

Melhoria de Processos Logísticos de Produtos Rejeitados numa Indústria de Semicondutores

José Lucas Ferreira dos Santos Silva

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2023-02-10

Aos meus avós

Resumo

O presente projeto foi desenvolvido no departamento de logística da ATEP (Amkor Technology Portugal) com o objetivo de mapear o stock de produtos rejeitados pela linha de produção e gerir as requisições de material armazenado, submetidas pelas diversas entidades responsáveis, tanto internamente (departamentos da ATEP), como da parte de clientes.

Para atingir o objetivo do projeto, foi criada uma ferramenta em *Microsoft Access*, para permitir o registo das diferentes entidades e definir o local fixo para o seu armazenamento. De modo a conectar a informação dos registos da empresa, desenvolveu-se um método de importação de dados, além de se ter procedido à criação de entidades essenciais para os novos registos. Este processo permitiu atingir os pressupostos necessários para o desenvolvimento da segunda parte do projeto, na gestão das requisições do material armazenado.

Finalmente, o projeto concluiu-se com a definição de indicadores de performance que permitem controlar os processos envolvidos, tanto na fase de registo, como na fase posterior de requisições e devoluções de produtos ao armazém.

A ferramenta desenvolvida permite conectar a informação disponibilizada para os diferentes departamentos, refletindo-se em processos mais rápidos e mais eficazes. Consecutivamente, prevê-se uma redução significativa no tempo de resposta por parte dos colaboradores ligados ao armazém às diferentes requisições de material, aumentando, ultimamente, o nível de serviço providenciado aos clientes. Adicionalmente, a solução apresentada assegura o controlo sobre as diferentes fases das tarefas envolvidas, providenciando fundamentos essenciais para futuras medidas de melhoria a médio prazo.

Improvement of Logistic Processes of Rejected Products in a Semiconductor Industry

Abstract

This project was developed in the logistics department of ATEP (Amkor Technology Portugal) with the aim of mapping the stock of rejected products from the production line and manage the requests of stored material, submitted by the various responsible entities, both internally (from the multiple teams of ATEP) and externally, by clients.

To achieve this end, a tool was created in Microsoft Access, which allows the registration of different entities and defines a fixed location for their storage. In order to connect information from the company's records, a data import method was developed, in addition to the creation of essential entities for the new records. This process made it possible to achieve the necessary assumptions for the second part of the project, in the management of requests for stored materials.

Finally, the project was concluded with the definition of performance indicators that underlie the control of the processes involved, both in the registration phase and in the subsequent phase of requisitions and returns of products to the warehouse.

The developed tool allows connections between the information made available to the different departments, resulting in faster and more effective processes. Consequently, a significant reduction is expected in the response time on the part of the employees involved in the warehouse operations to requests of material, ultimately increasing the level of service provided to customers. Additionally, the presented solution ensures control over the various phases of the tasks involved, providing essential foundations for future improvement measures in the medium term.

Agradecimentos

Ao Eng.º Daniel Fernandes, orientador do projeto na ATEP, pela fantástica experiência proporcionada e pelo apoio demonstrado ao longo do desenvolvimento deste projeto.

Ao professor Eduardo Gil da Costa, orientador do projeto na FEUP, pela orientação dada e pelo conhecimento transmitido.

Ao Eng.º Rui Costa, pela oportunidade proporcionada e pela confiança para a execução deste projeto.

À Eng.^a Joana Moreira e ao Eng.º Ayrton Oliveira, pelo companheirismo e pela sua importante contribuição durante esta desafiante etapa.

A todos os colaboradores da equipa de logística presente na ATEP, pela boa disposição e pela disponibilidade e abertura perante os novos desafios apresentados.

Aos meus pais e irmã, pelo apoio de sempre.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	O Grupo AMKOR Technology, Inc.	1
1.2	Enquadramento e Objetivos do Projeto.....	2
1.3	Método Seguido no Projeto.....	2
1.4	Estrutura da Dissertação.....	3
2	Enquadramento Teórico.....	5
2.1	Metodologia Lean.....	5
2.1.1	Tipos de Desperdício	6
2.1.2	Ferramentas	6
2.1.3	Kaizen.....	8
2.2	Logística de Armazenamento.....	8
2.2.1	Princípios da Gestão de Armazéns	9
2.2.2	Sistemas de Armazenamento	9
2.2.3	Sistemas de Localização de Stock	10
2.2.4	Monitorização de Performance	10
2.3	Indicadores de Performance	11
2.3.1	Motivação para a Medição de Performance	11
2.3.2	Apresentação dos Indicadores	12
2.4	Modelação Relacional de Bases de Dados.....	12
2.4.1	Dependências Funcionais.....	13
2.4.2	Design das Interfaces da Base de Dados.....	13
2.4.3	Prevenção de Erros	14
3	Processo Logístico Atual.....	15
3.1	Origem dos Produtos Defeituosos	15
3.2	Logística no Pós-Produção	17
3.3	Processo de Armazenamento de Material	19
3.4	Recolha de <i>Scrap</i>	21
3.5	Análise Crítica	22
3.6	Definição de KPI	23
4	Propostas de Melhoria na Gestão do <i>Scrap</i>	24
4.1	Objetivos Propostos	24
4.2	Requisitos Funcionais da Ferramenta Desenvolvida	25
4.3	Desenho da Solução Proposta.....	26
4.3.1	Software Utilizado.....	26
4.3.2	Utilizadores	27
4.3.3	Elementos-chave	27
4.4	Desenvolvimento da Base de Dados	29
4.4.1	Importação de Elementos para o Sistema	29
4.4.2	Registo de Elementos.....	29
4.4.3	Pesquisa de Elementos	31
4.4.4	Exportação de Informação.....	32
4.4.5	Requisições de Material.....	32
4.5	Definição do Posto de Trabalho	36
4.6	Indicadores de Performance	37
5	Conclusões e Perspetivas de Futuro	39
	Referências	41
ANEXO A:	Estrutura Relacional das Tabelas presentes na Base de Dados Desenvolvida	42
ANEXO B:	Exemplos das Etiquetas de Identificação Desenvolvidas	43
ANEXO C:	Manual de Utilização da Base de Dados (em volume separado)	46

Siglas

ATEP – Amkor Technology Portugal

OSAT - Outsourced Semiconductor Assembly and Test

WLP – Wafer Level Packaging

TPS – Toyota Production System

KPI – Key Performance Indicators

VBA – Visual Basic for Applications

SQL - Structured Query Language

Índice de Figuras

Figura 1 - ATEP (Amkor Technology Portugal).....	1
Figura 2 - Cronograma das Tarefas Desenvolvidas.....	3
Figura 3 - Exemplo de Produto Rejeitado - <i>Single Units</i>	17
Figura 4 - Exemplo de Produto Rejeitado - <i>Wafer</i>	18
Figura 5 - Exemplo de Produto Rejeitado - <i>Blue Tape</i>	18
Figura 6 - Exemplo de Produto Rejeitado - <i>Blue Tapes</i> com <i>Single Units</i>	19
Figura 7 - Esquema Representativo do Processo de Registo de Sacos	30
Figura 8 - Exemplo dos Resultados de Pesquisa na Ferramenta Desenvolvida	32
Figura 9 - Processo de Requisição de Produtos Rejeitados.....	33
Figura 10 - Pré-seleção de Sacos a Requisitar.....	34
Figura 11 - Filtros para Seleção Periódica de Sacos	34
Figura 12 - Localizações de Artigos Devolvidos ao Armazém.....	35
Figura 13 - Definição do Posto de Trabalho	36
Figura 14 - Estrutura Relacional das Tabelas da Base de Dados Desenvolvida	42
Figura 15 - Etiqueta de Identificação de Caixas em Utilização	43
Figura 16 - Etiqueta de Identificação de Caixas Fechadas.....	44
Figura 17 - Etiqueta de Identificação de Sacos	45

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Requisitos Funcionais da Ferramenta Desenvolvida.....	25
Tabela 2 - Indicadores de Performance	38

1 Introdução

No âmbito da unidade curricular de Dissertação realizada no 2º semestre do 5º ano do Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial, foi proposto um projeto de melhoria numa empresa de *packaging* e teste de semicondutores, a ATEP, do grupo AMKOR Technology, Inc. O projeto tem como objetivo a definição de um sistema que permita simultaneamente registar, localizar e requisitar elementos rejeitados pela linha de produção.

1.1 O Grupo AMKOR Technology, Inc.

O grupo AMKOR Technology, Inc. é um dos líderes mundiais ao nível do fornecimento de serviços OSAT – *Outsourced Semiconductor Assembly and Test* – na indústria dos semicondutores. Estes circuitos integrados são componentes eletrónicos utilizados em diversas áreas, desde o ramo automóvel até ao ramo das comunicações. O grupo encontra-se em Portugal desde 2017, após aquisição da Nanium. As instalações contam com influências de diversos grupos ao longo dos últimos 20 anos, desde a Siemens, Infineon, Qimonda e, finalmente, Nanium, posteriormente associados aos mais de 50 anos de experiência do grupo AMKOR. Esta combinação resultou numa equipa muito especializada, evoluindo desde o ramo das tecnologias associadas a memórias até aos processos atuais de WLP (*Wafer Level Packaging*). A proposta de valor da AMKOR assenta na liderança tecnológica e no serviço de classe, em grande escala e distribuído mundialmente.



Figura 1 - ATEP (Amkor Technology Portugal)

O mercado dos semicondutores é especialmente caracterizado pela sua subdivisão interna, proporcionada pela longa distância entre o início e o final da cadeia de valor. A produção dos circuitos integrados é dividida em duas partes: o *front-end*, onde se produzem as *Wafers* do material semicondutor, e o *back-end*, onde se insere a AMKOR, e se efetua o *packaging* e os testes sobre os componentes. A competitividade do mercado exige constantes melhorias dos processos, acentuando as tendências de reduzir o tamanho do componente e, consequentemente, o aumento da densidade. Estes fatores, associados à necessidade do aumento do volume produtivo, provocam mais defeitos na linha de produção. Sendo a AMKOR uma empresa que providencia serviços, é especialmente importante controlar todas as fases dos seus processos internos, de modo a assegurar a melhor resposta possível aos seus clientes.

1.2 Enquadramento e Objetivos do Projeto

O principal objetivo do presente projeto relaciona-se com a dificuldade vivida pela empresa na gestão e manutenção do *scrap* produzido na linha de produção. Com as previsões de crescimento produtivo da empresa e as múltiplas auditorias realizadas pelos clientes e testes necessários para a validação da qualidade dos produtos, característicos deste mercado, surge a necessidade de rápida identificação de lotes específicos entre um grande volume de diferentes artigos, de diferentes clientes.

Neste sentido, foi proposto o desenvolvimento de uma base de dados que permita aos utilizadores registarem todas as entidades manuseadas com materiais defeituosos produzidos. Posteriormente, qualquer requisição de saída de material do armazém seria também processada através deste *software*, de modo a aumentar a rastreabilidade dos itens. Quando os itens forem requisitados, seja para os processos associados ao final de vida, seja para testes laboratoriais, a informação relativa à sua localização ficará disponibilizada, bem como ocorrerá o registo de todos os movimentos de materiais.

Desta forma, pretende-se centralizar toda a informação de produtos rejeitados, bem como aumentar a rastreabilidade das diferentes entidades. Para além disso, um dos principais objetivos do projeto passa pelo mapeamento do armazém, permitindo um menor investimento na resposta às requisições de material recebidas.

1.3 Método Seguido no Projeto

De modo a segmentar o projeto desenvolvido, foram identificadas três fases de trabalho.

A primeira fase consistiu essencialmente no conhecimento do fluxo dos materiais e do processo de armazenamento dos artigos defeituosos, entre a linha de produção e o seu final de vida. Para além disso, estudaram-se também as soluções já implementadas pela empresa e os seus resultados. Após esta análise, foram identificados os pontos com maior necessidade de atuação, sobre os quais as soluções poderão ter maior efeito.

Na segunda fase, uma vez recolhidos os dados necessários, procedeu-se ao desenvolvimento de uma ferramenta complementar para a gestão e localização de stocks, baseada nas necessidades da empresa e na conjectura da solução final. Neste momento, foram realizadas reuniões com os diversos departamentos da empresa, de modo a definir uma estratégia para a etiquetagem dos sacos que fosse aceitável pelas várias partes. Esta mudança de *inputs* levou a atualizações nos pressupostos originalmente definidos. Esta aplicação serviu, mais tarde, como base para a implementação de procedimentos para solucionar os problemas previamente identificados.

Finalmente, a terceira fase subdividiu-se em duas partes: um momento para testar as soluções e um segundo momento para ajustar as soluções e reestruturar o conjunto de procedimentos executados.

O planeamento das tarefas correspondentes às três fases, ao longo das semanas, está apresentado na Figura 1.

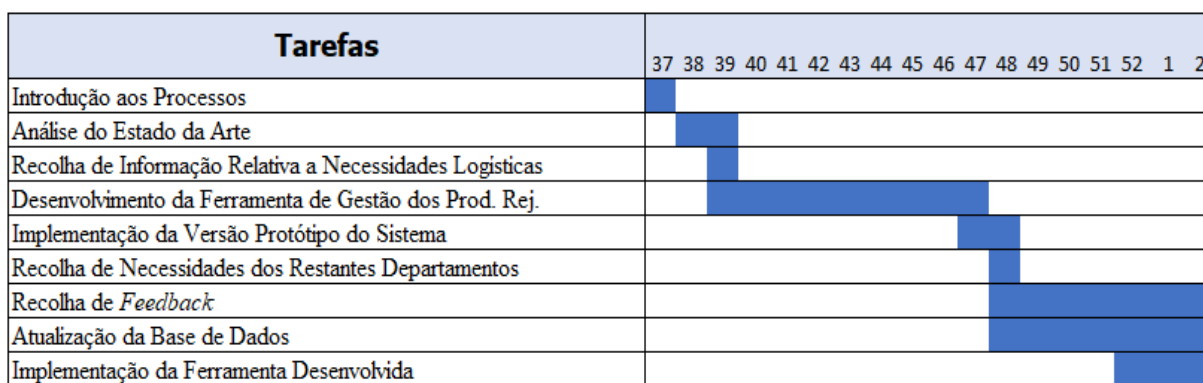


Figura 2 - Cronograma das Tarefas Desenvolvidas

1.4 Estrutura da Dissertação

Com o intuito de manter uma evolução organizada do projeto, a dissertação apresentada encontra-se dividida em cinco capítulos.

O primeiro capítulo consistiu na introdução ao projeto e ao contexto corporativo no qual este se enquadrou. Para além disso, fez-se também uma breve contextualização da empresa e a apresentação tanto dos objetivos do projeto, como da metodologia seguida para a sua execução.

O segundo capítulo corresponde ao enquadramento teórico dos conceitos abordados. Neste capítulo estão presentes temas preponderantes para a avaliação do estado da arte, tais como a ideologia de melhoria contínua, uma breve reflexão sobre a importância e os aspetos a considerar ao lidar com a logística interna de uma empresa, a gestão de inventários e a modelação relacional de bases de dados.

No terceiro capítulo, está presente uma descrição completa da situação da empresa, à data de início do desenvolvimento do projeto, incluindo uma análise do processo corrente e das dificuldades associadas.

No quarto capítulo, descreve-se o processo da criação dos modelos da base de dados, na qual este projeto se suporta, descrevendo os resultados obtidos. Para além disso, foram explicadas também as funcionalidades da ferramenta desenvolvida.

Por último, as conclusões e projeções para o futuro estão presentes no quinto capítulo.

2 Enquadramento Teórico

No presente capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica dos temas relevantes para o desenvolvimento deste projeto. Os temas abordados são: Metodologias Lean, Logística de Armazenamento, Indicadores de Performance e Modelação Relacional de Bases de Dados.

2.1 Metodologia Lean

Após a 2ª Guerra Mundial, o Japão vivia uma grave crise financeira, marcada pela falta de recursos de todo o tipo: materiais, financeiros e humanos. De forma semelhante, a Toyota também estava numa situação extremamente volátil, sem verdadeira capacidade de competir com os outros *players* do ocidente. Desta forma, era essencial mudar os princípios pelos quais a produção se regia.

Neste sentido, na década de 1950, Taiichi Ohno foi responsável pelo desenvolvimento do TPS, *Toyota Production System*. Este sistema tem como principal objetivo o aumento da produtividade através da redução contínua de desperdícios. As metodologias associadas consistem na tentativa de reduzir a quantidade de recursos necessários para produzir qualquer grande variedade de produtos, sempre de acordo com os requisitos dos clientes (Liker e Meier, 2006).

No centro deste modelo, estão três conceitos fulcrais, os 3 M: *muri*, *mura* e *muda*. Em primeiro lugar, *muri* significa instabilidade, por exemplo, associada aos operadores e/ou ferramentas que, devido ao mau planeamento das tarefas, se encontram sobrecarregados. Em segundo lugar, *mura* consiste na variabilidade entre os processos, que impede a sua uniformização. Esta variabilidade pode estar em qualquer ponto ao longo da cadeia de processos, tanto internos como externos à empresa. Finalmente, *muda* representa o desperdício, principal ponto de atenção das metodologias Lean.

2.1.1 Tipos de Desperdício

O principal ponto sobre o qual a metodologia Lean se baseia consiste na eliminação de desperdícios. Ao longo da estrutura de uma organização, existem vários processos que geram mais *muda* (termo japonês para desperdício) do que o valor que efetivamente geram. Desta forma, a sua eliminação é essencial para o aumento da produtividade da organização.

As principais fontes de desperdício são (Pinto, 2008):

- Excesso de produção – a quantidade final de produtos deve ser o mais próxima possível da quantidade requisitada pelo cliente;
- Tempos de espera – todas as atividades do trabalhador devem ser realizadas com o intuito de produzir valor para o cliente. Todo o tempo de espera que ocorra é considerado desperdício;
- Transporte – os tempos das movimentações, tanto de materiais e ferramentas como de produtos, devem ser reduzidos ao máximo possível;
- Produção de defeitos – produto produzido que não está de acordo com as especificações do cliente e que possa necessitar de processamento adicional;
- Processamento excessivo – utilização incorreta de equipamentos ou ferramentas, aplicação excessiva de recursos ou procedimentos complexos, incorretos ou sem a informação necessária para a sua correta conclusão;
- Excesso de inventários – excesso de locais de armazenamento associado a pouca informação acerca do conteúdo exato de cada um;
- Movimentações desnecessárias – deslocamentos de operadores para obter ferramentas ou peças, que não produzem valor.

2.1.2 Ferramentas

De modo a suportar a aplicação dos princípios Lean, foi elaborado um conjunto de ferramentas e técnicas que permitem, tanto às organizações como aos trabalhadores, reduzir desperdícios e aumentar a sua eficiência. De seguida, destacam-se algumas dessas ferramentas.

2.1.2.1 5S

A metodologia 5S é uma técnica de origem japonesa que consiste na organização e simplificação do espaço de trabalho. A sua aplicação permite a implementação de ambientes de trabalho mais funcionais, eficientes e mais organizados.

De acordo com Pinto (2008), os 5S são resultado de cinco palavras japonesas:

- **Seiri** – Organização: Avaliação dos objetos presentes no local de trabalho e seleção apenas dos efetivamente cruciais para as atividades desenvolvidas;
- **Seiton** – Arrumação: Alocação premeditada das ferramentas e dos materiais, de modo a facilitar tanto a sua obtenção, como a sua utilização;
- **Seiso** – Limpeza: Zelo pelos materiais e pela estação de trabalho, reduzindo a sujidade presente;

- **Seiketsu** – Normalização: Definição e implementação de regras e processos de modo a favorecer a ordem, arrumação e o bem-estar do trabalhador;
- **Shitsuke** – Disciplina: Esforço pela implementação, manutenção e revisão dos padrões definidos na rotina da empresa, de modo a evitar o retorno às práticas do passado.

A aplicação desta metodologia afeta essencialmente os hábitos criados pelos colaboradores na execução de uma tarefa: sendo os princípios destas medidas intrinsecamente ligados à melhoria contínua, é crucial manter o foco e o envolvimento de todos envolvidos de modo a atingir os progressos pretendidos.

2.1.2.2 Controlo Visual

A gestão visual tem como principal objetivo, à semelhança das restantes técnicas, promover a eficiência do trabalhador no seu local de trabalho. Esta ferramenta é utilizada de modo a clarificar e simplificar a comunicação entre trabalhadores, oferecendo-lhes maior autonomia e reduzindo o tempo de resposta expectável às diferentes falhas.

O controlo visual passa por vários níveis diferentes, desde a explicação da forma correta de executar as tarefas ou utilizar determinadas ferramentas, passando pelos níveis de controlo dos funcionários até à facilitação dos pedidos de ajuda da parte do trabalhador (Monden, 2012).

2.1.2.3 Kanban

Associado ao TPS, o método de gestão *Kanban* utilizado para a gestão do trabalho da produção *just-in-time* foi introduzido. Este sistema permitiu combater falhas associadas ao planeamento e abastecimento das operações produtivas, apresentando as necessidades, tanto em quantidade como em tipo de materiais.

Esta ferramenta é utilizada com o intuito de gerir o fluxo de informação e materiais. O sistema consiste, geralmente, na subdivisão das tarefas em três fases: as operações em espera, as operações a ser executadas e as operações concluídas. Ao classificar as tarefas, o sistema permite o fluxo de informações instantâneas, permitindo gerir os materiais necessários e identificar os pontos críticos do macroprocesso. Para além disso, implementa também princípios associados com o TPS, tais como a estabilização da produção, a normalização das tarefas ou a redução de desperdícios (Monden, 2012).

Através do recurso a cartões físicos ou eletrónicos, os operadores produzem uma sensação de avanço nas suas tarefas. Para além disso, permite aos supervisores um controlo mais concreto dos excessos naturais da produção, de acordo com as metodologias Lean, reduzindo desperdícios e, consecutivamente, custos.

2.1.2.4 Trabalho Normalizado

A normalização e a documentação de processos têm como objetivo a redução da sua variabilidade e, consecutivamente, dos custos elevados associados aos incumprimentos dos requisitos de um plano de produção.

A homogeneização das tarefas garante maior consistência de operações e produtos com maior qualidade, independentemente do trabalhador que a realize. Adicionalmente, este processo permite uma melhor formação e desenvolvimento de novos trabalhadores, assegurando continuidade nos índices de qualidade dos produtos (Monden, 2012).

2.1.3 Kaizen

De acordo com Masaaki Imai, fundador do Kaizen Institute, o termo Kaizen pode ser definido como “melhoria contínua”, mudar (“Kai”) para melhor (“Zen”). Este conceito baseia-se nos pressupostos de melhoria contínua dos processos, associando soluções simples a custos reduzidos. A gestão exige clareza, na medida em que estes pressupostos implicam mudanças ao nível da cultura das empresas, tendo de ser aplicados por todos os colaboradores, independentemente do setor ou nível hierárquico.

Segundo o Kaizen Institute (2022), as filosofias fundamentais consistem em seis princípios:

- Processos consistentes que levam a resultados desejados;
- Decisões tomadas com base em factos;
- Trabalho de equipa;
- Integração de todos os colaboradores na avaliação dos factos;
- Os problemas devem ser corrigidos na sua raiz;
- As metodologias Kaizen são universais.

Os conceitos Kaizen estão intrinsecamente ligados aos conceitos base do TPS. Ambas as filosofias envolvem a melhoria contínua e a redução de custos, através de ações que envolvem todos os trabalhadores e que visam reduzir os desperdícios.

2.2 Logística de Armazenamento

A logística corresponde ao planeamento, implementação e controlo do fluxo eficiente de bens, serviços ou informações com o objetivo de satisfazer as necessidades dos clientes. A um nível mais interno de uma organização, a logística é responsável pelos fluxos de informação e materiais ao longo dos processos industriais.

O fluxo pode ser subdividido em três principais partes: o fluxo de armazenagem, o fluxo correspondente ao abastecimento e o fluxo dentro da produção. Neste próximo capítulo, o primeiro ponto estará em maior destaque, devido a ser o mais afetado pelo projeto desenvolvido.

2.2.1 Princípios da Gestão de Armazéns

Os espaços de armazenagem dos diversos *stocks* são cruciais para o bom funcionamento das operações de uma empresa, tanto na produção, como para todos os restantes passos que lhe servem de suporte. Neste sentido, a gestão dos armazéns tem revelado especial importância como ferramenta de resposta aos mercados crescentemente voláteis e mais complexos (Rushton, Baker e Croucher, 2010).

Os armazéns são geralmente classificados de acordo com múltiplas categorias, entre as quais: a sua localização na cadeia de abastecimento, o tipo de produto que guardam, a sua função e/ou utilização ou mesmo pelo seu proprietário (se pertence à empresa ou a terceiros, como uma empresa de logística). Dependendo desta classificação, o objetivo destas áreas também pode variar, mas sempre com o intuito de suportar outras operações.

Neste sentido, múltiplas operações ocorrem dentro dos armazéns, sendo as principais o recebimento de bens, a alocação do espaço para armazenagem e o recolher dos artigos requisitados. Para além disso, ocorrem também operações ligadas à arrumação dos itens depois de alocados ao seu espaço, de modo a facilitar o seu *picking*, e de agrupamento de itens.

Finalmente, associados a estas operações, o armazém também gera custos. O principal custo é relativo ao staff necessário, com especial atenção para as operações de *picking* e *packing*, representando cerca de 50% do total. O edifício em si, através da renda e das depreciações, é responsável também por cerca de 25% dos custos totais. O restante valor é compreendido entre os serviços suplementares às operações (eletricidade, manutenção ou controlo da temperatura), sistemas de informação e o equipamento necessário para as tarefas (Rushton, Baker e Croucher, 2010).

2.2.2 Sistemas de Armazenamento

Em função das características disponibilizadas pelas empresas, existem múltiplas opções relativas aos sistemas de armazenagem utilizados. Fatores como o volume dos artigos, a sua quantidade e o nível de rotação do stock são cruciais, mas também é necessário ter em conta fatores mais externos ao stock, como o nível de capacidade de investimento das empresas ou o espaço disponível (Tompkins e Smith, 1998).

Neste sentido, iniciando pelas soluções mais clássicas, o sistema de *block standing* ou de simples empilhamento de paletes é o sistema de mais simples implementação. Contudo, devido ao sistema de empilhamento, é necessário reger o *stock* com base numa perspetiva *FILO* (*first in, last out*).

O segundo sistema mais comum baseia-se na utilização de estantes para o empilhamento das paletes. Este sistema permite solucionar os problemas associados à rotação do *stock*, mas é mais indicado para pequenas quantidades de cada artigo. Para além disso, geralmente implica a existência de vastos espaços de movimentação entre cada estante, algo que, com determinado nível de financiamento, pode muitas vezes ser resolvido com a implementação de estantes móveis (*Movable Aisle Systems*).

Finalmente, existem também outros sistemas que permitem atuar em problemas mais específicos que as soluções mais convencionais geram. Nestes sistemas, destaca-se o sistema de armazenamento fluído de paletes (*Flow Rack System*), um sistema que permite a reposição de artigos de um dos lados e a recolha do outro. Este sistema é particularmente importante neste projeto devido às limitações de acesso à linha de produção, impostas pela natureza dos processos.

2.2.3 Sistemas de Localização de Stock

Um dos principais pontos sobre o qual este projeto se debruçou foram os sistemas de localização de stock. Estes sistemas são particularmente importantes não só no armazenamento, mas também nas movimentações de *stock*. Destacam-se três principais tipos de localização: fixa, informal e dinâmica (Tompkins e Smith, 1998).

Iniciando pelas localizações fixas, tal como o próprio nome indica, consiste na definição de espaços concretos para o armazenamento dos diferentes artigos. Este método tem obrigatoriamente de definir quantidades máximas para os produtos armazenados e apresenta bastantes limitações associadas, tais como a fraca utilização do espaço ou a dificuldade de expansão, em caso de necessidade.

Relativamente à localização informal, esta é mais indicada para armazéns de pequenas dimensões e com poucos artigos, devido à sua simplicidade: cada artigo é colocado no primeiro local disponível. Apesar de facilitar a colocação dos artigos, torna a sua localização mais complicada, visto não existir nenhum sistema de mapeamento do armazém.

Por último, a localização dinâmica assume pressupostos das duas anteriores, permitindo um maior nível de segurança associado a uma melhor utilização do espaço. Este sistema é geralmente acompanhado por um sistema de suporte de controlo e localização dos produtos.

2.2.4 Monitorização de Performance

Benchmarking é um processo fulcral na monitorização da performance de uma determinada entidade, facilitando a identificação e o controlo de problemas e, através da sua resolução, permanecer competitiva. De acordo com a abordagem Xerox, um processo de *benchmarking* deve seguir cinco fases essenciais: planeamento, análise, integração, ação e maturidade.

Na primeira fase, planeamento, é necessário identificar exatamente o que se pretende comparar e qual a base de comparação (quais as empresas pelas quais orientar o processo). Posteriormente, deve ser recolhida a informação através do método mais indicado ao objetivo escolhido. Na segunda fase, na análise, deve ser executada a comparação de modo a determinar a posição atual da empresa face aos objetivos pressupostos e delineada a estratégia a seguir no futuro.

Numa terceira fase, na fase de integração, os resultados encontrados devem ser partilhados e aceites por todos os colaboradores, de modo que todas as partes envolvidas estejam cientes dos objetivos. Estes objetivos deverão, então, ser discutidos com vista a estabelecer metas funcionais.

Tendo todas as partes em concordância e os objetivos definidos, deverá então mover-se para a ação: desenvolvendo os planos iniciais, implementando ações específicas às áreas e monitorizando a evolução dos *benchmarks* originalmente traçados.

Finalmente, na fase da maturidade, a posição de liderança deve ser reforçada e os processos devem ser completamente incluídos nas operações da empresa (Rushton, Baker e Croucher, 2010).

2.3 Indicadores de Performance

Os indicadores de performance permitem monitorizar as diferentes atividades num determinado processo. Posteriormente, facilitam a comunicação e identificação de oportunidades de melhoria nos diferentes momentos, comparando os indicadores calculados para os processos reais e para os processos esperados. De outra forma, aumentam o controlo da empresa sobre as atividades, não só dentro da própria organização, mas ao longo de toda a cadeia de abastecimento.

Sendo a velocidade de resposta de uma empresa perante novos desafios um fator muitas vezes distintivo, os indicadores de performance devem ser representativos, rápidos de interpretar e de atualizar. Para além disso, devem ser sensíveis às várias influências no comportamento das variáveis consideradas, tanto no referente a variações internas como externas à empresa. Finalmente, voltando a destacar a capacidade de flexibilidade e antecipação, os indicadores escolhidos deverão ser capazes de demonstrar tendências ocorridas ao longo de um determinado período. (Franceschini, Galetto et al. 2007)

Uma vez selecionados os indicadores, é fulcral proceder à avaliação do melhor método para recolher e organizar os dados que servirão para o cálculo dos indicadores selecionados. Um indicador mal fundamentado pode levar a empresa a incorrer em decisões prejudiciais para o seu futuro.

2.3.1 Motivação para a Medição de Performance

De acordo com Neely (1999), existem sete principais razões para utilizar indicadores de performance:

- Aumento da competitividade;
- Iniciativas de melhoria;
- Evolução do papel das organizações;
- Necessidades motivadas pela evolução dos mercados;
- Reconhecimento nacional e internacional;
- Evolução tecnológica;
- Alterações na natureza das tarefas.

Em mercados cuja competitividade exige mais da parte das empresas do que a diferenciação por via de preços e custos, a qualidade dos serviços prestados ganha preponderância, alimentando a fidelidade dos consumidores e, consecutivamente, os resultados das empresas. Paralelamente, as evoluções tecnológicas exigem grandes esforços por parte das empresas para se manterem competitivas, bem como respostas mais rápidas às diferentes variações dos mercados. Estes fatores enaltecem a necessidade das medições de performance de forma concisa, rápida e eficaz, de modo a permitir análises mais sofisticadas dos processos desenvolvidos (Neely, 1999).

2.3.2 Apresentação dos Indicadores

Devido ao volume de informação geralmente analisada por parte das empresas, a forma de apresentação dos indicadores selecionados é crescentemente mais importante. Um conceito frequente utilizado para tal função é *dashboard*, referente ao *display* de informação, geralmente computacional, de forma concisa e focada. Esta ferramenta permite apresentar a informação em relatórios, com o formato de gráficos, indicadores visuais ou alertas, ligados à informação recolhida numa base de dados.

Tal como destacado previamente, a utilização de *dashboards* relaciona-se essencialmente com a necessidade de destacar os processos cruciais do negócio. Consecutivamente, ao centrar a análise nesses processos, as decisões tomadas tornam-se mais fundamentadas, mais rápidas e mais eficazes. Para além disso, torna-se possível remover a existência de múltiplas fontes de informação, formando uma fonte, na qual todas as áreas podem basear-se. Finalmente, tendo todos os pontos previamente referidos em consideração, a utilização de *dashboards* permite alinhar a atividade operacional com a estratégia da empresa, tanto a curto como a longo prazos. (Rasmussen 2009).

2.4 Modelação Relacional de Bases de Dados

A introdução do conceito base da modelação Relacional em 1970 é considerado, por muitos, “o evento mais importante da história no campo das bases de dados” (C. J. Date 2004). Nestes sistemas, os dados são apresentados aos utilizadores de forma simples e concisa, através de tabelas pré-definidas e tabelas geradas pelas relações entre as primeiras, com base nas diferentes restrições aplicadas. Desta forma, é importante manter a integridade estrutural entre a forma como os dados são guardados e, posteriormente, apresentados. Por outro lado, através do design concebido para a base de dados, outros erros podem ser suprimidos, de modo a garantir a fiabilidade da informação.

2.4.1 Dependências Funcionais

A integridade funcional da base de dados é um dos pressupostos mais essenciais no processo de desenvolvimento de qualquer sistema. Apenas através da garantia de fiabilidade dos dados inseridos é possível assegurar todas as posteriores funções desenvolvidas para o funcionamento do sistema. Desta forma, a integridade das várias restrições associadas à apresentação dos *relvars* é imprescindível.

Estas podem dividir-se em quatro categorias: restrições relativas ao tipo das variáveis, restrições relativas aos atributos, restrições relativas às *relvars* (variáveis relacionais) e restrições relativas à base de dados. As restrições asseguram que todos os dados inseridos no sistema permaneçam coerentes sempre que são apresentadas aos utilizadores (C. J. Date 2004).

2.4.2 Design das Interfaces da Base de Dados

Shneiderman e Plaisant (2005) destacam oito princípios que definem como as “regras de ouro” no design das interfaces de sistemas interativos. Estes princípios, apesar de extremamente abrangentes, requerem constante validação e afinação para o domínio do sistema desenvolvido. Os oito princípios são:

- Esforço pela consistência – este é o princípio mais frequentemente violado, na medida em que, muitas vezes, pode ocorrer essa necessidade derivada das funções necessárias. A consistência dos *designs* pode apresentar-se de diferentes formas, de modo que é importante manter uma linha definida para sequências de ações, menus e *layouts* entre as diferentes páginas.
- Evitar a universalização dos sistemas – destaca-se a importância de atender às diferentes necessidades dos vários utilizadores, independentemente de se tratar de um novo utilizador ou de um utilizador experiente.
- Fornecer *feedback* informativo nas diferentes tarefas realizadas.
- Produzir momentos de confirmação ao longo das tarefas – as ações necessárias para concluir determinado processo no sistema devem seguir uma sequência lógica no sistema, produzindo, no final, avisos de conclusão. Desta forma, garante-se mais segurança nas ações do utilizador, proporcionando-lhe uma experiência mais agradável em simultâneo.
- Prevenir erros – dentro do possível, o *design* do sistema deverá prevenir que o utilizador cometa erros de grau elevado, através de encadeação de ações e de flows lógicos de informação. Caso os erros ocorram, os avisos providenciados devem ser simples e construtivos, de modo a prevenir futuras repetições da causa do problema.
- Permitir a reversão das ações - todas as ações executadas devem, até certo ponto, ser reversíveis. Esta característica permite aumentar o conforto do utilizador e incentivar à exploração das diferentes opções.
- Suporte interno face a perdas de controlo por parte do utilizador – é importante conferir liberdade aos utilizadores para explorarem o sistema e as ações incluídas, independentemente do fluxo ideal de operações concebido. Em contrapartida, deve ser garantido que qualquer fluxo escolhido permita ao utilizador concluir as tarefas propostas.
- Reduzir a sobrecarga da memória – manter os designs simples e consolidados.

2.4.3 Prevenção de Erros

A ocorrência de erros é uma realidade para todos os processos. Mesmo utilizadores experientes cometem erros ao utilizar os mesmos *softwares*, de modo que a prevenção destas ocorrências é crucial no desenvolvimento de qualquer sistema interativo (Shneiderman e Plaisant, 2005).

Por um lado, a prevenção dos erros pode ser atingida através da mensagem apresentada pela interface do sistema após estes serem cometidos. Estas mensagens devem ser específicas e diretas. Para além disso, devem ser positivas e construtivas, servindo não só para alertar para o sucedido, mas também para prevenir futuras ocorrências idênticas.

Por outro lado, estas mensagens apenas servem para controlar os erros, sendo que estes podem continuar a ocorrer. Neste sentido, é importante perceber a natureza dos erros e definir processos que permitam controlar a gravidade das ocorrências. Estes processos devem proteger as ações cruciais, de registo de informação sensível, e permitir sequências lógicas de avanço nas tarefas.

Finalmente, pequenos detalhes, tais como a apresentação dos campos a preencher ou o tamanho dos botões, devem ser considerados.

3 Processo Logístico Atual

A existência de peças defeituosas constitui uma realidade comum em qualquer processo produtivo. Todavia, limitando-se a fornecer um serviço executado integralmente em material do cliente e para o cliente, todos os produtos produzidos, com ou sem defeitos, não são propriedade da empresa.

Neste sentido, na ATEP, os materiais defeituosos expedidos da produção são registados e armazenados até que o cliente decida o seu destino final. Geralmente, este material fica armazenado na empresa como mecanismo de proteção de ambas as partes envolvidas. Devido à sensibilidade dos materiais, também as condições de teste têm de assegurar determinados procedimentos e requisitos, o que faz com que os clientes usufruam das condições instaladas na ATEP para proceder aos testes laboratoriais. Quando, por algum motivo, determinado cliente necessita de analisar um lote específico, contacta a empresa que procede à sua recolha, análise e partilha dos resultados ou ao envio dos mesmos materiais para o cliente. Eventualmente, todos os lotes são destruídos, ora por cessação do período necessário de armazenamento, ora por vontade do cliente.

Nas próximas secções, abordar-se-ão o processo produtivo, os procedimentos utilizados para tratamento do *scrap* gerado na linha de produção e os procedimentos de armazenagem prévios ao início deste projeto.

3.1 Origem dos Produtos Defeituosos

No mercado dos semicondutores, a ATEP destaca-se no *back-end*, onde é realizado o *packaging* e a individualização dos chips. Tal como é característico em toda a indústria, os processos executados na empresa, processos de *Wafer Level Packaging*, são complexos e extremamente sensíveis a pequenos defeitos. Com as tendências do mercado, relativas ao aumento da complexidade e à redução do tamanho dos elementos, a produção torna-se mais sensível, aumentando a quantidade de pequenos defeitos ocorridos.

Tal como referido, a produção na indústria dos semicondutores subdivide-se em duas grandes fases: a *front-end* e a *back-end*. Iniciando pelo *front-end* da produção, nesta fase ocorre a obtenção das *Wafers*, geralmente a partir de um monocristal de silício, a adição de elementos dopantes, com o intuito de tornar o material condutor, e a adição dos diferentes componentes (como díodos, resistências e transístores) à base do material. Por sua vez, a *back-end* corresponde à etapa que engloba o corte das *Wafers* em *Single Units* (os *chips*), o *packaging*, de modo a proteger estas unidades dos fatores externos, e os testes necessários para determinar a validade dos produtos. Os defeitos podem ocorrer em qualquer uma destas fases,

sendo que se forem detetados na ATEP, é responsabilidade da empresa armazenar todo o material para eventuais necessidades futuras.

Em primeiro lugar, no que ao *front-end* corresponde, esta etapa ocorre antes de qualquer intervenção da parte da ATEP. Todavia, é também esta a fase na qual se produzem as matérias-primas sobre as quais a intervenção da ATEP será executada. Desta forma, se os materiais fornecidos contiverem defeitos, tanto numa escala macroscópica, como numa escala microscópica, as ações da empresa ficarão comprometidas. Neste sentido, é também essencial armazenar os artigos defeituosos, corretamente identificados, não só por razões de responsabilidade, mas também para analisar e identificar possíveis erros sistémicos e avaliar eventuais alterações.

Por outro lado, numa perspetiva mais interna da produção na ATEP, os processos no *back-end* têm todos objetivos comuns, independentemente da tecnologia utilizada: reduzir os custos, miniaturizar os componentes produzidos e aumentar o número de *Inputs/Outputs* de cada componente. Existem diversas tecnologias, destacando-se as tecnologias de *Fan-In* e *Fan-Out Wafer Level Packaging*, utilizadas na empresa. Estes processos são realizados sobre as *Wafers* provenientes da produção nos *front-ends*, de forma direta ou indireta. Ambos os processos se iniciam com um desbaste da matéria-prima, com vista a atingir a espessura necessária para prosseguir, variando posteriormente no tratamento inicial realizado. Por um lado, nos processos de *Fan-In*, o *packaging* é efetuado sobre as *Wafers* intactas, tal como são entregues após a produção no *front-end*. Estes processos são indicados para a obtenção de *chips* de menor dimensão, que requeiram menor número de *Inputs/Outputs*. Por outro lado, nos processos de *Fan-Out*, as *Wafers* são cortadas em blocos, sendo estes posteriormente envolvidos num compósito, de modo a garantir algum suporte aos *chips*. De seguida, linhas de cobre, as *Redistribution Layers*, são colocadas na *Wafer*, reconstruídas de modo a reestabelecer as ligações elétricas com o exterior do *chip*. Estas tecnologias permitem que a base de silício dos componentes seja reduzida significativamente, na medida em que o compósito servirá de sustento ao *chip*. Considerando que uma parte significativa do custo se encontra na fase do *front-end* e é relacionado com a produção da *Wafer* de silício, quantos mais componentes se produzirem a partir de uma só *Wafer*, menor será o custo de cada produto.

Devido às características de todos os processos realizados, os elementos de trabalho são expostos a diversos esforços físicos, térmicos e químicos, pelo que a ocorrência de problemas é frequente. Alguns defeitos verificados nos processos de *Fan-Out* relacionam-se com desvios no posicionamento dos elementos na *Wafer* reconstruída. Todavia, a maior parte do *scrap* expedido da linha são as proteções colocadas sobre as *wafers* no início dos processos, as *Blue Tapes*. Tendo por base o facto de todos os processos produtivos realizados na ATEP serem sobre materiais já pertencentes ao cliente e a necessidade constante de rastreabilidade dos erros ocorridos, mesmo que os defeitos ocorram nas matérias-primas, antes de estas estarem na empresa, todos os produtos rejeitados necessitam de ser armazenados. Ao longo da próxima secção, explicar-se-ão os processos associados ao armazenamento destes produtos.

3.2 Logística no Pós-Produção

Tendo em conta a sensibilidade e precisão necessárias para progredir ao longo do percurso descrito em 3.1., é natural que ocorram diferentes tipos de erros e, consequentemente, que se gerem múltiplos produtos defeituosos. Estes produtos podem ser gerados em qualquer etapa, sendo posteriormente categorizados em três principais tipos: as *Blue Tapes*, subdividindo-se este ponto em outros dois (*Blue Tapes* e *Blue Tapes – Single Units*), *Wafers* e *Single Units*. Ao longo desta secção, explicar-se-á o produto designado e os métodos utilizados para processar os sacos destas unidades.

Em primeiro lugar, as *Single Units* (Figura 2), tal como ficou implícito em 3.1., são os produtos, constituintes das *Wafers*, entregues aos clientes no final dos processos. Estas unidades podem corresponder tanto a componentes indicadas para testes, inclusivamente desde o *front-end*, ou corresponder a elementos que, devido ao seu tamanho e sensibilidade, são comprometidos no processo produtivo. Apesar de, devido a questões de rastreabilidade dos diferentes produtos, todas as *Single Units* estarem identificadas com a *Wafer* a que pertencem, pode ser difícil ao operador identificar o lote original sem acesso a ferramentas como microscópios. Consecutivamente, todas as *Single Units* recolhidas são tratadas como um só produto na recolha, sendo qualificadas como um material independente nos registos da empresa e colocadas num só saco.



Figura 3 - Exemplo de Produto Rejeitado - *Single Units*

Em segundo lugar, as *Wafers* (Figura 3) correspondem à unidade base de produção, e consistem na matéria-prima recebida dos clientes e sobre a qual todos os processos são executados. Uma *Wafer* pode sofrer defeitos desde o transporte até à ATEP, até ao final do processo, dependendo da forma como são, posteriormente, entregues ao cliente. Desta forma, por incluírem muitas unidades, as *Wafers* são de extrema importância de preservação, apesar dos erros poderem ocorrer.



Figura 4 - Exemplo de Produto Rejeitado - *Wafer*

Finalmente, as *Blue Tapes* (Figura 4) correspondem à película inserida sobre as *Wafers* no início do processo produtivo. Esta película serve para proteger a *Wafer* de poeiras e outros elementos estranhos ao processo. No final do processamento, as películas são removidas e devem ser guardadas. Dependendo da forma como o processo ocorreu, podem existir *Single Units* coladas à película no momento da retirada, pelo que estas unidades são distinguidas no seu armazenamento (Figura 5).



Figura 5 - Exemplo de Produto Rejeitado - *Blue Tape*



Figura 6 - Exemplo de Produto Rejeitado - *Blue Tapes* com *Single Units*

Passando agora para o processo de anexação dos diferentes tipos de *scrap*, este é semelhante entre todos os materiais, variando apenas na identificação. As áreas indicadas têm a sua própria estante com os vários sacos gerados ao longo da semana. Cada um destes sacos tem apenas um material de um cliente, produzido ao longo da semana corrente, pelo que cada um ocupa um pré-determinado espaço na estante. Tanto no caso de o *scrap* ser do tipo *Blue Tapes* como do tipo *Wafers*, o material é colocado no saco aberto correspondente até este atingir uma determinada altura ou a semana terminar e estes serem recolhidos. De cada vez que se termina de processar um determinado lote, deverá ser recolhido todo o *scrap* e impressa a etiqueta correspondente. O material deve ser colocado no saco e a etiqueta colada no seu topo, de forma visível. Na etiqueta, posteriormente, assinalam-se manualmente as *Wafers* que não estão presentes no saco. Relativamente às *Single Units*, devido às limitações previamente indicadas, estas são recolhidas no final do processamento, agregadas e colocadas num único saco, com a respetiva etiqueta.

De modo a imprimir uma etiqueta, o operador deve utilizar o programa específico para esse fim, selecionando o tipo de etiqueta e, caso tal seja necessário, selecionando o tipo de *scrap*. Posteriormente, deve ler os códigos de barras dos lotes armazenados no saco em questão.

3.3 Processo de Armazenamento de Material

Tendo por base as diferenças de produtos enunciadas no subcapítulo 3.2, o material não pode ser recolhido de forma desregrada. Para tal, ao longo da semana, os sacos são colocados num buffer intermédio, sendo posteriormente colocados no sistema de armazenamento vertical disponibilizado no final da semana de produção. O processamento destes sacos é simples, sendo por natureza já um processo muito perto da operação otimizada, considerando as disponibilidades dos colaboradores.

Relativamente à sua armazenagem, uma vez concluída a semana, ao sábado, é efetuada a recolha dos sacos, sendo estes colocados numa sala específica para o fim. Na sala de materiais rejeitados, o colaborador responsável pela recolha deve imediatamente separar os materiais por cliente e, se possível, por tipo de material ao colocá-los nos respetivos lugares. Visto que o material rejeitado está selado num saco, de onde não mais é retirado a não ser em ambiente limpo, os sacos não têm requisitos de tempo máximo de exposição. Neste sentido, desde que a sala de rejeitados não fique sobrelotada, os sacos poderão permanecer lá armazenados, apesar de se tentar que todo o conteúdo correspondente a uma semana seja retirado no final da mesma.

Posteriormente, com o decorrer da semana, os sacos recolhidos referentes à semana anterior são pesados e armazenados na caixa correspondente. Atualmente, as caixas são identificadas manualmente pelo operador, que escreve de forma visível a designação do cliente e do material, bem como as semanas de produção dos materiais armazenados.

Numa fase inicial deste sistema de armazenamento, as caixas eram seladas ao final de cada semana. Desta forma, a procura de elementos era facilitada, visto que cada caixa continha todo o material de apenas uma combinação cliente-material-semana. Todavia, este processo levava a um elevado número de caixas utilizadas, muitas vezes seladas sem a sua lotação estar totalmente preenchida. Neste sentido, este processo foi alterado, sendo agora apenas seladas caixas completamente lotadas e devidamente identificadas.

As caixas seladas são colocadas num *buffer* intermédio até completarem a capacidade de uma paleta. Com o aumento do volume produtivo, é expectável que o volume de caixas utilizadas aumente em simultâneo, de modo que o controlo das localizações de todas as entidades ganha maior preponderância. Atualmente, apesar de estarem colocadas numa zona segura, não há um sistema de localização imediato dos sacos e das caixas de material rejeitado.

No armazém, os colaboradores necessitam da presença de um elemento da equipa de segurança para permitir acesso às estantes de colocação das caixas. Esta estante está subdividida por cliente, pelo que o colaborador deverá, novamente, filtrar as caixas antes de as alocar a um determinado espaço. Devido às condições de armazenamento requeridas pelos clientes, este espaço é praticamente limitado a estes materiais. Com o nível atual de produção e os períodos de destruição de materiais antigos, não existe limitação de espaço nesta secção: o colaborador deverá sempre começar por preencher as paletes no nível do chão que, uma vez preenchido, será movido para o primeiro nível. Em caso de necessidade, vários níveis poderão ser utilizados, mas, geralmente, opta-se por questionar os clientes sobre a necessidade de manter o armazenamento do material mais antigo. Caso seja permitido, procede-se, à destruição de parte do material armazenado.

3.4 Recolha de Scrap

Os sacos de material rejeitado recolhidos na linha têm, geralmente, um percurso comum: linha de produção, sala de rejeitados, armazém e destruição. Todavia, por diversos motivos, pode ser necessário localizar determinada *Wafer* para executar testes, seja pelo laboratório da empresa, seja pelos próprios clientes. Neste sentido, o mapeamento do conteúdo presente no armazém é extremamente relevante, de modo que, previamente a este projeto, já várias alternativas tinham sido testadas por parte da empresa.

Num momento inicial, o processo de armazenamento não possuía este sistema de mapeamento dos artigos: os sacos com a marcação dos lotes constituintes eram simplesmente recolhidos no *kardex* de recolha da linha e separados por cliente. Posteriormente, uma vez no armazém, eram alocados à caixa correspondente a esse mesmo cliente. Apesar de já existir alguma separação, as caixas utilizadas não eram identificadas com as semanas a que os lotes correspondiam. Para além disso, utilizavam-se caixas de grande volume, ou seja, de modo a encontrar um determinado lote, o operador poderia ter de percorrer diversas caixas, sendo que cada uma delas teria conteúdo de várias semanas. Este processo rapidamente se tornava longo e pouco eficiente, podendo, até, não ser proveitoso, visto que nunca existia a certeza de que o lote pretendido ainda não tinha sido destruído.

De modo a tentar solucionar este problema, a empresa tentou criar uma associação via SAP, o sistema de gestão utilizado para os restantes materiais. A iniciativa consistia na associação de lotes a caixas, numeradas e geradas posteriormente no sistema. Estas caixas conteriam apenas conteúdo de um cliente ao longo de várias semanas, posteriormente registado e colado na frente da caixa, para facilitar a identificação. Todavia, o registo dos sacos não era completo (registava-se apenas a associação lote/caixa). Desta forma, sempre que um lote era registado, vários outros lotes eram também retirados, pois estavam selados no mesmo saco, perdendo-se informação no processo. Por outro lado, todo o registo estava dependente da leitura do operador dos lotes, algo que nem sempre era eficaz. Consequentemente, as fontes de erros eram diversas e frequentes.

Após estarem armazenados, os sacos com os lotes defeituosos só são removidos por um de dois motivos: ou para a sua destruição (eventos geralmente de maior volume e sempre a pedido do cliente, por exemplo, para destruir todo o material armazenado ao longo do último ano) ou para análise no laboratório da linha de produção (geralmente associados a eventos de menor volume, mas maior importância de identificação dos itens). Em qualquer um dos casos, a requisição de material é feita sempre através de email para o responsável pela gestão do *stock*. Mais uma vez, a seleção dos lotes é feita manualmente, de modo que constitui uma fonte de erros. Para além disso, a seleção é feita apenas baseada nos registos da produção. Ou seja, quando o requerente indica os lotes que pretende, não existe verificação da sua real existência no armazém, podendo este já estar na linha de produção ou até já ter sido destruído. Consequentemente, os pedidos podem resultar no emprego possivelmente desnecessário de tempo dos funcionários responsáveis pela recolha, sem que qualquer lote seja efetivamente fornecido, levando à necessidade de repetir todo o processo. Uma vez recolhidos os artigos pretendidos, o operador coloca-os no destino descrito no email.

Quando as operações necessárias sobre o lote requisitado forem executadas, o saco tem de voltar para o armazém para ser guardado até o cliente autorizar a sua destruição. Este processo é, também ele, baseado na troca de emails entre o requerente e o responsável pelos artigos.

Uma vez devolvidos, os artigos são repostos na caixa de onde foram retirados. Mais uma vez, esta tarefa é executada com registos manuais e, muitas vezes, os sacos acabam devolvidos a caixas não correspondentes. Consequentemente, se outro lote do mesmo saco for pretendido, a localização do saco terá sido alterada, sem registo, pelo que a procura se torna impossível.

3.5 Análise Crítica

Os processos atualmente executados foram já alvo de diversas alterações com a sua simplificação e melhoria em vista. Comparativamente com os procedimentos iniciais, o sistema de identificação e localização de lotes de materiais defeituosos é já significativamente mais eficaz. Neste momento, a separação de materiais, clientes e semanas de produção tornam quase todos os sacos praticamente únicos, facilitando, portanto, o seu tratamento. Porém, após uma análise das diferentes fases, identificaram-se alguns pontos indicados para futuras melhorias.

Em primeiro lugar, a entidade “saco” não existia nos sistemas de registo da empresa. Isto implicava que quando um determinado lote era pedido e consecutivamente removido do armazém, vários outros lotes eram também retirados. Posto isto, existia a possibilidade de certos lotes serem requisitados sem estes estarem disponíveis para recolha.

Por outro lado, tal como previamente indicado, os lotes selados dentro de um determinado saco têm de cumprir certos requisitos: ser todos de um só material e apenas corresponder aos lotes produzidos ao longo de uma única semana. Todavia, o sistema de divisão dos sacos na linha pode tornar-se confuso com o aumento de volume produtivo, pelo que os erros de associações podem acontecer. De modo a evitar tais ocorrências, a empresa implementou medidas preventivas no sistema de registo de informação.

Finalmente, todos os registos e requisições de material eram baseados na troca de emails e registos manuais das operações. Tal facto, associado à falta de regras de mapeamento do armazenamento e identificação das caixas, aumentava a probabilidade de erro nos diferentes processos.

Deste modo, para combater as fontes de erros destacadas, a solução encontrada passou pelo desenvolvimento de uma base de dados para o registo e mapeamento dos lotes de *scrap*. Esta base de dados confere vários níveis de verificação e foi desenvolvida com vista a reduzir o *input* necessário por parte dos utilizadores. Para além disso, procedeu-se a uma atualização das etiquetas utilizadas na linha de produção, permitindo a criação da entidade “saco” para os registos. A nova etiqueta inclui informação relativa ao conteúdo do saco, que após ser entregue pela produção, é registado e é-lhe atribuída uma localização, tal como será abordado no próximo capítulo. Finalmente, na base de dados, desenvolveram-se mecanismos de requisição de material, para que toda a informação permaneça registada e atualizada, disponível num só lugar.

3.6 Definição de KPI

Os KPI de análise foram definidos numa fase inicial do projeto. Todavia, devido à inexistência de um processo concretamente definido de registo de sacos de *scrap*, tornou-se difícil avaliar a performance inicial dos operadores. Apesar disso, certas tarefas dentro do macroprocesso serviram de base na definição dos KPI a utilizar. Nos indicadores selecionados, destacam-se os quatro seguintes: tempo de resposta a requisições, utilização regrada dos *bins*, número de sacos armazenados há mais tempo que o limite predefinido e volume semanal de sacos. Estes foram os critérios que se revelaram mais importantes para a análise das melhorias, tal como será posteriormente detalhado.

Por um lado, iniciando pela resposta a requisições, este processo exigia sempre a presença de vários operadores, essencialmente devido ao volume de *scrap* que era necessário percorrer para encontrar os lotes requisitados. Desta forma, uma tarefa simples exigia um grande esforço, de modo que um dos principais objetivos passou por reduzir este mesmo esforço.

Por outro lado, apesar do grande volume de material guardado, a capacidade das estantes é suficiente para todas as caixas. Porém, quanto mais acima na estante as caixas são armazenadas, maior é a dificuldade na acessibilidade. A utilização correta e minimizada dos *bins* foi tomada em consideração, ajudando também na gestão do espaço da empresa. Este facto está intrinsecamente ligado aos últimos dois: o controlo do número de caixas acima do limite temporal predefinido e o volume semanal de registos de sacos. Apesar do volume ser definido pela equipa de produção e independente da área de atuação deste sistema, a análise das tendências revela-se essencial na preparação e na tomada de decisões.

4 Propostas de Melhoria na Gestão do *Scrap*

Ao longo deste capítulo será apresentado a proposta de sistema para a melhoria dos pontos críticos existentes na gestão do *stock* de produtos rejeitados.

Em primeiro lugar, serão revisitados os objetivos do projeto, seguindo-se os pressupostos sobre os quais o desenvolvimento assentou. Posteriormente, descrever-se-á o sistema em concreto, destacando as principais funções incluídas. Finalmente, abordam-se os indicadores selecionados para o estudo das tarefas atuais.

4.1 Objetivos Propostos

O projeto de melhoria implementado no departamento de logística da ATEP requeria uma análise sobre o processo de tratamento dos sacos de material rejeitado produzido pela linha. A solução apresentada consiste numa base de dados que permite mapear todos os eventos e localizações dos sacos de material, ao longo de todo o seu ciclo de vida na empresa. Tal tarefa subdivide-se em três grandes grupos: o registo de elementos após estes serem retirados da linha de produção (lotes, sacos, caixas e as suas relações), a disposição da informação relativa às entidades do sistema e as requisições de material, numa fase posterior do ciclo de vida. Para além disso, foi desenvolvida uma componente de análise de indicadores de performance, de modo a permitir um maior controlo sobre todas as operações do sistema.

Devido à natureza dos objetivos propostos, existe uma grande necessidade de inserção e atualização de informações por parte do utilizador. O sistema é responsável por múltiplas operações, especialmente na atualização dos dados existentes, de modo a garantir a integridade da informação. Contrariamente, nas operações de registo de novos componentes, os utilizadores têm liberdade na inserção de informação, pelo que o sistema os guia para garantir o correto preenchimento dos dados.

Consecutivamente, uma vez garantida a correta informação, assegura-se a robustez dos dados fornecidos para o cálculo dos indicadores de performance. Estes pretendem permitir uma melhor visualização sobre todas as fases do processo, promovendo análises mais rápidas, concretas e eficazes.

4.2 Requisitos Funcionais da Ferramenta Desenvolvida

Devido às características específicas de cada processo, e sempre com o intuito de simplificar o máximo possível a utilização da base de dados, os requisitos funcionais da ferramenta foram listados consoante o processo. Além disto, o sistema foi pensado de modo a incluir diferentes utilizadores com diferentes níveis de acesso, pelo que este requisito também necessitou de incorporação nos procedimentos finais. Os requisitos encontram-se presentes na Tabela 1.

Tabela 1 - Requisitos Funcionais da Ferramenta Desenvolvida

<u>Utilizadores:</u> • Diferenciação de acessos • Diferenciação de tarefas
<u>Registo de elementos:</u> • Importação dos dados presentes nos registos da empresa; • Definição de um processo de registo de novos lotes no sistema; • Definição de um processo de leitura e registo dos sacos, de acordo com o formato existente no início do projeto; • Definição de um processo de criação eficiente das caixas para armazenamento; • Definição de localizações para todos os componentes.
<u>Requisições de elementos:</u> • Definição de um processo que permita o registo de requisições de material; • Definição de um processo que permita a recolha parcial de uma requisição • Definição de um processo que permita a devolução, parcial ou total, dos itens requisitados; • Registo de informação relativa à recolha dos artigos; • Constante atualização do estado e localização dos artigos requisitados

4.3 Desenho da Solução Proposta

Com vista a responder aos objetivos propostos e apoiar as atividades diárias relativas ao tratamento do *scrap* produzido, surgiu a necessidade de armazenar dados e disponibilizá-los a diferentes utilizadores, com variados motivos de interesse. Desta forma, recorreu-se ao desenho de uma solução baseada no *software* Microsoft Access, uma solução capaz de responder a todas as necessidades e apoiar as atividades diárias; e em ficheiros do Microsoft Excel, para permitir a visualização de informação em grande escala e o *back-up* dos dados. Na solução desenvolvida em Microsoft Access, foram implementados alguns requisitos funcionais adicionais relativos aos utilizadores e aos elementos-chave de trabalho (lotes, sacos, caixas e requisições).

Acresce referir que, de forma a facilitar a experiência do operador nos novos processos definidos, foi criado um posto de trabalho específico, com todas as ferramentas necessárias para as diversas operações.

4.3.1 Software Utilizado

A fim de desenvolver uma ferramenta acessível a todos os colaboradores, que permitisse ligações aos diferentes sistemas da empresa, utilizou-se o *software* Microsoft Access 2016. Para além disso, recorreu-se à linguagem de programação VBA – *Visual Basic for Applications* – e SQL – *Structured Query Language* – por forma a minimizar o *input* requisitado e maximizar o automatismo nas diferentes operações desejadas.

A ferramenta desenvolvida foi concebida para suportar as diferentes operações previamente mencionadas no registo e localização de *scrap*. Apesar de ter sido desenvolvida inteiramente de acordo com os processos e materiais atualmente presentes na empresa, será possível adicionar elementos, automaticamente integrados no sistema.

A base de dados foi dividida em dois ficheiros, tendo em vista a minimização do risco de erros da parte do programa e consecutiva corrupção dos dados. Desta forma, num primeiro ficheiro, estão presentes todos os dados do sistema, separados nas diferentes tabelas. Por sua vez, no segundo ficheiro, estão presentes todos os formulários e o código base para o funcionamento do programa, apesar de a edição destes elementos estar bloqueada a todos os utilizadores. Esta separação facilita o acesso de vários utilizadores ao sistema, sem comprometer a informação inserida ou consultada. Para além disso, também um ficheiro editável foi guardado de forma separada, que permite eventuais alterações necessárias. Para facilitar o acesso, todos os ficheiros são mantidos na rede da empresa.

4.3.2 Utilizadores

A base de dados desenvolvida assenta no pressuposto da existência de três níveis de acesso distintos, cada qual com funcionalidades e permissões diferentes. Desta forma, mais uma vez, aplicam-se os conceitos da metodologia Lean, reduzindo as fontes de erro, e protege-se a informação inserida no sistema. Os três níveis foram identificados como: “Gestão do Sistema”, “Operações no Armazém” e “Visitantes”.

Iniciando pelo primeiro nível, estes utilizadores ficam responsáveis essencialmente pela inserção de informações sensíveis, tais como os materiais de *scrap* ou a definição dos níveis de acesso para os restantes utilizadores. Ficam também responsáveis pelo tratamento de dados do sistema e pela análise estatística dos dados recolhidos.

Em segundo lugar, os utilizadores ligados às operações no armazém são responsáveis pelo registo e criação das entidades de trabalho (lotes, sacos e caixas) e pela gestão das requisições de materiais: análise, recolha e devolução dos diversos elementos.

Finalmente, os visitantes correspondem a um perfil aberto a qualquer utilizador, sendo que as operações estão limitadas à procura de elementos e à sua requisição.

O nível de acesso de qualquer utilizador é definido no momento do registo no sistema, ficando, posteriormente, a base de dados limitada às páginas pré-definidas para determinado utilizador.

4.3.3 Elementos-chave

Conforme previamente exposto, apesar de a entidade não existir nos sistemas de dados da empresa, o elemento de trabalho mais relevante é o saco de material rejeitado. Este é o elemento que é armazenado e, posteriormente, requisitado se necessário. Todavia, existem outros elementos complementares que foram considerados, tais como os lotes e as caixas. Acresce ainda destacar a importância das requisições de material, que constam nos objetivos do projeto.

Iniciando pelo elemento de menor dimensão - o lote - este é, tal como foi destacado, a base de todos os restantes. É o elemento que efetivamente se pretende localizar, o objeto de análise, revelando-se essencial para as diferentes pesquisas. Fisicamente, os lotes são apenas manuseados na linha de produção, em ambiente *clean-room*, pelo que da perspetiva dos utilizadores são apenas entidades integrantes do sistema. Estas entidades podem ser registadas tanto partindo dos registos da empresa (provenientes da linha de produção), como manualmente pelo utilizador. Neste caso, devem-se contar com os seguintes atributos: número do lote, data, semana e ano de registo, estado atual do lote e material a que corresponde.

No que refere aos sacos, estes são conjuntos de lotes, associados segundo determinadas regras (relativas a semana, material e cliente). São as entidades manuseadas por todas as partes envolvidas. Quando saem da produção, são registadas e armazenadas numa caixa automaticamente definida pelo sistema e podem, posteriormente, ser requisitadas por qualquer utilizador. Estas entidades são registadas com características em tudo semelhantes aos lotes que as constituem, porém, também o peso é adicionado, de modo a satisfazer outras necessidades da empresa. O código de identificação, constituído por dez caracteres, é definido da seguinte forma:

“B” + CW + YY + XXXXX

Onde:

- B, é o indicativo da entidade a identificar - Saco
- CW, é a semana anual de produção
- YY, é o ano de produção
- XXXXX, é o número sequencial, definido de acordo com o número de sacos registados com a mesma semana do saco a registar.

Por outro lado, as caixas são constituídas por agregados de sacos, mediante regras semelhantes de acoplação de lotes (restringidas apenas pela combinação material-cliente). Desta forma, numa determinada caixa, o *scrap* de múltiplas semanas será associado. Estas caixas são sempre criadas na Production Store II, no momento de registo de sacos infra referido. Mais uma vez, à semelhança dos sacos, estas entidades serão identificadas por um código, também definido por dez caracteres, segundo o formato Seguinte:

YY + “CW” + WW + XXXXX

Onde:

- YY, é o ano corrente
- CW, é o indicativo relativo à semana de registo da caixa
- WW, é a semana anual de início de utilização
- XXXXX, é o número sequencial, definido de acordo com o número de caixas registadas com a mesma semana da caixa a criar.

Finalmente, a última entidade de relevo para esta base de dados foram as requisições. Estas entidades correspondem a todos os levantamentos de material que sai da linha e é armazenado e permite manter o registo de todos os movimentos de determinado saco. No momento de execução, é-lhes atribuído um número sequencial, o requisitante e a data de execução. Para além disso, outra informação adicional é registada para futura análise, nomeadamente a data e o utilizador responsável pela conclusão, o estado atual e os motivos que levaram à elaboração da requisição. Estas entidades geram, posteriormente, documentos com toda a informação relevante, podendo ser acedidos em qualquer momento e impressos, se necessário.

4.4 Desenvolvimento da Base de Dados

Tendo por base os vários níveis de utilizadores previamente referidos, a base de dados consiste na conjugação de duas fases distintas dos processos no ciclo de vida dos sacos: o registo inicial e sucessiva armazenagem e a requisição de material posterior. Deste modo, a base de dados foi inteiramente desenvolvida, assim como formulários, relatórios e *queries*, para que fosse possível acomodar os objetivos propostos.

4.4.1 Importação de Elementos para o Sistema

O primeiro passo na construção da base de dados consistiu na importação dos dados presentes nos registos da empresa. A informação obtida foi extraída através do portal Edex, resultando num ficheiro (do tipo .csv) com informação relativa a todas as etiquetas de identificação de *scrap* impressas na linha de produção.

Os registos das etiquetas permitiram a criação dos elementos base para todos os processos: os materiais utilizados, com informação relativa ao código interno de identificação; o cliente e a descrição; os lotes produzidos, com informação relativa à data de produção e identificação do material constituinte. Adicionalmente, estavam também identificadas as *Wafers* de cada lote, presentes nos sacos, porém estes elementos foram desconsiderados da área de atuação da base de dados.

Os dados possuíam erros, nomeadamente relacionados com a falta de alguns atributos numa fase inicial de utilização do sistema da ATEP e possuíam alguns elementos obsoletos que posteriormente foram atualizados, tais como descrições ou nomenclaturas. Consecutivamente, na importação de dados ocorreu algum tratamento, por forma a suprimir estas falhas, seguido de atualizações nos registos gravados na base de dados desenvolvida. Desta forma, através de ajustes na formatação dos dados, foi possível registar os diversos elementos de trabalho, garantindo a integridade da informação.

4.4.2 Registo de Elementos

Numa fase inicial, o maior foco do projeto consistiu no importante registo de entidades provenientes da produção. Devido à inexistência do elemento mais crucial para o projeto nos registos da empresa, a entidade “Saco”, o seu registo independente dos dados da produção permite suportar todo o restante projeto. O fluxo das operações esperadas encontra-se na Figura 7.

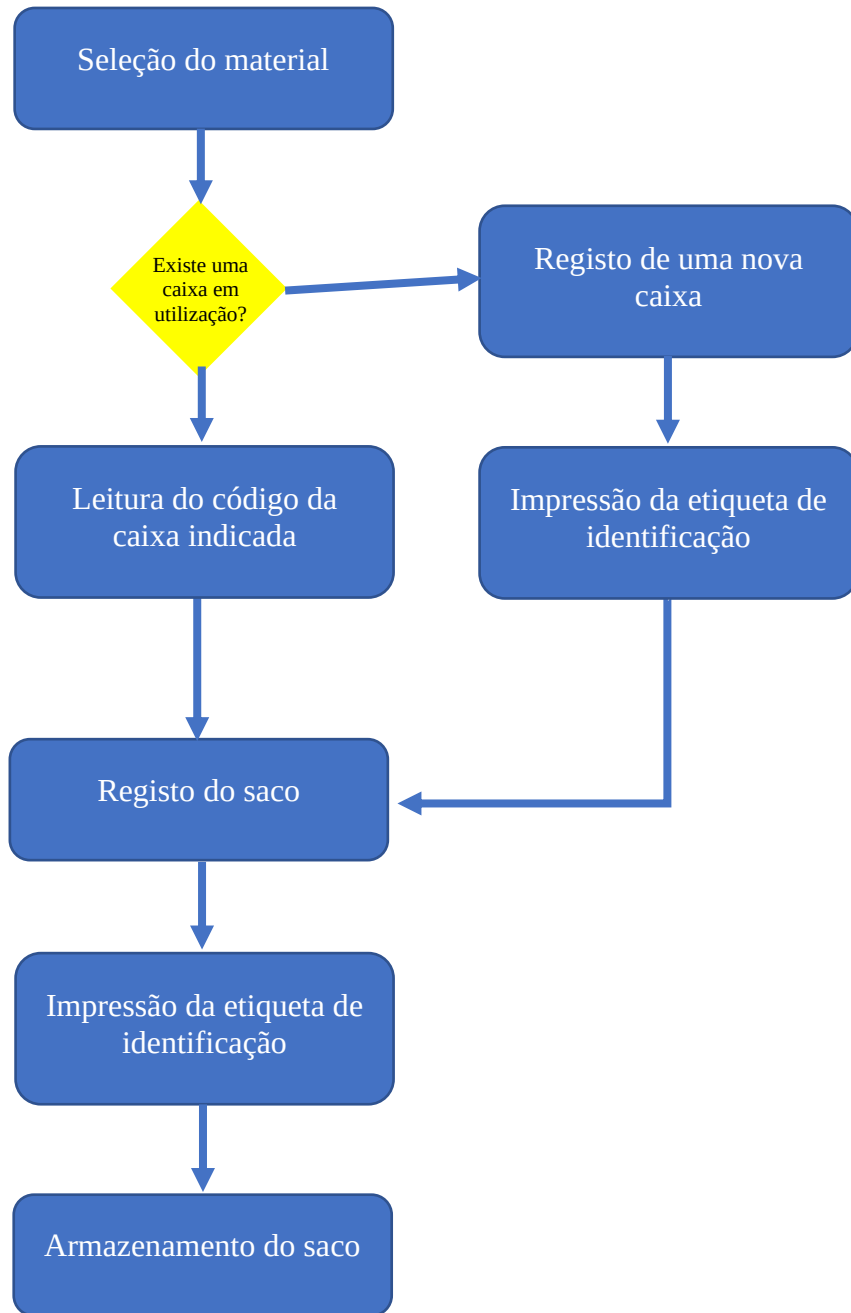


Figura 7 - Esquema Representativo do Processo de Registo de Sacos

Neste sentido, existiu um grande investimento na criação do código e dos formulários para tentar obter o máximo de informação possível, exigindo ao operador o mínimo de *input*. Devido à priorização de mudanças na linha de produção feita por parte da empresa, o registo de elementos subdividiu-se em duas fases: uma apenas com as entidades lote e outra com a entidade “Saco” implementada na produção. Ambas as soluções foram desenvolvidas, todavia apenas a primeira foi implementada.

As duas opções iniciam com a definição do material de trabalho. Com base nesta seleção, o sistema identifica a necessidade de criar uma caixa e gera toda a informação necessária, nomeadamente o código de identificação, e imprime a etiqueta para o operador colar na caixa. Caso a necessidade não se verifique, é apenas exigido ao utilizador que insira o código de identificação da caixa única relativa ao material (informação obtida através da leitura do código de barras presente na etiqueta da caixa).

Na solução baseada somente nos lotes produzidos, o registo de sacos implica a inserção manual de informação relativa à semana, ano, peso, seguida da definição dos diferentes lotes presentes no saco, através da leitura dos códigos de barras correspondentes nas etiquetas utilizadas pela equipa da produção. Através do ano e da semana, o sistema define, de acordo com o modelo exposto, o código de identificação para o saco registado. Posteriormente, através dos códigos dos lotes, o sistema compara os registos com os novos lotes, de modo a garantir a unicidade destes. Caso este critério seja cumprido, existe o registo dos mesmos.

Uma vez concluída a inserção de toda a informação relativa ao saco a ser registado, o sistema gera uma etiqueta, de acordo com o *design* definido (Anexo B), imprimindo-a na impressora disponibilizada.

Em contrapartida, na solução baseada nos futuros registos da produção (que incluam diretamente as entidades “Saco”), o processo é semelhante. Porém, ao invés de necessitar que o utilizador insira as informações destacadas, o sistema exige apenas o peso do saco e a leitura de um *QR code* (com as restantes informações relevantes) que resulta na alocação automática dos atributos necessários. Neste caso, as etiquetas apenas serão geradas caso o operador considere necessário, decorrente do desgaste da etiqueta presente no saco.

4.4.3 Pesquisa de Elementos

A pesquisa de elementos representa um dos objetivos centrais das metas propostas, tanto para apenas consultar informação a eles relativa, como para efetuar requisições de material. Como tal, existiu um grande investimento tanto associado à forma de iniciar como no resultado desta ferramenta.

Este processo requer a inserção de um código, identificador de lotes ou sacos. Devido às características específicas dos pedidos, a pesquisa de lotes é feita através de uma correspondência parcial do valor inserido face aos lotes registados, enquanto a pesquisa de sacos é feita através de correspondência total, dada a natureza única destes códigos.

Nas páginas de resultados subsequentemente apresentadas (Figura 8), é possível identificar informação relativa a três pontos importantes: sobre o saco e o seu registo, sobre o local de armazenamento e sobre o conteúdo do saco, através de uma listagem dos lotes constituintes.

The screenshot shows a web application interface titled "Procurar Lote". It displays search results for a specific lot, "LOTE #1". The interface is organized into three main sections: "Informação do Lote" (Lot Information), "Informação de Armazenagem" (Storage Information), and "Informação do Saco" (Bag Information). Each section contains a table of data.

Informação do Lote	
Nº do Lote	LOTE #1
Estado	Em Saco
Data de Registo	1/16/2023 3:27:18 PM

Informação de Armazenagem	
Caixa	23CW0100001
Bin	BIN #1

Informação do Saco	
Saco	B230100001
Estado	Armazenado
Material (SAP)	Material #1
	Material Number 1
Cliente	Customer #1

At the bottom of the interface, there are four buttons: "Requisitar Saco" (Request Bag), "Scrap do Saco" (Scrap Bag), "Conteúdo" (Content), and "Imprimir Etiqueta" (Print Label).

Figura 8 - Exemplo dos Resultados de Pesquisa na Ferramenta Desenvolvida

4.4.4 Exportação de Informação

Essencialmente para efeitos de inventariação dos espaços, foi desenvolvido um método que permite aos utilizadores extrair toda a informação pertinente da base de dados. Seja de forma parcial, filtrando por cliente, período ou condição, seja com o objetivo de um inventário completo, os utilizadores ligados à gestão do sistema podem proceder a essa extração.

A informação foi organizada em três categorias: alusiva à base de dados, onde o utilizador exporta todo o conteúdo de todas as tabelas, para efeitos de *back-up* do sistema; alusiva aos sacos, apresentando dados como o seu conteúdo e a sua localização; e informação filtrada por material e período temporal, com o objetivo de ajudar no inventário.

4.4.5 Requisições de Material

O segundo grande objetivo da base de dados consiste na reformulação do processo de requisição de material. Este processo foi pensado em duas vertentes: as requisições pontuais da parte da linha de produção ou do laboratório, e as requisições de múltiplos sacos de um cliente, em grande volume, para efeitos de destruição em massa de material. O processo base das requisições é idêntico em ambos os casos e encontra-se representado na Figura 9. Todavia, devido ao volume das mesmas, existem ajustes a executar no *input* de informação necessário.

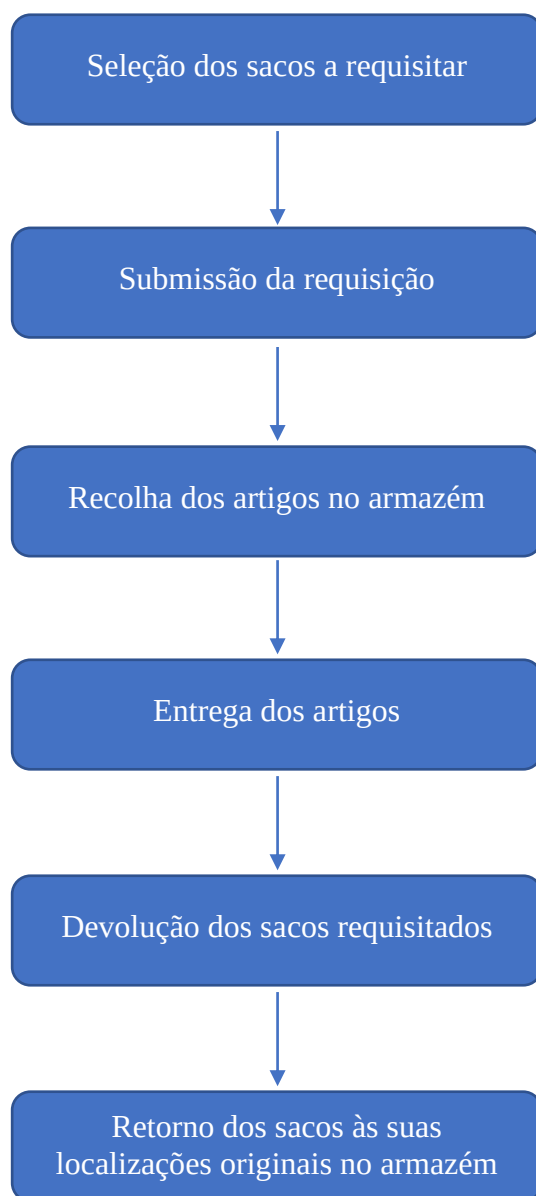


Figura 9 - Processo de Requisição de Produtos Rejeitados

No que toca às requisições pontuais colocadas internamente na ATEP, as requisições em menor escala, na página de resultados da pesquisa de artigos todos os utilizadores podem adicionar o saco a uma prelista de requisições. Para tal, apenas é exigido que o utilizador proceda à procura do elemento, tal como descrito previamente, e selecione o destino que pretende dar ao saco requisitado. Esta especificação é importante não só para efeitos de análise da requisição em si, mas também para a definição dos itens a recolher para devolver à localização predefinida no armazém.

Requisição

Destino	Saco	Material (SAP)	Cliente	
Scrap	B230100001	Material #1	CUST	
Scrap	B230100002	Material #1	CUST	
Scrap	B230100003	Material #2	CUST2	

Limpar Conteúdo

Adicionar Conteúdo

Submeter Requisição

Figura 10 - Pré-seleção de Sacos a Requisitar

Por sua vez, para eventos que requerem a seleção de múltiplos itens de uma só vez, é exigido ao utilizador a especificação de mais filtros, nomeadamente o cliente, o material e o período de tempo ao qual os sacos se referem. Uma vez concluída a seleção dos vários itens, de qualquer uma das formas aqui enunciadas, o utilizador submete o pedido, gerando um alerta automático via email.

Seleção Múltipla

Cliente

Material

*

Descrição

Por favor, selecione um cliente e um material.

Período

Desde

CW

00

Ano

2022

Até

CW

01

Ano

2023

Figura 11 - Filtros para Seleção Periódica de Sacos

Após submissão, a requisição fica visível na lista de pedidos pendentes, disponível na página principal de todos os utilizadores ligados ao armazém, de modo a garantir visibilidade e funcionar como subsistema de alerta. A partir desse ponto, os itens necessitam de ser recolhidos do armazém onde se encontram. Mais uma vez, como medida de verificação, o sistema exige a leitura de todos os artigos para retirar o saco da listagem de artigos a recolher e, posteriormente, concluir a requisição. Quando todos os sacos seleccionados foram recolhidos, o requerente é alertado da sua disponibilização.

Numa fase posterior do projeto, desenvolveu-se um procedimento que permite a entrega parcial de uma requisição, sendo o processo semelhante. Uma vez em posse do requerente, todos os artigos ficam registados numa lista auxiliar de itens a devolver. As devoluções também podem ser feitas de forma parcial, cabendo ao utilizador especificar quais os artigos que devolve.

Finalmente, quando se encontram de volta ao armazém, os operadores podem imprimir uma lista, especificando quais as caixas às quais têm de retornar os artigos. Apesar de ser possível alterar a localização dos artigos devolvidos, o sistema segue por defeito o método das localizações fixas para os artigos.

Localizações					
Bin	Caixa	Saco	Material	Cliente	
BIN #1	23CW0100001	B230100001	Material #1	CUST	
BIN #1	23CW0100001	B230100002	Material #1	CUST	
BIN #2	23CW0100002	B230100003	Material #2	CUST2	



Figura 12 - Localizações de Artigos Devolvidos ao Armazém

4.5 Definição do Posto de Trabalho

Com vista a facilitar as tarefas do operador responsável pelo registo dos sacos de *scrap*, foi definido um novo posto de trabalho, apresentado a azul na Figura 6.



Figura 13 - Definição do Posto de Trabalho

O novo posto de trabalho ficou localizado imediatamente à frente do *kardex*, onde os sacos são recolhidos da produção. Desta forma, apesar de o *kardex* não poder ficar aberto por tempo indefinido, os artigos podem ser recolhidos e imediatamente registados. Porém, o esquema de tarefas diárias pode nem sempre permitir o investimento de tempo por parte do funcionário para esta operação, de modo que o posto de trabalho se encontra numa zona de fácil acesso e sem muito movimento.

No local de trabalho foram disponibilizados um computador, um leitor de códigos de barras e uma impressora específica para as etiquetas a ser geradas pelo sistema. Consecutivamente, independentemente da altura semanal em que as operações de registo ocorram, o operador terá sempre disponíveis todas as ferramentas necessárias para o seu trabalho, poupando tempo na recolha destes artigos e nas viagens entre estações. Deste modo, cabe apenas ao operador proceder à recolha de sacos, com ajuda de um carrinho indicado para o transporte destes materiais, e poderá iniciar as operações.

4.6 Indicadores de Performance

A análise dos indicadores de performance representa um foco adicional ao projeto, não obstante o seu grande relevo na análise dos processos ocorridos na base de dados desenvolvida. Através dos dados registados nas tabelas da base de dados, tornou-se possível providenciar uma imagem genérica que representa o estado do processo como um todo e detalhes referentes aos clientes e materiais (Tabela 2).

Iniciando pelos indicadores de performance ligados às operações genéricas neste sistema, o principal foco prende-se com a correta e otimizada utilização de espaço no armazém e no Production Store II. Para tal, optou-se por continuamente apresentar informação relativa à quantidade de caixas em utilização e em espera de armazenamento. Para além disso, é possível observar a evolução da quantidade de sacos registados semanalmente e a quantidade de sacos registados por material. Toda esta informação encontra-se presente na página inicial de todos os utilizadores. Posteriormente, os utilizadores ligados à gestão possuem ainda um *overview* mais específico sobre as tarefas, sendo-lhes apresentada a quantidade de requisições em aberto, o tempo de resposta às requisições e o tempo investido no registo de entidades semanalmente. Desta forma, torna-se mais fácil prever tendências e responder adequadamente.

Por outro lado, numa fase mais específica, é possível aos utilizadores com maior nível de acesso avaliar todos estes indicadores relativamente a apenas um cliente. Nesta página, é possibilitada a análise de todo o conteúdo armazenado, sendo particularmente relevante a informação relativa aos sacos guardados há mais tempo que o indicado. Este parâmetro permite alertar os utilizadores caso seja necessário iniciar processos de destruição de material guardado. Para além disso, as tendências da evolução produtiva ficam explícitas para os utilizadores, podendo medidas preventivas ser tomadas de forma mais antecipada.

Associando os dois momentos, todas as decisões relativas aos materiais registados no sistema e aos processos por eles afetados são mais fundamentadas e mais concretas. Com a constante apresentação dos indicadores, a frequência expectável de tomada de decisões também aumenta, tornando os processos mais flexíveis às alterações de direção da produção.

Tabela 2 - Indicadores de Performance

<u>Área</u>	<u>Indicador de Performance</u>	<u>Fórmula de Cálculo</u>	<u>Utilizadores com Acesso</u>
Sistema	Nº de utilizadores registados	---	Gestão do sistema
	Nº de materiais registados	---	Gestão do sistema
	Nº total de sacos registados	---	Gestão do sistema
	Nº de sacos registados por semana	---	Gestão do sistema Armazém
Armazém	Quantidade de sacos fora do prazo de armazenamento (por material)	$\text{Saco}(\text{YYWW}) > \text{Atual}(\text{YYWW}) - \text{Prazo Máximo de Armazenagem}$	Gestão do sistema
	Nº de caixas em utilização	---	Gestão do sistema Armazém
	Nº de caixas no armazém	---	Gestão do sistema
	Nº de caixas por material	---	Gestão do sistema Armazém
	Nº de bins em utilização	---	Gestão do sistema
Requisições	Tempo médio de resposta a requisições	$(\sum(\text{Data de Conclusão} - \text{Data de Submissão})) / (\text{Nº de Requisições Concluídas})$	Gestão do sistema
	Nº de requisições a completar	---	Gestão do sistema Armazém
	Nº de sacos a recolher	---	Gestão do sistema Armazém
	Nº de sacos requisitados (fora do armazém)	---	Gestão do sistema

5 Conclusões e Perspetivas de Futuro

O projeto desenvolvido para a empresa ATEP consistia na criação de um sistema que permitisse o registo dos diferentes materiais e o controlo da sua localização ao longo do tempo de armazenamento nas instalações da empresa. Para além disso, no mesmo sistema, era necessário desenvolver um processo de gestão de todas as requisições de material e operações implícitas. Ambos os componentes estariam intrinsecamente ligados, permitindo um controlo absoluto sobre todo o material rejeitado.

A implementação da ferramenta desenvolvida permitiu um maior domínio das diferentes operações do processo de armazenamento, tornando possível a execução de análises mais detalhadas dos indicadores de performance associados. O maior fundamento na tomada de decisão, associada à maior frequência de verificação dos dados dos registos, podem levar a melhorias do processo a médio prazo. A ferramenta aumentou não só a análise dos dados, como também todo o controlo sobre os materiais expedidos da linha de produção, em qualquer fase do seu período de armazenamento.

Apesar da necessidade de investimento temporal necessária no início do processo, no momento do registo de elementos, verifica-se um ganho significativamente superior na fase de localização dos artigos. Tal efeito reflete-se com grande relevância na fase da recolha de requisições, um dos maiores objetivos propostos no momento de criação deste sistema. Ao localizar artigos internamente de forma mais eficaz, a resposta às necessidades, tanto de clientes como de outros departamentos, torna-se mais rápida, permitindo proporcionar um melhor nível de serviço ao cliente. Por outro lado, ao garantir toda a informação num único centro, à disposição de todos os colaboradores que possam necessitar da mesma, garante-se uma melhor comunicação entre departamentos, impedindo, por exemplo, requisições de material inexistente.

Por outro lado, os indicadores desenvolvidos permitem manter um controlo cuidado e regrado sobre os distintos materiais, sem perder a visão mais generalista sobre o processo. Tal como destacado previamente, a combinação destes fatores influencia positivamente as tomadas de decisão face às diferentes fases do processo.

É esperado que a implementação da base de dados ofereça uma alternativa viável aos procedimentos atuais, com maior domínio sobre os dados. Tendo em conta que o projeto envolveu diferentes equipas, nomeadamente a equipa de logística, responsável pela gestão do armazém, e a equipa responsável pelos processos na linha de produção, espera-se que as mudanças executadas possam beneficiar a empresa em diversos setores.

Relativamente a projetos futuros relacionados com esta proposta destaca-se a atualização desenvolvida e necessária para os futuros registos da produção. Esta solução permitirá ainda maior concordância entre os registos dos diferentes departamentos da empresa, visto recorrer integralmente a dados assegurados pela equipa de produção.

Referências

- Cavaliere, S., Garetti, M., and Macchi, Marco e Pinto, R. (2008). A decision-making framework for managing maintenance spare parts. Production planning & control
- Date, C. J. (2004). An Introduction to Database Systems. Pearson/Addison Wesley.
- Franceschini, F., et al. (2007). Management by Measurement, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Institute, K. (2022). O que é o kaizen? <https://pt.kaizen.com/o-que-e-kaizen>. Acedido a 28-10-2022.
- Liker, J. K., e Meier, D. (2006). The Toyota way fieldbook. McGraw-Hill.
- Monden, Y. (2012). Toyota Production System: Integrated Approach to Just-in-time. Chap. & H.
- Neely, A. (1999). “The performance measurement revolution: why now and what next?” International Journal of Operations & Production Management
- Rasmussen, N., et al. (2009). Business Dashboards A visual catalog for design and deployment, John Wiley & Sons.
- Rushton, A., Baker, P., e Croucher, P. (2010). The Handbook of Logistics and Distribution Management. Kogan Page.
- Shneiderman, B., e Plaisant, C. (2005). Designing the User Interface. Addison-Wesley.
- Tompkin, Jamess A. e Smith, Jerry D. (1998). The warehouse management handbook. Tompkins press.

ANEXO A: Estrutura Relacional das Tabelas presentes na Base de Dados Desenvolvida

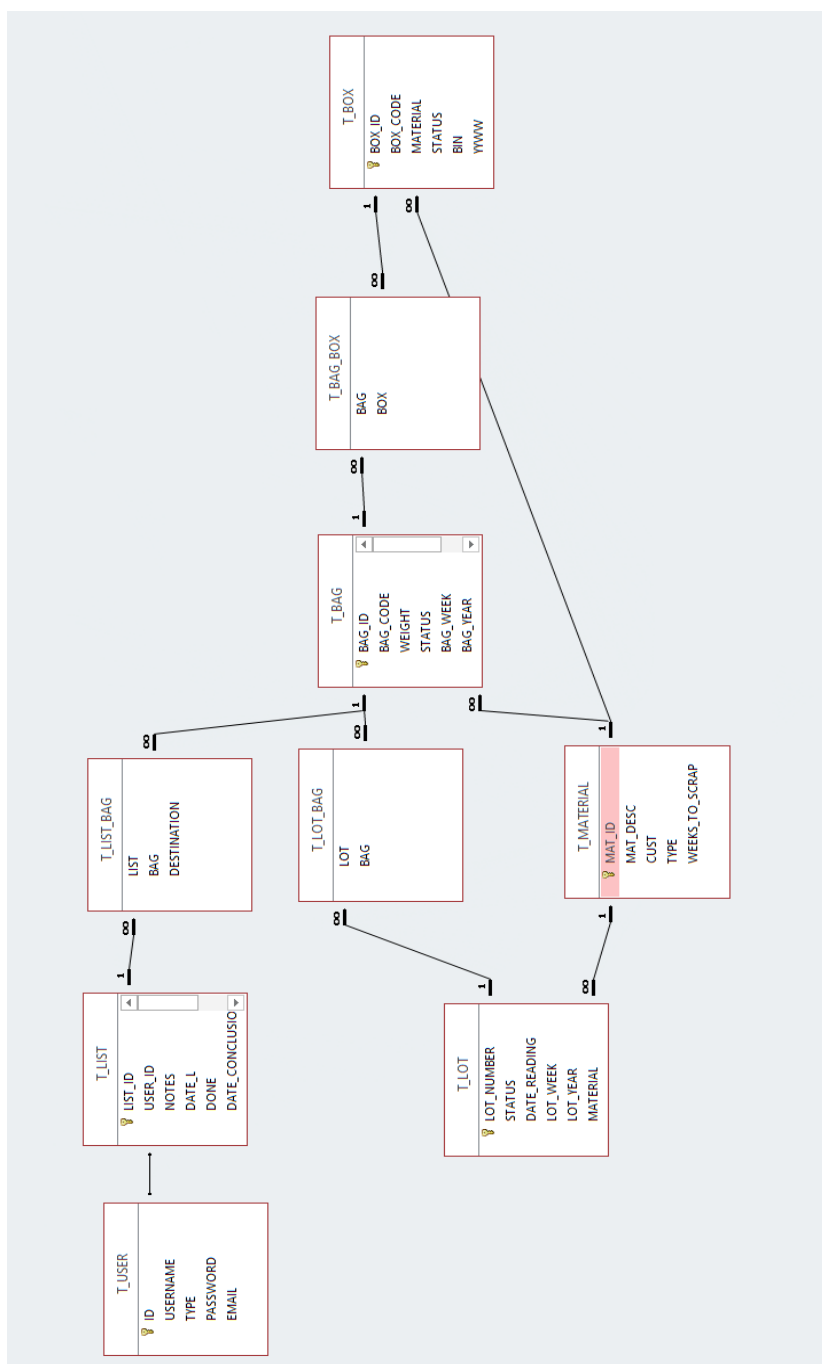


Figura 14 - Estrutura Relacional das Tabelas da Base de Dados Desenvolvida

ANEXO B: Exemplos das Etiquetas de Identificação Desenvolvidas

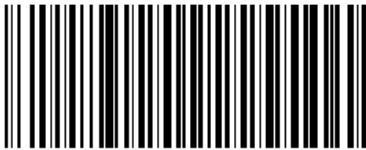
CUST	PRINT DATE: 1/16/2023
CODE:	23CW0100001
	
MATERIAL:	Material #1
	
DESC:	Material #1

Figura 15 - Etiqueta de Identificação de Caixas em Utilização



Figura 16 - Etiqueta de Identificação de Caixas Fechadas

CUST	PRINT DATE: 1/16/2023
	YYWW: 2301
CODE: B230100002	
	
MATERIAL: Material #1	
	
DESC: Material #1	
LOTE #1 LOTE #2 LOTE #3	LOTE #4 LOTE #5

Figura 17 - Etiqueta de Identificação de Sacos

ANEXO C: Manual de Utilização da Base de Dados (em volume separado)

O Manual de Utilização da ferramenta desenvolvida encontra-se anexado num volume separado.