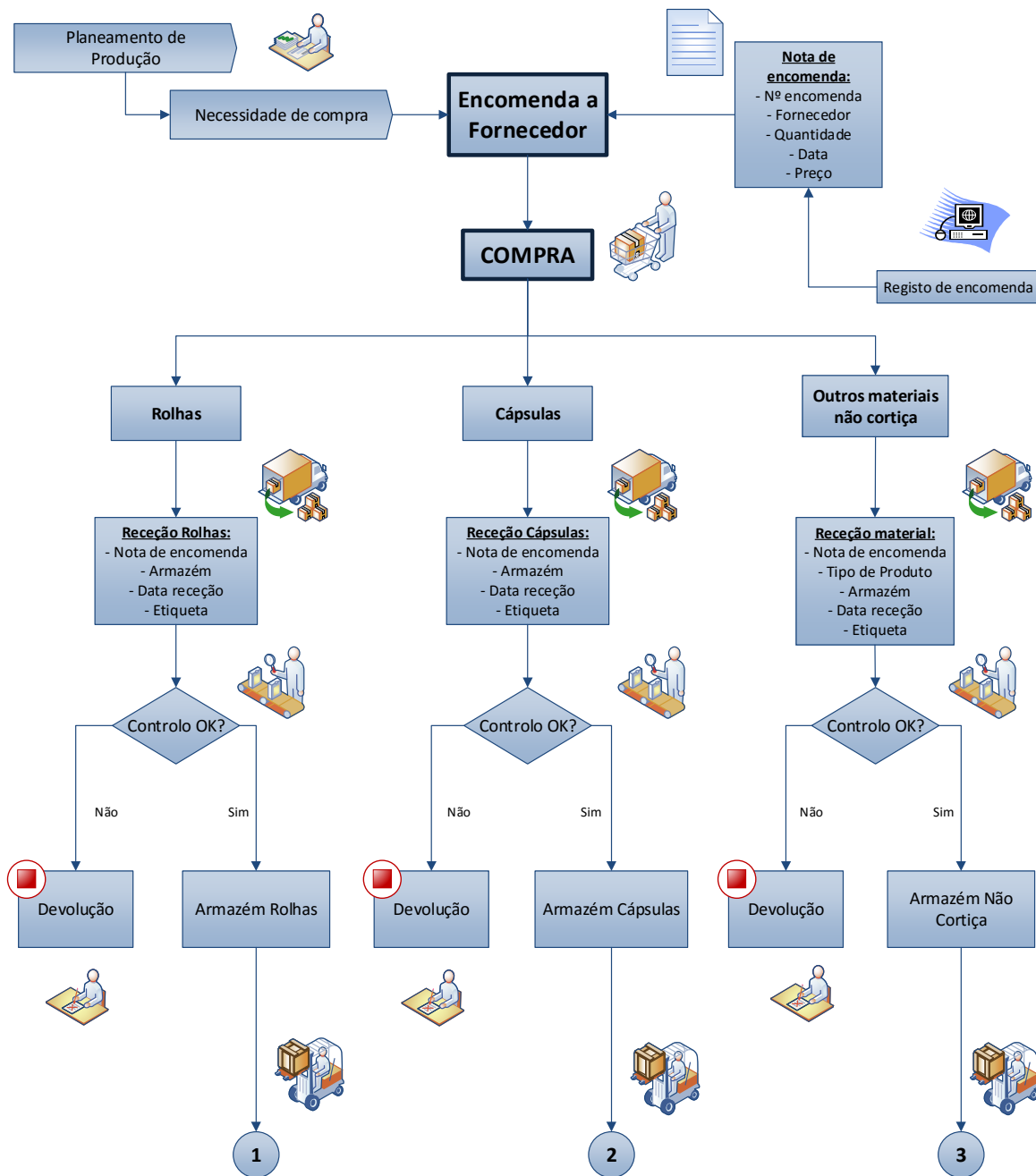
Focando a atividade operacional da TSUnit, a caracterização de cada processo possibilitou o enquadramento do MES e a sua atividade relativamente ao ERP e chão de fábrica. O levantamento de requisitos, objeto desta dissertação, permitiu definir um modo de assegurar o cumprimento das especificações a que este sistema se propôs em termos de: rastreabilidade, registos de consumos e produções, controlo de qualidade, monitorização do processo e análise de dados. A simulação de resultados e adaptação de registos, permite desde já ter uma previsão daquilo que será o MES em funcionamento, possibilitando uma análise e verificação dos requisitos do sistema idealizado.

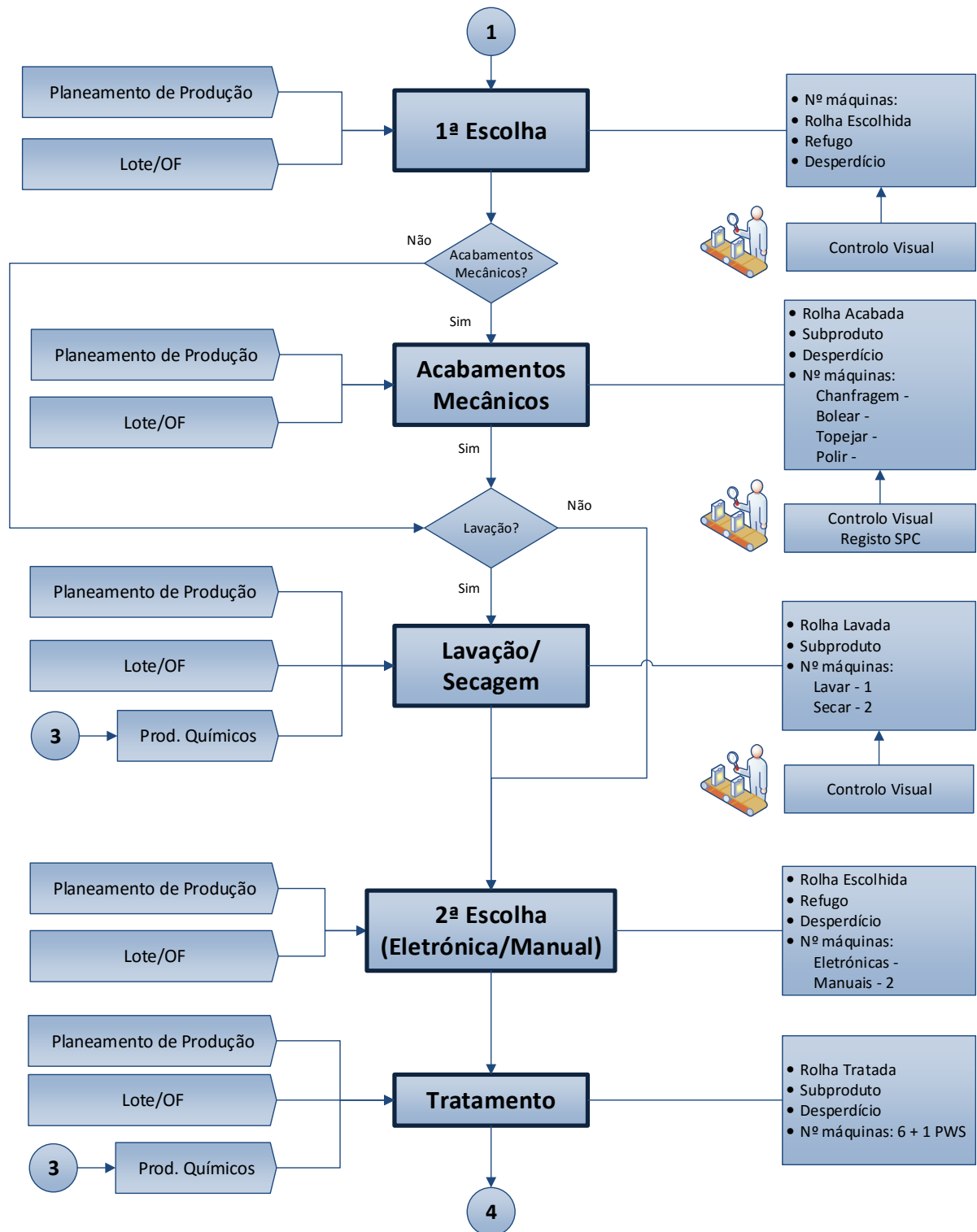
O trabalho efetuado revela-se como útil e necessário na fase em que foi realizado. A partir deste ponto está traçado o caminho a seguir e expostas as necessidades funcionais e operacionais para concretização do sistema MES.

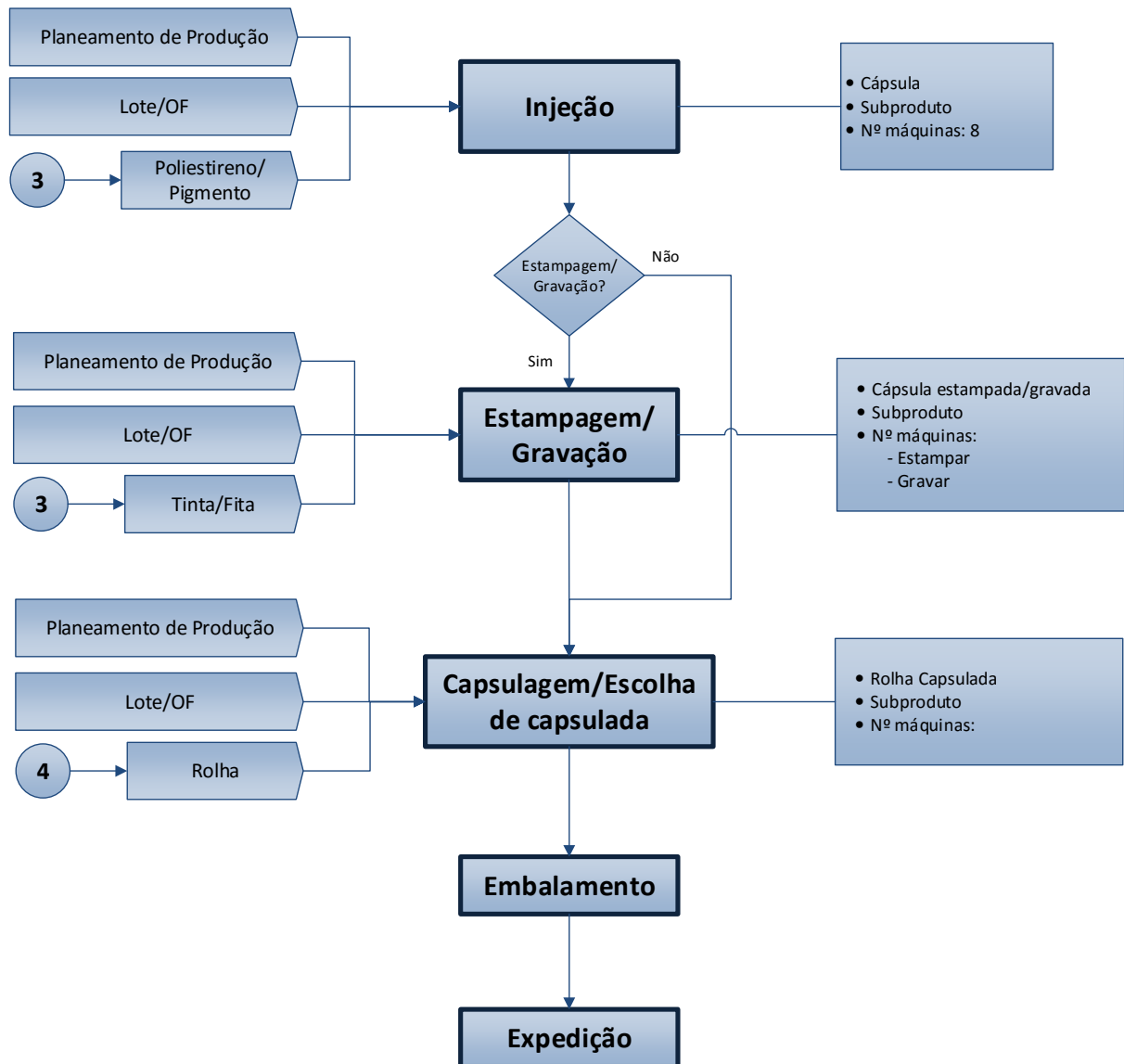
Referências

- Kletti, J. 2007. *Manufacturing Execution System – MES*. Mosbach: Springer
- McClellan, M. 1997. *Applying Manufacturing Execution Systems*. Boca Raton, Florida: St. Lucie Press
- Satyam Computer Services. 2006. *Manufacturing Execution Systems, Satyam Automation*. White Paper
- Besteiro, David. 2010. *Análise de Modelação de Processos – Aplicação na Especificação de um Sistema de Execução Fabril*, Tese de Mestrado em Engenharia Eletrónica e de Computadores. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Meyer, H. 2009. *Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal Design, Planning and Deployment*, New York: McGraw-Hill
- MESA International. 1996. *The Benefits of MES: A Report From The Field*, MESA International, Pittsburgh, PA

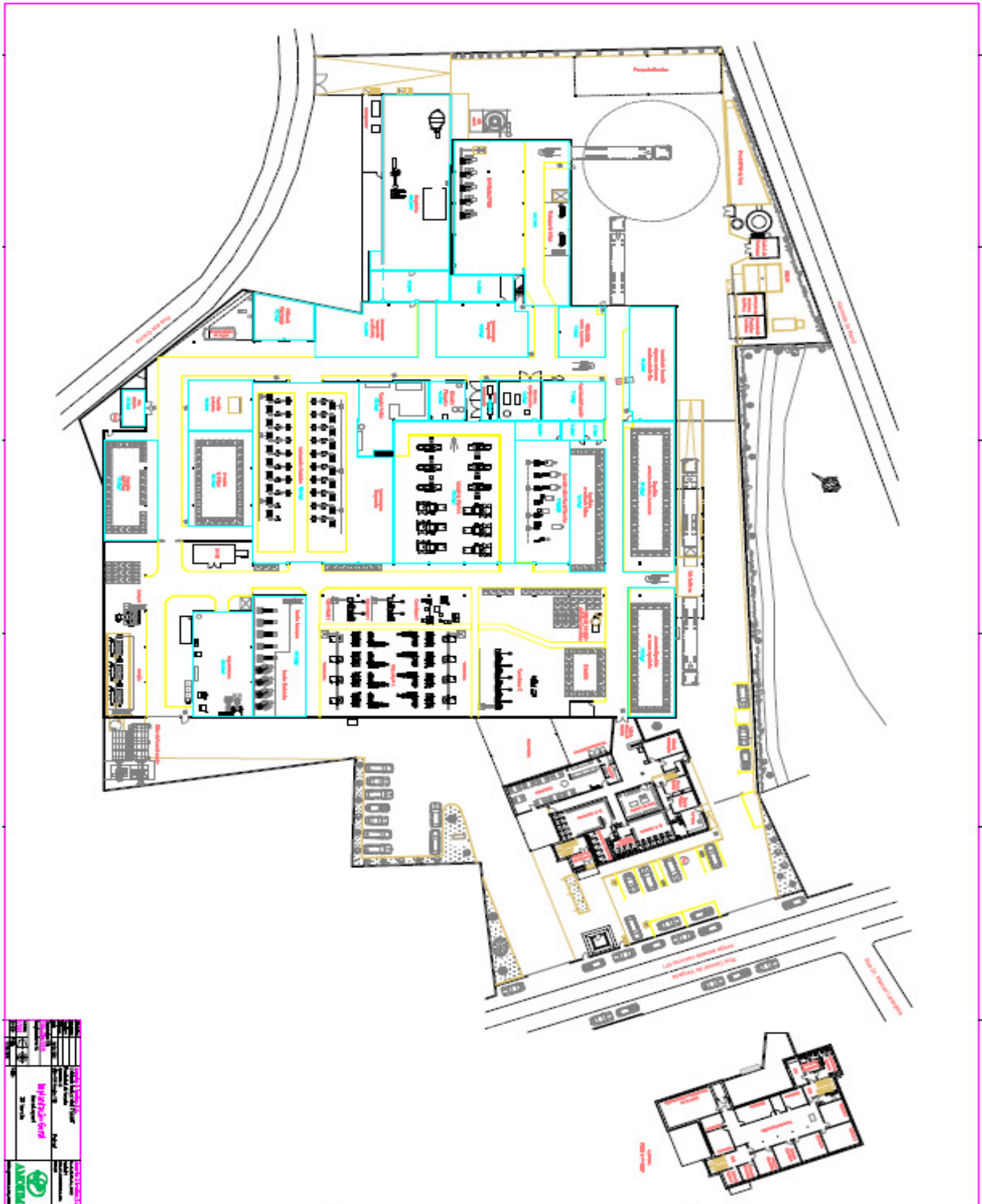
ANEXO A: Fluxograma processos Top Series Unit







ANEXO B: Layout Top Series Unit



ANEXO C: *Template* de requisitos de operação

REQUISITOS PARA *TEMPLATE* TRANSVERSAL

Operação	
Granulometria	

	INPUT'S			Opções Operação	OUTPUT'S		
	Input 1	Input 2	Input 3		Output 1	Output 2	Output 3
Nome							-
Caraterísticas							

I. Balanços Mássicos / Rastreabilidade

1- Material subsidiário a utilizar:

1.1 - Como contabilizar materiais subsidiários extra operações (entrada a consumo ou OF a OF?)

2 - Receita (Qual a % de cada material subsidiário a introduzir. Ex: lavação CLC)

3 - Necessário redefinir OF? (Ex. Agrupamento)

4 - Qual é o tipo de movimentação? (Ex. Consumo; Produção; Transferência; Devolução)

4.1 - Qual a proveniência dos *inputs*? (Interno (setores) ou Externos)

4.2 - Qual o destino do produto final?

5 - Nº Máquinas no Sector

6 - As máquinas tem contadores/desviadores?

6.1 - Extração de dados?

6.2 - Se automática, qual o fornecedor de máquinas? É possível a adaptação expedita ou é preciso desenvolvimentos com o fornecedor?

6.3 - Caso manual, quantas impressoras/pistolas de código de barras são necessárias?

7- Nº de consolas para registos/adjudicações por sector?


II. Pontos de Controlo	
1 - Controlo Qualidade?	
2 - Variáveis controlo de produto:	
3 - Operação barreira? (Só avança se OK)	
4 - Condições para aceitar <i>inputs</i> :	
5 - Condições para disponibilizar <i>outputs</i> :	
6 - Nº Silos/Posições Antes e Após Operação	
III. Monitorização do Processo	
1 - Variáveis de máquina:	
2 - Extração de dados (Automática ou 2.1 - Se automática, qual o fornecedor de máquinas ? É possível a adaptação expedita ou é preciso desenvolvimentos com o fornecedor?	
3 - Descrição e contabilização de avarias e paragens?	
IV. KPI's	
1 - KPI'S :	
2 - Monitores LCD'S na secção ?	
IV. Observações	
1 - Previsão de alterações futuras na	
2 - Necessidade de acautelar módulos "invisíveis"?	

NOTAS:

Em todos os *layouts* desenhados quer seja de máquinas quer seja de armazéns deverá ser considerado a possibilidade de introduzir *n* máquinas e *n* posições respectivamente.

No primeiro caso para considerar aumentos de capacidades, no segundo para considerar questões de afectações a localizações e FIFO'S

ANEXO D: Interface MES com utilizador




Consumo

Nº Contendor	Ordem de Fabrico	Artigo	Classe	Quantidade (ML)	Máquina
68	EE.9030.200616	RN001	Extra/Superior	20	▼

Validar contendor
OK
Cancelar


Nº Contendor	Ordem de Fabrico	Artigo	Classe	Quantidade	Máquina
19	EE.9036.200616	RC002	1/2	20	M 1
32	EE.9001.200616	RN032	3/5	18	M 5



Utilizador: José


Leitura de código de barras para validação de unidade de movimentação e adjudicação de OF a máquina

Lista de Ordens de Fabrico validadas



Produção

Máquina	OF	Quantidade Total OF (ML)	Quantidade Produzida [OF] (ML)	Quantidade Produzida [Turno] (ML)	Classe Principal	Classe Refugo	Defeitos (ML)	Apara (ML)	OEE
Máq. 1	EE.9036.200616	500	50	15	1/2	3/4	0.5	0.2	90%
Máq. 2	EE.9036.200616	500	125	30	1/2	3/4	0.9	0.1	93%
Máq. 3	EE.9036.200616	500	100	50	1/2	3/4	0.6	0.3	89%
Máq. 4	EE.9001.200616	400	85	40	3/5	5/6	1.2	0.5	91%
Máq. 5	EE.9001.200616	400	210	100	3/5	5/6	0.9	1.1	90%
Máq. 6	EE.9030.200616	250	40	20	Extra/Superior	1/2	0.3	0.1	87%
Máq. 7	EE.9030.200616	250	60	31	Extra/Superior	1/2	0.5	0.2	88%



Utilizador: José



Reprocessamento

OF de Reprocessamento	
OF Original	EE.9030.200616
Artigo	RN001
Máquina	<input type="text"/>
Quantidade Reprocessada (ML)	5

Criar OF

Nova OF:
EE.9030.200616.R



Utilizador: José



Controlo de Qualidade

OF	Máquina	Corpos por Amostra	Operador	Resultado	Hora	Data	Relatório
EE.9036.200616	1	5	José	OK	09:53	05/05/2016	
EE.9001.200616	5	5	José	OK	14:02	05/05/2016	
EE.9036.200616	3	5	José	OK	11:20	04/05/2016	
EE.9030.200616	6	5	José	OK	09:10	04/05/2016	
EE.9030.200616	7	5	José	OK	10:05	04/05/2016	

Consulta de Relatório do laboratório

Nova Amostra	
OF	T.I.16.19
Corpos por amostra	5
Máquina	3
Data	<input type="text"/>
Operador	José

OK

Inserção manual dos dados da amostra



Utilizador: José



Consulta de Stocks

Relatório	Selecionar
Artigo	<input checked="" type="checkbox"/>
Classe	<input checked="" type="checkbox"/>
Estado de Aprovação	<input checked="" type="checkbox"/>

Artigo	Quantidade (ML)
RN001	1400
RN002	900
RN032	750

Estado de Inspeção	Quantidade (ML)
Aprovado	1900
Rejeitado	25
Em inspeção	120
Derrogado	0

Unidade Temporal	Selecionar
Turno	<input checked="" type="checkbox"/>
Dia	<input type="checkbox"/>
Mês	<input type="checkbox"/>

Classe	Quantidade (ML)
Flor	553
Extra	480
Superior	350
1	450



Utilizador: José