



**Ana de Jesus Quintas
Malheiro**

**Desenvolvimento de uma ferramenta *E-Heijunka* de
apoio ao planeamento da produção**



**Ana De Jesus Quintas
Malheiro**

**Desenvolvimento de uma ferramenta E-Heijunka de
apoio ao planeamento da produção**

Relatório de estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Maria Pinto de Moura Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Far better is it to dare mighty things, to win glorious triumphs, even though checkered by failure... than to rank with those poor spirits who neither enjoy nor suffer much, because they live in a gray twilight that knows not victory nor defeat.

Theodore Roosevelt

o júri

presidente

Prof. Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José Paulo Oliveira Santos
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Ana Maria Pinto de Moura
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

À Universidade de Aveiro e ao seu corpo docente e equipas de suporte. Especialmente à orientadora Professora Doutora Ana Moura pela disponibilidade, apoio e motivação. Por me lembrar da razão de ter começado o projeto e incentivar ao seu término.

À Bosch Security Systems que me acolheu durante estes 3 anos. Pela oportunidade de poder desenvolver o projeto em simultâneo do meu cargo. A todos os colaboradores que contribuíram para a minha formação e conhecimento do tecido empresarial e, em concreto, da realidade do chão de fábrica. Em particular ao meu chefe e orientador Carlos Costa por toda a compreensão e paciência durante o desenvolvimento do projeto. Por todas as ideias debatidas e alternativas encontradas. Por estar aberto a novas propostas, visões e mudanças.

Os meus parabéns à equipa de LOP1 pelo suporte no meu trabalho durante as minhas ausências.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram e caminharam ao meu lado.

Ao meu namorado, um grande impulsor, por todo o carinho, consolo e compreensão.

À minha família, pais e irmãos, que sempre foram pilares na minha vida. Um enorme obrigada por os pedidos de ajuda nunca terem sido negados, pelas lições e conselhos gratuitos.

palavras-chave

Heijunka, *kanban*, nivelamento, Indústria 4.0, planeamento da produção, digitalização, processos, Excel

resumo

Atualmente, o planeamento da produção está repleto de processos manuais, que demoram demasiado tempo, levam a erros e não permitem ter uma visualização imediata do plano produtivo. Com os olhos colocados na Indústria 4.0, pretende-se digitalizar o processo de planeamento da produção de modo a tornar as tarefas mais eficazes e otimizar os recursos humanos.

Com vista à redução do manuseamento do *kanban* foi digitalizada uma *heijunka*, sem interferir com os preceitos de um nivelamento. Assim, foi desenvolvida em Excel uma ferramenta de apoio ao planeamento da produção que digitaliza as *heijunka* da fábrica.

A E-*Heijunka* possibilita obter dados em tempo real, otimizar o tempo dispensado para o planear a produção e com isso aumentar a eficácia das tarefas.

keywords

Heijunka, kanban, levelling, Industry 4.0, production planning, digitalization, processes, Excel

abstract

Currently, the production planning is full of manual processes, that takes too long to be performed, lead to errors and don't allow an immediate visualization of the production plan. With the eyes in 4.0 Industry, it is intended to digitalize the production planning process to make tasks efficiently and to optimize human resources.

In the way to reduce kanban handling, it was digitalized an heijunka, without interfering with levelling precepts. To do so, it was developed in Excel a supporting tool to production planning that digitalizes all heijunka at the shop floor.

An E-heijunka allows getting data in real time, optimize the time dispensed to plan the production and as so it is possible to increase tasks efficiency.

ÍNDICE

Índice de figuras	iv
Índice de gráficos	iv
Glossário	v
1. Introdução	2
1.1. Objetivos	2
1.2. Metodologia de investigação	3
1.3. Estrutura do relatório.....	3
2. Enquadramento teórico	5
2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	5
2.1.1. Princípios Lean	5
2.1.2. JIT -Just in time	6
2.1.3. <i>Pull system</i>	7
2.1.4. Kanban.....	9
2.1.5. <i>Heijunka</i> – produção nivelada.....	10
2.2. Indústria 4.0	11
2.3. BPMN.....	12
3. Caso de estudo	14
3.1. Motivação.....	14
3.2. A Bosch	14
3.3. Processo atual	16
3.3.1. Dificuldades com o processo atual.....	22
4. Descrição da proposta.....	25
4.1. Requisitos para a ferramenta.....	27
4.2. Dados de entrada	29
4.3. Utilização da ferramenta.....	30
5. Análise dos resultados obtidos com a utilização da ferramenta proposta.....	41
5.1 SAP Fiori	47
6. Considerações finais.....	48
6.1. Trabalho futuro	49
7. Referências.....	51
7.1 Referências Web	51
9. Anexos.....	53

Índice de figuras

Figura 1 – JIT.....	7
Figura 2 - Pull system Fonte: (Youtube, 2019)	8
Figura 3 -Primeira parte do fluxo kanban - equipa do planeamento.....	18
Figura 4 - Quadro heijunka planeado.....	19
Figura 5 – Fluxo kanban –Produção	20
Figura 6 - Fluxo kanban - Armazém.....	21
Figura 7 - kanban para planeamento	23
Figura 8 - kanban para planeamento	23
Figura 9 - Processo "To-be" no planeamento	26
Figura 10 - Processo "To-be" na produção e E-heijunka.....	26
Figura 11 - Processo "To-be" no armazém.....	27
Figura 12 - Interface da ferramenta E-Heijunka.....	31
Figura 13 - Janela para upload do COOIS e conseqüente janela do Windows para seleção do caminho.....	32
Figura 14- Excerto do modelo de E-Heijunka.....	34
Figura 15 - Flowchart de atividades principais para a escrita de ordens de produção na E-Heijunka	36
Figura 16-E-Heijunka preenchida	37
Figura 17 - Segundo turno com a sexta-feira preenchida.....	39
Figura 18 - Segundo turno a iniciar na segunda-feira	39
Figura 19 - Botão para acesso rápido à tabela de capacidade de STP	39
Figura 20 - Tabela de informações por ordem de produção.....	42
Figura 21-As-is kanban flow	53
Figura 22- Torre de cartões kanban	54
Figura 23- Cartão de papel com ordem de produção	55
Figura 24 - Cartão kanban	55
Figura 25 - "To-be" process flow	56

Índice de gráficos

Gráfico 1 - Capacidade LOP1	45
-----------------------------------	----

Glossário

OvrP- Ovar Plant

LOP-Logistics Operational Planning

TPS – Toyota Production System

EPEI – Every part every interval

BPMN- Business Process Modeling Notation

BPM-Business Process Management

ERP- Enterprise Resource Planning

MR- Milk Run

BT- Building Technologies

TT- Termotechnology

MOQ- Minimum Order Quantity

POT- Planned Operational Time

QCO- Quick Change Over

KPI- Key Performance Indicator

STP – Short Term Planning

COOIS- Production Order Information System

WIP- Work In Progress

MPN – Manufacturing Part Number

SMT – Surface Mount Technology

THT – Through Hole Technology

OEE- Overall Equipment Efficiency

1. Introdução

A era competitiva que enfrentamos, fortemente potencializada pela globalização, obriga a que as empresas se mantenham competitivas de modo a posicionarem-se no mercado. A possibilidade de aquisição de produtos de todos os cantos do mundo leva a que as organizações procurem melhorias nos seus processos de fabrico, produtos únicos e inovadores e de acordo com os requisitos do cliente. A excelência dos processos produtivos permite melhorar o desempenho de atividades que acrescentam valor aos produtos. Considerando a exigência atual de mercado, é crucial que os sistemas de produção sejam flexíveis de modo a se adaptarem à mudança e à diversidade de produtos, possibilitando um tempo de resposta curto e com qualidade, satisfazendo o cliente.

“As tecnologias da Indústria 4.0 dividem-se em dois grandes grupos: (i) aquelas que permitem fazer crescer o negócio, aumentando as receitas – fabricando produtos e serviços mais inteligentes, garantindo uma ligação mais eficaz e integrada da relação com os clientes e acelerando os ciclos de inovação e design –, (ii) e as tecnologias que permitem aumentar a produtividade reduzindo o risco – planeando, prevendo as mudanças e reagindo em tempo real, criando uma ligação digital dentro da fábrica que ligue Tecnologias de Informação e Tecnologias Operacionais, automatizando e ampliando operações de pós-venda . Para responder a grandes desafios, como o crescimento do negócio e a redução dos riscos de operação, as empresas precisam adotar soluções e abraçar um conjunto de conceitos que permitam manter a competitividade. A transição para um mundo digital não é simples, mas com as ferramentas certas, é possível atingir os objetivos (SIEMENS, 2016).

1.1. Objetivos

Os principais objetivos a atingir com o desenvolvimento do projeto são:

- ▶ Redução do tempo gasto na equipa com atividades sem valor acrescido
- ▶ Informação em tempo real de modo a auxiliar e tornar mais precisas as tomadas de decisões
- ▶ Precisão de informação e análise mais rápida
- ▶ Aumentar a eficiência da equipa

- ▶ Redução dos cartões perdidos ou deslocados
- ▶ Redução no custo de *kanbans* tradicionais

1.2. Metodologia de investigação

Primeiramente, baseado nas dificuldades levantadas pela equipa de planeamento da produção e cliente, foram propostas ações de melhoria para o departamento de planeamento. Após análise das propostas com uma matriz esforço versus impacto, apurou-se que a digitalização do processo de planeamento da produção seria o mais viável para trabalhar.

Paralelamente à revisão bibliográfica, foram estudadas quais as hipóteses existentes para conceber o projeto e atingir os objetivos. Após uma ação de *benchmarking* com Bosch Termotecnologia de Cacia concluímos que seria necessário o desenvolvimento de uma *heijunka*¹ digital que permitisse tornar eletrónico um processo que é hoje feito através de cartões *kanban*².

Após a definição dos requisitos para a aplicação, ou seja, as funcionalidades que serão necessárias, dá-se início ao desenvolvimento da ferramenta.

Por fim, assim que a ferramenta esteja em funcionamento, a sua utilização deverá ser acompanhada, com o intuito de recolher pontos de melhoria para melhor servir as necessidades dos utilizadores.

1.3. Estrutura do relatório

De modo a tornar clara a estrutura do trabalho e ajudar na compreensão e procura de conteúdo, este está dividido em vários capítulos.

O presente capítulo é uma pequena introdução ao relatório.

No capítulo 2 é apresentado um enquadramento teórico que suporta a compreensão do desenvolvimento e das metodologias usadas na fábrica.

¹ *Heijunka* significa quadro de nivelamento. É usada para nivelar o tipo e quantidade de produção durante um período fixo, de acordo com a procura do cliente.

² Kanban é um cartão que identifica o lote a ser produzido ou entregue.

Durante o capítulo 3 temos um pequeno enquadramento da fábrica em questão, bem como a situação atual, onde é evidenciado os pontos de melhoria e quais são as dificuldades enfrentadas de momento, com o processo inicial.

Ao longo do capítulo 4, são expostos os requisitos a serem trabalhados para inclusão na ferramenta de acordo com as dificuldades do capítulo 3. Ainda neste capítulo, é apresentada a ferramenta e as suas funcionalidades.

O capítulo 5 dedica-se à declaração dos possíveis resultados que teremos com a implementação da ferramenta, comparando com a situação atual.

O capítulo 6 é uma pequena abordagem ao SAP Fiori, um módulo de SAP que no futuro deverá ser o substituto desta ferramenta.

Por fim, o capítulo 7 dedica-se à conclusão do trabalho e contém alguns aspetos a trabalhar futuramente.

2. Enquadramento teórico

2.1. *Lean Manufacturing*

É no contexto do pós-guerra, com o Japão destruído, onde a indústria japonesa tinha uma produtividade muito baixa e uma enorme falta de recursos, que Kiichiro Toyoda, após estudo do método de produção em massa do americano Henry Ford e General Motors, ajustou algumas técnicas usadas para a sua empresa Toyota Motor Co. Com a introdução do Just-in-time e do sistema kanban na empresa e mais tarde nos fornecedores, a metodologia de eliminação de desperdícios ficou conhecida como “Toyota Production System – TPS”. Só mais tarde, em 1990, com o lançamento do livro de Womack é que o conceito é renomeado para “lean thinking” ou “lean manufacturing” (Womack, Jones, & Roos, 1990).

Os praticantes Lean e organizações que implementam a filosofia Lean nas suas fábricas estão preocupados em criar valor. Assim, os métodos e as ferramentas Lean focam em explorar caminhos de identificar e eliminar os sete desperdícios que não acrescentam valor ao cliente nem à organização.

2.1.1. Princípios Lean

A filosofia Lean assenta em 5 valores:

- Valor: essa é a premissa básica para começar a desenvolver algo. É necessário deixar o cliente definir o que é valor no produto.
- Fluxo de Valor: identificar quais etapas agregam valor ao produto. As atividades sem valor acrescentado devem ser eliminadas, reduzindo automaticamente os custos de máquinas, energia e tempo.
- Fluxo Contínuo: Depois de identificadas apenas as tarefas que criam valor ao produto, o processo deve ser capaz de fluir sem interrupções. A ideia seria atender as necessidades dos clientes com rapidez, com menor tempo para processar os pedidos e baixo stock. Esta é uma das etapas mais difíceis de atingir com plenitude.

- Produção Puxada ou pull: nesta etapa a empresa produz apenas o que o cliente necessita, reduzindo ao máximo o stock. Dependendo da quantidade de produtos, existirá a necessidade de se criar um supermercado de produto acabado.
- Perfeição: É a busca pela melhoria contínua dos processos, pessoas e produtos, com objetivo de agregar valor ao cliente (Leanti, 2018).

2.1.2. JIT -Just in time

Aquando do seu desenvolvimento nos anos de 70 no Japão, a ideia do Just-in-time (JIT) marcou uma abordagem radical aos processos de fabrico. O JIT permite diminuir o desperdício através do abastecimento de produtos apenas quando o processo o requer. O sistema usado até então reunia vários produtos num local sem necessidade do cliente, causando excesso de inventário, para o caso de ser necessário. Esta metodologia é um desperdício pois está a ser direcionada matéria prima para um produto que não é necessário à data e poderá ser necessária para o produto que o cliente efetivamente deseja. Além disso, estão a ser direcionado investimento capital para produtos que demorarão a ser consumidos e, por conseguinte, o lucro advindo dele será atrasado. Não obstante, o armazenamento de produtos requer espaço, que muitas vezes é escasso. Assim, o JIT pressupõe o mínimo inventário, quer de produto final, quer em partes em processamento.

A Figura 1 representa os níveis médios de inventário com o sistema JIT e com o tradicional. Apesar de ser apenas uma representação, sem números reais, é visível a redução, tanto na frequência de aprovisionamento como no nível máximo de stock. A

maior frequência de provisionamento permite reduzir o lead time de um produto e manter baixos os níveis de inventário.

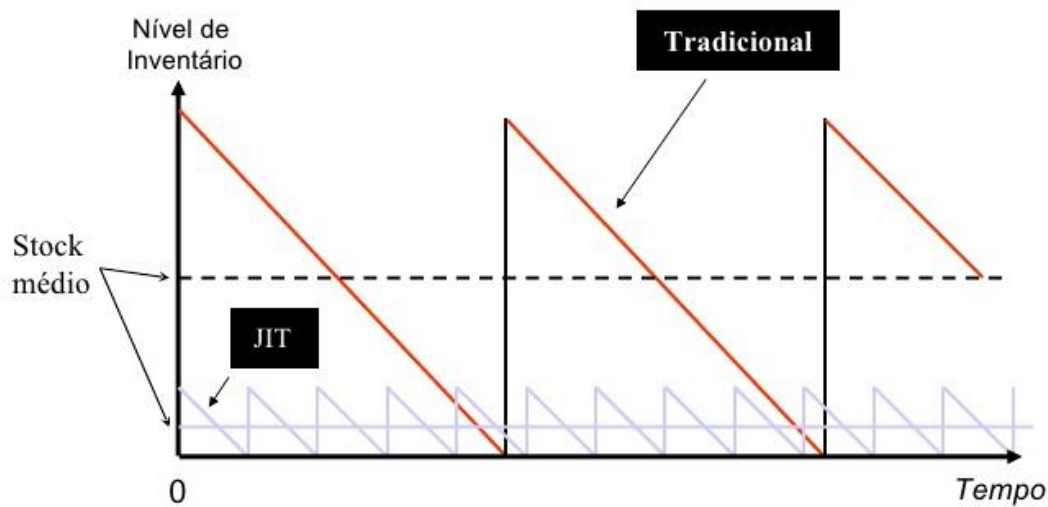


Figura 1 – JIT

Fonte: (Pinto, 2018)

Em manufaturas de uma grande variedade e pouco volume e de acordo com o maior ou menor consumo de produtos, análise que pode ser feita com base em dados históricos, o JIT adapta-se a estes dados. Assim, para um dado produto que é requisitado pelo cliente frequentemente, poderá acontecer que a organização tenha inventário do mesmo. Poderá aparentar ser um contrassenso haver supermercados num ambiente JIT, contudo a análise ABC é um método que permite a categorização e pode ser usado para classificação supermercado. Esta análise contempla dados da variação dos pedidos do cliente assim como o volume de peças requisitado. É atribuída a classificação “A” para produtos “high runner”, B para produtos “medium runner” e C para produtos “low-runner”, ou também conhecidos como exóticos (Horbal, Kagan, & Koch, 2008).

A produção JIT é acompanhada pelo sistema *pull*, uma vez que é este que permite as entregas atempadamente. O sistema *pull* determina que as tarefas são puxadas de acordo com a necessidade final. Isso significa que a priorização de tarefas se torna mais evidente assim como a quantidade de tarefas a ser efetuadas ao mesmo tempo é reduzida.

2.1.3. Pull system

O sistema de produção puxada é uma estratégia Lean usada para a redução de desperdício no processo produtivo. Neste sistema, os componentes usados no processo de fabrico

apenas são repostos assim que haja um consumo de modo a fazer a quantidade ideal para satisfazer a procura do cliente. Deste modo, todos os recursos da empresa são canalizados para produzir produtos que serão imediatamente vendidos e por consequência, trazer lucro. (GRAPHIC PRODUCTS, 2019)

O sistema *pull* funciona inversamente à direção do processo produtivo, como ilustra a Figura 2. Começa com a encomenda do cliente a dar sinal que é necessário iniciar ações nas operações anteriores. Assim toda a cadeia produtiva trabalha de acordo com a procura do cliente. Nenhuma operação a montante trabalha sem que receba um sinal para tal. A encomenda no processo a jusante despoleta um sinal para os processos a montante, geralmente através de um cartão Kanban com a informação da peça necessária, a quantidade necessária e quando e onde é necessária.

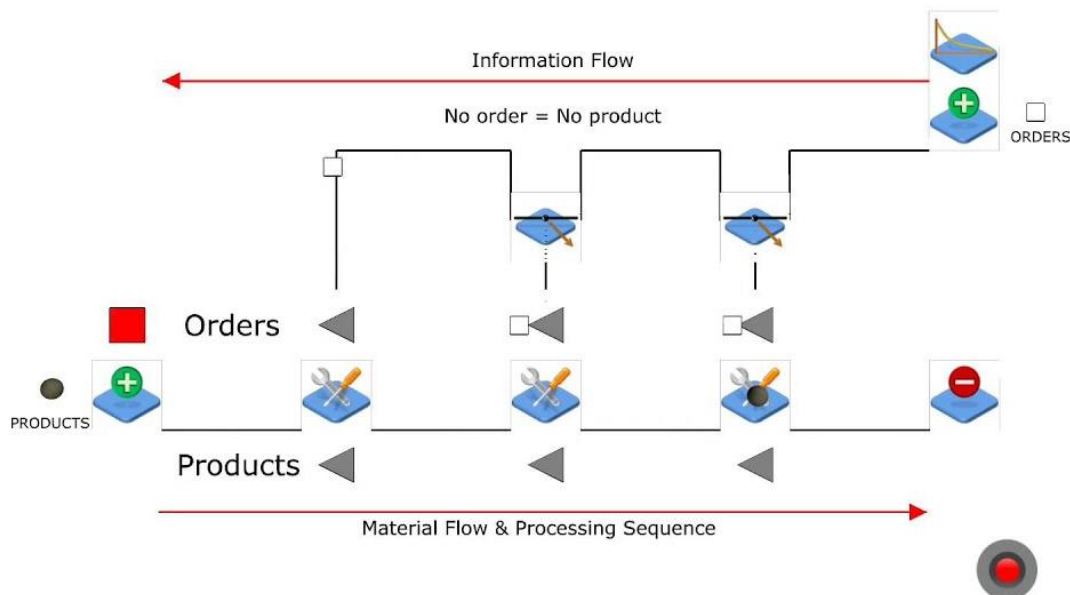


Figura 2 - Pull system
Fonte: (Youtube, 2019)

O sistema permite eliminar a produção excessiva, pode reduzir a área fabril ocupada e influencia a redução de inventário, tanto de produto final como de trabalho em progresso. Aumenta ainda a flexibilidade da produção, permitindo que mudanças no plano de produção, devido por exemplo a alteração da procura do cliente, possam ser feitas de modo rápido.

2.1.4. Kanban

Kanban significa “sinal visual” em Japonês (Azian, Rahman, Mohd, & Mohamed, 2013). O sistema *kanban* permite que as tarefas sejam organizadas. É um sinal visual que permite a todas as pessoas identificar o estado do produto no seu processamento. Não é mais do que um cartão que identifica o lote a ser produzido ou entregue (Kouri, Salmimaa, & Vilpola, 2008). Normalmente, as peças são armazenadas em contentores e identificadas com o *kanban*. Este pode ser retirado quando a última peça do contentor é consumida. Os *kanban* retirados podem ser colocados numa caixa antes de ser transferidos para um quadro de nivelamento (*heijunka*), tanto quando o certo número de *kanbans* foram acumulados como quando uma específica quantidade de tempo passou desde a última transferência (Krieg, 2005). A quantidade total de *kanbans* no fluxo de trabalho é calculado com base no takt time, total tempo de reabastecimento do stock, flutuações do sistema de reabastecimento assim como qualquer mudança que possa ocorrer, variação da procura do cliente já que eles podem requisitar com maior ou menor frequência diferentes quantidades.

Para um efetivo JIT, todas as partes e produtos devem atingir um determinado nível de qualidade antes das peças ou produtos serem aceites nas operações seguintes ou antes de chegar ao consumidor final (Azian et al., 2013).

Resumindo, todos os sistemas regulados por *kanban* devem seguir as seguintes regras:

- Os produtos são recolhidos do processo anterior
- Os processos à frente informam os anteriores sobre o que produzir
- Os processos mais atrás apenas produzem o que os processos à frente necessitam
- Nenhum produto é produzido ou movimentado sem autorização do *kanban*
- Nenhum defeito de qualidade pode passar para os processos seguintes

O *kanban* eletrónico ou *heijunka* eletrónica não devem comprometer nenhuma premissa adjacente ao pensamento Lean nem ao sistema *kanban* tradicional. Os mesmos valores devem ser mantidos. Comparado com o *kanban* original, o *e-kanban* tem apenas uma característica diferente, a substituição de *kanbans* físicos por um sinal eletrónico.

O *e-kanban* tem algumas vantagens quando comparado com o *kanban* tradicional. Primeiramente, o *e-kanban* permite a visibilidade de inventário ao longo da cadeia de abastecimento. Um sistema *e-kanban* pode ser configurado para os fornecedores serem capazes de seguir o *WIP* (Work In Progress) através da rede no computador. Pode também ajudar em avaliar a qualidade de performance e precisão do fornecedor. Em segundo lugar, um *kanban* eletrônico pode ser enviado e recebido mais rapidamente que o sinal físico, reduzindo assim tempo, papéis e manuseamento dos cartões físicos. Terceiramente, os *e-kanban* ajudam na melhoria e qualidade das operações de gestão. Com a habilidade de enviar sinais eletrônicos rapidamente, os gestores podem imediatamente mudar ou enviar o *e-kanban* apropriado para a estação correta. Permite assim um ajuste rápido no processo produtivo o que é extremamente valorizado num ambiente estocástico com uma procura instável.

Apesar das vantagens do *e-kanban*, os negócios que adotam novas tecnologias sem cuidada consideração sobre como elas irão encaixar na sua estratégia de negócio poderão causar a inutilidade da ferramenta. Novas tecnologias como o *e-kanban* devem ser consideradas consoante a estratégia de negócio da empresa (Chang, 2012).

2.1.5. *Heijunka* – produção nivelada

Heijunka é um termo japonês que significa quadro de nivelamento. É usada para nivelar o tipo e quantidade de produção durante um período curto fixo, de acordo com a procura do cliente. Produzir com uma certa e regular frequência, de acordo com o *takt time*, permite reduzir lead times e torna-se mais fácil atender a ordens de cliente, oferecendo ao cliente uma maior flexibilidade. Este é o propósito da *heijunka*, puxar a produção para adequá-la à procura.

O *takt time*, que corresponde ao ritmo de produção necessário para atender à procura do cliente, é um dos conceitos chave para um bom funcionamento da *heijunka*. Para conhecermos o *takt* do cliente, é necessário termos a procura conhecida do cliente. Desta maneira, é possível uma categorização dos produtos pelo volume de produção e manter algum stock intermédio de acordo com a variabilidade da procura, estabilidade do processo de produção e velocidade de expedição. Deve ser estabelecido um tipo de

nivelamento, com um EPEI³ conhecido. Na determinação do EPEI é fulcral o tempo de mudança de produto, uma vez que o tempo de *setup* é a chave para a eficiência da *heijunka*. Com tempos de *setup* reduzidos, o EPEI é diminuído e por consequência a flexibilidade aumenta. Para suavizar o processo produtivo, algum inventário intermédio deve ser mantido. O fluxo de produção bem como o cronograma é evidenciado através de uma *heijunka box*.

O efeito chicote é conhecido como sendo a distorção da percepção da procura ao longo da cadeia de abastecimento, a variância da venda para o cliente tem uma amplitude diferente para o fornecedor, que se amplifica à medida que a cadeia que aumenta à medida que avança. Esta discrepância produz um efeito negativo na regularidade e estabilidade dos pedidos.

Nivelar a produção num processo de montagem permite limitar-se o efeito chicote, facilitando a racionalização do uso de recursos. Além disso, permite ainda ser capaz de atender a diversos consumidores num tempo de execução curto.

Sendo assim, a produção nivelada permite a flexibilidade para produzir de acordo com a procura do cliente, usar os recursos equilibradamente e de modo estável num certo período de tempo, filtrar a variação do cliente através do nivelamento da procura, permitindo estabilização do sinal da procura para os fornecedores.

Um quadro de nivelamento é uma simples forma de visualizar o que deve ser produzido usando os cartões *kanban* como método de sinalização de acordo com específicos intervalos de tempo.

2.2. Indústria 4.0

Na primeira revolução industrial, a invenção de máquinas, o aproveitamento da energia calorífica do carvão mineral e sua transformação em energia mecânica para fazer funcionar as máquinas resultaram num aumento da produção. Na segunda, a eletricidade foi a grande invenção, também causando uma grande transformação nos modos de produção. No início da década de 1950, a terceira revolução trouxe a automação das máquinas, o uso dos computadores, a internet e um prenúncio do que estava por vir: a

³ EPEI- Every Part Every Interval – é a frequência com que se faz um produto. Se houver um produto que apenas de faz uma vez na semana, o EPEI será de 5 dias de trabalho. A cada 5 dias é feito o produto.

digitalização e o mundo virtual. É nesta sequência que surge então agora a Indústria 4.0, também conhecida como a quarta revolução industrial.

À medida que a tecnologia avança, tudo passa a ser mais dinâmico, intuitivo, ágil e assertivo. Nesse contexto, a troca de informações tem outro significado, mais colaborativo e integrado (Collabo, n.d.). A indústria 4.0 não é apenas Internet das coisas, inteligência artificial, impressão 3D ou realidade aumentada. É o fruto da sinergia de diferentes tecnologias, que se melhoram, conjugam e amplificam umas às outras.

A digitalização é o primeiro passo para a indústria entrar nesse novo patamar tecnológico. É também com visão em alinhar o projeto a desenvolver com o futuro, as novas tecnologias e a necessidade de digitalizar os processos manuais da fábrica, que se deve este projeto, de modo a estabelecer uma fusão entre o físico, o digital e o biológico.

2.3. BPMN

“Um processo de negócio (BP) é um conjunto de um ou mais procedimentos ou atividades executadas seguindo uma ordem predefinida em que coletivamente concretizam o objetivo do negócio.”(Chinosi & Trombetta, 2012).

Com uma economia global, pode ocorrer algumas flutuações no fornecimento e procura devido a sazonalidade, taxas, disponibilidade de produtos e preço. Outras razões podem também influenciar variações num mercado instável.

Como as variações podem destabilizar a cadeia de abastecimento e como comumente o maior interesse é satisfazer o cliente com produtos, alguma urgência na produção pode levar a problemas de qualidade, o que coloca em causa o estatuto e reputação da empresa no mercado. Para permanecer estrategicamente competitivo numa organização, deve-se ser flexível e se adaptar às flutuações da procura e do abastecimento, tornando-se capaz para fazer face a tempos imprevisíveis e de pressão.

“Business Process Management”, ou simplesmente BPM, procura a otimização dos resultados da empresa através de melhorias nos processos de negócio. Qualquer mudança requerida em qualquer nível necessita de ser gerida e requer controlo do processo a ser melhorado (Howard Smith & Fingar, 2003). Isso ajuda qualquer gestor a compreender o seu negócio e os processos usados para manter o negócio operacional e competitivo.

BPM basicamente consiste em cinco fases, apesar de não estar bem documentado na literatura. As cinco fases incluem design, modelagem, execução, monitorização e otimização.

No design, o processo deve ser capturado de modo macro, com detalhes suficientes para perceber como trabalha. Este estágio serve para desenhar o processo como ele é usado correntemente, “as-is”.

Na modelagem, os processos são analisados e comparados em várias simulações, usando diferentes combinações de variáveis para determinar o melhoramento ótimo, “to-be” (Smartsheet, 2018).

BPMN (Business Process Modeling Notation) é uma linguagem de modelação para BPM. Consiste num conjunto de atividades a tomarem ação para desenvolver uma representação do modelo (Venki, 2017).

3. Caso de estudo

3.1. Motivação

O presente relatório resulta de um projeto que surgiu no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro. O projeto foi desenvolvido na Bosch Building Technologies em Ovar, Portugal, empresa onde me encontrava a estagiar aquando do início do ano letivo.

Aquando da definição do tema do projeto assim como os objetivos para este, em 2017, contactamos a Bosch Termotecnologia em Cacia uma vez que é utilizadora de um modelo semelhante ao presente projeto, de modo a explorarmos qual seria a melhor hipótese e a solução vindoura implementar. Decorrente desta comunicação, e tendo em consideração a situação da Bosch em Cacia e a Bosch em Ovar, definimos como seria levado a cabo o desenvolvimento deste projeto. Não foi possível implementar o sistema usado por Cacia, por isso uma nova ferramenta teria de ser desenvolvida.

3.2. A Bosch

O Grupo Bosch é líder no fornecimento de tecnologia e serviços. As operações do Grupo Bosch dividem-se em quatro setores de negócio: Soluções de Mobilidade, Tecnologia Industrial, Bens de Consumo e Tecnologia de Energia e Edifícios. Propõe-se a fornecer inovações para uma vida com equipamentos conectados com visão à melhoria da qualidade de vida. Assim, a empresa oferece mundialmente “Tecnologia para a Vida”, marcando presença nos 5 continentes, em 125 localizações. (Bosch, 2019)

Inserida no ramo Tecnologia de Energia e Edifícios (BT- Building Technologies), a empresa localizada em Ovar tem o seu foco de produção direcionado para câmaras de vídeo vigilância, sistemas de comunicação e detetores de incêndio. Com uma variedade grande de produtos, a fábrica de Ovar caracteriza-se por ser uma empresa de baixo volume e alta diversidade.

Na sequência da estratégia de aumentar o seu volume de negócio, foi necessário dar início à manufatura de produtos para o ramo da Termo tecnologia (TT- Termotechnology), essencialmente, pertencente ao setor de bens de consumo. É em 2017 que se dá início à primeira fase de uma grande expansão da fábrica neste ramo, trazendo mais diversidade de produtos, e com isso mais desafios a serem cumpridos. Para albergar este negócio, a

fábrica expandiu a sua área em 35% e o volume de negócio aumentou 45%. Este crescimento expõe algumas fragilidades, que num negócio mais pequeno não são tão evidentes, abrindo oportunidades de melhoria em diversos aspetos da fábrica. Com o crescente aumento do negócio na empresa, emergiu a necessidade de tornar os processos mais eficazes.

Atualmente a empresa apostou na experiência de uma estrutura horizontal. Para tal, organizaram-se equipas de *Value Stream* de acordo com cada negócio, com o intuito de aproximar o fornecedor, a produção e o cliente, criando mais foco neste último. Assim, todas os colaboradores cujo trabalho é direcionado exclusivamente para um *Value stream* encontram-se juntos numa sala, criando uma equipa multidisciplinar com membros do planeamento da produção e cliente, engenharia de qualidade, logística interna, engenharia mecânica e do processo, engenharia industrial, supervisor de produção e *value stream manager*.

A equipa de planeamento da produção e cliente (OvrP/LOP1) tem como principais funções monitorizar consumos nos centros de distribuição e reabastece-los de acordo; gerir ordens de cliente e planear a produção de acordo com estas necessidades e disponibilidade de recursos; controlar níveis de stock de acordo com os parâmetros aceitáveis; analisar previsões de venda e variações da procura do cliente bem como acompanhamento das fases de projeto e fim de vida do produto.

É no âmbito do planeamento da produção que uma solução ágil é requerida, de modo a tornar um processo manual e rotineiro automático e atualizado. Como planeadora na empresa, desde outubro de 2016, a necessidade de eliminar o tempo perdido no manuseamento dos cartões *kanban* levou à conceção da ideia de os digitalizar. Com a otimização do tempo dos colaboradores da equipa do planeamento, novos focos de trabalho de maior valor acrescentado podem ser desempenhados, agregando valor à função e por consequência à empresa. São exemplos de trabalho de valor acrescentado análises estatísticas, apoio ao cliente, sessões de desenvolvimento da equipa e de melhoria de processos bem como formação individual ou em equipa. De encontro aos princípios da indústria 4.0, surge a ideia da implementação de uma *heijunka* eletrónica em alternativa à tradicional, correntemente usada na fábrica em questão.

Na sequência da melhoria contínua e da implementação de processos subjacentes ao *Lean thinking*, a BOSCH adotou o BPS (*Bosch Production System*) onde, o principal objetivo é a otimização de processos através da redução de desperdício.

3.3. Processo atual

O planeamento da produção dá início aquando da receção da ordem do cliente, onde estrategicamente é definido quando e onde será produzida a ordem. Com base nesta decisão, e caso a melhor data de produção não corresponda às expectativas do cliente, as condições são revistas com este, de modo a atender às suas expectativas e às condições da fábrica.

Os aspetos a ter em conta para a decisão da produção da ordem baseiam-se na disponibilidade de recursos, máquina, materiais e recursos humanos. De modo a ter visibilidade de todas as componentes, o planeamento está em constante comunicação com os demais departamentos da fábrica, como a qualidade, a engenharia industrial e mecânica, o desenvolvimento de produtos, o aprovisionamento de materiais e ainda com a equipa da produção. Aspetos como: a capacidade instalada na linha de acordo com a procura estimada mensal, capacidade de produção horária por produto, tamanho de lotes, intervenções de manutenção, problemas de qualidade, paragens planeadas, tempos de *setup*, absentismos, nivelamento da produção, disponibilidade de materiais e data de entrega ao cliente, devem ser tidos em conta aquando da decisão de alocação da produção de uma ordem de cliente a uma determinada linha de produção.

Para o planeamento de uma ordem de produção, deve ainda ter-se em conta a sequência com que esta é colocada, e a referência a que pertence. A sequência de referências a produzir está definida segundo a matriz de *setup*, e corresponde à sequência ótima de modo a evitar perdas de produção devido à mudança de produção de um produto. Esta matriz é disponibilizada pela equipa da Engenharia Industrial e tem em conta o tempo necessário para troca de matéria prima e equipamentos em linha para a produção de um produto diferente. Então, esta matriz deve ser seguida descendentemente de modo a cumprir o sequenciamento que permite a otimização do tempo de *setup* entre referências.

A importância de cumprir diariamente o mesmo sequenciamento de produção torna-se ainda mais sensível dado que temos máquinas fornecedoras internas e processos manuais que abastecem toda a fábrica e por isso é necessário que estejam sob estáveis e que os

standards sejam cumpridos de modo a que tudo funcione eficazmente. É o caso das máquinas SMT – Surface Mount Technology- que são um recurso comum a toda a fábrica e praticamente a todos os produtos, sendo por isso um recurso partilhado. Como tal, é de extrema importância que a produção real seja o mais fiel possível aos planos nivelados estabelecidos em cada início de período de nivelamento.

Um pouco semelhante à área de SMT, existe a área de THT – Through Hole Technology. Os processos de SMT e THT diferem no aspeto em que THT é um ciclo de consumo fechado e SMT é planeado de acordo com o plano lançado por uma planeadora. Entende-se por um ciclo de consumo fechado, um ciclo onde todos os produtos que fazem parte dele são produzidos, independentemente se estão planeados ou não ou se serão necessários mais tarde ou não. É definida a quantidade de peças em circulação no ciclo, e à medida que são consumidas, elas são repostas no ciclo. Já na área de SMT, a autorização para a produção de peças advém de um planeamento prévio, sendo por isso que nem tudo o que é consumido pelas linhas finais volta a ser produzido no instante seguinte. A área de THT deverá por isso auto gerir-se, em condições normais, sem que nenhum colaborador interfira no planeamento da área. O sequenciamento das atividades é feito pela ordem em que chegam os contentores vazios à área e esta trabalha em consonância com as linhas finais. É, não só, mas maioritariamente devido a THT que é importante cumprir a sequência de produção da linha final, dia após dia. Também para as compras, este cumprimento é necessário, uma vez que todos os dias a fábrica é abastecida por material de MR⁴ externo à empresa, essencialmente com material de embalagem. A entrega é feita de acordo com o estabelecimento de um *stock* de segurança que é o alerta que o fornecedor tem em conta para o envio de matéria prima, um mínimo e um máximo de inventário na fábrica, o que não permite uma grande flutuação no consumo diário além do expectável.

O fluxograma na Figura 21 -As-is kanban flow, de acordo com BPMN, demonstra o processo associado ao fluxo dos kanban de produto de acabado. É um fluxo complexo e deverá ser consultado tanto para obtenção de maior detalhe como de uma visão global. Os excertos deste fluxograma que se seguem nas próximas páginas, servem para um melhor entendimento do processo em cada estágio.

⁴ MR – Milk Run, é um comboio logístico, que pode ser interno ou externo à fábrica. Consiste num sistema de entregas em que ao mesmo tempo que se deixa a mercadoria, se leva a outra para economizar nos custos de transporte.

Cada planeadora é responsável por preparar as ordens de produção e respetivos *kanban*. Caso não tenha *kanban* suficientes terá de imprimir novos cartões. Numa base diária, o planeamento é transmitido para a produção para um período de dois dias. A comunicação é feita via presencial, pelo planeamento com recurso a um cartão *kanban* em uma *heijunka box*, como detalhado na Figura 3 -Primeira parte do fluxo *kanban* - equipa do planeamento, acompanhado da respetiva ordem de produção, impressa em papel.

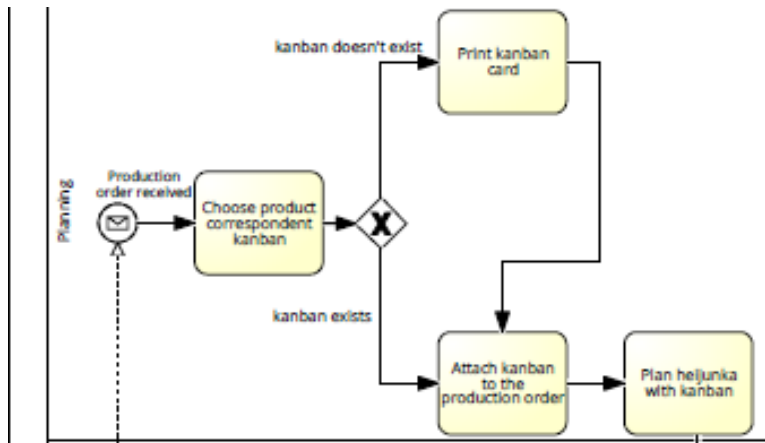


Figura 3 -Primeira parte do fluxo *kanban* - equipa do planeamento

A *heijunka* inclui uma régua horária de 30 em 30 minutos, 3 colunas para planear a linha de produção, uma coluna de apoio e outra coluna para colocar ordens em atraso. Na Figura 4 possível observar o aspeto de uma *heijunka* usada na fábrica. É colocada na *heijunka*, a ordem de produção, um recorte de uma folha de papel que contém o número da ordem de produção, a quantidade e a referência correspondente. Junto dela, seguem todos os cartões *kanban* necessários para perfazer essa mesma ordem. É calculado o número de ciclos (uma hora contém dois ciclos) necessário à execução de cada *kanban*. De modo a facilitar, na ordem de produção pode também ser incluído o número de ciclos necessários à totalidade da ordem e também a quantidade total de *kanbans* necessários à ordem de produção. O papel que contém a ordem de produção é separado em dois, com as mesmas informações. Um deles, com uma lista cor-de-laranja, serve para identificar o início de uma nova ordem de produção. O outro, com a lista cinzenta, como se vê na Figura 23, é colocado na *heijunka* duas horas antes da ordem de produção dar início. Estas duas horas é o tempo estabelecido para a PouP⁵ para fazer o *release* à ordem e verificar assim se

⁵ PouP- Poup é a designação dada ao operador responsável pelo abastecimento do bordo de linha. Serve de elo entre o supermercado de linha e a linha de produção, introduzindo contentores cheios na linha de produção e os vazios no supermercado da linha para reposição do material. Coloca nas rampas da linha de produção apenas os contentores necessários à referência a ser produzida para que os postos de trabalho estejam corretamente abastecidos.

existe algum material a faltar para a totalidade da ordem. Assim que termina uma ordem de produção, e se for necessário, é planeado tempo de mudança de código e o ciclo repete-se com uma nova ordem de produção.



Figura 4 - Quadro heijunka planeado

A produção verifica se o cartão kanban corresponde à informação na ordem de produção e informa a planeadora caso não esteja de acordo. Esta que procede à correção se for o caso. O cartão kanban autoriza a produção de uma peça. Ele contém informações como o código de barras, o código do produto, a quantidade de uma caixa, o cliente e o fornecedor, como observamos na Figura 24. Aquando do início da produção de cada cartão, este é colocado junto do bordo de linha. Assim que esteja a quantidade total do cartão produzida, este é colocado junto da respetiva caixa de produto acabado, a aguardar gravação no ERP (Enterprise Resource Planning). Assim que a gravação dos produtos

seja efetuada, o cartão é novamente deslocado, desta vez para um contentor de cartões de produto acabado gravado. A cada volta do MR, o comboio logístico interno, leva o produto acabado já gravado para o cliente, o armazém de produto acabado, como detalhado na Figura 5 – Fluxo kanban –Produção.

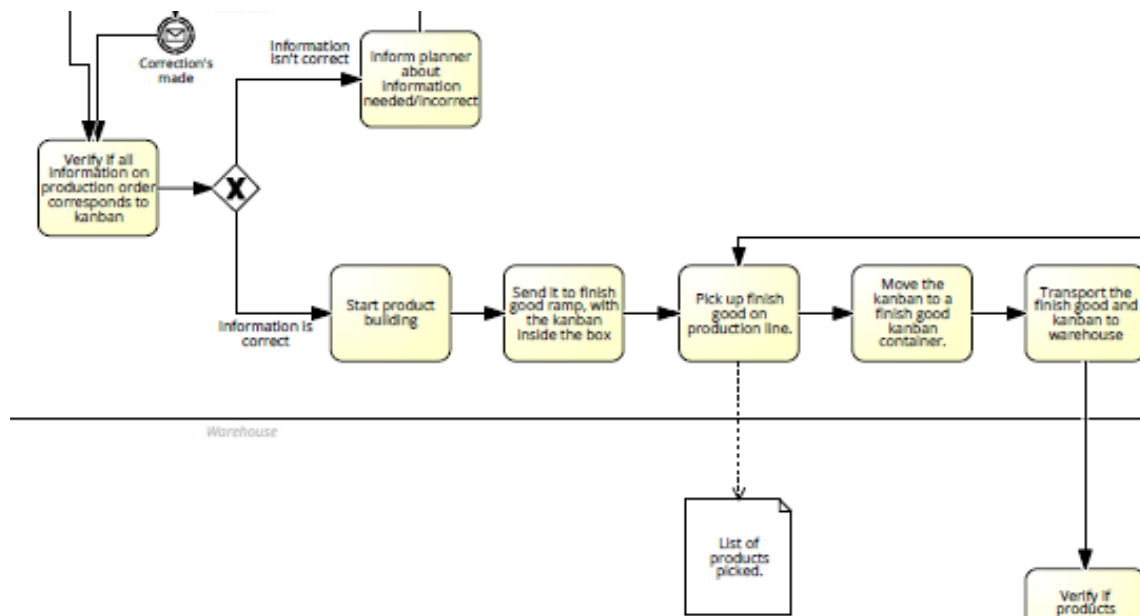


Figura 5 – Fluxo kanban –Produção

No armazém, os cartões também são manuseados e tem de ser direcionados para os locais corretos, como vemos no fluxo de cartões no armazém na Figura 6 - Fluxo *kanban* - Armazém. O operador receciona todos os produtos verificando se os produtos recebidos fisicamente estão de acordo com a listagem em SAP de produtos gravados. Recolhe os cartões *kanban* e separa-os entre os produtos *high-runner* e os produtos exóticos⁶. Os *high-runner* são alocados a uma *heijunka* no armazém que contem valores de mínimo, stock de segurança e máximo. Os exóticos são colocados em gavetas para serem recolhidos pela equipa do planeamento. Estas gavetas de referências exóticas contem todos os cartões *kanban* que o armazém rececionou em 24h. Os *high-runner* são enviados para a produção à medida que os produtos correspondentes são enviados para cliente. Aquando da sua chegada ao chão de fábrica, a produção destas referências aguarda

⁶ Referências exóticas são os produtos *low-runner*, de acordo com a matriz de classificação ABC.

decisão de entrada pela parte da planeadora responsável pela produção.

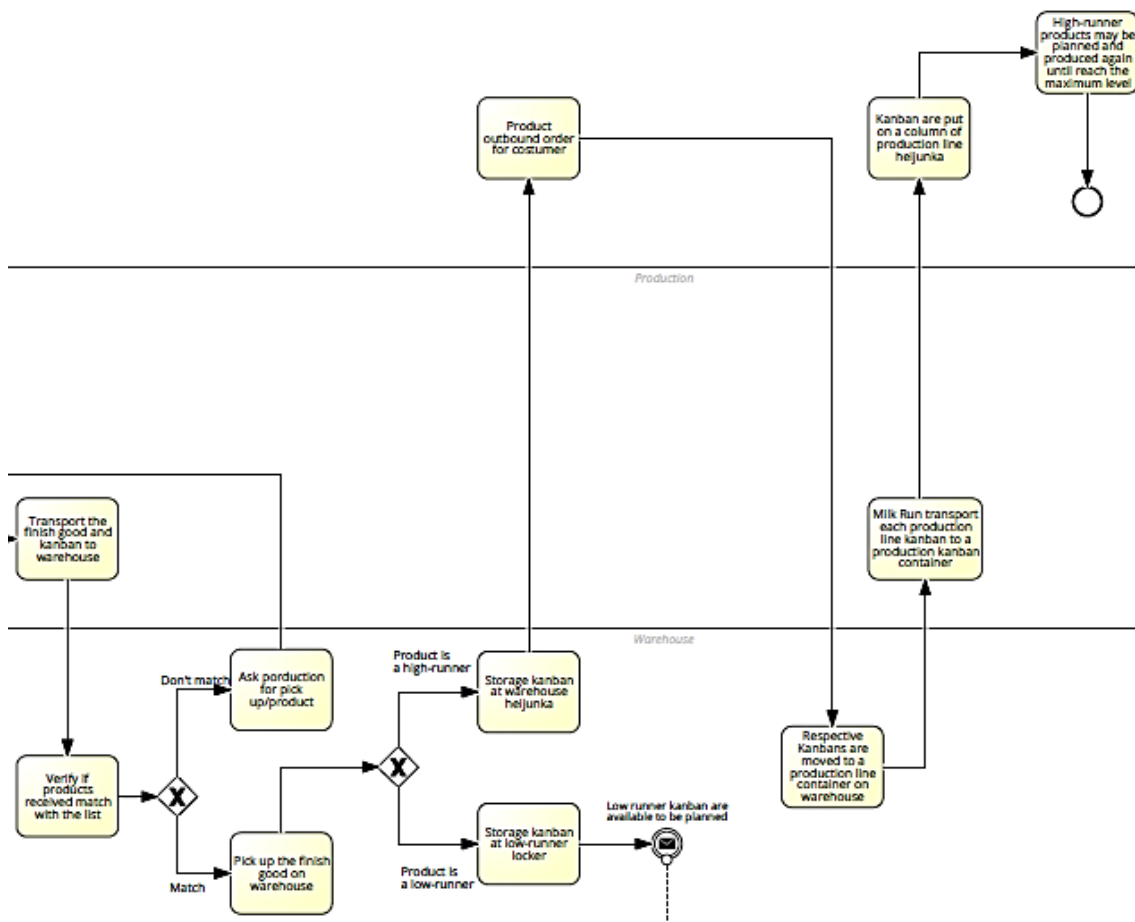


Figura 6 - Fluxo *kanban* - Armazém

Os cartões de códigos exóticos, como são agrupados em gavetas, não são enviados para a produção. Estas gavetas são recolhidas diariamente para se proceder à organização dos cartões. A organização tem em conta a linha à qual pertence o código. Estando os cartões organizados por linha, torna-se mais prático para os arrumar nos locais devidos, enquanto aguardam novo uso para uma nova ordem de cliente. Dado o volume de linhas de produção e referências exóticas, os cartões ficam armazenados em gavetas inseridas em torres, como se fosse uma estante de cartões. Estas torres, como a ilustrada na Figura 22 encontram-se presentes em cada *Value stream*.

A cada dia, com a necessidade de planear novas ordens de produção, os cartões são retirados destas torres. Com atualmente 3 salas de destinadas às equipas de *Value stream*, existe uma torre de cartões em cada sala. Cada torre contém a identificação da linha de produção e ainda etiquetas a identificar cada referência de produto, de modo a facilitar a procura. A torre apresentada é a presente no *Value stream* de TT e como é visível na imagem, por vezes os cartões são demasiados para cada compartimento. A torre rotativa

tem 4 faces que por norma estão completamente ocupadas. Assim, é possível ter uma noção da proporção de gavetas existentes para acomodar todos os cartões de produto final.

3.3.1. Dificuldades com o processo atual

Muitos processos ainda são manuais, de cariz moroso que por vezes se tornam pouco confortáveis. Especialmente no departamento de planeamento da produção, existem muitas tarefas que são feitas manualmente, por falta de sistemas automatizados que possibilitem que sejam feitas eficazmente. Vivemos numa era tecnológica, e como tal, os inúmeros processos manuais geram algum descontentamento dentro da equipa, por sermos incapazes de acompanhar as tendências tecnológicas.

Devido à sazonalidade do negócio bem como outros aspetos, existem alturas em que a equipa se encontra mais sobrecarregada e por isso existe a necessidade de otimizar processos de modo a que as tarefas sejam efetuadas com maior brevidade e eficácia.

Todos os passos associados ao manuseamento dos cartões, tornam-se cansativos por serem repetidos diariamente com um grande volume de cartões, além de ser um processo obrigatoriamente presencial. Num total de 42 linhas de produção, cerca de 700 produtos finais ativos, o número de cartões kanban de produto final ganha uma grande proporção.

No negócio associado a TT, com MOQ- Minimum Order Quantity⁷ e lotes equivalentes à palete ou a uma camada de palete, ao invés de uma caixa, o volume de cartões usados é expressivo. Contudo, quando observamos o negócio de BT, o número de cartões necessários ganha outra dimensão. Devido à necessidade de MOQ e lotes de produção de peças unitárias ou pequenas caixas coletivas, a quantidade de cartões a usar torna-se enorme, especialmente quando a capacidade produtiva horária dos produtos permite fabricar vários por hora. Assim, uma única planeadora pode albergar uma quantidade enorme de cartões para o seu planeamento diário. Na Figura 7 e Figura 8 é visível a quantidade de kanban usados para o planeamento de um dia, apenas respetivo a 3 linhas de produção.

⁷ MOQ Minimum Order quantity- Quantidade mínima de ordem de compra

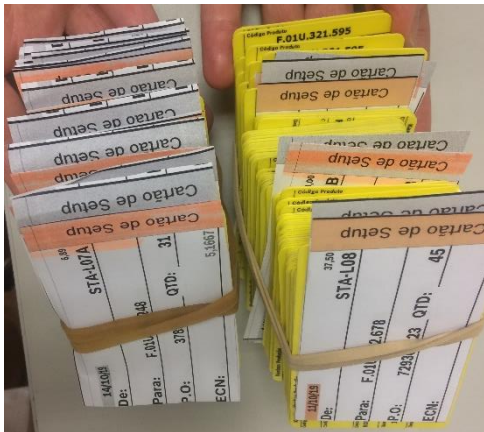


Figura 7 - kanban para planeamento



Figura 8 - kanban para planeamento

Além do tempo de preparação dos kanban para cada ordem, acresce o tempo de os colocar corretamente na *heijunka*, de acordo com a capacidade. A Figura 4, já mencionada nesta secção, ilustra o aspeto de uma *heijunka* após o planeamento deixado na produção. Após a sua colocação na *heijunka*, também a PouP e o operador de linha manipulam cada cartão, seguindo no final para o armazém junto com os produtos. As diferentes entidades que manuseiam os cartões, em diferentes fases do ciclo leva a que por vezes o cartão se extravie, perdendo então a visibilidade associada a este cartão.

Através de medições feitas individualmente ao tempo que demora a execução das tarefas associadas ao manuseamento dos cartões, desde ir buscar ao armazém, separar, arrumar, organizar para as ordens de produção e planear efetivamente na *heijunka*, em média, a equipa de planeamento despende 14,5h. Esta rotina diária de planeamento representa 25% de um dia de trabalho de cada colaboradora da equipa, desde a desagregação dos cartões vindos do armazém, até ao planeamento efetivo na *heijunka* com a chefia da linha correspondente. O tempo necessário para o planeamento da produção apenas pode ser reduzido uma vez que nem todas as tarefas podem ser eliminadas, como a reunião com as chefias de linha. Parte deste tempo é passível de ser comprimido através da digitalização da *heijunka*.

Tanto os cartões como a *heijunka* são físicos. O que implica que sempre que ocorre uma dúvida quanto ao plano produtivo na *heijunka*, apenas será possível compreender qual o plano se os interessados se deslocarem até ao quadro de nivelamento. Torna-se um entrave a pequenas decisões que tem de ser tomadas rapidamente, sendo isto uma constante diária.

Além do recurso temporal dispensado no manuseamento dos *kanban*, pequenas distrações podem gerar erros na produção pretendida. É o caso de cartões *kanban* mal alocadas à ordem de produção ou cartões insuficientes para a ordem. A troca do *kanban* pode ainda ocorrer durante o percurso na produção, especialmente em referências muito semelhantes, pertencentes à mesma linha de produção, gerando neste caso erro de gravação do produto.

São vários os inconvenientes associados ao uso de um *kanban* físico. Por vezes eles são deixados cair no chão devido ao volume de cartões que a planeadora carrega, misturando várias referências. Além disso, os cartões perdem-se na produção ou no armazém. A sua utilização leva a um dispêndio enorme de tempo para que sejam arrumados devidamente. Ocupam espaço, podem induzir em erro na produção de um produto quando há uma troca de *kanban*. Uma vez são manuseados por várias pessoas e em muitos locais diferentes, os cartões acabam por se sujar e por isso o manuseio destes torna-se pouco higiénico.

Além das dificuldades inerentes à sua utilização, existe ainda a componente financeira. Cada *kanban* custa 0,5€. Estimamos que no ano 2018 se tenham gasto cerca de 3000 *kanbans* novos de produto final. Em 2019, com um projeto levado a cabo para a área de TT, todos os *kanban* foram renovados. Apesar de ser uma percentagem de gasto pequena no orçamento da fábrica, é um custo que pode ser evitado.

Estamos então, diante de um ciclo diário de atividades que não contribuem diretamente para a criação do produto e por consequência, não tem valor acrescentado, podendo ainda gerar produções de partes erradas ou abaixo do expectável.

Em suma, é utilizado um processo arcaico no momento da transmissão da informação do planeamento à produção, que se torna desgastante para a equipa de planeamento por ser rotineiro, moroso e sem valor acrescentado, onde a visualização e preenchimento da *heijunka* tem de ser presencial, criando um sentimento de descontentamento no seio da equipa.

4. Descrição da proposta

De modo a colmatar todas as dificuldades sentidas pela equipa no manuseamento dos cartões *kanban*, é pretendido que ferramenta de apoio ao planeamento vá de encontro aos preceitos tecnológicos atuais e que facilite e agilize a comunicação entre a equipa de planeamento e a equipa da produção, a qual executará o plano produtivo previsto para os próximos dias. Pretende-se que esta ferramenta facilitadora seja capaz de eliminar passos manuais no manuseamento dos cartões, como separar, arrumar, agregar às ordens de produção e por fim serem planeados de acordo com a capacidade e as ordens de produção na *heijunka*. É expectável que tenhamos uma ferramenta que digitalize este processo. Assim, a solução passa por digitalizar a *heijunka*, o quadro de nivelamento onde é planeada a produção através do cartão *kanban*. Deste modo, todas as tarefas associadas ao uso de um *kanban* físico podem ser feitas virtualmente ou são mesmo eliminadas.

É desejável uma ferramenta clara que permita a geração de uma *heijunka* para cada linha da fábrica, que poderá ser colocada na *cloud* da empresa, de modo a que qualquer colaborador, com acesso digital, possa aceder a esta informação com dados atualizados e em tempo real.

Ainda que uma *heijunka* digital permita a agilidade em algumas tarefas e a eliminação de outras, nem todos os passos associados à transmissão do planeamento da produção para a equipa da produção podem ser eliminados. Continua a ser necessária uma preparação prévia das ordens de produção para cada linha e posteriormente a geração de novas *heijunka* para cada linha produção. Durante o planeamento no chão de fábrica, é indispensável uma reunião com o chefe de linha de modo a passar informações relevantes em ambos os sentidos e então colocar a informação final visível para todos os interessados, junto da linha final, através da *heijunka*.

Pretende-se simplificar o processo, de modo a que o planeamento da produção seja mais intuitivo e rápido. Eliminando todos os passos associados ao manuseamento do cartão *kanban* físico, é previsto obter um processo “To-Be” próximo ao ilustrado na Figura 25. Comparado com o processo “As-Is”, logo na primeira impressão visual é notória a redução de etapas. Com uma análise mais próxima, verificamos que as tarefas exclusivas

de manuseamento foram anuladas pela introdução do agente “Gerador de Heijunka”, especialmente nos departamentos da produção e do planeamento.

Ao nível do planeamento como ilustrado na Figura 9, apenas é necessário carregar o relatório COOIS (*Production Order Information System*), atualizar informações novas que sejam essenciais, como por exemplo a introdução de uma nova referência, e por fim escolher a data das ordens de produção.

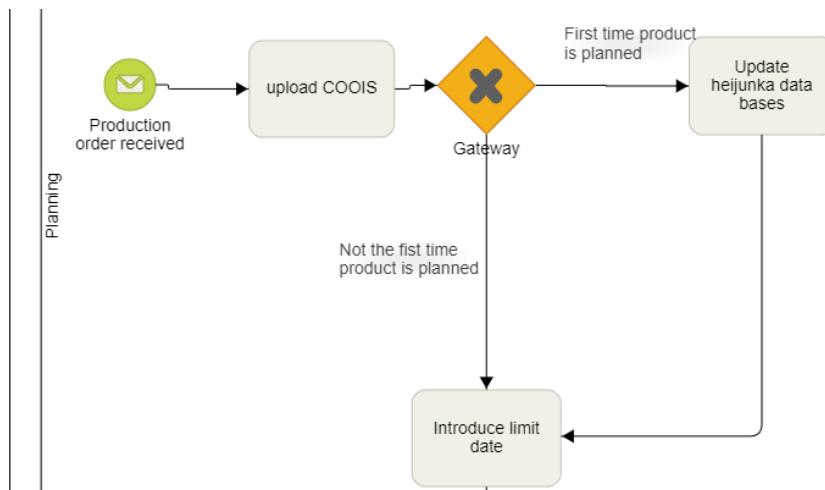


Figura 9 - Processo "To-be" no planeamento

Após este passo, e como ilustrado na Figura 10, a *E-heijunka* gerará todas as heijunka necessárias. Assim a produção já pode verificar as ordens da *E-heijunka* e produzir de acordo com estas. À medida que a produção avança, os produtos são gravados e colocados na rampa de produto acabado para ser enviado para o armazém. A cada volta do MR, os produtos são levados para o armazém.

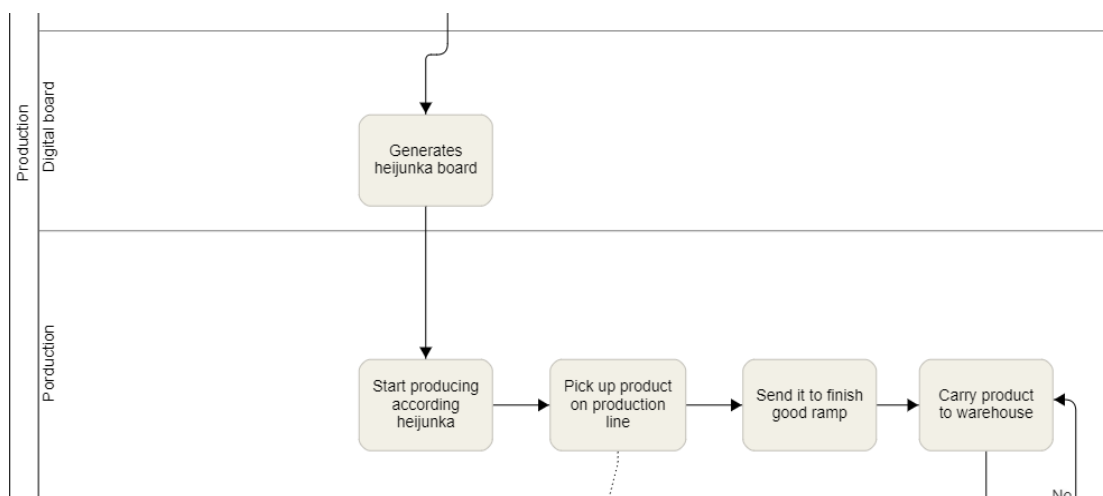


Figura 10 - Processo "To-be" na produção e *E-heijunka*

A Figura 11 ilustra o processo no armazém. Assim que os produtos chegam ao armazém, o operador verifica se estão de acordo com a listagem de gravações. Se estiver grava os produtos no armazém, caso contrário alerta a produção para corrigirem o erro.

Assim, não existe necessidade de separar os cartões e alocá-los em sítios diferentes como no processo “As-is”.

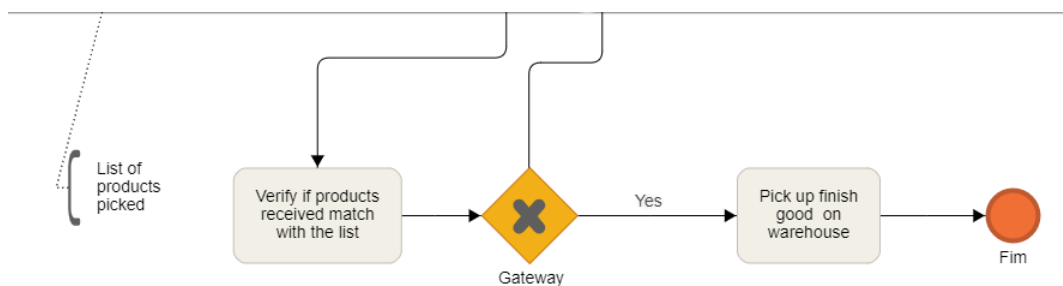


Figura 11 - Processo "To-be" no armazém

Em suma, pretende-se uma solução o mais abrangente possível, com o intuito de eliminar tarefas sem valor acrescentado, que por consequência irá afetar e melhorar também os processos seguintes na fábrica, por onde passam os cartões.

4.1. Requisitos para a ferramenta

Com o foco na eliminação de tarefas repetitivas, pretende-se uma ferramenta simples e prática, que permita ao utilizador uma interação amigável. O Microsoft Excel, uma das aplicações mais utilizadas dentro da equipa de LOP1 (Logistics and Operational Planning), sempre ajudou a complementar e trabalhar naquilo que o SAP – o ERP usado por OvrP (Ovar Plant) - não permite, com os módulos SAP em uso pela fábrica. Foi o programa eleito para o desenvolvimento da ferramenta por ser uma ferramenta que a equipa está acostumada a trabalhar, já que foram desenvolvidas aqui outras aplicações usadas por LOP1, por ser versátil, permitir programação, cálculo e ainda a criação de interfaces.

A ferramenta deve automatizar todos os cálculos feitos manualmente, bem como ter as funcionalidades necessárias ao planeamento. Listado em baixo seguem todas as premissas

necessárias para um funcionamento de uma *heijunka* num modo básico. Salienta-se que estas funcionalidades são apenas as essenciais para uma *heijunka* eletrónica.

- i) Ler todas as ordens de produção
- ii) Permitir sequenciá-las
- iii) Alocar ordens de um período a definir
- iv) Não repetir ordens de produção
- v) Alocá-las a cada linha correspondente
- vi) Alocar na *heijunka* cada ordem de acordo com a capacidade estipulada para o turno e linha de produção
- vii) Permitir a visualização em tempo real

De modo a tornar a ferramenta mais efetiva e para que esta possa ser utilizada diariamente na fábrica é necessário que esta permita:

- i) Customizar parâmetros, como POT – Planned Operational Time⁸
- ii) Calcular a ocupação planeada na linha
- iii) A introdução de paragens para QCO- Quick Changeover⁹
- iv) Planear paragens planeadas
- v) Ajustar o quadro de nivelamento, automaticamente, à medida que as ordens são produzidas
- vi) Deslocar ordens de produção em atraso para outra coluna

Para uma *heijunka* eletrónica mais avançada, que reflita todas as variáveis influenciadas pelo planeamento e produção diária poderá ainda ser adicionadas as seguintes funcionalidades:

- i) Cálculo de OEE (Overall Equipment Efficiency)
- ii) Levelling Quality¹⁰
- iii) Folha de presenças das reuniões diárias

⁸ POT corresponde ao tempo planeado para produção, por exemplo, o POT do segundo turno é 8,08 horas diárias

⁹ QCO – tempo de mudança de linha para produção de um produto diferente

¹⁰ Levelling Quality é um KPI (Key Performance Indicator) usado por LOP1 para medir a aderência da produção real em relação ao padrão estabelecido no início do período de nivelamento

4.2. Dados de entrada

Para cumprir com as funcionalidades essenciais da ferramenta como referido em 4.1 Requisitos para a ferramenta, são necessárias tabelas de dados, que contém informação para decisões e cálculos. São por isso obrigatórias as seguintes informações:

- Capacidade horária para cada código,
- Tabela de informação básica de cada código como a linha à qual pertence
- Matriz de *setup* para cada código onde consta a melhor sequência para a produção de modo a minimizar tempos de mudança de código,
- Capacidade instalada na linha, definida em STP¹¹
- Tabela horária indicativa de quando trabalha cada turno, dependendo do dia da semana.

Para facilitar e centralizar informações, estas tabelas poderão estar no mesmo livro Excel que a ferramenta.

Estas são as informações (dados de entrada) imprescindíveis ao funcionamento da ferramenta e que deverão sofrer alteração apenas quando existem novos dados ou são necessárias atualizações de dados já existentes.

Como o planeamento tem uma base diária, existem novas ordens de produção todos os dias. Faz parte das funções de LOPI a extração de SAP do relatório de ordens de produção, através da transação, do SAP, COOIS. O COOIS contém o número das ordens de produção alocadas a cada linha, bem como o dia associado e quantidade da ordem. Este relatório serve atualmente para a impressão de ordens de produção diariamente. É através dele que é extraída de SAP a informação relativa ao plano de produção para cada linha. É por isso um relatório essencial ao trabalho e terá de ser feito o seu *upload* para a ferramenta todos os dias, de modo a obter a informação atualizada e real das ordens de produção a lançar.

Temos assim diversas tabelas de entrada, onde uma delas tem de ser atualizada diariamente com as ordens de produção. A tabela de alocação de capacidade estabelecida em STP que tem de ser atualizada mensalmente e outras tabelas de dados de suporte ao

¹¹ STP- Short Term Planning – com base na procura prevista para o próximo mês, à segunda semana completa de cada mês, são calculados quais turnos e com quantos colaboradores irá laborar cada linha de produção.

funcionamento que deverão ser atualizadas apenas quando é pertinente fazê-lo para atualizações de dados.

Para as tabelas que carecem de atualização regularmente existe um botão para efetuar esta atualização na interface da ferramenta.

Então, temos como dado de entrada diária o relatório COOIS. Além deste relatório, deve ainda ser indicada na ferramenta a data limite de ordens de produção, ou seja, até que data da ordem de produção deve a ferramenta considerar as ordens para as incluir na *heijunka*. Por exemplo, se o utilizador pretender imprimir ordens até $n+2$, sendo n o dia atual, não significa que a *heijunka* terá obrigatoriamente de estar planeada até ao dia $n+2$. Significa que apenas serão planeadas na *heijunka* as ordens de produção correspondentes que estão dentro da data introduzida na ferramenta, pelo utilizador.

Ainda como dado de entrada, e a título de exceção, a interface permite que a prioridade pré-estabelecida através da matriz de QCO seja alterada de modo a corresponder à expectativa de produção delineada. Acontece por vezes, que determinada ordem de produção é mais urgente que as outras. Para estes casos é necessário que seja alterada a sequência pré-definida na matriz, de outro modo, as ordens serão sequenciadas de acordo com a matriz. A sequência é alterada na ordem de produção.

Em suma, a ferramenta necessita de ser alimentada diariamente com um ficheiro de dados de entrada e a atualização do campo da data, sendo estes de cariz obrigatório, e ainda a definição de prioridades, sendo esta uma alteração opcional.

4.3. Utilização da ferramenta

O primeiro passo, para dar início à utilização da E-Heijunka, é a extração do COOIS de SAP, tarefa que já faz parte da rotina das colaboradoras de LOP1 desde que o SAP foi adotado por OvrP. Após extraído e gravado numa pasta à escolha do utilizador, é necessário carregá-lo na ferramenta de modo a fazermos uso do mesmo. Para isso, a

Interface da E-Heijunka (Figura 12) inclui um botão de upload do relatório.

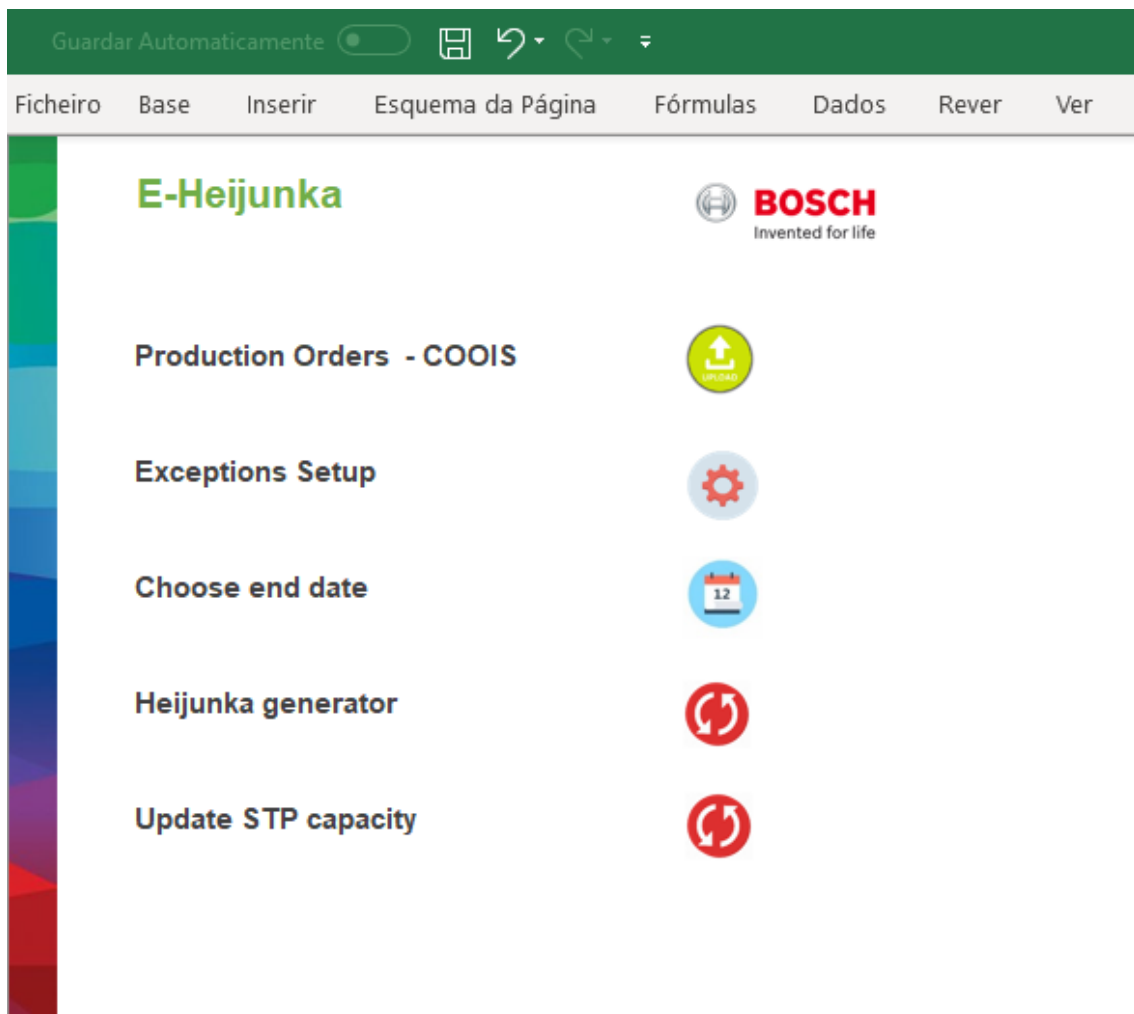


Figura 12 - Interface da ferramenta E-Heijunka

Carregando neste botão, é mostrada uma janela com dois botões, um para seleccionar o documento pretendido e o outro para efetivamente carregar esse documento. Ao clicar no botão “select” abre uma janela para o gestor de ficheiros do Windows para escolher o documento como ilustrado na Figura 13. Caso nenhum ficheiro tenha sido seleccionado, a ferramenta emite um alerta.- Quadro *heijunka* planeado

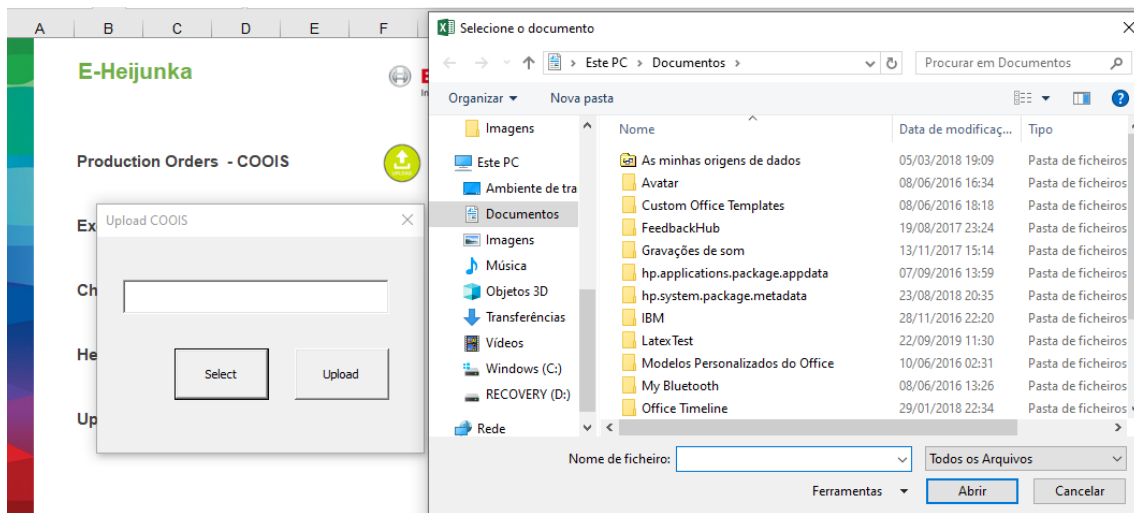


Figura 13 - Janela para upload do COOIS e consequente janela do Windows para seleção do caminho

Uma vez o COOIS introduzido na ferramenta, e caso seja necessário fazer alterações às definições estandardizadas, como a definição de prioridades, a interface permite customizar e mudar manualmente a prioridade em cada ordem de produção. A funcionalidade de customização poderá vir a ter mais opções à medida que seja necessário a sua incrementação. Para uma utilização básica da ferramenta, a opção direciona o utilizador para a folha de Excel onde constam as ordens de produção com a prioridade *standard* associada, de modo a ser alterada manualmente e unicamente para uso singular.

Na transação COOIS em SAP, temos a possibilidade de limitar o período de tempo que queremos visualizar nas ordens de produção. Contudo, e como não é regra limitar a data na transação, podemos executar a transação sem limite de data e apenas restringi-la na ferramenta. Para tal, a ferramenta permite que o utilizador possa escolher até que data das ordens de produção, pretende lançar para a produção. Normalmente, a data escolhida é $n+1$, nunca sendo inferior a esta. Como tal, a ferramenta apresenta uma listagem das datas mais próximas, começando em $n+1$. Como o planeamento da produção é divulgado diariamente, apenas é necessário, para efeitos de planeamento, todas as ordens em atraso mais as do dia seguinte. Contudo, podem haver situações que seja necessário transmitir à produção mais dias de planeamento além de $n+1$. São exemplos dessas situações absentismo do utilizador, um feriado em que a produção trabalhe ou linhas de produção que trabalhem em algum dia do fim de semana.

Com base na data inserida pelo utilizador e nas prioridades pré-estabelecidas através da matriz de *setup*, a ferramenta sequencia automaticamente as ordens de produção. Primeiramente as ordens são ordenadas de acordo com a data, sendo que a ordem que tem

a data mais antiga será a primeira a ser sequenciada. É esta uma das premissas usadas pela equipa. As ordens mais antigas têm prioridade sobre as mais recentes, a menos que haja algum impedimento à sua produção. Caso haja, em SAP a ordem deverá ser replaneada para a data mais realista para a sua produção. Tendo em consideração a priorização da matriz de *setup*, este é o segundo critério que a ferramenta usa para sequenciar as ordens de produção. Com estes dois critérios, é possível ter todos os dias a mesma sequência de produção, caso os produtos a produzir sejam os mesmos. É de extrema importância ser o mais fiel possível à sequência pré-estabelecida. Uma das razões é a otimização do tempo de mudança de código. Com isso, reduzimos o tempo *gasto em setup*, libertando capacidade para produção. De maior relevância ainda, é manter a sequência para que os fornecedores recebam a informação de uma procura o mais estável por cima. Com uma procura estável e equilibrada, os fornecedores são capazes de responder aos pedidos atempadamente. Por outro lado, se a procura for instável, torna-se imprevisível para os fornecedores e como tal mais difícil de gerir e agir. De acordo com uma produção nivelada, como mencionado na secção 2.1.5. Heijunka – produção nivelada), é essencial o cumprimento do plano nivelado, dada a diversidade de códigos na empresa.

O próximo passo na utilização da ferramenta é gerar a *heijunka*. Todas as *heijunka* seguem uma folha modelo em Excel que contém apenas uma régua horária e um dia por cada coluna. É neste modelo - Figura 14- que as ordens de produção serão incluídas.

O modelo segue as mesmas diretrizes de uma *heijunka* tradicional. Ao observar a Figura 4 na secção 3.3 (Processo atual) e a Figura 14 ambas tem uma régua horária, colunas com datas/dia da semana que corresponde à data pretendida para produção, e vários ciclos onde serão inseridas as ordens de produção. Estes ciclos correspondem a células no Excel e a compartimentos na *heijunka* tradicional. Assim temos a informação do momento em

que irá entrar em produção uma determinada ordem de produção.

	13/10/2019	14/10/2019	15/10/2019	16/10/2019	17/10/2019
00:00:00					
00:30:00					
01:00:00					
01:30:00					
02:00:00					
02:30:00					
03:00:00					
03:30:00					
04:00:00					
04:30:00					
05:00:00					
05:30:00					
06:00:00					
06:30:00					
07:00:00					
07:30:00					
08:00:00					
08:30:00					
09:00:00					
09:30:00					
10:00:00					
10:30:00					
11:00:00					
11:30:00					
12:00:00					
12:30:00					

Figura 14- Excerto do modelo de E-Heijunka

O relatório COOIS é apenas um e contém informação de ordens de produção relativas a uma ou várias linhas de produção. Cada linha de produção necessita de uma *heijunka*. Como tal, são geradas tantas *heijunka* quantas linhas de produção diferentes contiver o COOIS, para que cada *heijunka* seja única para cada linha. Sempre que for necessário gerar novas *heijunka*, a ferramenta apaga todas as já existentes e cria novas, de acordo com as novas informações. A ferramenta lê sequencialmente cada ordem de produção, previamente ordenada, avançando sempre para a seguinte, assim que termina a iteração com cada ordem. Após a leitura da ordem de produção, são verificadas as seguintes informações:

- Linha de produção correspondente;
- A quantidade da ordem;
- O MPN (Manufacturing Part Number) correspondente à ordem corrente
- O MPN da ordem anterior;
- Capacidade definida em STP;
- Capacidade do MPN de acordo com a capacidade de STP.

Com todas as informações reunidas é possível calcular quantos ciclos horários são necessários para a conclusão da ordem. O número da ordem será então repetido em todos os ciclos que esta será planeada. Se uma ordem necessitar de cinco ciclos horários para o seu fabrico ser completo, então desde o ciclo em que se inicia até ao quinto ciclo, o número da ordem será repetido em cada célula do Excel, onde terá uma hora associada.

O fluxograma da Figura 15 demonstra de forma sucinta os passos de verificação e tarefas

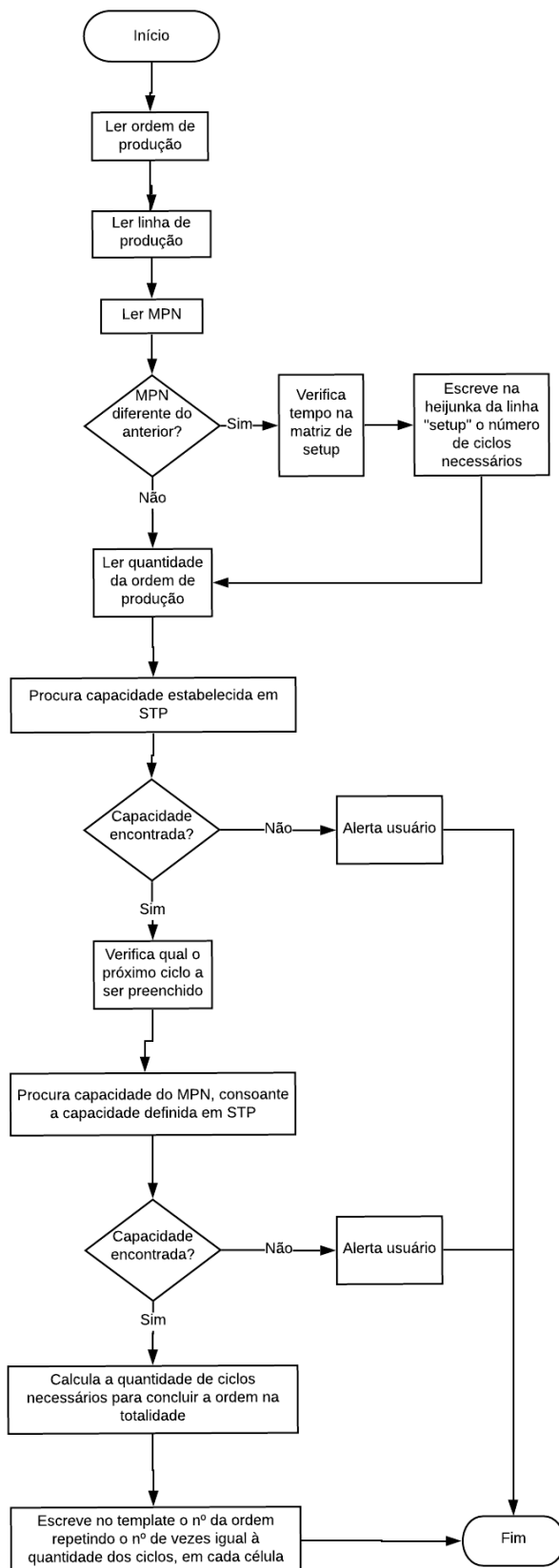


Figura 15 - Flowchart de atividades principais para a escrita de ordens de produção na E-Heijunka

que a ferramenta executa a cada ordem de produção para a escrever na respetiva E-Heijunka. Estas são tarefas principais, contudo, algumas contém ainda outras tarefas e decisões que não foram contempladas neste diagrama de modo a simplificar a visualização e percepção dos passos necessários para a escrita de uma ordem de produção. De certo modo, esta é também uma linha de pensamento que o colaborador que planeia uma heijunka tradicional se vê obrigado a ter.

O diagrama representa um ciclo que se reinicia de cada vez que a ferramenta termina de alocar uma ordem de produção.

Assim que todas as ordens de produção são lidas e alocadas, as interações terminam e a macro para, terminando assim o processo de planeamento na E-Heijunka. Numa questão de segundos, podem assim várias E-Heijunka estarem prontas a serem lançadas para a produção, com o mais recente plano de produção.

Apenas a título de exemplo, uma E-Heijunka preenchida tem o aspeto ilustrado na Figura 16. Na figura é apresentado o caso da linha de produção número 48, que labora durante o primeiro e terceiro turnos, ficando parada durante o segundo turno, das 8h às 17h. Para que a figura fosse perceptível, foram ocultadas as células correspondentes ao turno em que a linha para, contudo, na E-Heijunka essa paragem é evidente através dos espaços vazios, assim como o é atualmente com a heijunka tradicional. É perceptível também, na imagem, as paragens para mudança de código evidenciadas através da marcação de “*setup*”. No final de cada dia, é possível verificar a que percentagem está planeada a linha, com base na capacidade estabelecida em STP e nas horas totais planeadas para cada dia na E-Heijunka.

L48	16/09/2019	17/09/2019	18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019
00:00:00		3768044	3770539	3770918	
00:30:00		3768044	3770539	3770918	
01:00:00		3768044	3770539	3770918	
01:30:00		3768044	3770539	3770918	
02:00:00		3768044	3770539	3770918	
02:30:00		3768044	3770539	3770918	
03:00:00		3768044	3770539	3770918	
03:30:00		3768044	3770539	3770918	
04:00:00		3768044	3770539	3770287	
04:30:00		3768044	3770540	3770287	
05:00:00		3768044	3770540	3770287	
05:30:00		3768044	3770540	3770287	
06:00:00		3768044	3770540	3770287	
06:30:00		3768044	3770540	3770287	
07:00:00		3768044	3770540	3770287	
07:30:00		3768044	3770540	3770287	
08:00:00					
17:30:00	3683432	3768044	3770540	3770287	
18:00:00	SETUP	3768044	3770919	3770287	
18:30:00	3767516	3768044	3770919	3770287	
19:00:00	3767516	3768044	3770919	3770287	
19:30:00	3767516	3768044	3770919	3770287	
20:00:00	3767516	3768044	3770919	3770287	
20:30:00	3767516	3768044	3770919	3770287	
21:00:00	3768044	3768044	3770919	3770287	
21:30:00	3768044	3768044	3770919	3770287	
22:00:00	3768044	3768044	3770919		
22:30:00	3768044	3768044	SETUP		
23:00:00	3768044	3768044	3770918		
23:30:00	3768044	722853666	3770918		
Load	38,24	103,45	100,00	89,66	

Figura 16-E-Heijunka preenchida

Atualmente a *heijunka* é planeada através da ordem de produção e do *kanban*. O número de ciclos necessários é calculado com base na quantidade do *kanban*. Na *E-Heijunka* é calculado com base na quantidade da ordem de produção. Como referido na secção 3.3. (Processo atual), o *kanban* de produto final é um cartão *kanban* amarelo que autoriza a produção para o fabrico de uma nova parte. É o *kanban* que contém o código de barras do produto, usado para ativar postos de trabalho ou testes ao produto. Com a *E-Heijunka*, através da ordem de produção é também possível aceder ao código de barras. Com esta solução, eliminamos a necessidade de um *kanban*, tendo apenas o número da ordem de produção. É com ela que poderemos aceder a todas as informações críticas como a referência do produto e quantidade a ser produzida. A ordem de produção é essencial para a gravação do produto final e para verificar se existe algum material em falta à sua conceção. Este trabalho é feito pela PouP, que verifica a disponibilidade de materiais através do *release* da ordem, 2 horas antes de se dar início à produção da mesma.

A fábrica, apesar de trabalhar em regime contínuo, 24h por dia, tem diferentes POT para cada turno, de acordo com o dia da semana. O primeiro turno é onde se nota uma maior discrepância de horários ao longo da semana, trabalhando efetivamente 7,5 horas à segunda, 5 horas de terça a sexta-feira e 8,5h ao sábado. Assim, a *E-Heijunka* lê qual é o dia da semana de cada coluna de modo a que o planeamento disposto nesse dia esteja de acordo com os diferentes POT dos dias da semana.

Permite-se ainda que, se o dia apresentado na coluna da *E-Heijunka* for fim-de-semana e não esteja previsto em STP a linha laborar nesses dias da semana, o dia se modifique para o próximo dia de trabalho. O horário de trabalho dos colaboradores indiretos – aqueles que não intervêm diretamente na construção do produto - é durante o segundo turno. Portanto, é neste horário que serão geradas as *E-Heijunka*. Então, sempre que uma linha de produção laborar no segundo turno, a escrita de ordens de produção na *e-heijunka* iniciará na célula correspondente à hora da geração.

Suponhamos então que o utilizador pretende lançar o planeamento a uma sexta-feira, para uma linha que trabalhe apenas durante o segundo turno, de segunda a sexta-feira. A escrita das ordens de produção na *E-Heijunka* dão início na primeira coluna da mesma, que corresponde ao dia atual, na célula correspondente à mesma hora em que está a ser gerada a *heijunka*. Assim que chegue ao ciclo da hora em que o turno termina, a escrita de ordens de produção deverá recomeçar no próximo dia de trabalho. Então, o próximo dia marcado na *e-heijunka* será um sábado, pelo que como a linha de produção não labora ao fim de

semana, o dia é ajustado para a próxima segunda-feira, tornando assim uma *E-Heijunka* fluída sem colunas vazias. As Figura 17 e Figura 18 demonstram esta transição dos dias. Na Figura 17, a primeira coluna corresponde a uma sexta-feira. A coluna seguinte é a continuação da semana e como tal é um sábado. Como no exemplo dado, a linha apenas labora durante o segundo turno, o sábado não será planeado. Como tal, essa coluna na *E-Heijunka* é prescindível. Assim, quando o dia de sexta-feira estiver completamente preenchido, o dia da coluna seguinte é ajustado à data da próxima produção. É por que isso que na Figura 18 a segunda coluna com ordens de produção é a segunda-feira.

L48	25/10/2019	26/10/2019	27/10/2019	28/10/2019
08:00:00				
08:30:00				
09:00:00				
09:30:00				
10:00:00				
10:30:00				
11:00:00				
11:30:00				
12:00:00				
12:30:00				
13:00:00	3683432			
13:30:00	SETUP			
14:00:00	3767516			
14:30:00	3767516			
15:00:00	3767516			
15:30:00	3767516			
16:00:00	3767516			
16:30:00	3768044			
17:00:00	3768044			

Figura 17 - Segundo turno com a sexta-feira preenchida

L48	25/10/2019	28/10/2019	29/10/2019	30/10/2019
08:00:00		3768044		
08:30:00				
09:00:00				
09:30:00				
10:00:00				
10:30:00				
11:00:00				
11:30:00				
12:00:00				
12:30:00				
13:00:00	3683432			
13:30:00	SETUP			
14:00:00	3767516			
14:30:00	3767516			
15:00:00	3767516			
15:30:00	3767516			
16:00:00	3767516			
16:30:00	3768044			
17:00:00	3768044			

Figura 18 - Segundo turno a iniciar na segunda-feira

Por fim, numa revisão mensal, aquando dos cálculos de STP, a alocação de capacidade às linhas finais tem de ser atualizada na *E-Heijunka* aquando do término de cada mês, o período estabelecido como o período de nivelamento. Está também reservado na interface um botão como ilustrado na Figura 19 para acesso rápido à atualização desta informação, resumida numa tabela.



Figura 19 - Botão para acesso rápido à tabela de capacidade de STP

Temos então uma ferramenta simples, que digitaliza um processo manual e demorado, respeitando as premissas, valores e estratégias da empresa.

5. Análise dos resultados obtidos com a utilização da ferramenta proposta

O objetivo principal deste projeto era melhorar um processo no departamento de planeamento da produção, com o intuito de o aproximar da era tecnológica, automatizar processos e com isso agilizar o trabalho da equipa.

De modo a compreender as necessidades a incluir na ferramenta, concluímos quais seriam as funções básicas, intermediárias e avançadas, de modo também a priorizar tarefas a trabalhar para incorporar o máximo possível na ferramenta, tal como descrito na secção 4.1(Requisitos para a ferramenta).

Tendo em conta os requisitos estabelecidos nessa secção, todos os requisitos para uma aplicação básica foram cumpridos. Com ela, temos a visualização do plano produtivo para cada linha, em condições normais. Em baixo encontram-se listados os requisitos para uma utilização básica e como cada um foi atingido ou como se encontra refletido na ferramenta.

i) Ler todas as ordens de produção

As ordens de produção são retiradas do relatório COOIS de SAP, onde contém todas as ordens. São lidas uma a uma, sequencialmente, sendo a base para ir buscar todas as outras informações. Isto significa que, olhando a Figura 20, a primeira linha que o código na aplicação irá ler será a linha 17. Com todas as informações recolhidas, a ordem será planeada na linha a que corresponde durante tantos ciclos quantos necessitar para perfazer a totalidade da ordem de produção. Assim que terminar, o código avança para a linha 18 e a mesma iteração repete-se. Assim segue sucessivamente até à última ordem de produção. Nenhuma linha é avançada, todas são lidas e colocadas na heijunka correspondente. Por o processo atual ser manual, por vezes as ordens de produção podem perder-se antes de serem planeadas. Deste modo garantimos que todas serão transmitidas à produção.

ii) Permitir sequenciá-las

Através da alteração de prioridades nas ordens, é possível gerir a sequência que pretendemos. Além disso, não só é permitido sequenciar as ordens, como por defeito, elas já se sequenciam de acordo com a matriz de *setup*. Na Figura 20, na coluna intitulada de “prioridade” contém as prioridades de cada referência de acordo com a matriz. Caso seja

necessário alterar a prioridade, a planeadora deverá manifestar essa intenção, alterando-a na ordem de produção que pretende priorizar.

	PIN	Order	Quantity	Date	Lote size	Supplier	Customer	# kanban	prioridade
16									
17	7.736.701.574	3683432	20	01/03/2019	80	L48	WHS	1	7
18	7.736.701.400	3767516	32	27/08/2019	32	L48	WHS	1	6
19	7.736.701.341	3768044	256	28/08/2019	64	L48	WHS	4	1

Figura 20 - Tabela de informações por ordem de produção

Com um sequenciamento por defeito automático, a planeadora não precisa de verificar na matriz qual é a sequência de

referências a produzir.

iii) Alocar ordens de um período a definir

Com a opção da escolha da data das ordens de produção, apenas serão alocadas na *e-heijunka* as ordens que tem a data que se pretende.

iv) Não repetir ordens de produção

Uma vez que é lida linha a linha na tabela onde estão as ordens, de cima para baixo, uma ordem nunca é lida duas vezes e, portanto, não corremos o risco de alocar na *e-heijunka* a mesma ordem duas vezes. Esta situação por vezes acontece com o processo atual.

v) Alocá-las a cada linha correspondente

Quando o código lê a ordem, verifica qual é a linha de produção correspondente e aloca na *E-heijunka* dessa linha de produção.

vi) Alocar na *heijunka* cada ordem de acordo com a capacidade estipulada para o turno e linha de produção

Com base nas tabelas de capacidade estabelecida em STP, as ordens são planeadas de acordo com o número de colaboradores afetos a determinado turno. Por vezes o número de colaboradores em cada turno difere, pelo que com um sistema automático, as ordens são ajustadas à capacidade em linha sem que a planeadora tenha de consultar essa informação.

vii) Permitir a visualização em tempo real

Estando na *cloud* da empresa, desde que se tenha acesso a um dispositivo eletrónico conectado à rede, é possível observar cada *E-heijunka* na fábrica a qualquer momento.

Temos assim a possibilidade de obter dados reais, em tempo real, com a informação mais atualizada, sem a necessidade de nos deslocar à linha de produção.

Contudo, de modo a que ela seja completamente operacional e mais próxima da realidade da fábrica e das necessidades de visualização e concretização de uma *heijunka* são ainda necessários alguns ajustes na ferramenta. Assim para que esteja a um nível intermediário e ser mais viável a sua utilização, ainda faltam contemplar os pontos:

- i) Customizar parâmetros, como POT;
- iv) Planear paragens planeadas;
- v) Ajustar o quadro de nivelamento, automaticamente, à medida que as ordens são produzidas;
- vi) Deslocar ordens de produção em atraso para outra coluna

Assim, foram conseguidos, no nível intermédio os seguintes aspetos:

D)a)ii)Calcular a ocupação planeada na linha

A ocupação de linha é calculada à medida que novas ordens são acrescentadas a um dia, tendo em consideração qual seria o POT ocupado, de acordo com o STP. No final de um dia é esperado que a linha esteja ocupada a 100%, significando que todo o POT foi planeado, como ilustrado na Figura 16, mencionada na secção 4.3 (Utilização da ferramenta). Esta funcionalidade é um extra em relação à *heijunka* tradicional, uma vez que não é possível visualizar nela que percentagem do dia está planeada.

iii)A introdução de paragens para QCO- Quick Changeover

O planeamento de *setup* é feito automaticamente. É então uma enorme melhoria em relação ao processo atual, uma vez que a aplicação decide quando tem de colocar um *setup*. Quando é necessário, ele é planeado a quantidade de tempo necessária.

Fica também a faltar as opções avançadas que permitirão uma melhor experiência e utilização da E-*heijunka*:

- i) Cálculo de OEE (Overall Equipment Efficiency)
- ii) Levelling Quality
- iii) Folha de presenças das reuniões diárias

Apesar de a ferramenta poder ser utilizada, mas ainda não ter todas as funcionalidades o que limita a sua utilização, a ferramenta não está ainda implementada na fábrica. Contudo, continuará a ser melhorada para que seja colocada em prática.

No conjunto da equipa, com a nova ferramenta, estima-se através da eliminação de passos de manuseamento de cartões que a soma das tarefas de comunicação do planeamento e a sua preparação associada deverão tomar cerca de 7,5 horas diárias, o que equivale a um decréscimo de 34,5 horas por semana, em relação ao processo atual. Quando comparado com este, prevê-se uma redução de 48% quando falamos do tempo associado ao planeamento efetivo da produção. Reduzimos assim, em 16% as horas dispensadas em um dia de trabalho.

Nos últimos meses a equipa LOP1 tem vindo a sofrer algumas alterações. No início de 2019 a equipa contava com 8 colaboradoras. Neste momento a equipa está reduzida a 6 colaboradoras, o que levou a um aumento da carga de trabalho por colaborador. Até ao fim do ano de 2019 está previsto adquirir mais um(a) colaborador(a). Com menos duas colegas na equipa, foram tomadas algumas medidas internas para fazer face a esta lacuna. Como tal, a equipa está focada em completar o trabalho operacional e, por exemplo, reuniões que possam ser dispensadas ou projetos de melhoria estão suspensos, dado não haver capacidade suficiente. Esta foi, entre outras, uma das medidas de contenção, dada a situação da equipa. Em condições semelhantes às atuais, ou seja, com redução de trabalho para poder atender ao essencial, LOP1 encontra-se com 6 colaboradoras com uma carga extra de duas horas cada uma. O Gráfico 1 - Capacidade LOP1Gráfico 1 demonstra como ficará a equipa com a chegada de mais um colaborador, sendo evidente que ainda assim falta capacidade na equipa. Prevê-se com a digitalização da *E-heijunka* que a equipa fique mais folgada, não precisando de recorrer a horas extras para terminar o trabalho essencial à função. Com 7 colaboradores e com a implementação deste projeto, prevê-se que cada colaborador tenha capacidade suficiente para executar a sua função. A barra verde no gráfico ilustra ainda que com a implementação, cada colaborador ganha 30 minutos do seu tempo de trabalho, que podem ser alocados para outras tarefas.

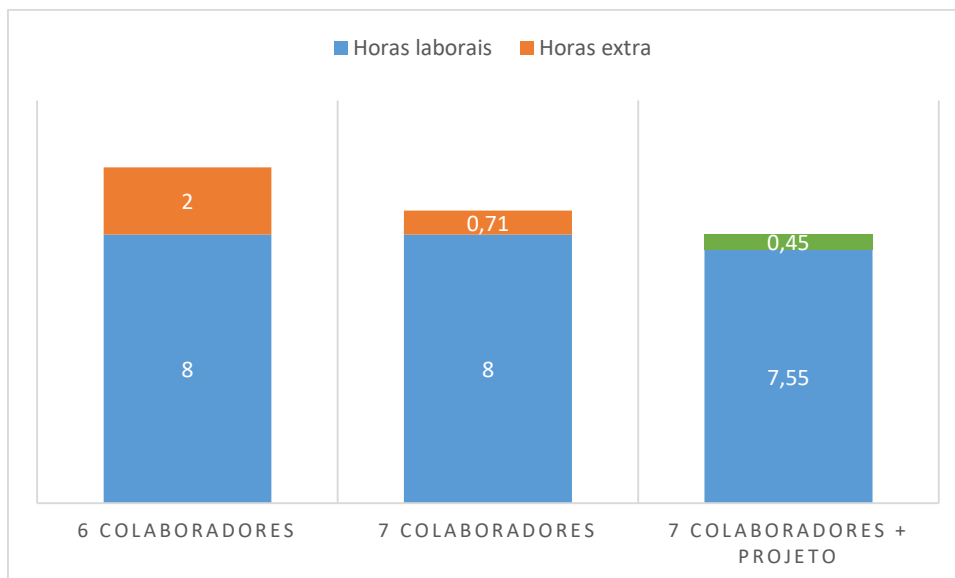


Gráfico 1 - Capacidade LOP1

Como a poupança se reflete em 34,5h por semana, que equivale quase à carga semanal de um colaborador, não se pretende de modo algum reduzir colaboradores. Recordo que ainda com a sétima colaboradora na equipa, as funções de LOP1 continuam a não estar todas asseguradas pela equipa. Além da constante sobrecarga da equipa, por diversas circunstâncias, e com o intuito de elevar a função de planeamento a um nível estratégico ao invés do nível operacional como o é hoje em dia, esta poupança de tempo deverá refletir-se em análises ao cliente. Como por exemplo, estatísticas de venda e outros tipos de análises de dados que poderão dar suporte à função de modo a que esta seja mais bem desempenhada e com maior precisão. Deste modo conseguiremos prever melhor o comportamento do cliente e com isso tirar ilações sobre a previsão de vendas a curto e a longo prazo. Serve este tempo não só para análise interna, mas também para que haja uma maior proximidade com o cliente e projetos de melhoria surjam neste âmbito. É ainda expectável um melhor atendimento ao cliente, para que se estreitem laços. Ambiciona-se ainda que haja um melhor seguimento das ordens de cliente também de modo a facilitar a perceção dos motivos da flutuação da procura do mercado.

Em suma, a *E-heijunka* retira trabalho operacional às planeadoras da produção podendo, portanto, dedicar-se mais ao trabalho estratégico ou, em fases de maior sobrecarga, permitir que o horário semanal não é excedido.

Uma limitação da ferramenta é que a capacidade tida em conta para o início de uma ordem de produção será a que irá permanecer até a ordem estar completa. Suponhamos que uma ordem inicia perto de uma viragem de turno. A capacidade definida em STP pode diferir dependendo do turno, ou poderá ser igual e haver absentismo. Com este modelo, o tempo necessário para a ordem de produção será calculado com base na informação da capacidade do turno em que se inicia e não se reajusta no início de um novo turno.

Com uma *heijunka* digital, obtemos assim não uma poupança monetária, mas sim uma poupança de tempo que permitirá atenuar momentos de maior a equipa e permitirá o desenvolvimento de projetos de melhoria muitas vezes descorados em detrimento do trabalho operacional. Obtemos uma maior eficácia na equipa, clareza na informação, transparência e dados em tempo real.

5.1 SAP FIORI

SAP Fiori é um novo *user experience* (UX) para software de SAP e suas aplicações, desenhado pela SAP, para uso da SAP, os seus clientes e parceiros. O objetivo do Fiori é guiar designers e desenvolvedores a criar aplicações que são reconhecidas pelos utilizadores como aplicações Fiori e que se comportem de uma maneira consistente e previsível. (Rouse, 2019)

O SAP Fiori fornece todas as funcionalidades em tempo real e em dispositivos de mão compatíveis, admitindo múltiplas aplicações de dispositivos que permite aos utilizadores começar um processo no computador e continuar o mesmo processo no smartphone ou no tablet. (Tutorialspoint, 2019)

Ele é usado para várias áreas do negócio, logística, vendas, financeiro ou desenvolvimento e permite uma experiência com aplicações de planeamento de produção através do módulo SAP S/4HANA, entre outros.

Aquando da definição do tema do projeto assim como os objetivos para este, em 2017, numa ação de *benchmarking* contactamos Bosch Termotecnologia em Cacia, uma vez que já era utilizadora de uma heijunka eletrónica. Em comunhão com o orientador Carlos Costa em OvrP e o CI responsável pelo projeto em Aveiro, bem como a logística de Aveiro, exploramos as funcionalidades da aplicação, como se comporta e qual a utilidade que tem. A *heijunka* usada numa área das instalações da Bosch em Cacia na altura, pertence ao SAP Fiori, sendo que o CI da Bosch Cacia foi o responsável por ajustar à realidade da fábrica e conectar o *back-end* e o *front-end*, de acordo com as necessidades da empresa. Com a aplicação SAP atualmente usada em OvrP e pelo conhecimento que os intervenientes tem de ambas as plantas, aliando ao facto de OvrP não ter nenhum CI dedicado à planta na mesma, o grau de desenvolvimento de OvrP apenas permitiria uma implementação semelhante dentro de cinco ou seis anos, ou seja, por volta de 2023. A introdução do SAP Fiori requer investimento e um módulo de SAP compatível, o que não é o caso do módulo usado em OvrP. Fica assim então a intenção de uma melhoria, de ter uma heijunka eletrónica em SAP, uma proposta mais robusta e multifacetada que a apresentada ferramenta de suporte E-*Heijunka*.

6. Considerações finais

Este projeto teve como objetivo idealizar uma melhoria num departamento cujos processos e tarefas são extremamente manuais. Foi então pensada e desenvolvida uma solução atual, moderna que digitaliza um processo rotineiro da equipa de planeamento da produção da Bosch em Ovar.

Em conjunto com o orientador da empresa e em consonância com o diretor Logístico, consideramos que, à semelhança de outras empresas, poderíamos ter o processo de planeamento da produção mais atual, de maior visibilidade, com maior facilidade de manuseamento e de mais célere preenchimento, através de uma *heijunka* digital.

É um sentimento generalizado da equipa e mesmo dos departamentos que nos rodeiam, que o método atualmente em uso não coaduna com a Indústria 4.0, sendo um processo manual, suscetível de erros e que ocupa muito tempo de quem manuseia um cartão *kanban*.

Realizou-se em primeiro lugar uma revisão de literatura. Sobre a temática Lean, em especial a *heijunka* e todos os conceitos que esta pressupõe – o uso do *kanban*, o sistema JIT, sistema *pull* e nivelamento da produção – de modo a percebermos a importância do uso de uma *heijunka* e para mais tarde durante o desenvolvimento entendermos a sua funcionalidade.

É no manuseamento do cartão *kanban* onde estão focados mais esforços, e uma vez entendida a sua importância num sistema *pull* e numa *heijunka*, percebemos então que o seu uso pode ser colmatado de outras formas. A manipulação de cartões *kanban* de produto final na fábrica em questão serve essencialmente de sinal visual, de identificação da parte a produzir, não sendo por isso um agente que despoleta uma necessidade por si só. As necessidades de material causadas pela produção de partes, são visíveis através do esvaziamento de contentores que contém cartões *kanban* de matéria-prima nestes, e através de linhas de encomenda geradas pelo ERP para fornecedores externos, geridas pela equipa de LOP8, o departamento de compras. Entendemos com isto que o *kanban* de produto final é facilmente substituível por uma solução eletrónica.

Uma *heijunka* é essencial para visualização das ordens de produção que são necessárias produzir em cada instante. Ajuda no controlo de um plano nivelado, crucial que seja

cumprido na fábrica de Ovar dado a grande variedade e baixo volume pelo qual é caracterizada.

Atendendo à complexidade do processo, às tarefas repetitivas que este acarreta e ao desgaste da equipa associado ao manuseamento dos cartões *kanban*, a digitalização da *heijunka* trará benefícios à empresa.

Com base nas tarefas diárias, requisitos e necessidades do planeamento, delineou-se um conjunto de funcionalidades a que a ferramenta deverá ser capaz de dar resposta e solucionar, mesmo que em diferentes níveis de exigência.

Surge então a proposta da ferramenta, com uma interface amigável ao utilizador, sem grandes passos de manipulação, que permite lançar com base no portfólio de cada colaborador, *heijunka* para todas as linhas de produção sob o seu abrigo, permitindo ainda que estas sejam disponibilizadas numa *cloud*, visível a todos os interessados e com isso, através do computador instalado em cada linha, seja possível a consulta da mesma.

Com muitas versatilidades ainda a serem consideradas no desenvolvimento da E-*Heijunka*, esta apresenta uma alternativa mais cómoda à *heijunka* tradicional, sendo possivelmente o primeiro passo para futuras digitalizações dos processos adjacentes ao LOP1.

Não é só mais cómoda, como é de maior facilidade de manipulação e evita o uso de cartões *kanban*, eliminando todos os passos necessários ao seu uso. A E-*Heijunka* permite também uma visualização remota a partir de qualquer dispositivo por estar conectada à *cloud* da empresa. Assim, torna-se mais fácil a qualquer interessado saber onde se situa o plano produtivo e facilita ainda a equipa de LOP1 a tomar decisões ágeis.

Um sistema computadorizado pode ser usado para dar maior visibilidade, que é um dos objetivos do JIT. O aumento da visibilidade suporta a melhoria contínua, um dos grandes sucessos de uma manufatura JIT. (Kouri et al., 2008)

6.1. Trabalho futuro

Com os olhos postos numa implementação da E-*Heijunka* dentro dos próximos meses, e com melhorias ainda a incluir na ferramenta, pretende-se continuar o trabalho iniciado por ser uma mais-valia à equipa e à organização.

Existe já um plano desenhado para a inclusão de algumas funcionalidades em falta, sendo que outras demonstrarão um desafio maior.

De modo a finalizar a *E-Heijunka*, apesar de não ser crucial ao funcionamento da mesma, funciona como um serviço adicional, pretende-se incluir o cálculo do OEE, a medida do *Levelling Quality* e a folha de presenças diária.

É de salientar que esta solução foi desenhada para dar resposta a uma necessidade urgente, sendo por isso concebida para uso temporário, com a visão de uma implementação do SAP Fiori, onde certamente facilitará ainda mais o processo, além de ser uma solução integrada de SAP.

7. Referências

- Azian, N., Rahman, A., Mohd, S., & Mohamed, M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7(Icebr), 174–180. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3)
- Chang, R. T. (2012). Developing and Building a Lean Based RFID Electronic Kanban Prototype. *The Faculty of California Polytechnic State University*, (June).
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards and Interfaces*, 34(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- Collabo. (n.d.). Indústria 4.0 e a Revolução Digital. *Biblioteca Collabo*.
- Horbal, R., Kagan, R., & Koch, T. (2008). Implementing lean manufacturing in high-mix production environment. *Lean Business Systems and Beyond: Advanced Production Management Systems Conference*, 257, 257–267. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77249-3_27
- Howard Smith, & Fingar, P. (2003). Business Process Management The Third Wave. *Information and Management*, 40(8), 769–780. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(02\)00102-7](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(02)00102-7)
- Kouri, I. A., Salmimaa, T. J., & Vilpola, I. H. (2008). The principles and planning process of an electronic kanban system. *Novel Algorithms and Techniques in Telecommunications, Automation and Industrial Electronics*, 99–104. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8737-0_18
- Krieg, G. N. (2005). *Kanban-controlled manufacturing systems. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* (Vol. 549). <https://doi.org/10.1007/b138676>
- SIEMENS. (2016). Conceito .de, 19. Retrieved from https://w5.siemens.com/portugal/web_nwa/pt/AcademiaSiemens/noticias/arquivo/PressRelease/2017/Documents/PARTE_1_O_que_e_a_Industria_4_0.pdf
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. *World*, 1–11. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(92\)90400-V](https://doi.org/10.1016/0024-6301(92)90400-V)

7.1 Referências Web

- (21 de 01 de 2018). Obtido de Leanti: <http://www.leanti.com.br/conceitos/5/Os-5-principios-do-Lean-Thinking.aspx>
- (02 de 01 de 2018). Obtido de Smartsheet: <https://www.smartsheet.com/all-about-business-process-management-expert-insights>
- Bosch*. (09 de 2019). Obtido de <https://www.bosch.pt/a-nossa-empresa/o-grupo-bosch-no-mundo/>
- GRAPHIC PRODUCTS*. (08 de 2019). Obtido de <https://www.graphicproducts.com/articles/pull-system/>
- Pinto, J. P. (29 de 01 de 2018). Obtido de https://pt.slideshare.net/Comunidade_Lean_Thinking/gesto-de-materiais-e-de-stocks

Rouse, M. (10 de 2019). *TechTarget*. Obtido de <https://searchsap.techtarget.com/definition/SAP-Fiori>

Tutorialspoint. (10 de 2019). Obtido de https://www.tutorialspoint.com/sap_fiori/sap_fiori_introduction.htm

Venki. (08 de 12 de 2017). Obtido de <http://www.venki.com.br:>
<http://www.venki.com.br/blog/processos-de-negocio-bpm/>

Youtube. (2019). Obtido de <https://www.youtube.com/watch?v=-KOc--mMVrA>

9. Anexos

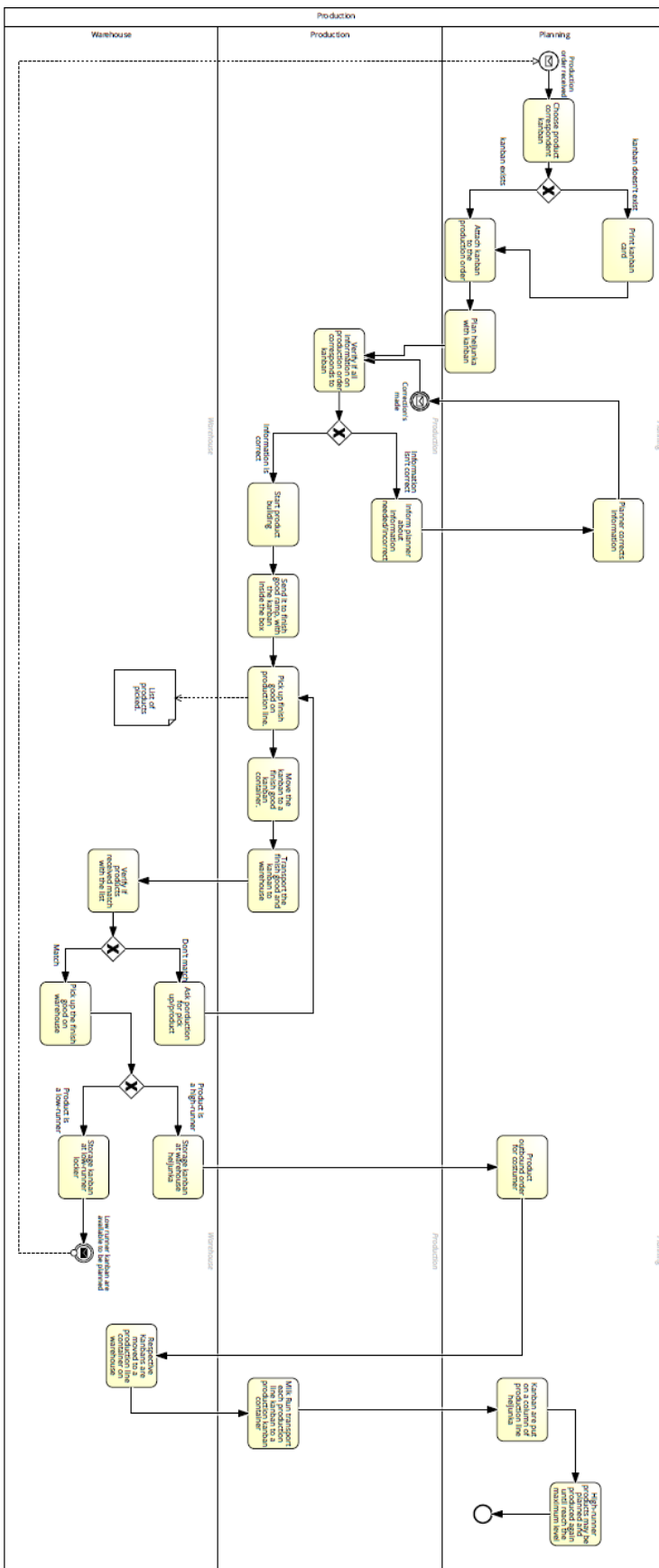


Figura 21-As-is kanban flow



Figura 22- Torre de cartões kanban

número de ciclos

<i>data</i>	<i>data</i>	<input type="text"/>
De:	De:	
Para: <i>MPN</i>	Para: <i>MPN</i>	
P.O: <i>ordem prod.</i> QTD: <i>Qtd</i>	P.O: <i>ordem prod.</i> QTD: <i>Qtd</i>	
ECN:	ECN:	<input type="text"/>

quantidade de kanbans necessários para a ordem

Figura 23- Cartão de papel com ordem de produção


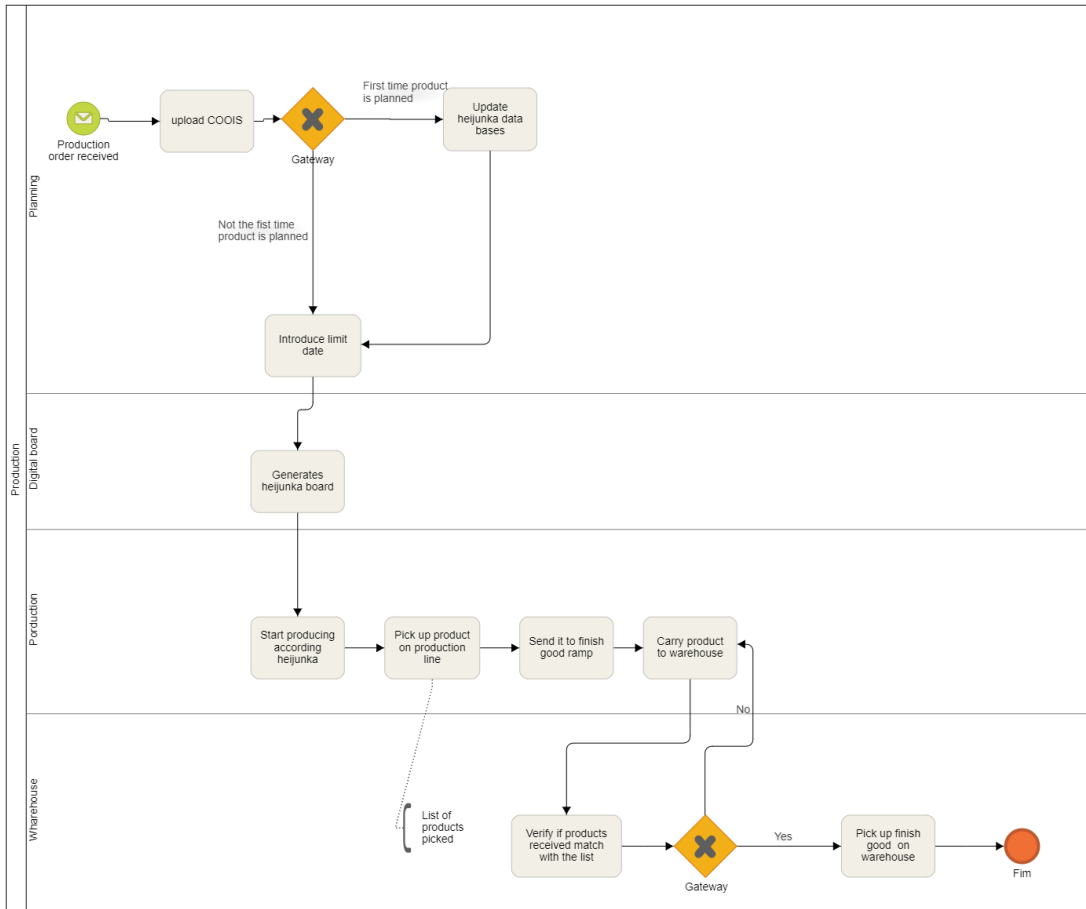
Supplier	Nº of Parts	Part Description	Client
1 582 800 040	506361 - MOE 13/7	Tankflansch	1 582 800 040
480	Ks	Small-box 600x400x200	L
			
Stepping list on the back side			

Figura 24 - Cartão kanban



HEFLO

Figura 25 - "To-be" process flow