

# ***Instituto Politécnico de Setúbal***



## ***Escola Superior de Tecnologia***

Denis Torres      Metodologia para a Gestão de Fluxos de  
Materiais e Capacidades em Indústrias de  
Produção de Baixo Volume e Elevada  
Variedade

Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção  
Orientador: Prof. Doutor Pedro Cunha

Novembro de 2012



# Agradecimentos

Quero agradecer ao Prof. Pedro Cunha pela sua orientação, atenção e apoio, sem os quais este projeto não teria sido possível. As reuniões que tivemos foram fundamentais para não perder o rumo ao caminho a seguir. Quero também agradecer à Andreia Cabrita pelas informações, material facultado e disponibilidade para o esclarecimento de dúvidas fora do seu horário de trabalho.

À minha família, em especial à minha mulher e à minha mãe, pela compreensão, incentivo e pelo apoio prestado, sem o qual não teria conseguido terminar esta dissertação. O meu obrigado!

# Resumo

Nos dias de hoje, a Gestão de Fluxos de Materiais e de Capacidades são áreas cruciais para o sucesso operacional das empresas no setor industrial, permitindo uma melhoria da performance organizacional e também um aumento da competitividade das empresas no mercado onde atuam. A medição da capacidade disponível das empresas é um aspeto importante a ter em conta por permitirem ajustar a capacidade produtiva à procura real, definindo as sequências e distribuindo as operações de forma a poder ajustar a capacidade disponível para a produção de um determinado bem.

A problemática da Gestão de Fluxos de Materiais e de Capacidades é mais crítica em ambientes de produção relativamente a produtos de grande variedade e volumes reduzidos, i.e., em ambientes de “engineer-to-order” (ETO). Estas duas áreas, gestão de fluxos e de capacidades, incidem sobre duas vertentes de decisão fundamentais: visualização da capacidade disponível no momento da introdução de novas encomendas; e controlo do fluxo de materiais. Neste contexto, efetuou-se uma análise às metodologias existentes com base numa revisão da literatura e fez-se uma comparação entre aquelas que seriam as mais ajustadas a esta realidade, com enfoque nas vantagens e desvantagens da sua aplicação nas indústrias que operam em ambientes que envolvem grande variedade e pequeno volume na produção de bens.

Após a análise e comparação das metodologias mais conhecidas e utilizadas pelas empresas, concluiu-se que a metodologia que melhor se enquadra nestes ambientes produtivos é a metodologia POLCA - Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization.

Para validação da metodologia POLCA, realizou-se um estudo com base na simulação de um caso prático, com enfoque num processo de litografia típico da indústria de produção de embalagens metálicas. Esta validação permitiu demonstrar o desdobramento da metodologia ao longo das várias operações que constituem o processo de litografia, processo este que dispõe de um “mix” elevado de produtos e lida com dificuldades operacionais tais como um elevado nível de “Work In Process” e a “lead times” demasiado longos e imprevisíveis. Estes aspetos traduzem-se, por sua vez, em limitações no plano das eficiências e no que diz respeito ao cumprimento de prazos de entrega.

A utilização da metodologia POLCA na referida simulação de um estudo de caso demonstrou ser bastante útil na dinâmica de processos para a indústria com o perfil e desafios de um processo de litografia. A validação da metodologia através dessa simulação prática, construída a partir do estudo de caso, permitiu demonstrar a sua lógica de funcionamento e evidenciar os seus benefícios, contribuindo para uma divulgação desta metodologia na indústria.

**Palavras-chave:** Gestão de Fluxos, Capacidade, Planeamento e Controlo de Produção, Metodologias.

# Abstract

The Management of Material Flows and Capability areas are crucial for the success of companies operating in the industrial sector, allowing for enhanced organizational performance, and increase in market competitiveness. Therefore, it is important for companies to measure the available capacity in order to adjust the actual demand for capacity and thus define sequences of operations to set the available capacity for the production of a particular good.

The issue of Management Material Flows and Capability is more critical in production environments of high product variety and low volumes, i.e., in environments engineer-to-order. These two areas focus on two fundamental aspects of decision: visualization of the available capacity at the time of introduction of new orders and control of material flow.

In this context, we performed an analysis of the existing methodologies in the scientific system and made a comparison between those who would be more suited to this reality, focusing on the advantages and disadvantages of their application in industries operating in environments of great variety and small volume.

After analysis and comparison of methodologies known and used by companies, the conclusion reached is that the methodology that best fits these production environments is the methodology POLCA - Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization.

To validate the methodology, we carried out a case study, focusing on a process of lithography typical in the production industry of Metal Packaging. This validation has demonstrated the deployment of the methodology throughout the various operations that constitute the lithography process, a process that has a high mix of products and deals with operational difficulties as a high level of WIP, long and unpredictable lead times. These aspects are reflected around the limitations, efficiency and meeting deadlines. These aspects are reflected in turn in limitations in terms of efficiency and meeting deadlines.

Using the methodology proved to be very useful in dynamic processes for this industry, both in terms of reorganization and in terms of practical application.

Through the validation of the methodology in the case study, it allowed the acquisition of knowledge, contributing to the dissemination of this methodology in the industry.

**Keywords:** Management Flows, Capacity, Efficiency, Methodologies.

# Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo .....	iv
Abstract.....	v
Índice.....	vi
Lista de Figuras .....	ix
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Siglas e Acrónimos.....	xii
Capítulo 1 .....	1
Introdução .....	1
1.1. Âmbito .....	1
1.2   Objetivos da Dissertação .....	2
1.3   Estrutura da Dissertação .....	2
Capítulo 2 .....	4
Caracterização das empresas com baixo volume de produção e elevada variedade .....	4
2.1   Enquadramento .....	4
2.2   Tipologias de Produção .....	5
2.3   Exemplos de Indústrias de Produção Baixo Volume e Alta Variedade.....	6
Capítulo 3 .....	8
Gestão de Fluxos de Materiais e de Capacidade.....	8
3.1   Enquadramento do Problema.....	8
3.2   Tipos de Layout.....	10
3.3   Gestão da Capacidade .....	16
Capítulo 4 .....	19
Metodologia para a gestão de fluxos de materiais e de capacidade.....	19
4.1   Enquadramento .....	19
4.2   Introdução.....	19
4.2.1 Metodologia MRP II (Manufacturing Resource Planning).....	20

4.2.2	<i>Metodologia PBC (Period Batch Control)</i> .....	22
4.2.3	<i>Metodologia KANBAN</i> .....	23
4.2.4	<i>Metodologia CONWIP (Constant Work in Progress)</i> .....	25
4.2.5	<i>Metodologia DEWIP (Decentralized Work in Progress)</i> .....	26
4.2.6	<i>Metodologia LOOR (Load Oriented Order Release)</i> .....	27
4.2.7	<i>Metodologia POLCA (Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization)</i> 27	
4.3	<b>Comparação entre Metodologias</b> .....	29
4.4	<b>Escolha de uma metodologia</b> .....	31
4.5	<b>Etapa para Aplicação da Metodologia POLCA</b> .....	33
4.5.1	<i>Definição de Necessidades</i> .....	34
4.5.2	<i>Conceção do Sistema</i> .....	35
4.5.3	<i>Implementação</i> .....	38
4.5.4	<i>Avaliação</i> .....	39
Capítulo 5	.....	41
Validação da Metodologia POLCA	.....	41
5.1	<b>Seleção do Processo Produtivo</b> .....	41
5.2	<b>Processo de Litografia</b> .....	43
5.3	<b>Metodologia POLCA</b> .....	44
5.3.1	<i>Células POLCA</i> .....	45
5.3.1.1	<i>Células de Corte</i> .....	46
5.3.1.2	<i>Células de Pré-Impressão</i> .....	46
5.3.1.3	<i>Células de Impressão</i> .....	47
5.4	<b>Capacidade Instalada</b> .....	48
5.4.1	<i>Capacidade Instalada em horas</i> .....	48
5.4.1.1	<i>Capacidade Instalada em unidades</i> .....	49
5.5	<b>Loops POLCA</b> .....	50
5.6	<b>Cartões POLCA</b> .....	51
5.7	<b>HL-MRP</b> .....	53
5.8	<b>Simulação</b> .....	54

5.8.1	<i>1ª Encomenda de 1.100 folhas de alumínio com 3 Cores</i>	55
5.8.2	<i>2ª Encomenda de 900 folhas de alumínio com 2 Cores</i>	56
5.8.3	<i>3ª Encomenda de 1.250 folhas de alumínio com 1 Cor</i>	58
5.9	Síntese da aplicação da metodologia	59
Capítulo 6		61
Conclusões e Desenvolvimentos Futuros		61
6.1	Conclusões	61
6.2	Desenvolvimentos Futuros	62
Bibliografia		63
Anexos		67
Anexo I – Ordem de Produção de Corte de Folha		67
Anexo II – Ordem de Produção de Pré - Impressão		67
Anexo III – Ordem de Produção de Impressão		67
Anexo I		68
Anexo II		70
Anexo III		702

# Lista de Figuras

Fig. 2-1 Modelos de produção em função do volume de produção e variedade de produtos.....	4
Fig. 3-1 Matriz de Produto Processo .....	10
Fig. 3-2 Relação entre Tipos de Processo e Layouts .....	11
Fig. 3-3 Layout de Posição Fixa .....	11
Fig. 3-4 Layout de Processo .....	13
Fig. 3-5 Layout de Produto.....	14
Fig. 3-6 Layout Celular .....	15
Fig. 3-7 Modelo do Funil.....	17
Fig. 4-1 Ilustração de Fluxos do Sistema Push.....	20
Fig. 4-2 Ilustração de um Sistema MRP II.....	22
Fig. 4-3 Ilustração de um Sistema PBC .....	22
Fig. 4-4 Ilustração de Fluxos do Sistema Pull.....	23
Fig. 4-5 Ilustração de Fluxos de Cartão no Sistema KANBAN.....	24
Fig. 4-6 Ilustração de Fluxos de Cartão no Sistema CONWIP .....	25
Fig. 4-7 Ilustração de Fluxos de Cartão no Sistema CONWIP .....	26
Fig. 4-8 Ilustração de Fluxos de Cartão no Sistema POLCA .....	29
Fig. 4-9 Ilustração de Fluxos de Cartão no Sistema POLCA .....	32
Fig. 4-10 Etapas para Aplicação da Metodologia POLCA.....	34
Fig. 4-11 Exemplo de um Cartão POLCA.....	36
Fig. 5-1 Processo de Produção de Embalagens Metálicas Alimentares.....	42
Fig. 5-2 Balote de Folha Cortada.....	43
Fig. 5-3 Balote de Folha Envernizada.....	43
Fig. 5-4 Balote de Folha Litografada.....	44
Fig. 5-5 Layout do Processo de Litografia.....	44
Fig. 5-6 Células POLCA do Processo de Litografia.....	45
Fig. 5-7 Células de Corte.....	46
Fig. 5-8 Processo de Corte.....	46

Fig. 5-9 Células de Pré-Impressão.....	47
Fig. 5-10 Células de Impressão.....	47
Fig. 5-11 Capacidade instalada em horas em cada célula por Dia, Semana, Mês .....	48
Fig. 5-12 Capacidade instalada em unidades em cada célula por Dia, Semana, Mês .....	49
Fig. 5-13 POLCA Loops da Célula de Corte.....	50
Fig. 5-14 POLCA Loops da Célula de Pré-Impressão V1.....	50
Fig. 5-15 POLCA Loops da Célula de Pré-Impressão V2.....	51
Fig.5-16 Sinal de capacidade dos cartões POLCA .....	52
Fig. 5-17 Exemplo Cartão POLCA.....	53
Fig. 5-18 Elementos da Metodologia POLCA.....	54
Fig. 5-19 Operações da Célula C1 para V1.....	55
Fig. 5-20 Operações da Célula C1 para V1.....	56
Fig. 5-21 Operações da Célula C1 para V2.....	57
Fig. 5-22 Operações da Célula V2 para P2.....	57
Fig. 5-23 Fim da operação na Célula P2.....	58
Fig. 5-24 Operações da Célula C1 até à Célula P3.....	59

# Lista de Tabelas

Tab. 4-1 Comparação das Metodologias.....	30
Tab. 5-2 Comparação entre Processo de Litografia e Produção de Embalagens.....	42
Tab. 5-3 Capacidade instalada em horas em cada célula por Dia, Semana, Mês .....	48
Tab. 5-4 Capacidade instalada em unidades em cada célula por Dia, Semana, Mês.....	49
Tab. 5-5 Output em unidades em cada célula.....	49

# Lista de Siglas e Acrónimos

<i>CONWIP</i>	<i>Constant Work in Progress</i>
<i>CRP</i>	<i>Capacity Requirements Planning</i>
<i>DEWIP</i>	<i>Decentralized Work in Progress</i>
<i>ERP</i>	<i>Enterprise Resource Planning</i>
<i>HL-MRP</i>	<i>High Level - Material Requirement Planning</i>
<i>LOOR</i>	<i>Load Oriented Order Release</i>
<i>MPS</i>	<i>Master Production Schedule</i>
<i>MRP</i>	<i>Material Requirement Planning</i>
<i>MRP II</i>	<i>Manufacturing Resource Planning</i>
<i>MTO</i>	<i>Make to Order</i>
<i>MTS</i>	<i>Make to Stock</i>
<i>PAC</i>	<i>Production Activity Control</i>
<i>PBC</i>	<i>Period Batch Control</i>
<i>POLCA</i>	<i>Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization</i>
<i>WIP</i>	<i>Work In Progress</i>

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1. Âmbito

A evolução do mercado global tem realçado cada vez mais a importância de se conhecer modelos organizacionais de produção e adotá-los com vista a melhorar a performance organizacional das empresas. Estes modelos pretendem responder a problemas vários que resultam de aspetos tão diversos como sejam a globalização do mercado, a sua volatilidade e os níveis de qualidade dos produtos. Através da globalização os clientes começaram a ter acesso a uma oferta maior e com níveis mais elevados de customização. Por essa razão, as empresas têm necessidade de se reajustarem às mudanças exigidas pelos novos mercados emergentes com o aumento da personalização dos produtos.

A volatilidade é uma característica destes novos mercados. Para ultrapassar essa volatilidade, um fator diferenciador é a rapidez de resposta, fator este que não foi de todo alcançado pelas organizações que representam algumas indústrias. Este fator diferenciador pode ser obtido através da melhoria dos processos produtivos, contribuindo para a redução do Lead Time.

Os níveis de qualidade constituem outro dos problemas da globalização. A exigência por parte dos clientes é cada vez maior em função do aumento da oferta, o que obriga as empresas a melhorar os seus processos, de forma a garantir níveis de qualidade elevados.

Existem poucos sistemas de planeamento que respondam a todas as problemáticas, quer a nível da gestão dos procedimentos, quer a nível da cadeia de abastecimento. A cadeia de abastecimento em que a empresa se encontra é vital para o seu sucesso, pois nenhuma empresa se encontra a operar isoladamente e com total autonomia no mercado, pois depende sempre de terceiros, tanto ao nível de bens como de serviços.

Esta problemática tem vindo a atingir muitas organizações em termos de eficiência de alguns dos seus processos organizacionais. Tem sido cada vez maior o interesse pela pesquisa e desenvolvimento de sistemas de produção que deem resposta aos problemas de eficiência, mas há ainda um longo caminho a percorrer, devido a cada indústria ter as suas características específicas. Um aspeto importante no qual estamos focados são as mudanças ao nível da filosofia de gestão, onde será descrita a forma de obter novas respostas, i.e., novas metodologias para este tipo de problemáticas às quais assistimos nos dias de hoje.

## **1.2 Objetivos da Dissertação**

O objetivo desta dissertação consiste em compreender e comparar as diferentes metodologias implementadas em ambientes produtivos de baixo volume e elevada variedade, de modo a perceber qual a melhor metodologia para solucionar os problemas de gestão de fluxos e de capacidades.

De forma a encontrar respostas para os problemas identificados, será feita uma análise às metodologias existentes no sistema científico. Após a análise das metodologias será efetuado um estudo comparativo através de uma matriz, a qual permitirá evidenciar as vantagens e desvantagens de cada metodologia. Através da ajuda da matriz será selecionada a metodologia que melhor responda ao problema da gestão de fluxos e de capacidades.

Após seleção da metodologia que melhor se enquadra nos problemas referidos, será feita a sua validação através de um caso prático, onde será aplicada essa metodologia, esperando-se, com ela, alcançar soluções para os problemas assinalados.

## **1.3 Estrutura da Dissertação**

A dissertação foi estruturada em seis capítulos. No presente capítulo é apresentado o âmbito, objetivos e estrutura da dissertação.

O próximo capítulo proporciona uma visão detalhada das empresas industriais em ambientes de produção de baixo volume e elevada variedade, onde é efetuada uma descrição dos tipos de processos produtivos existentes e exemplos de indústrias com as mesmas características.

No capítulo seguinte é realizado um enquadramento teórico do problema levantado nesta dissertação, descrevendo as principais dificuldades e limitações na gestão de fluxos de materiais e na gestão de capacidades.

No capítulo quarto, tal como já foi referido em 1.2, far-se-á uma análise comparativa das metodologias disponíveis com base numa matriz concebida para o efeito, a qual permitirá eleger a metodologia mais adequada com vista à resolução dos problemas colocados pela Gestão de Fluxos e de Capacidades, bem como conhecer as diferentes etapas da sua execução.

Seguidamente, no quinto capítulo, será apresentado um caso prático (virtual), aplicando a metodologia selecionada no capítulo anterior, com o objetivo de validar a metodologia selecionada. O caso prático consistirá na simulação do funcionamento de um processo de litografia, onde existem dificuldades a nível de eficiências e do cumprimento de prazos de entrega. Serão introduzidas novas encomendas para visualizar todos os processos associados, através de ferramentas visuais que permitem apurar as melhorias que se podem alcançar.

Por último, no capítulo sexto, será efetuada a síntese do trabalho realizado. Os objetivos delineados para a dissertação serão avaliados, assim como as conclusões alcançadas ao longo do

trabalho. Adicionalmente, serão recomendados trabalhos a desenvolver futuramente, através de investigação focada nesta temática, a fim de garantir a continuidade do seu aprofundamento.

# Capítulo 2

## Caracterização das empresas com baixo volume de produção e elevada variedade

### 2.1 Enquadramento

As empresas adotam modelos de produção que possam ir ao encontro das suas necessidades de produção. A opção por um dado modelo de produção vai ter como consequência um conjunto de condicionalismos sobre as operações, tipos de tecnologias de produção e serviços de suporte a realizar, que tenderão a ser mais vantajosos para a empresa obter os níveis de eficiência e eficácia desejados.

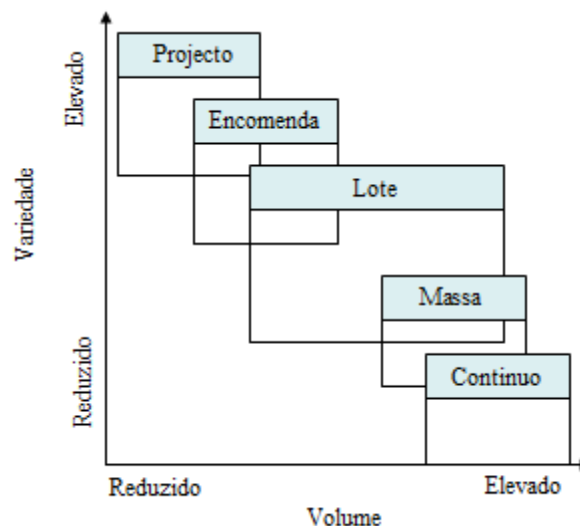


Fig. 2-1. Modelos de produção em função do volume de produção e variedade de produtos  
(Stevenson, 2001)

Segundo Medsker e Campion (2001), a caracterização de um modelo de produção decorre da forma como uma empresa se organiza e realiza todo o conjunto de operações, dispondo as etapas do processo numa ordem lógica, de molde a tornar rentáveis os recursos consumidos no mesmo. Essas etapas do processo vão desde a aquisição da matéria-prima até ao produto acabado.

De seguida serão abordados três modelos ou tipos de produção: a produção em massa, a produção por lotes e a produção oficial, por forma a ter-se uma perceção das suas diferenças e quais são as suas características, necessidades e perfis. Essa descrição irá permitir caracterizar a distinção entre os referidos tipos de produção e assim verificar-se, com maior detalhe, as especificidades da produção em ambientes de alta variedade e volumes reduzidos. Este tipo de

sistemas de produção é o objeto deste estudo.

## 2.2 Tipologias de Produção

A designação de produção em massa está associada à produção de produtos em larga escala, tipicamente com um elevado nível de padronização. A produção em massa permite obter altas taxas de produção por trabalhador e ao mesmo tempo obtém produtos a custos reduzidos (Slack, Chambers, e Johnston 2007). Uma das características da produção em massa consiste na necessidade de elevados níveis de investimento por forma a dotar a empresa com máquinas capazes de produzir grandes volumes. Pode ainda haver uma produção em massa associada à produção de produtos complexos. Nesses casos, o que se observa é que, ao invés de existir, por exemplo, apenas uma linha de montagem, existem diversas linhas de montagem auxiliares que alimentam uma linha principal, com as partes que formarão o produto final.

A produção em massa beneficia de economias de escala pelo grande volume e repetitividade das operações. É típico, neste tipo de produção, cada trabalhador repetir uma tarefa ou um reduzido número de tarefas relacionadas, utilizam as mesmas ferramentas, realizando operações praticamente idênticas e assegurando, assim, uma grande cadência no fluxo de produtos. Para essa cadência é importante que os postos de trabalho sejam muito bem concebidos e os trabalhadores encontrem ao seu alcance todas as ferramentas e materiais necessários.

Há autores (Slack, Chambers, e Johnston 2007) que, em relação a este tipo de sistemas produtivos, referem que a probabilidade de ocorrer um erro humano ou de ocorrerem variações na qualidade também é bastante reduzida, já que as tarefas são realizadas na sua maioria por máquinas. A redução efetiva nos custos de produção, assim como o aumento nos volumes de produção, permitem gerar grandes volumes a preços competitivos, comparativamente com os métodos de produção tradicionais. Contudo, este género de produção é padronizado e restrito, não sendo possível efetuar grandes alterações ao produto. As únicas alterações possíveis poderão ser obtidas na fase final de montagem ou de acabamento. Alguns exemplos mais conhecidos deste tipo de produção são: Indústria Alimentar (Refrigerantes), Consumíveis Informáticos (Chips), Indústria de Celulose (Papel).

Outro tipo de produção existente é a produção por lotes, onde a quantidade produzida é limitada a cada tipo de produto, sendo que cada produção tem uma autorização, que corresponde a uma quantidade produzida de cada vez. Caracteriza-se pela produção de um número limitado de produtos em intervalos periódicos (Algeo e Barkmeyer 2001). Exemplos típicos de produção por lote, são as indústrias de processo, como: Indústria Farmacêutica, Indústria de Tintas e de Produtos Químicos.

Quanto à produção oficial, está associada a empresas de pequeno porte que lidam com produções por medida, ou seja, por encomenda. Este tipo de produção tem uma natureza de processos bastante específica, vocacionada para produções com baixos volumes (por vezes, até unitárias) e com elevada variedade. Pelas suas características as empresas possuem equipas especializadas em produções customizadas. Eis um exemplo típico de produção oficial: Indústria de

Moldes.

Para tipologias de produção que não sejam massificadas, ou seja, o citado ambiente de alta variedade de produtos e baixo volume, segundo Suri (2003), existem filosofias de gestão que dão resposta às suas características, tendo como base a redução de lead times de uma forma não global, mas sim processual, ou seja, dentro de uma organização existem conjuntos de operações, sendo cada uma delas analisada individualmente, por forma a torná-la o mais eficiente possível.

## **2.3 Exemplos de Indústrias de Produção Baixo Volume e Alta Variedade**

Para exemplificar indústrias que têm na sua especificidade características de produção de baixo volume e elevada variedade, i.e., produção customizada ou engineer-to-order, temos a Indústria de Moldes. Nesta indústria cada molde é um artigo único. Por essa razão o planeamento é bastante importante e os prazos de entrega também. Existem múltiplos fatores que condicionam a competitividade desta indústria, tais como processos de fabrico, montagem e planeamento. A possibilidade de gerir e controlar todas as operações de fabrico dos moldes, bem como o fluxo dos materiais, permite controlar a capacidade disponível e melhorar os prazos de entrega.

Outro exemplo de indústrias com características semelhantes é o caso da Indústria de Calçado de Alta-costura. É uma indústria que abrange uma grande variedade de materiais, como sejam o têxtil, o plástico, a borracha e o couro, sem especificação do género. A diversidade dos produtos desta indústria tem como consequência um elevado número de processos produtivos. As encomendas de pequenas séries com prazos de resposta reduzida, exigem níveis de serviço elevados. A especialização das empresas no fabrico de pequenas encomendas obrigou a uma grande modernização tecnológica e organizativa.

O exemplo da Indústria Aeronáutica é também um bom exemplo deste tipo de ambiente. Esta indústria sofreu uma evolução em termos de produção de componentes, possuindo características de produção customizada (apesar do cliente final não alterar as características do produto), é uma indústria com grandes exigências no que diz respeito a padrões de qualidade e segurança.

A Indústria de Embalagens Metálicas é tipicamente uma indústria de produção em massa, mas possuem setores onde o tipo de produção é por lotes ou oficial. É o caso do Processo de Litografia que é um processo que tem um perfil bastante diversificado, i.e., tanto envolve a produção de lotes de média série, assim como a produção em pequenas séries. Descrevendo a Indústria de Embalagens Metálicas com mais detalhe, pode dizer-se que esta indústria revela processos que passam pelo corte de bobines com dimensões e materiais diferentes, como por exemplo alumínio, folha-de-flandres, folha de estanho. Para além das dimensões e tipo de materiais, as medidas de corte, espessura e dureza, diferem de pedido para pedido, tornando-se necessário ao seu corte o concurso de diferentes ferramentas e o exercício de várias intervenções, a fim de realizar essas operações.

O processo de litografia tem diversas fases, tais como envernizamento e impressão, que requerem diferentes vernizes e tintas, obrigando a tempos de Setup longos, devido às limpezas de depósitos de tintas e vernizes aquando da sua mudança. As operações neste tipo de indústria evidenciam grandes ineficiências devido às constantes paragens de Setup. Serão essas ineficiências que fazem com que o processo de litografia seja usado neste estudo e apresentado no capítulo quinto, na perspectiva de se analisar a sua complexidade e apontar oportunidades de melhoria.

Far-se-á referência a uma pluralidade de metodologias porque estas poderão estar particularmente vocacionadas para diferentes tipos de produção, sendo um exemplo disso aquele onde há maior variedade de produtos e baixos volumes de produção. Como já foi referido, a aplicação de uma metodologia bem adequada irá contribuir para melhorar a eficácia do planeamento e a execução das atividades e, assim, aumentar a eficiência dos processos, gerando ganhos de produtividade para a empresa.

Como síntese deste capítulo que procura caracterizar as empresas com baixo volume de produção e elevada variedade, donde se destacou o Processo de Litografia da Indústria de Embalagens Metálicas, o qual é apenas um exemplo que ilustra o ambiente deste tipo de produção; é ainda de referir que a produção é determinada pelas ordens dos clientes e o espaço fabril é organizado conforme o processo de produção; sendo que os processos são dispostos de acordo com o tipo de processos e/ou equipamentos. Assim, considerando que podemos ter diferentes ordens de clientes, verifica-se que não há regularidade no fluxo dos produtos de uma fase para outra e em termos de equipamento são necessárias mudanças e calibrações de acordo com os produtos finais em curso de produção. Segundo Suri (2003), este tipo de produção possui uma eficiência de processos usualmente baixa devido ao reduzido volume, e exige uma gestão de encomendas em função dos prazos de entrega prometidos aos clientes. A gestão de fluxos de materiais será assim, obrigatoriamente, o mais rigorosa possível.

# Capítulo 3

## Gestão de Fluxos de Materiais e de Capacidade

As novas metas de gestão segundo Stevenson (2001), exigem cuidados face ao capital investido em stock, existem metodologias para responder rapidamente às necessidades de produção, tentando sempre manter os níveis de stock, o mais reduzido possível, devido a consumirem recursos tais como: espaço, armazenagem, manuseamento, segurança; assim como os restantes bens têm tendência para se deteriorarem, logo, torna-se um imperativo de gestão reduzir os stocks de produto acabado ao máximo, caso contrário, poderão envolver parcelas de custo elevadíssimas para as organizações.

Através das necessidades identificadas pela procura, faz-se um balanço dos materiais em stock e subtrai-se às necessidades, que podem ser: matérias-primas, produto acabado e produto semiacabado. O balanço resulta de todo um conjunto de necessidades, procurando determinar-se: quando, quanto e quais os materiais que devem ser executados em ordem a satisfazer os pedidos de compra ou apenas entrar em produção.

A eficiência da Gestão de Fluxos de Materiais e de Capacidade deve ser medida através de índices que permitam analisar o presente e o futuro dos cenários. As organizações podem utilizar metodologias diversas face ao seu modelo de negócio e adaptar-se rapidamente a novas informações e novos cenários, o que vai determinar posições e tomadas de decisão com base nos indicadores mais fiáveis, tornando todo o sistema produtivo o mais eficiente possível.

A elaboração do balanço entre redução de investimento em stock e a rápida capacidade de resposta, será analisado no próximo capítulo, através de metodologias que, segundo cada orientação de produção, têm as suas potencialidades e limitações.

### 3.1 Enquadramento do Problema

A Gestão de Fluxos de Materiais e de Capacidades tem sido feita com grande sucesso em empresas que operam em ambiente de produção em massa. São exemplos disso as empresas do setor automóvel onde o conceito de “lean management” (Vollman et al. 2002) tem tido uma grande aplicação com o desenvolvimento de técnicas que, com grande eficácia, promovem fluxos de materiais e asseguram um balanceamento das capacidades que permitem o cumprimento dos prazos de entrega.

Ao contrário da indústria automóvel a indústria engineer-to-order, acusa dificuldades de cumprimento dos prazos de entrega, pois possuem um baixo volume de produção e uma elevada

variedade (Suri, 2005). Desta forma, não existe nenhuma metodologia que se aplique de forma eficaz para ultrapassar os problemas de eficiência.

O sentido desta dissertação é procurar contribuir para a adaptação de metodologias existentes no sistema científico à realidade das empresas deste setor, por forma a melhorar o desempenho das operações, desde a receção de encomendas até à entrega do produto acabado ao cliente.

Segundo Suri (2003), é frequente redesenhar o espaço fabril num layout funcional, no qual as máquinas ou os postos de trabalho similares são agrupados em secções ou centros de trabalho. Existe uma tendência por parte das empresas para produzirem apenas em resposta às encomendas dos clientes, sem qualquer visão crítica sobre a eficiência do processo fabril.

A existência de constantes perturbações e reconfigurações do planeamento com a chegada de novas encomendas perturba a programação da produção realizada pelo sistema informático, ficando rápida e constantemente desatualizada. Consequentemente, há uma necessidade contínua de reajuste do planeamento, provocando com isso ineficiências no processo produtivo.

Neste contexto, grande parte da investigação em problemas dinâmicos tem-se centrado no estudo da implementação de regras de prioridade. As regras de prioridade especificam para cada recurso, a sequência pela qual os trabalhos devem ser processados. Esta prática obriga a que os trabalhos aguardem pela disponibilidade dos recursos em filas de espera.



Tipos de Processo Produtivo	Tipos de Layout	Tipos de Processos de Serviços
Projecto de Processo	Layout de Posição Fixa	Serviços Profissionais
Processo por Encomenda		
Processo por Lotes	Layout de Processo	Serviço Oficial
Processo em Massa	Layout Celular	Serviço em Massa
Processo Contínuo	Layout de Produto	

Fig. 3-2. Relação entre Tipos de Processo e Layouts (Slack, Chambers, e Johnston 2007)

Torna-se importante perceber os diferentes tipos de layouts, para adequarmos ao estudo de caso e selecionar o layout mais adequado à metodologia escolhida conforme descrita na Fig. 3-2.

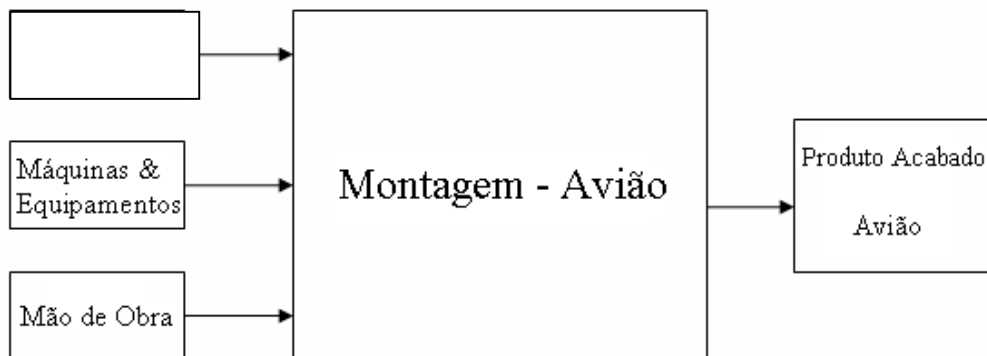


Fig. 3-3. Layout de Posição Fixa (Stevenson, 2001)

O Layout de Posição Fixa como o próprio nome indica consiste numa posição fixa, onde os recursos circulam à sua volta. É utilizado quando o produto ou serviço não pode ser movido e assim o processo de transformação deve ocorrer no local de criação do produto ou prestação dos serviços. Numa disposição fixa, todos os recursos para a execução de um dos produtos, tais como, os equipamentos de trabalho devem mover-se para o local do produto ou serviço.

O espaço disponível para a realização das atividades de montagem pode restringir a quantidade de atividade de trabalho que pode ocorrer a qualquer momento. Isso significa que a programação detalhada dos recursos é necessária para minimizar os atrasos. As vantagens de layout de posição fixa são:

- O investimento em estrutura é muito pequeno;
- O layout é flexível quanto à mudança no projeto de trabalho e uma sequência de operação pode ser facilmente incorporada;
- Ajustes podem ser feitos para satisfazer falta de materiais ou ausência de trabalhadores, alterando a sequência de operações.

Como desvantagens, o layout de posição fixa apresenta uma, a saber:

- Em períodos longos de produção, o investimento de capital em stock é muito elevado sendo necessário um espaço grande para o armazenamento de material e do equipamento junto à zona de operação.

Exemplos de layouts de posição fixa incluem locais de construção de edifícios ou de grandes navios, fabricação de aviões e restaurantes de serviço completo.

Outro tipo de Layout é o de Processo, em que os recursos (equipamentos e pessoas) que têm processos ou funções semelhantes são agrupados em conjuntos. Os Layouts de Processo são normalmente usados quando existe uma grande variedade de produtos ou serviços, e pode não ser viável dedicar recursos individualmente para a entrega de cada produto ou serviço. Este tipo de Layout, permite também que os produtos ou clientes se desloquem para cada posto ou estação, com base nas necessidades individuais destes. Uma vantagem deste layout é a sua flexibilidade que lhe permite uma utilização ampla do espaço para a satisfação de uma variedade de solicitações, dependendo das necessidades sentidas. Outro benefício, é a gama de produtos ou serviços poder ser estendida desde que não seja necessário acomodar novos recursos dentro deste layout.

Este tipo de layout é usado na produção por lotes. É mais utilizado quando o produto não é normalizado e a quantidade produzida é muito pequena. As vantagens deste layout de processo são:

- Investimentos de capital inicial mais reduzidos;
- Elevado grau de utilização da linha de produção;
- Custos indiretos relativamente baixos;
- A disposição dos equipamentos não perturba o processo de produção;
- A supervisão pode ser mais eficaz e especializada, proporcionando maior flexibilidade de recursos.

As desvantagens de layout de processo são:

- Os custos de manuseamento dos materiais são elevados devido ao retrocesso;
- O Inventário de WIP é mais elevado;
- Maior necessidade de inspeção;
- Necessidade de um controlo mais frequente da produção e qualidade.

Neste tipo de disposição, as máquinas de um mesmo tipo são dispostas em conjunto numa zona comum, está ilustrado na Fig. 3-4, onde existe sinergia de recursos entre os vários processos.

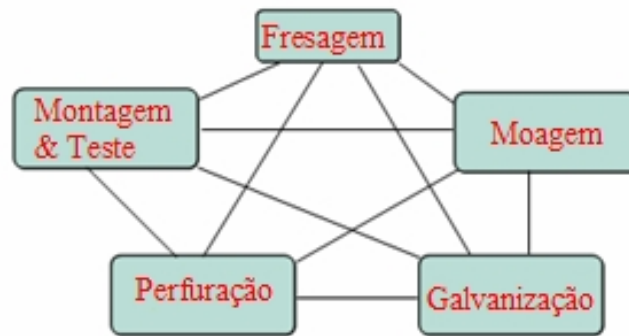


Fig. 3-4. Layout de Processo (Stevenson, 2001)

Uma questão importante com layouts de processo é a gestão do fluxo de produtos ou serviços entre os grupos de recursos. A problemática do transporte entre diferentes processos pode ser um fator significativo em termos de tempo de transporte e custos de manipulação. Outro problema é o número de produtos ou serviços envolvidos e o facto de cada produto e/ou serviço poder seguir uma rota individual entre os grupos de processos, e assim faz com que seja difícil de prever quando é que um produto particular será entregue ou um serviço efetuado. Isto porque, em determinados momentos, o número de clientes ou produtos que chegam a um dado processo excede a capacidade, formando assim uma fila até que os recursos voltem a estar disponíveis.

O tempo de espera do produto no processo pode conduzir a tempos de produção longos, i.e., o tempo necessário para um produto ou cliente progredir através do layout. Do ponto de vista produtivo uma quantidade significativa de tempo pode ser gasto para dar prioridade a certos produtos com vista a garantir que eles vão ser entregues aos clientes nas datas previstas. Exemplos de layouts de processo incluem supermercados, hospitais, lojas de departamento e fabricantes de componentes.

O tipo de Layout de Produto, também denominado layout de linha, organiza os recursos necessários para um produto em torno das suas necessidades.

Em aplicações industriais, tais como linhas de montagem com um elevado volume de um produto padrão, o fluxo move-se de uma estação de processamento para a seguinte. Em comparação com o layout de processo em que os produtos são deslocados para os recursos, aqui os recursos estão dispostos e dedicam-se a um determinado produto. As disposições dos produtos referem-se à organização dos recursos, conforme ilustra a Fig.3-5.

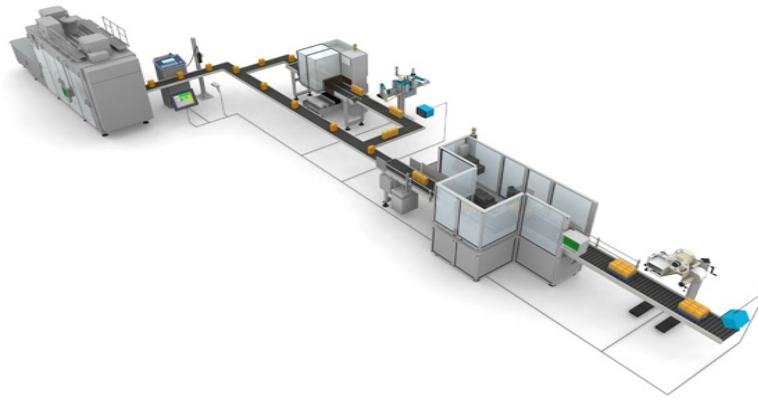


Fig. 3-5. Layout de Produto (Internet: [http://www.hardwarept.co.uk/success stories/autocoding/39](http://www.hardwarept.co.uk/success%20stories/autocoding/39))

A questão-chave em layouts de produtos são as fases da linha de montagem, porque devem ser configuradas de forma equilibrada. Isto significa que o tempo gasto por componentes ou clientes deve ser aproximadamente a mesma para cada fase, caso contrário, as filas vão ocorrer tornando o processo mais longo e demorado.

O layout de produto é um sistema de entrega eficiente em que o uso de equipamento específico promove uma linha equilibrada, pois permite otimizar o tempo em relação ao tipo de layout de processo. O principal problema desta tipologia deve-se à falta de flexibilidade característica de um layout de processo e só produz um produto padrão. Outro dos problemas experimentados ocorre no momento de falha da linha, em que a frequência de saída é perdida, i.e., a perda de recursos, a falha de equipamento ou falta de pessoal interferem na cadência da linha produtiva.

As vantagens de layout de produto são:

- Baixo custo de manuseamento de materiais, devido ao percurso ser em linha recta;
- Fluxo contínuo de trabalho;
- Nível de inventário reduzido;
- Otimização da utilização do espaço;
- Inspeção mais simples e eficaz do trabalho e controlo de produção simplificado;
- Custo de produção reduzido comparativamente à produção unitária.

As desvantagens são:

- Maior investimento de capital inicial em máquinas;
- Elevados encargos gerais,
- Menor flexibilidade dos recursos físicos.

Exemplos de layouts de produtos incluem linhas de montagem de automóveis, self-services, e cafés. É normalmente utilizado para a produção em massa de produtos normalizados.

Por último, descrevemos outro tipo de Layout: o Celular, o qual tenta combinar a eficiência de um

layout de produto com a flexibilidade de um layout de processo. Este tipo de layout é criado através da união de postos de trabalho da mesma gama de produtos. Ao agrupamento de produtos num conjunto, denomina-se família.

O processo de agrupamento pode ser feito tanto por produtos, como por técnicas, i.e., ao agrupar as tecnologias ou os produtos com características semelhantes, denominamo-los por famílias, este agrupamento está representado na Fig. 3-6.

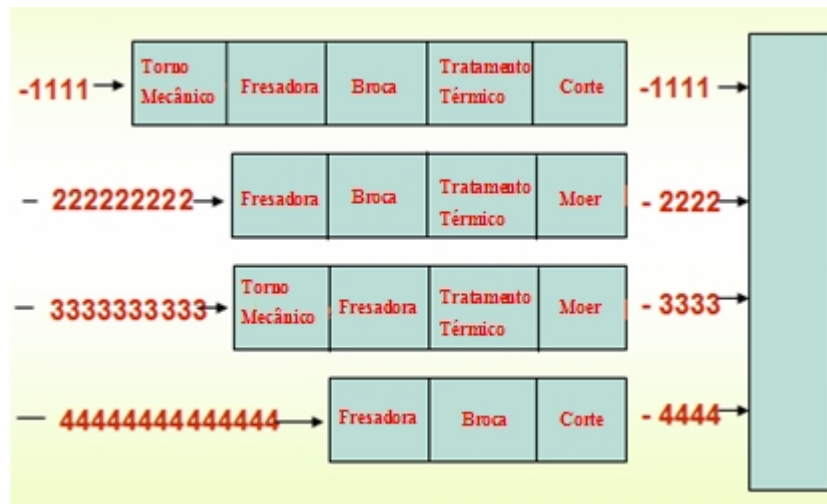


Fig. 3-6. Layout Celular (Stevenson, 2001)

Segundo Johnston (2005), o processo de agrupamento é constituído por três fases:

- A primeira fase tem como objetivo agrupar produtos/tecnologias em famílias, ou seja reduzir o tempo de troca entre lotes, permitindo lotes mais pequenos, e assim melhorar a flexibilidade. A família é baseada na ideia de agrupar produtos/tecnologias de acordo com semelhanças, tanto a nível dos produtos como de funcionalidades das máquinas;
- A segunda fase consiste em agrupar instalações físicas em células para reduzir o tempo de transporte entre processos. As instalações físicas são agrupadas em células com a intenção de reduzir o material ou movimentos entre elas. Considerando um layout de processo, o movimento de materiais entre departamentos com processos semelhantes pode ser extensivo. Uma célula compreende todas as instalações necessárias para a fabricação de uma família de componentes. O material é, por conseguinte, limitado no interior da célula e os tempos de produção são reduzidos. As células permitem que os operadores executem mais do que um processo, minimizando simultaneamente o movimento;
- A terceira fase consiste em criar grupos de trabalhadores multiqualificados, o que permite maior autonomia e flexibilidade por parte dos operadores. Permitindo assim que as trocas sejam fáceis entre as partes e aumente o enriquecimento do trabalho e a motivação dos membros do grupo. A criação de células com recursos dedicados reduz

significativamente o tempo de processamento dos produtos, com redução do tempo das filas de espera.

Exemplos de layouts celulares incluem indústrias de produção oficial, tais como: indústria dos moldes e calçado de alta-costura.

A seleção do tipo de layout está ligada e interage diretamente com o modelo de negócio, e como as restantes vertentes operacionais se encontram em constante inovação, com a introdução de novas tecnologias e modelos de atuação, a sua correta opção e implementação é necessária para garantir maior agilidade aos processos.

### **3.3 Gestão da Capacidade**

Segundo Stevenson (2001), a gestão de capacidades tem como objetivo visualizar a quantidade de trabalho alocada a cada centro de trabalho, para que se possa saber se a empresa tem capacidade para responder à procura e às encomendas, para, desta forma, ser possível prever cargas de trabalho. Uma gestão eficiente da capacidade pode ser uma estratégia organizativa baseada na diferenciação da concorrência. É crucial uma visualização atempada da capacidade, tanto para gerir recursos internos, como para dar respostas aos clientes.

As previsões fornecem uma base para a coordenação dos planos de atividades nas várias áreas das organizações.

O planeamento de capacidades vai proporcionar ao planeamento de materiais uma diferente abordagem, com o cumprimento da procura e com a elaboração de planos previsionais. A visualização da capacidade disponível permite ajustar os planos de produção, e assim identificar limites de capacidade e ajustar a produção à realidade.

A definição de Capacidade deve ter em consideração o volume e o tempo disponível de que um sistema dispõe em situações normais. Assim, a capacidade pode ser considerada como um meio de que uma organização dispõe para equacionar o fornecimento de bens e serviços aos clientes nos momentos e volumes solicitados. As decisões devem, em primeiro lugar, identificar os requisitos de capacidade e, em seguida, avaliar as alternativas aos planos de capacidade gerados.

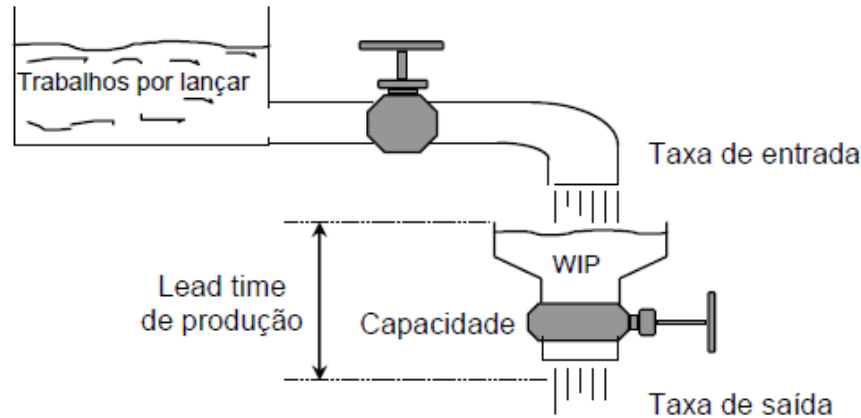


Fig. 3-7. Modelo do funil (Plossl 1985, citado por Fernandes 2007, p. 11)

Esta fase de identificação do volume da procura do cliente é determinante para a visualização da capacidade existente no shop floor.

Segundo Henrich, Land e Gaalman (2003), as empresas com produções oficinais têm de estar preparadas para reagir a ambientes turbulentos e a diversas situações de incerteza, tais como: mudanças no mix e do volume do produto, alterações de produção, alterações nos processos, elevado número de pedidos.

Desenvolver previsões permite dar uma forma à procura e adaptar devidamente a organização, permitindo-lhe, através das previsões de vendas encontrar uma forma para atingir o serviço ou a produção desejada. As previsões de vendas geralmente são atribuídas ao departamento de vendas, devendo ser o mais precisas possível, pois todo o planeamento será efetuado de acordo com a procura. As operações serão tanto mais bem-sucedidas quanto mais próximas da realidade estiverem as previsões. Portanto, o sucesso operacional das organizações ficará dependente do grau dessa aproximação, bem como da eficácia da gestão da capacidade, uma vez que é parte importante dessa operacionalidade.

Segundo Germs e Riezebos (2008), a procura deve expressar e ser conduzida às potencialidades e restrições da capacidade disponível, como por exemplo, horas ou horas/máquina (H/M), conforme apropriado. As previsões de vendas devem permitir que a nível da gestão de operações seja exequível garantir capacidade suficiente para satisfazer a procura, num determinado momento no tempo, de forma eficiente, ou seja com custos suportáveis de forma a atingir níveis desejáveis de capacidade.

A quantidade de capacidade disponível deve levar também em conta potenciais situações limitadoras que ocorrem, inerentes ao sistema produtivo, como por exemplo: tempos de preparação de linha, paragens por avarias, absentismo de operadores, entre outras. Assim, para se conseguir uma gestão eficiente da capacidade, deve ter-se em consideração estas situações limitadoras por forma a conseguir antecipar a montante a operação, a fim de obter a satisfação da procura. A previsão destes incidentes, possibilita uma preparação para a sua eventual ocorrência. Uma das formas de lhes dar resposta poderá ser através de stocks de segurança.

Quando tomada em consideração a medição da capacidade, não se deve analisá-la de forma estática, mas sim dinâmica, pois existem variáveis que dependem umas das outras, tais como: disponibilidade de máquina, número de encomendas, recursos disponíveis, entre outras.

A capacidade planeada das máquinas raramente é cumprida devido a fatores como: manutenção, avarias e tempo de configuração de uma máquina entre a mudança de produtos. É importante a existência de um rácio que analise a capacidade máxima disponível, para visualizar a utilização efetiva das máquinas vs. a capacidade projetada, com o objetivo de obter um rácio que otimize a utilização real da capacidade.

A forma de ajustar a capacidade real à capacidade prevista, permite à organização dispor de flexibilidade e adaptação às alterações de mercado dos seus clientes e, ao mesmo tempo, estar preparada para a variação da procura; défices de capacidade; avarias de equipamentos; e falhas de um componente. O grau de flexibilidade deve ser determinado no contexto da estratégia competitiva da organização.

# Capítulo 4

## Metodologia para a gestão de fluxos de materiais e de capacidade

### 4.1 Enquadramento

Segundo Womack e Jones (1996), os problemas reais de programação das empresas normalmente são muito diferentes dos modelos matemáticos estudados. É difícil categorizar todas as diferenças entre os problemas reais e os modelos teóricos, pois cada problema real de programação tem as suas próprias especificidades. Os modelos teóricos normalmente assumem que existe um determinado número de tarefas a serem agendadas e que, após as tarefas estarem programadas, o problema fica resolvido.

Na vida real, pode existir num dado ponto no tempo uma quantidade de ordens em curso no sistema, mas a cada momento novos postos de trabalho e ordens são adicionadas. Tornando-se necessário reprogramar as operações em função da sua desatualização. No entanto, algumas disposições têm de ser tomadas de modo a que as operações estejam preparadas para o inesperado.

A natureza dinâmica dos problemas de programação exige uma atualização constante devido a eventos inesperados. Executa-se um calendário de operações com base em determinados pressupostos, sempre que um evento inesperado ocorre, é necessário efetuar as devidas modificações no mesmo calendário de operações, como por exemplo: avaria de equipamentos; falta de fornecimento de peças, o que pode provocar adiamento de manutenções, férias, etc. O processo de reprogramação, é por vezes referido como programação reativa (Stevenson, 2001), tendo como objectivo ultrapassar certos constrangimentos que ocorrem.

### 4.2 Introdução

A revisão bibliográfica permitiu identificar diferentes metodologias de sistemas produtivos, com diferentes características e aplicações. Para obter um conhecimento mais aprofundado de cada metodologia, será definido um conjunto de critérios para a sua análise, de forma a torná-los comparáveis, com base em classificações do sistema científico. Segundo Fernandes e Silva (2006), essas classificações são:

- Fluxo de materiais e de informação – dependendo se é um sistema Pull ou Push (sistemas estes que serão descritos no presente capítulo) a sua direcção é variável;
- Variável de controlo primária – um sistema que controla o stock em processo de produção e observa a taxa de saída, isto é, controla o output e observa o WIP;
- Tipologia de Sistema – podem ser sistemas centralizados ou descentralizados. O sistema centralizado utiliza centros de trabalho para determinar o nível de controlo, as decisões dos

níveis de WIP, através de um departamento de planeamento. Os sistemas descentralizados utilizam os centros de trabalho para determinar loops de controlo entre os centros de produção;

- Tipologia de produção - caracteriza as metodologias conforme a sua adequação em ambientes com alta ou baixa variedade de produtos e ambientes com fluxo de materiais mais ou menos complexos.

Os Sistemas Push são sistemas onde a produção é definida para ser executada num momento específico do tempo. No momento do lançamento dos produtos as sequências de operação são definidas. Quando uma operação termina, o output é empurrado para a operação seguinte, caso não exista disponibilidade o produto fica em fila de espera.

Nestes sistemas os planos de produção são elaborados com base na capacidade disponível e a produção é efetuada em função de uma venda definida para um futuro próximo. Sempre que exista produção superior às vendas, resulta na criação de volume de stock. Nestes cenários replaneiam-se as atividades podendo reduzir a produção até encontrar um ponto de equilíbrio entre a procura e a oferta, está ilustrado na Fig. 4-1. As metodologias que vamos analisar dentro dos sistemas Push são: MRP II – Manufacturing Resource Planning e PBC – Period Batch Control.



Fig. 4-1. Ilustração de Fluxos do Sistema Push

O Planeamento das Necessidades de Materiais, é uma metodologia que procura programar a produção para que esta tenha lugar exatamente na medida das necessidades dos clientes. Segundo Fernandes e Silva (2006), com esta metodologia a organização é feita a partir de previsões de vendas e com base nessa visão é possível elaborar um plano de necessidades, por forma a atingir a previsão de vendas, onde são contempladas datas de entrega, logo é uma metodologia centralizada. Esta consideração das datas de entrega permite organizar prioridades de produção assim como minimizar o stock de produto acabado e WIP. O planeamento da produção, segundo esta metodologia, realiza-se com base nas seguintes áreas: Plano Diretor de Produção; Estrutura dos Produtos; e Inventário dos materiais em stock.

#### **4.2.1 Metodologia MRP II (Manufacturing Resource Planning)**

Segundo Carter (s.d.), o conceito de Material Requirement Planning – MRP, é uma metodologia que procura programar a produção para que esta tenha lugar exatamente na medida das necessidades dos clientes. Segundo Fernandes e Silva (2006), com esta metodologia a produção é planeada com base nas previsões de vendas. Sendo assim possível determinar um plano de necessidades com datas de entrega e prioridades de produção, com o objetivo de minimizar o stock de produto acabado e o WIP.

O planeamento de produção, segundo esta metodologia, é feito a partir do Plano Diretor de

Produção; Estrutura dos Produtos; e Inventário dos materiais em stock. O conceito MRP evoluiu para um conceito integrado que abrange todas as atividades das organizações, envolvendo também a integração de estratégias de processos de negócios que são implementados utilizando plataformas de hardware e aplicações de software modulares, ligados a um banco central de dados que armazena e fornece dados e informações relativos ao negócio. O MRP está ligado principalmente com os materiais de fabricação, enquanto MRP II está orientado para a coordenação da produção industrial. O seu objetivo é fornecer dados consistentes para todas as áreas do processo de produção.

O sistema MRP II inicia-se como um MRP, planeamento de necessidades de material. O MRP permite a entrada de previsões de vendas, estas previsões determinam a procura de matérias-primas. Através do MPS – Master Production Scheduling, define-se um programa Mestre de Produção, onde se vai programar para cada linha os seus planos de produção através da procura, cujos dados foram anteriormente introduzidos. Enquanto o MRP permite a coordenação das compras de matérias-primas, o MRP II permite o desenvolvimento de um programa de produção detalhado que responde por máquina e capacidade de trabalho, programando a produção que é executada de acordo com a chegada dos materiais. Como output obtém-se a programação final detalhada de cada linha, contendo dados sobre o custo de produção, tempo de utilização da linha e materiais consumidos.

O passo seguinte é o módulo de CRP - Capacity Requirements Planning, que nos informa a capacidade disponível dos equipamentos, pessoas e materiais, dos quais precisamos para o calendário de necessidades do MRP. Caso não exista capacidade disponível, o MPS e as previsões de vendas têm de ser revistos e reintroduzidos novos dados, tendo em conta a capacidade disponível de que o sistema dispõe num dado momento. Estamos perante um processo de revisão contínua até que o calendário de MRP se torne compatível com a capacidade disponível. Posteriormente, este calendário será disponibilizado a todos os responsáveis das diversas áreas da empresa, como: Compras, Produção, Manutenção, Logística, etc.

Seguidamente, o módulo Production Activity Control – PAC efetua o balanço da produção planeada e realizada, inclui diversas atividades relacionadas com a criação, autorização e encerramento de ordens de produção, bem como efetua o seu acompanhamento em termos de horários, recursos consumidos, desperdícios, etc.; Finalmente, permite a possibilidade de se realizar uma análise a partir do confronto entre os planos de produção programados e o resultado obtido. Estes módulos estão representados na Fig. 4-2.

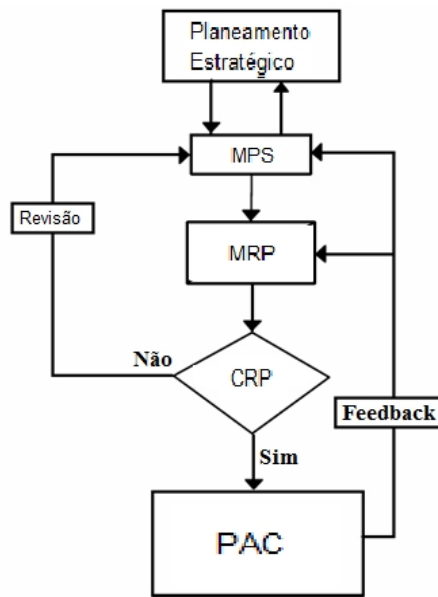


Fig. 4-2. Ilustração de um Sistema MRP II (Adaptado Carter, s.d.)

A Integração no sistema MRP II representa a ligação com todos os níveis elevados de planeamento das organizações como: marketing, finanças, produção, logística, etc. Desta forma, procura assegurar-se que todos os elementos deste sistema estão a atingir o objetivo comum de satisfazer a procura dos seus clientes.

#### 4.2.2 Metodologia PBC (Period Batch Control)

Segundo Benders e Riezebos (2002), a metodologia PBC – Period Batch Control, obedece ao seguinte funcionamento: está vocacionado para ciclos de tempo iguais, onde a sua desagregação tem o propósito de definir as quantidades de cada item a serem produzidas dentro do ciclo em questão. De seguida, são atribuídos os tempos de processo de cada etapa, onde estão incluídas outras atividades, tais como: expedição, montagem, fabricação de componentes, criação e gestão de ordens de fabrico, compras de matéria-prima. A atribuição de tempos é repetida para todos os ciclos e centralizada em termos de decisão. A metodologia Period Batch Control pode ser elaborada a partir das encomendas em curso ou através de uma previsão de vendas, conforme apresentado na Fig.4-3.

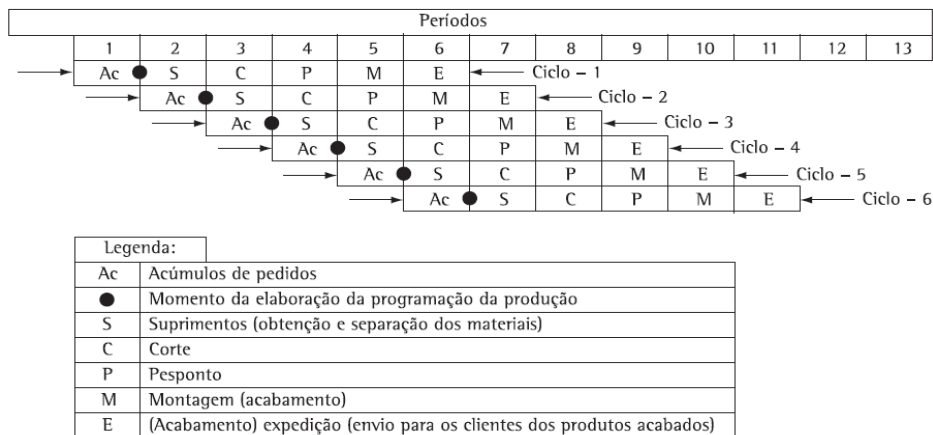


Fig. 4-3. Ilustração de um Sistema PBC (Severino et al. 2010)

As metodologias MRP II e PBC favorecem a sua implementação em ambientes com estruturas mais complexas, logo requerendo grandes investimentos, mas apresentando dificuldades na exatidão do lead time. Encontram-se vocacionados para produções em grande escala, podendo adaptar-se a produções MTS – Make to Stock e MTO - Make To Order. Para ambientes de grande variedade e baixo volume de produção, não têm aplicação devido à ausência tanto de previsões, como de produtos standards, pelo que não se consegue efetuar uma programação da produção segundo estas metodologias.

Fazendo a síntese dos Sistemas Push: a produção é empurrada para o mercado; o produtor tem a palavra sobre o produto que coloca no mercado; o mercado é segmentado, ou seja, para cada segmento existe um grande número de consumidores com necessidades semelhantes; os produtos são homogêneos; e as produções são séries longas.

Os Sistemas Pull, têm vindo a dar resposta a um mercado concorrencial, tornando-se uma alternativa aos Sistemas Push, os quais, na sua essência, agrupam grandes quantidades de consumidores com necessidades homogêneas, oferecendo-lhes um produto genérico.

Os Sistemas Pull proporcionam uma oferta limitada e restrita, identificando grupos de consumidores com diferentes necessidades, disponibilizando-lhes produtos personalizados, feitos à medida, como se pode ver representado na Fig. 4-4.

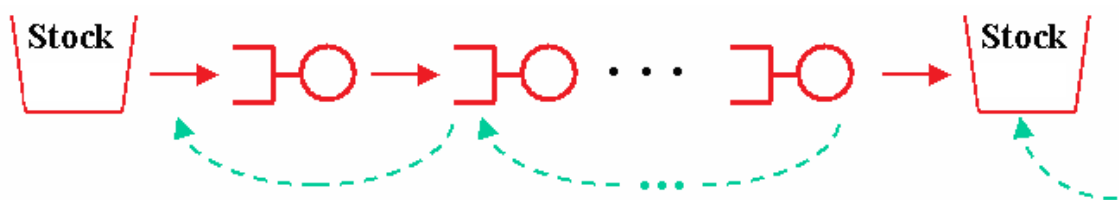


Fig. 4.4. Ilustração de Fluxos do Sistema Pull

Neste sistema os produtos passam por diferentes sequências produtivas, cada etapa de produção deve mobilizar o que necessita da etapa anterior na presença de um pedido da etapa seguinte. O sistema é apenas acionado quando necessário e quem determina a quantidade e velocidade da produção é o cliente. As metodologias que vamos analisar dentro dos sistemas Pull são: KANBAN, CONWIP (Constant Work in Progress), DEWIP (Decentralized Work in Progress), LOOR (Load Oriented Order Release) e POLCA (Paired-Cells Overlapping Loops of Cards with Authorization).

### 4.2.3 Metodologia KANBAN

Segundo Fernandes e Godinho Filho (2007), o KANBAN é uma metodologia que utiliza um sistema de cartões que, como o nome indica, representa uma placa visível. É uma metodologia Pull, ou seja convoca a produção em função do consumo dos clientes, internos e externos, através do sistema de cartões que sinaliza o fluxo da produção. Cada processo é representado por um diferente KANBAN, i.e, ao colocar um cartão nas várias fases do processo, indica-se a entrega e a quantidade

a produzir e no momento em que o seu consumo reduz o stock, este cartão é colocado no início do processo e inicia a nova produção até à quantidade indicada no cartão.

Este sistema de cartões evoluiu para sistemas integrados ERP – Enterprise Resource Planning, que automaticamente, através da gestão de eventos, consegue iniciar as necessidades de produção, movimentação e montagem à medida do consumo de unidades nas várias fases do processo.

Os sistemas integrados têm a capacidade de controlar uma cadeia de abastecimento, não correndo riscos de perda de cartões, assim como a atualização constante das informações necessárias para efetivar as transações entre os vários intermediários da cadeia, conforme ilustrado na Fig. 4-5.

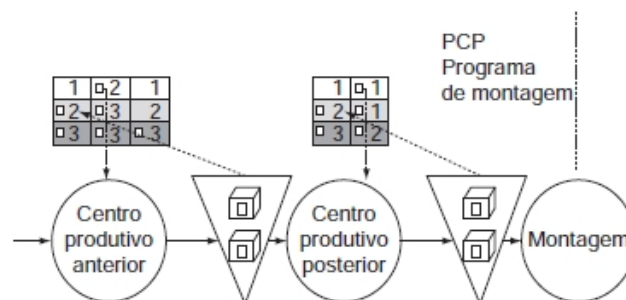


Fig. 4-5. Ilustração de Fluxos de Cartão no sistema KANBAN (Fernandes e Silva 2006)

O Sistema Kanban limita o nível de stock, incluindo tanto o WIP como produtos acabados para as diversas unidades tornando um parâmetro constante. Especificamente, existem cartões no sistema ligados a um trabalho em curso ou em espera, ou até mesmo concluído. Para executar uma ordem é necessário um cartão Kanban e quando todos os cartões estiverem esgotados, existem três possibilidades, de acordo com a fase de produção em que o processo se encontra:

- Se todos os cartões estão ligados a ordens concluídas, então a produção está suspensa;
- Se todos os cartões Kanban estiverem ligados a uma ordem em espera ou em curso, então as ordens seguintes ficam suspensas, até que as ordens anteriores estejam concluídas.
- A situação em que apenas alguns dos cartões estão ligados a ordens concluídas, faz com que, qualquer encomenda que for rececionada vá ser fornecida por um dos trabalhos concluídos, com o seu cartão separado e dada uma nova ordem que representa a ordem em circulação.

Este sistema está claramente relacionado com o mecanismo de controlo da base de stock, i.e., qualquer unidade de procura ou unidade consumida vai provocar a produção ou reposição; por outro lado, logo que o stock de produtos acabados atinja o volume definido a produção será suspensa.

O Sistema KANBAN, no entanto, tem a característica adicional de bloqueio na chegada da procura quando o inventário fica reduzido para valores aproximados de zero, i.e., quando todos os cartões estão associados a um conjunto de pedidos pendentes. Assim, o Kanban corresponde a um sistema finito de filas, com uma capacidade tampão e o limite superior do número total de postos de

trabalho permitido no sistema.

No mecanismo de controlo KANBAN, os cartões controlam tanto a receção da procura, para dentro do sistema, devido ao consumo a jusante, como o do limite superior do stock de produtos acabados. Um mecanismo de controlo mais geral do sistema KANBAN é aquele que usa dois tipos de cartões. Além do formato usual, que apenas controla a admissão, existe um segundo tipo de cartões de controlo que se referem ao inventário de produtos acabados. Especificamente, cada nova ordem rececionada tem um cartão KANBAN ligado. Além disso, para ser processada pelo servidor, uma tarefa também requer uma placa de produção. Tanto o KANBAN como o cartão de produção ficam com o trabalho concluído até satisfazer um pedido. Nesse ponto, o KANBAN liberta o cartão e admite uma nova ordem no sistema, enquanto a placa de produção autoriza a produção.

#### 4.2.4 Metodologia CONWIP (Constant Work in Progress)

Segundo Fernandes e Godinho Filho (2007), a metodologia CONWIP utiliza um sistema de cartões que tem como objetivo manter os níveis de stock em curso de fabricação, iguais às capacidades máximas. Como o seu próprio nome indica, é um sistema que se encontra sempre em laboração constante. No início da produção é atribuído um cartão, este cartão representa uma autorização de fabricação, onde se encontram informações como: quantidade a produzir, matéria-prima, as etapas do processo produtivo, e numa última fase o cartão fica junto do produto acabado, está ilustrado na Figura abaixo.

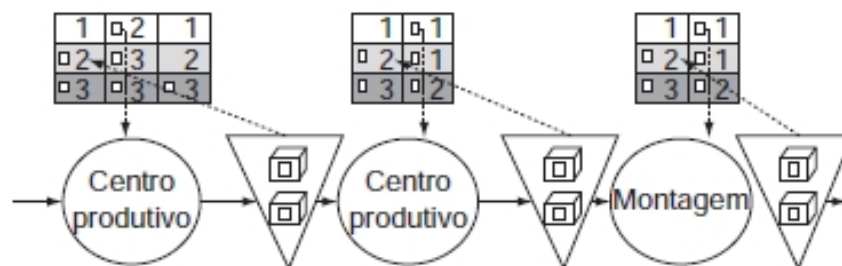


Fig. 4-6. Ilustração de Fluxos de Cartão no sistema CONWIP (Fernandes e Silva 2006)

No momento em que se reinicia a produção, é criado um cartão e atribuída uma nova ordem, ou seja, quando as encomendas se encontram disponíveis para produção, segue um percurso de fabricação igual àquele onde o cartão fica alocado a um produto acabado, com as informações sobre o produto. Desta forma, o mecanismo de cartões fornece um alerta aos funcionários de que existe uma nova ordem no shop floor.

Esta metodologia é um sistema pull, visto que no momento em que se encontra em stock, nas diversas fases é logo orientado para o cliente, interno ou externo. Este sistema pode ser utilizado em ambientes com uma variedade de produtos maior do que o sistema KANBAN.

Esta metodologia funciona como um módulo de sequenciamento e programação (Spearman, Woodruff, e Hoop 1990) que pode, segundo os exemplos em seguida, ser apenas uma regra de expedição, uma primeira data de entrega ou uma rotina mais extensa. A decisão de quais os itens para produção depende apenas do mecanismo virtual.

Esta metodologia não indica apenas que uma nova ordem pode ser autorizada. O módulo de sequenciamento e programação determina quais as ordens que serão lançadas no sistema através de um cartão que sinaliza a oportunidade de libertação de um novo pedido.

A metodologia CONWIP permite a tomada de decisão relativa às quantidades disponíveis em inventário WIP. Finalmente, o WIP localiza-se num loop que abrange várias operações. Esta metodologia espera a autorização de novas ordens no sistema até que um sinal seja recebido, a partir da última operação no loop.

Os sistemas CONWIP são descritos na literatura, segundo Spearman, Woodruff e Hoop (1990), como divergindo no que diz respeito à percepção do momento de envio do sinal no loop. Alguns autores descrevem que o momento em que o sinal é enviado, é no início da última operação; outros, defendem que é no momento de completar a operação. O último caso assume o ciclo mais longo do cartão, assim como mais cartões em circulação, mas se verificarmos problemas no equipamento como só ocorre no final da operação, a sua qualidade de sinalização é melhor. O material terá que esperar por este sinal antes da produção ser iniciada, de modo a que o WIP seja localizado antes da entrada do loop. Dentro do loop também haverá algum WIP, mas esta quantidade é limitada pelo número de cartões de CONWIP, conforme está representado na Fig. 4-7.

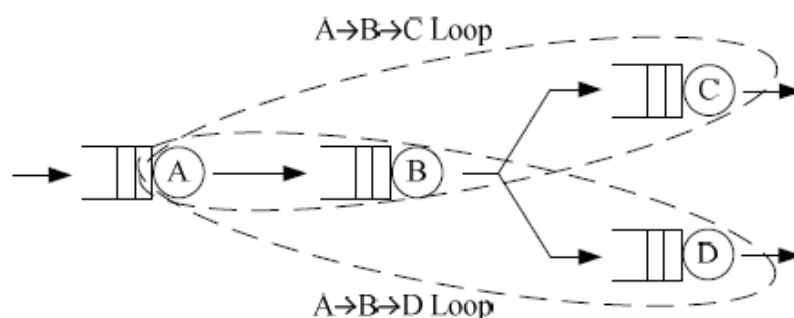


Fig.4-7. Ilustração de Fluxos de Cartão no sistema CONWIP (Fernandes e Silva 2006)

A capacidade de balanceamento da carga de trabalho de CONWIP depende do sistema de produção e do número de loops utilizados no CONWIP. Esta metodologia utiliza um loop único para todos os recursos no sistema de produção. Isso limita a quantidade de trabalho no sistema de produção, mas não equilibra o trabalho entre os recursos do sistema.

#### 4.2.5 Metodologia DEWIP (Decentralized Work in Progress)

A metodologia DEWIP, segundo Fernandes e Godinho Filho (2007), está vocacionada para produções oficinais, com grande variedade de produtos e pequenos volumes. Gere ciclos de produção entre estações de trabalho e procura concretizar lead times curtos. Como o nome indica é um sistema de controlo descentralizado.

É um sistema que gere ciclos programados através de autorizações de produção, essas autorizações são previamente planeadas. Os ciclos são gerados através de permissões de estações

de trabalho, onde aquela que se encontra a jusante no processo emite a permissão para a estação a montante iniciar a produção, ou seja, são criadas produções apenas quando o posto de trabalho subsequente der permissão. Essas permissões dependem de espaço no armazém, ou de consumo de produto acabado ou do número de peças, o que origina o início dos trabalhos na estação anterior para suprir as necessidades da seguinte, essas permissões têm como seu conteúdo o nível de WIP.

#### **4.2.6 Metodologia LOOR (Load Oriented Order Release)**

A metodologia LOOR, à imagem de outras metodologias, segundo Fernandes e Godinho Filho (2007), está adequada a tipos de produção oficinais, com alta variedade, baixo volume de produção e com um complexo fluxo de materiais. É um sistema com o processo centralizado devido à sua variável de controlo primária WIP, não são as estações de trabalho que o controlam, já se encontra definido por uma programação central.

É um sistema híbrido por ser efetuado por uma programação central e encaminhar a produção para a frente e dar início às ordens de produção à medida que o WIP estiver abaixo do nível programado, logo vai dar indicação para iniciarem a ordem a montante, ou seja, é iniciada pelo nível de carga de cada estação de trabalho. Em resumo, planeiam-se as estações de trabalho no limite de capacidade e assim que a sua carga for inferior ao programado o sistema central inicia uma ordem de trabalho.

#### **4.2.7 Metodologia POLCA (Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization)**

A metodologia POLCA foi criada por Rajan Suri em 1998. É um sistema caracterizado como Push-Pull, que visa obter vantagens competitivas por meio da redução de lead time. Primeiro é necessário que a produção de uma empresa esteja estruturada através de células, que se concentram em subconjuntos do processo de produção de peças semelhantes. As referidas células diferem em termos de tipos de operação e tempos de execução.

Esta metodologia caracteriza-se da seguinte forma: no momento de receção de uma encomenda, são calculados os lead time planeados em cada célula; os pedidos de clientes são programados de forma a alinhar a combinação apropriada de células necessárias para fabricar e montar cada ordem; para determinar o percurso de células que o produto necessita de percorrer são obtidas autorizações através de um sistema de cartões e só após a sua obtenção é que se inicia a operação na célula.

Segundo Suri e Krishnamurthy (2003), a aplicação desta metodologia permitirá efetuar uma nova análise em termos de filosofia processual, assim como de rotinas de Shop Floor. Esta aplicação consiste numa tentativa de mudança que permite ultrapassar dificuldades grosseiras na gestão de fluxos de materiais e no planeamento de operações, algo que é amplamente reconhecido, assim como é focado por diversos autores (E Epping 2005; Fernandes e Godinho Filho 2007; Suri e

Krishnamurthy 2003).

O mecanismo é desencadeado através de um sistema de cartão, seja físico ou eletrônico. Para iniciar a produção, uma célula precisa de anexar um cartão que especifica a célula seguinte a visitar depois de completar a ordem na primeira célula. O mecanismo de desencadeamento estabelece um limite superior da quantidade de WIP no Shop Floor.

O mecanismo de autorização virtual POLCA permite que quem estiver a planejar possa controlar o progresso das ordens, definindo datas de lançamento previstas para cada ordem, numa ou mais células. Mesmo que uma célula tenha um cartão disponível que lhe permita começar a produzir uma ordem, não tem permissão para a iniciar, até chegar o momento definido, ou seja, a data de lançamento prevista na ordem.

Os cartões POLCA procuram equilibrar o mix de ordens no WIP com respeito às suas rotas. A decisão de quais os itens a produzir na metodologia POLCA, das duas células identificadas no cartão que estão disponíveis e na lista de pedidos com as datas de lançamento previstas, ou seja, o mecanismo de autorização virtual. Somente as ordens que têm de visitar as duas células identificadas num cartão disponível subsequentemente, são permitidas para iniciar, de acordo com o mecanismo de autorização.

O cartão POLCA identifica as primeiras duas células que uma ordem tem de percorrer, mas não qual o tipo de produto. O mesmo cartão pode ser, portanto, ligado a ordens totalmente diferentes no decurso do tempo, enquanto estas ordens visitarem a mesma combinação de células posteriormente.

O cartão POLCA define uma rota específica em vez de um produto específico, utiliza loops de sobreposição de pedidos que precisam de visitar mais de duas células, como se pode verificar na Fig. 4-8. Isso afeta os cartões que ficam disponíveis e, portanto, a decisão do próximo lançamento. Uma ordem com um cartão POLCA anexado, uma vez terminadas as operações na primeira célula, terá de esperar por um cartão POLCA adicional para o loop subsequente, de duas células a montante, permitindo iniciar as operações na segunda célula. Somente depois de terminar estas operações na segunda célula, o primeiro cartão POLCA é separado e volta para a primeira célula. O sinal de um cartão POLCA permite a autorização de uma nova ordem, com a mesma sequência de percorrer as duas primeiras células. A terceira célula no encaminhamento dessa nova ordem pode ser totalmente diferente. O sistema POLCA é indiferente no que respeita à decisão sobre que quantidade de cada item será o inventário WIP. Cada ordem terá um cartão POLCA que indica a célula a jusante, após todas as operações da presente ordem na célula atual terem sido concluídas. No entanto, se o número de horas de trabalho por ordem diferirem muito, o sistema POLCA pode ser concebido para requerer vários cartões idênticos, podendo ser anexados a grandes encomendas.

Finalmente, localiza o WIP intra e inter células. Ele limita a autorização das ordens de trabalho no sistema, exigindo que um sinal a partir da célula seguinte no encaminhamento definido seja dado, a fim de iniciar a produção na célula atual. A célula seguinte, terá de aguardar este sinal, cuja rota deve ser vista como uma expectativa de que a capacidade de curto prazo irá tornar-se disponível, e em que célula, terá de ser aguardado (o sinal) antes que a produção se inicie, de modo a que o WIP

seja localizado antes da entrada da célula. Dentro da célula, haverá também alguns WIP, mas aqui os cartões POLCA estão ligados às ordens que estão em progresso.

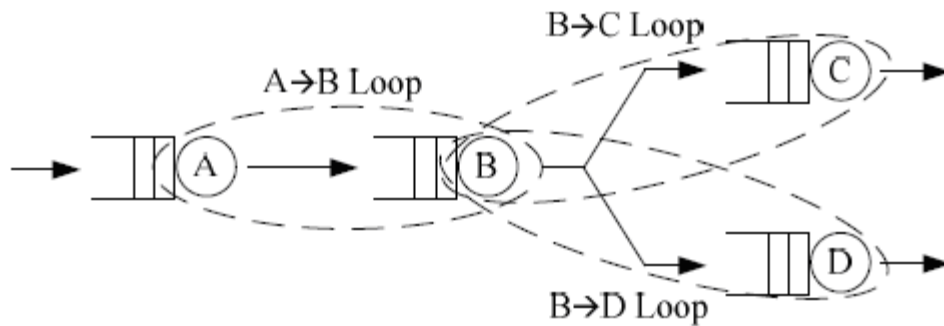


Fig. 4-8. Ilustração de Fluxos de Cartão no sistema POLCA (Fernandes e Silva 2006)

Este exemplo da Fig. 4-8 mostra os fluxos de cartão no sistema POLCA, estes cartões têm o objetivo de equilibrar o trabalho entre as células ao longo do processo produtivo. Os loops B/C e B/D asseguram que a célula B apenas vai processar os pedidos quando as células C/D estiverem disponíveis, de forma a garantir num futuro próximo a capacidade a jusante. Por exemplo, se o cartão POLCA B/C está disponível na célula B, significa que a célula C também está disponível, caso contrário, não estaria em B, mas sim na célula C. Produzindo uma nova ordem destinada à célula C, apenas se aumentaria o fluxo de ordens no sistema.

Segundo Suri e Krishnamurthy (2003), esta metodologia vai permitir verificar resultados em diversas áreas, tais como a redução de lead time e a mudança processual, porque o planeamento e os prazos de entrega são fatores de diferenciação que poderão ser melhorados com esta metodologia.

Como síntese dos Sistemas Pull, podemos dizer que a produção é solicitada pelo cliente, ou seja, uma encomenda apenas é feita quando o cliente coloca encomenda, cada projeto é uma série curta ou até mesmo um artigo único.

### 4.3 Comparação entre Metodologias

Com a elaboração de uma matriz síntese das várias metodologias analisadas foi possível selecionar uma metodologia enquadrável na tipologia de produção em estudo. O tipo de produto em foco é caracterizado da seguinte forma: grandes variações na procura; produções em lotes, por vezes, até mesmo unitárias; são produções com um longo percurso de operações a realizar.

Tab. 4-1. Matriz Comparativa das Metodologias

METODOLOGIA	ORIENTAÇÃO	TIPOLOGIA DE PRODUÇÃO	
	PUSH / PULL	VARIEDADE	VOLUME
MRP II	Push →	Pequena □□□	Grande ■■■■■
PBC	Push →	Pequena □□□	Grande ■■■■■
KANBAN	Pull ←	Pequena □□□	Grande ■■■■■
CONWIP	Pull ←	Intermédia □○□△	Intermédia ■■■
DEWIP	Pull ←	Elevada G○○□F L	Pequeno ■■
LOOR	Push - Pull ↔	Elevada G○○□F L	Pequeno ■■
POLCA	Push - Pull ↔	Elevada G○○□F L	Pequeno ■■

Conforme podemos verificar na Tab. 4-1, estão exemplificadas as várias metodologias analisadas. Existem metodologias que não se enquadram nas especificidades do tipo de produção em estudo, como produções de grande volume e baixa variedade.

As metodologias MRPII, PBC e KANBAN não se enquadram no perfil desejado, ou seja, para ambientes de produção de grande variedade e pequeno volume produtivo, porque estas metodologias têm uma orientação para produções de grande volume e pequenas diferenças nos produtos. Não obstante, estas metodologias possuem outras características que se enquadram nas necessidades do tipo de produção em estudo, tais como, os fluxos informacionais e materiais, bem como a organização de recursos para a produção.

Para escolher a metodologia da forma mais eficiente, serão analisadas aquelas que melhor respondam aos problemas e apresentem ferramentas mais adequadas.

Relativamente às metodologias CONWIP e LOOR verificamos que atuam no perfil de ambiente em estudo, do qual têm uma variável de controlo WIP, ou seja, no momento em que os stocks de produto acabado ou de WIP começam a reduzir. Nestas duas metodologias todo o mecanismo de produção é acionado, logo, tem claras desvantagens no sentido em que existe pouca flexibilidade ao longo do processo e não tem grande autonomia de decisão, conforme têm as metodologias com fluxos híbridos, onde não existe balanço entre as necessidades de produção e automatismo de WIP e stock de produto acabado.

A metodologia DEWIP efetua o balanço atrás referido, pré-definindo o volume de carga no sistema e utilizando autorizações de produção, mas a sua programação central define o objetivo, o qual pode não corresponder à utilização da capacidade máxima dos vários processos; sempre que esse nível de capacidade está atingido, o processo fica estacionário, caso exista consumos entre postos de trabalho ele retoma, dentro das autorizações de produção anteriormente definidas. Portanto, não é uma metodologia vocacionada para equilibrar o trabalho entre estações de trabalho, mas sim para os objetivos de produção versus limite da capacidade produtiva, logo, é uma metodologia que por si só não responde aos problemas colocados pelo objeto de estudo desta dissertação.

A metodologia POLCA, para além de também atuar no perfil de ambiente em estudo, reúne um conjunto de características que a distinguem das outras, possuindo as melhores práticas das anteriores metodologias. Constatamos que é um sistema híbrido, utilizando um sistema Push, com

decisão centralizada MRPII, e em simultâneo, um sistema Pull de Cartões, proporcionando a uma organização um modelo equilibrado e permitindo às empresas atuar conforme as suas necessidades, tendo em conta casos de reposição de um WIP reduzido; visualização de capacidades; início da produção apenas em caso de capacidade, sem correr riscos de produção de WIP desnecessário.

Desta forma, torna-se claro que a metodologia POLCA é, sem dúvida, a metodologia mais equilibrada para este tipo de ambientes, possuindo as melhores práticas dos sistemas push e pull e permitindo uma fácil visualização processual das operações, proporcionando também uma recolha de dados estatísticos, que constituem preciosos indicadores suscetíveis de gerar mais-valias para as empresas, na medida em que estas passam a deter informação crucial, em ordem a poderem introduzir melhorias nos seus processos.

## 4.4 Escolha de uma metodologia

Na metodologia POLCA o fluxo de ordens é executado através das diferentes células, sendo controlado através de uma combinação de autorizações de processamento da produção e de cartões de controlo de produção, conhecido como cartões POLCA. As autorizações de produção são efetuadas através de uma hierarquia mais elevada de planeamento de requisitos do sistema, ou seja, através de um sistema centralizado, como um ERP, onde vai passar por uma aprovação do departamento de planeamento de produção, semelhante a um sistema de MRP II. Considera cada célula como uma unidade independente e ajuda a planear o fluxo de material através de células.

Para cada ordem, primeiro, o MRP II autoriza o início das produções em cada célula, através das quais cada célula pode começar as operações numa ordem específica. No entanto, ao contrário de um sistema MRP II, onde a produção se deve iniciar num momento específico, na metodologia POLCA, a autorização permite apenas o início das operações, mas a célula, na prática, não pode iniciá-las, sem que o cartão POLCA correspondente também esteja disponível.

Esta metodologia não só comunica através dos cartões, como também controla o movimento de material entre as células. Embora inicialmente, isto possa parecer semelhante à metodologia KANBAN, existem algumas diferenças importantes:

- Em primeiro lugar, os cartões POLCA são apenas usados para controlar o movimento entre as células, não dentro das células;
- Em segundo lugar, os cartões POLCA, em vez de serem específicos para cada produto, são atribuídos a pares de células, a Fig. 4-8 mostra a rota entre duas células de um cartão POLCA;
- A terceira diferença relativamente ao sistema KANBAN consiste nesta característica dos cartões POLCA: para cada par de células existe uma ordem de trabalho durante a sua viagem através das respetivas células do cartão, com o regresso à célula a jusante depois de a célula a montante estar concluída. Por exemplo, na figura 4-8, a ordem de trabalho entra na célula P1 aquando da existência do cartão P1/F2 na célula, a ordem de trabalho avança para a célula F2 quando nela estiver o cartão F2/A4, para que, quando terminar a operação em F2,

a célula A4 esteja disponível. No momento em que a ordem de trabalho passa a A4, o cartão P1/F2 regressa à célula P1.

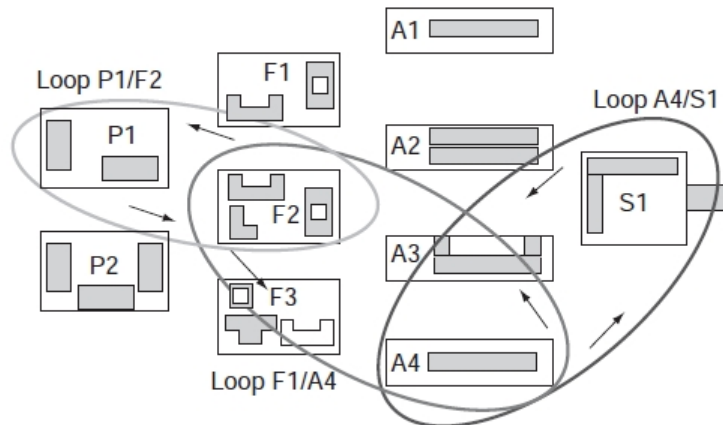


Fig. 4-9. Ilustração de Fluxos de Cartão no sistema POLCA (Suri e Krishnamurthy 2003)

De seguida vamos demonstrar as vantagens desta metodologia face aos sistemas Push como o sistema MRP II e os sistemas Pull como o sistema KANBAN, sendo que a metodologia POLCA supera os inconvenientes de ambos os sistemas acabados de referir. Em primeiro lugar, a utilização de cartões POLCA assegura que cada célula apenas executa ordens que são destinadas às células a jusante, ou seja, os postos de trabalho que estarão disponíveis no futuro próximo. Embora isto possa parecer semelhante à lógica usada num típico sistema pull como o KANBAN, existe uma diferença fundamental: um cartão POLCA é um sinal de capacidade, enquanto num sistema pull, um sinal KANBAN é um sinal de inventário, para reposição de stock para um produto específico. Quando um cartão POLCA retorna à primeira célula, sinaliza a capacidade disponível de uma célula a jusante.

Se um cartão POLCA mostra disponibilidade da célula a jusante do loop, i.e., se o cartão POLCA não estiver na célula a montante significa que não existe disponibilidade. A ordem destinada para essa célula só irá aumentar o inventário no sistema, uma vez que a jusante existe uma falta de capacidade para iniciar as operações sobre esta ordem. É um sistema mais conveniente para assegurar uma boa aplicação e gestão dos recursos organizacionais alocados a uma ordem. Assim, os recursos seriam melhor utilizados, por exemplo, para fabricar produtos que sejam realmente necessários, por uma diferente célula a jusante. Esta característica da metodologia POLCA torna-a mais adequada para ambientes de alta variedade do que os tradicionais sistemas pull como o KANBAN.

Em segundo lugar, a utilização de um MRP II permite um ambiente MTO através de rotas flexíveis que utilizam células, conforme seja necessário. Além disso, a utilização de tempos de autorização impede a acumulação de stocks desnecessários. Como mostrámos anteriormente, o sistema KANBAN tem a desvantagem de aumentar WIP nos diversos processos intermédios, especialmente em ambientes de produção de grande variedade e de baixo volume.

O retorno de um cartão POLCA representa sinais a jusante de capacidade disponível, mas o cartão POLCA, por si só, não determina a sequência da ordem a realizar na próxima célula a

montante. A célula a montante usa uma lista de postos de trabalho autorizados utilizando o MRP II para tomar esta decisão, caso não haja nenhuma autorização, então nenhuma ordem é iniciada, mesmo que um cartão POLCA esteja disponível.

Novamente se diferencia do sistema pull, em que um cartão KANBAN, sempre que retorna, significa que uma ordem é para ser iniciada automaticamente. A união entre o encaminhamento e procedimento de autorização, utilizando o sistema MRP II com os cartões do sistema POLCA, garante que as células não produzem apesar de terem um sinal de impulso, mas só o fazem sim, quando o sistema atribui capacidade às células para os produtos, e isso só ocorre quando há uma procura explícita por eles.

Em terceiro lugar, ao contrário de um sistema KANBAN, onde as estações de trabalho estão fortemente agregadas através de cartões KANBAN, na metodologia POLCA o fluxo de cartões tem circuitos mais longos. Existe agregação de células, mas é mais flexível.

A metodologia KANBAN é altamente ajustada para produzir a uma determinada taxa, mas não é aplicável dessa mesma forma a ambientes de alta variabilidade.

Em seguida vamos descrever o procedimento, passo a passo, para simular a implementação da metodologia POLCA numa unidade fabril. Segundo Suri e Krishnamurthy (2003), existem dois pré-requisitos principais para a implementação da POLCA: um sistema de planeamento MRP II; e um layout de produção organizado por célula. As células envolvidas na aplicação têm a possibilidade de efetuar um corte na capacidade e planeamento dos prazos de entrega, e o sistema MRP II pode produzir listas de prioridades para cada célula, sequenciadas de acordo com as autorizações de produção, indicando a próxima célula para cada trabalho.

Segundo Suri e Krishnamurthy (2003), a aplicação da metodologia POLCA numa organização consiste em quatro fases principais, a saber: Definição de Necessidades, Conceção do Sistema, Implementação e Avaliação.

Vamos analisar em seguida cada uma destas fases. Suri (2003), sugere que se torna necessário à sua adequada execução, que estas quatro fases sejam efetuadas por uma equipa multifuncional composta por gestores da unidade fabril nas suas várias vertentes como sejam: os materiais, os recursos humanos, o planeamento e os operadores das células envolvidos na implementação.

## **4.5 Etapa para Aplicação da Metodologia POLCA**

Para uma correta aplicação da metodologia POLCA é necessário realizar um conjunto de etapas, segundo Suri (2003), que permita às organizações adaptarem os seus recursos de acordo com o conceito da metodologia.

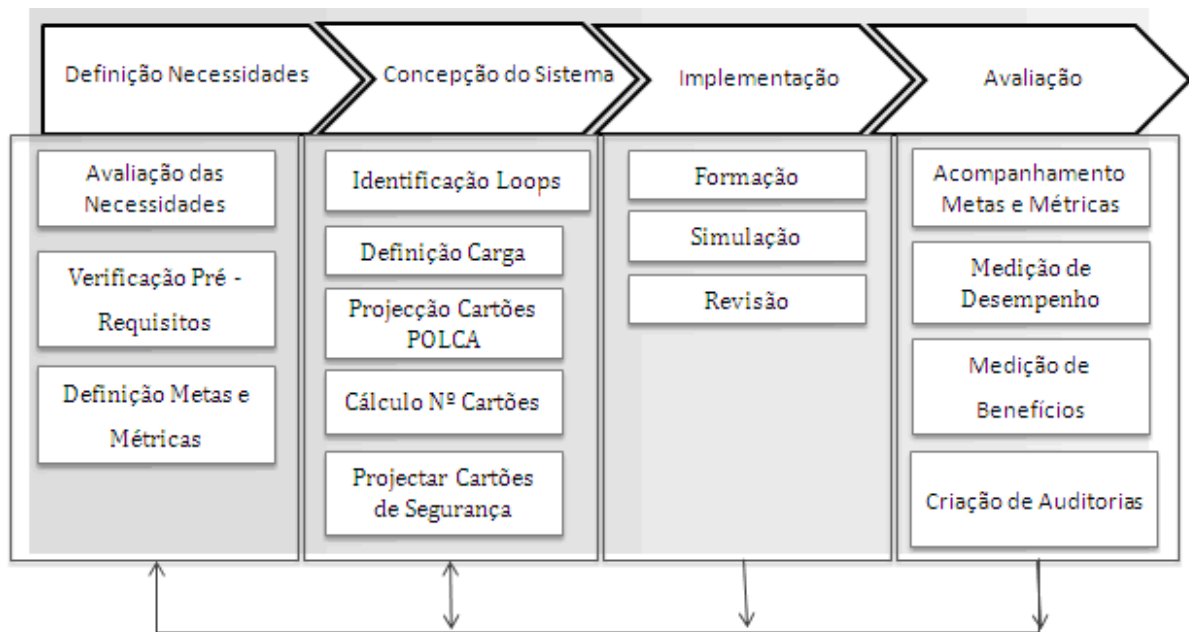


Fig. 4-10. Etapas para Aplicação da Metodologia POLCA

#### 4.5.1 Definição de Necessidades

O objetivo desta fase é realizar uma avaliação das necessidades, verificando os pré-requisitos e definindo as suas metas e objetivos, antes de entrar nos detalhes de concepção da metodologia POLCA, para isso, é necessário passar primeiro pelas seguintes fases:

- 1ª Fase - Conduzir uma avaliação das necessidades. O propósito de realizar uma avaliação das necessidades permite detetar se alguma das células envolvidas na execução exige um determinado tempo de planeamento antes da implementação da metodologia POLCA. Esta metodologia permite o fluxo de materiais e o seu controlo, ajudando a utilizar da melhor forma possível a capacidade disponível das células, mas se as capacidades disponíveis forem significativamente inferiores às necessidades requeridas, então as oportunidades de melhoria serão limitadas e a metodologia POLCA não irá resolver esta questão. Primeiro, há que verificar se as instalações têm um plano de capacidade viável, mediante a obtenção de estimativas das utilizações nos diferentes recursos nas células. Embora não se espere que se atinja sempre uma capacidade ótima, as células devem ter pelo menos a capacidade de atingir os objetivos de rendimento mínimo, num dado período de planeamento, atingindo alguma capacidade de reposição (10-15%), como é recomendado em Suri (2005);
- 2ª Fase - Verificar os pré-requisitos. O objetivo desta tarefa é verificar se as instalações satisfazem os principais pré-requisitos necessários para a implementação da metodologia POLCA, conforme foi explicado anteriormente: se existe um adequado MRP II; se o layout celular está no lugar, pelo menos para a porção do chão da fábrica envolvida nesta implementação; as células envolvidas na implementação têm de efetuar um corte na capacidade e levar a capacidade em tempo de planeamento e o sistema MRP II, ou um

escalonamento associado, pode produzir listas de produção com as características acima descritas. Se a equipa de implementação confirma que os pré-requisitos estão satisfeitos, então as atividades necessárias estão programadas para a implementação;

- 3ª Fase - Definir metas e métricas. Estas devem ser cuidadosamente relacionadas com os objetivos que orientam a implementação em cada organização. Uma vez estes definidos, a linha de base de medições destas métricas deverá ser tomada como referência com vista a futuras comparações, em ordem a permitir uma avaliação precisa do sucesso da implementação do sistema POLCA.

#### **4.5.2 Conceção do Sistema**

Esta fase lida com o projeto detalhado da metodologia POLCA. Envolvendo os seguintes aspetos: identificação dos loops POLCA; a parametrização informática, através do MRP II das autorizações de produção; a determinação da carga de trabalho que um cartão POLCA representa; a conceção do cartão POLCA; e o cálculo do número de cartões de POLCA. Nalgumas situações em que as células frequentemente encontram escassez de componentes, o desenho do sistema de POLCA pode também incluir a criação de um mecanismo de segurança do cartão que oferece uma solução temporária para os problemas que surjam em componentes ou com a falta de peças. Vamos agora analisar todas estas etapas:

- Identificar os loops de POLCA. Trata-se de analisar os roteiros para os diferentes produtos dentro do âmbito da aplicação da metodologia POLCA, identificando as diferentes células nas suas rotas e, em seguida identificando os loops POLCA correspondentes, por exemplo, na Fig. 4-8, para todos os pedidos que tenham a sequência de roteamento P1 para F2, A4 para S1, os loops POLCA são os loops P1/F2, F2/A4, e o loop A4/S1;
- Autorizações de produção informatizadas. As datas de autorização de produção são informatizadas para cada ordem em cada célula, com base na data prevista de entrega e projetados os tempos de espera nas diferentes células, utilizando a lógica de MRP II. A partir dessa informação, uma lista de sequência é desenvolvida para cada célula. Esta lista de sequenciamento para cada célula é simplesmente um registo para cada ordem: a data de autorização, e a célula seguinte, no seu encaminhamento. Segundo Suri (2005), esta lista é ordenada no fim da autorização da data das diferentes ordens;
- Determinar a carga de trabalho representado através de um cartão POLCA. Sabemos que um cartão POLCA quando retorna a uma célula a montante sinaliza a capacidade disponível na célula a jusante. A questão abordada é qual a adequada carga da capacidade que deve ser representada por um cartão POLCA. Em vez de descrever a forma como a carga ótima pode ser determinada, apresentamos orientações simples para auxiliar na determinação da carga numa dada situação. Primeiro, são as cargas dos cartões, se forem demasiado grandes, implicarão muito poucos cartões POLCA no circuito entre as duas células, sinais pouco frequentes e possivelmente irregulares relativamente à capacidade disponível da célula a

montante. Por outro lado, se a carga for demasiado pequena, isso resultará em excessivos cartões POLCA no circuito, tornando-se demorado gerir e manter o controlo dos mesmos. Estas vantagens e desvantagens precisam de ser consideradas ao determinar a carga. Além disso, é desejável que o tamanho dos lotes de produção das duas células e o tamanho do lote de transferência entre as células sejam múltiplos simples;

- Projetar o cartão POLCA e documentar o processo POLCA. A ilustração do cartão POLCA em si é simples, ver Fig. 4-11. A informação principal no cartão consiste nas siglas das células emparelhadas para as quais o cartão é usado. As células são identificadas com letras grandes. As informações adicionais do cartão, que também são importantes na sua implementação, são apresentadas na Fig. 4-11. Igualmente se torna útil para documentar um fluxograma que será utilizado pelas equipas dentro das células, paralelamente, serão criados os procedimentos da metodologia POLCA. O fluxograma serve como uma ferramenta valiosa na formação de todas as equipas de operadores, planeamento, etc., e também continua a ser um recurso de referência para os funcionários durante a implementação;
- Calcular o número de cartões de POLCA em cada ciclo, usando uma fórmula simples descrita por Suri e Krishnamurthy (2003). Apresentamo-la no parágrafo que se segue. O cálculo do número de cartões é representado pelas siglas LTA e LTB, consistindo na determinação do número médio em dias que um determinado tipo de cartão vai viajar no loop respetivo.

A nomenclatura utilizada pelo autor, LTA e LTB, correspondem ao tempo médio em dias para as duas células num loop POLCA durante o período de planeamento da duração em dias (D); e permitindo que numa, B, seja o número total de postos de trabalho, medido em termos da quantidade que vai da célula A à célula B durante o período de planeamento. Em seguida, o número de cartões de POLCA ( $NA / B$ ) nos loops POLCA da célula A para a célula B é dado por:  $NA/B = (LTA+LTB) \times (NUMA,B / D)$ .

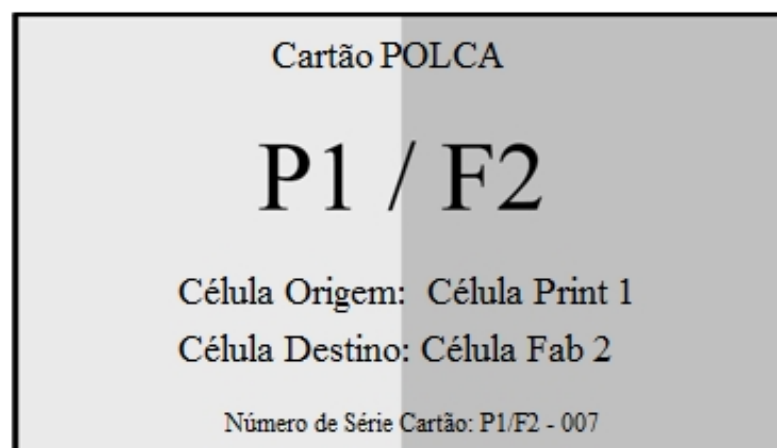


Fig. 4-11. Exemplo de um Cartão POLCA

O cartão POLCA apresenta as seguintes características: Apenas duas células são indicadas; o cartão não é uma parte específica como um cartão KANBAN; o cartão é dividido em duas cores, cada cor encontra-se associada a uma das células. Esta associação constante em todos os cartões

POLCA é utilizada para que seja visualmente perceptível aos trabalhadores. O cartão contém informações detalhadas das abreviaturas nas células, prevenindo o caso de algum trabalhador não estar familiarizado com uma abreviação particular. O cartão contém um número de série que ajuda a equipa de planeamento a manter o controlo dos cartões POLCA.

Os cartões POLCA ajudam a enfrentar a escassez de componentes de peças num curto prazo, utilizando uma modalidade de cartão específica de segurança. Em algumas aplicações práticas, as operações numa determinada ordem podem ficar paradas devido à falta de alguns componentes fornecidos por uma célula ou fornecedor externo que não faça parte do circuito POLCA. Consequentemente, uma ordem de produção junto com o cartão POLCA pode ficar parada em alguma estação de trabalho intermédia na célula por um tempo, possivelmente dias, até que o requerido componente se torne de novo disponível. Durante este tempo, embora a célula possa utilizar a sua capacidade disponível para produzir outras ordens, não seria capaz de o fazer devido à falta de disponibilidade dos cartões POLCA. Se essas paragens ficarem a dever-se à escassez de componentes, são situações que ocorrem com frequência, isso poderá ter um impacto significativo no desempenho do sistema POLCA.

A longo prazo a solução para o problema reside na redução da escassez de componentes, e isto normalmente envolve o trabalho com o fornecedor em ordem a desenvolver atividades que conduzam a uma melhoria de processos. No entanto, para constituir uma solução de curto prazo para este problema, são introduzidos cartões de segurança no loop POLCA. Um pequeno número de cartões de segurança é mantido por um colaborador responsável. O Cartão de Segurança contém as mesmas informações de um cartão POLCA, exceto no que concerne ao controlo visual destes cartões, para isso, contém um pouco de cor para distingui-los dos cartões regulares POLCA. Por exemplo, um rebordo colorido pode ser adicionado ao cartão, para além das outras cores no corpo do cartão, uma vez que estes cartões podem significar um problema.

O número de Cartões de Segurança no loop, segundo Suri (2003), deve ser uma pequena percentagem, cerca de 10% do número total de cartões POLCA. Se o processamento de uma ordem fica parada devido a uma escassez de componentes em alguma estação intermediária, e se um cartão de segurança está disponível, o cartão POLCA que estiver ligado à ordem é substituído pelo cartão de segurança. A autorização e o Cartão de Segurança anexado aguardam na célula até que o fornecimento do componente necessário chegue. Enquanto isso, foi lançado um cartão POLCA o qual é enviado de volta para o início do loop, permitindo a autorização de uma outra ordem para este loop. Uma vez que o requerido componente se torne disponível, o processamento sobre as ordens de produção são retomadas nas células. Os cartões de segurança instalados com um cartão POLCA ficam alocados às ordens até que o processamento esteja concluído em ambas as células do ciclo, após o cartão de segurança ser retirado do loop.

Existem vários pontos importantes a serem observados em relação ao papel do uso de cartões de segurança. Primeiro, os cartões de segurança são utilizados apenas para libertar cartões POLCA que ficam presos no loop devido à falta de componentes, ou avarias. Segundo, porque o número de cartões de segurança é limitado, só podendo fornecer uma solução temporária para o problema da

escassez de componentes ou avarias, e também com uma extensão limitada. Assim, os cartões de segurança são destinados a ocasiões inesperadas, e não para encobrir os problemas recorrentes do sistema. Em terceiro lugar, quando a estação de trabalho recebe o fornecimento dos componentes, deve terminar o processamento das ordens em ambas as células utilizando o cartão de segurança como um cartão POLCA. Isto porque após o problema de falta de peças ter sido resolvido, é preferível concluir o processamento desse trabalho o mais rapidamente possível, e não exigir a espera de outro cartão POLCA. Em quarto lugar, após as ordens de produção estarem concluídas no final da segunda célula, ao contrário dos cartões POLCA, que são encaminhados de volta ao início da primeira célula, o cartão de segurança é retirado do circuito e volta para o responsável.

Finalmente, a utilização dos cartões de segurança oferecem excelentes oportunidades para a melhoria contínua. Cada vez que um cartão de segurança é acionado, os dados são registados desde o início da sua utilização, assim como as razões pelas quais foi empregue. Após um período de tempo, as estatísticas retiradas destes incidentes permitem fornecer uma visão concreta sobre as causas que estão na base da escassez de componentes, assim como outros problemas. Essas causas podem ser abordadas no sentido de se desenhar uma intervenção visando uma melhoria do desempenho.

### **4.5.3 Implementação**

Uma vez que já abordámos detalhada e desenvolvidamente a metodologia POLCA, o próximo passo é proceder à descrição da sua implementação.

A implementação da metodologia POLCA é realizada através de um esforço de equipa, é recomendável que durante as fases iniciais da implementação, a equipa identifique um dos seus membros como o proprietário do processo. Esta medida tem como propósito servir como ponto de referência central, para que todas as questões relativas à conceção ou implementação da metodologia POLCA lhe sejam dirigidas. Também serve como elo de ligação entre a equipa de implementação e os superiores da gestão. Se os cartões de segurança são usados, é recomendável que a equipa de implementação identifique um dos seus membros para se encarregar desses cartões.

É fundamental que todos os operadores das células envolvidas na produção, bem como os planeadores, manipuladores e os supervisores ou gestores responsáveis por estas células, sejam formados no processo POLCA. A formação deverá envolver tanto o conceito geral da metodologia POLCA, pois isso é condição necessária para o ambiente da organização, bem como ministrar formação detalhada sobre os procedimentos utilizados na empresa. A mais-valia da criação de um fluxograma, documentando o fluxo dos cartões POLCA entre duas células, e incluindo todos os momentos de decisão e tarefas de todos os colaboradores. Deve sempre passar por uma fase de simulação como parte da formação, em ordem a simular as decisões e manuseio de cartões em cada etapa. Além da formação das pessoas envolvidas diretamente no processo POLCA, também será útil incluir na sessão de formação os colaboradores das células que estão a montante e jusante dos

loops POLCA.

Será necessário agendar revisões frequentes ao processo por forma a que a equipa de implementação debata todas as questões que possam ter passado despercebidas durante a conceção do sistema. A equipa de implementação deve também reportar periodicamente à gestão de topo os progressos registados, com a apresentação de resultados e com a informação concreta de quais os problemas por resolver.

Ajuda na obtenção de apoio contínuo, atendendo quer às preocupações dos colaboradores, materializadas, por exemplo, nas alterações em métricas de desempenho dos operadores, quer aos problemas de gestão que possam surgir durante a implementação, significa isto, estimular o sentido de entreajuda entre toda a equipa empresarial, quer da base para o topo, quer do topo para a base.

#### **4.5.4 Avaliação**

Esta metodologia oferece uma riqueza de informações e ajuda a identificar oportunidades para desenvolver uma melhoria de processos. Em seguida, vamos analisar alguns dos procedimentos que devem ser adotados para recolher essa informação e iniciar os esforços de melhoria.

Acompanhamento das métricas-chave: As métricas-chave que precisam de ser medidas durante a implementação da metodologia incluem: os tempos de execução para os produtos, através das células; fiabilidade de entrega entre as células, e inventários WIP em vários pontos do sistema; medir o desempenho dentro do prazo de entrega das células a montante e a jusante na metodologia POLCA, os loops fornecem informação sobre se o sistema POLCA está a ajudar as células na priorização das tarefas de forma adequada, a fim de cumprir com os prazos de entrega estabelecidos pelas células subsequentes ou os clientes finais. Também é útil para conduzir uma auditoria aos cartões POLCA: o período imediato que controla a localização dos cartões POLCA nos diferentes loops. O processo de auditoria do sistema POLCA indica se existe em circulação excesso de cartões em certos circuitos. Se o processo de auditoria, consistentemente, revelar que existem muitos cartões não utilizados num determinado loop, estes poderiam ser gradualmente retirados do circuito, resultando numa redução dos níveis de WIP. Como os níveis de procura mudam ao longo do tempo, será necessário atualizar o número de cartões POLCA atribuídos aos diferentes circuitos, segundo Suri (2003), este exercício de auditoria pode ser realizado trimestralmente, por exemplo.

Medir os benefícios qualitativos: os potenciais benefícios desta metodologia estendem-se para além dos benefícios quantitativos acima referidos. Para as empresas que operam em ambientes de produtos de grande variedade e pequeno volume, a metodologia POLCA proporciona uma maneira simples e eficiente de gerir os recursos no chão de fábrica, identificar oportunidades de melhoria contínua, e incrementar a produtividade. Segundo Suri (2003), a experiência revela que a implementação da metodologia POLCA reduz os níveis de stress, anima o moral, melhora a comunicação empresarial e a satisfação dos trabalhadores pode aumentar. Estes benefícios podem ser medidos através da implementação periódica de inquéritos de satisfação dirigidos às pessoas que trabalham nas células.

Analisámos o planeamento e a implementação da metodologia POLCA, um sistema híbrido Push - Pull de controlo de fluxos de materiais, adequado para ambientes de produção com uma grande variedade de produtos personalizados em pequenos volumes. Face à descrição anterior verificamos que as características e o funcionamento da metodologia POLCA permitem ultrapassar as desvantagens dos convencionais sistemas push, como MRP II, e sistemas Pull, como o KANBAN, em tais ambientes de produção.

# Capítulo 5

## Validação da Metodologia POLCA

Após escolha e análise mais aprofundada da metodologia POLCA, vamos efetuar a demonstração desta metodologia através da aplicação de um caso prático simulado, nomeadamente um processo de litografia para embalagens metálicas alimentares de alumínio, onde vamos identificar a tipologia de produção, apresentar os recursos de que dispõe; mostrar a sua sequência de operações; evidenciar as suas características e as suas especificidades; e, finalmente, vamos assinalar as suas principais dificuldades e limitações.

Vamos demonstrar a aplicabilidade da metodologia POLCA efetuar a transição de um processo organizado de uma forma standard para a sua conversão noutra, segundo a sua forma de organização, requisitos e necessidades da metodologia, conforme analisado no Cap.4.

Após os requisitos necessários estarem satisfeitos para a aplicação da metodologia, vamos executar virtualmente uma simulação através da introdução de novas encomendas e, por fim, apresentar as devidas conclusões, respondendo ao objetivo desta dissertação.

### 5.1 Seleção do Processo Produtivo

As embalagens metálicas alimentares são bens de grande consumo, o seu produto final no mercado é considerado um bem de primeira necessidade. Para responder às necessidades do mercado, são necessárias unidades fabris com grande capacidade produtiva para conseguir satisfazer a procura, porém, conforme se mostra na Fig. 5-1, o processo de produção de uma embalagem metálica alimentar, envolve dois processos produtivos distintos:

- Processo de Litografia
  - Subprocessos - Corte das Bobines em Folhas, Pré-Impressão e Impressão;
- Produção de Embalagem
  - Subprocesso – Produção de Latas e Tampos.

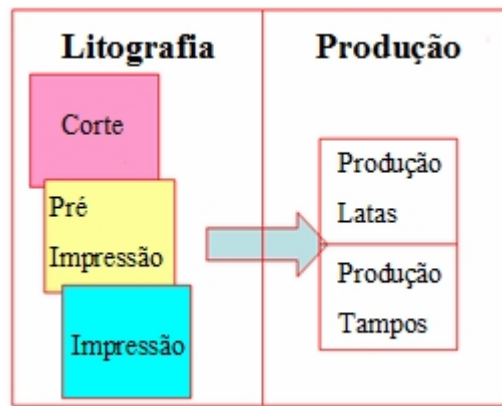


Fig. 5-1 Processo de Produção de Embalagens Metálicas Alimentares

O processo de litografia é um processo extremamente dinâmico devido ao mais variado tipo de fatores como: campanhas, promoções, eventos, etc. O que origina litografias cada vez mais complexas, com bastantes cores e repetições cada vez menores, devido ao fator Marketing associado às embalagens, logo tornam-se cada vez mais complexas e variadas.

Para o processo de litografia fornecer WIP para posterior transformação, a sua tipologia de produção entra em discordância com o processo de transformação de embalagens, porque apesar da transformação das embalagens ser uma produção standard e de grande volume, o processo de litografia não o é, ou seja, a litografia tem de imprimir muitas decorações com diferentes tintas e diferentes vernizes, que obriga a constantes alterações de Setup das linhas. Os exemplos mais comuns de alterações de Setup de linha são os seguintes: mudança de tinta ou verniz de um depósito da linha, ou seja, é necessário todo um processo de retirada dos resíduos da tinta ou verniz anteriormente colocados no depósito, efetuar uma purga, para não restar vestígios e não contaminar a nova tinta ou verniz, para estas operações o tempo médio de paragem é de cerca de duas horas; outro caso, não tão frequente, de mudança de Setup, é a mudança do tamanho da folha cortada, ou seja, a linha terá de estar adaptada aos vários tamanhos de folha que lhe forem introduzidos, para estas mudanças o tempo médio de paragem é de cerca de uma hora.

O processo de litografia tem uma tipologia de produção por lotes, o qual tem um mix de produtos de alta variedade e lida com as dificuldades de um elevado nível de WIP, demasiado tempo de mudanças de Setup das linhas e lead times demasiado longos. Consecutivamente, existem dificuldades a nível de eficiência e cumprimento de prazos de entrega.

Na produção de embalagens não verificamos diferenças ao nível da sua produção, mesmo com as constantes alterações na decoração que resultam em constantes mudanças no processo de litografia, a embalagem em si é sempre standard. Por isso, consideramos que a implementação da metodologia POLCA é adequada face à natureza do processo de litografia.

Tab. 5-2. Comparação entre Processo de Litografia e Produção de Embalagens

PROCESSO	VARIEDADE	VOLUME
LITOGRAFIA	Alterações constantes de tintas e vernizes	Constantes mudanças de Setups de tintas e vernizes
PRODUÇÃO DE EMBALAGENS	Produção Standards, Nr Setups reduzido	Produções de grande volume e reduzida variedade

## 5.2 Processo de Litografia

O processo de Litografia obedece a uma sequência de operações, conforme pode ser observado na Fig. 5-2, sendo separado em três secções: secção de corte; secção de pré-impressão; e secção de impressão.

O processo inicia-se na secção de corte, onde são colocadas as bobines de alumínio numa linha de corte em folhas, sendo estas empilhadas em paletes, cada palete é denominada de *balote*. O número de unidades de folha a cortar e o tipo de corte já está pré-definido através de uma ordem de produção.



Fig. 5-2. Balote de Folha Cortada

Posteriormente ao corte da folha, a mesma é dirigida à secção de Pré-impressão, onde as folhas de alumínio são envernizadas e novamente colocadas em balotes, de igual modo, esta operação também já está pré-definida numa ordem de produção. Porém, nem sempre as folhas cortadas de uma ordem a montante representam o mesmo número de folhas a envernizar na ordem a jusante. As ordens de produção são criadas por operação e não numa sequência de operações.

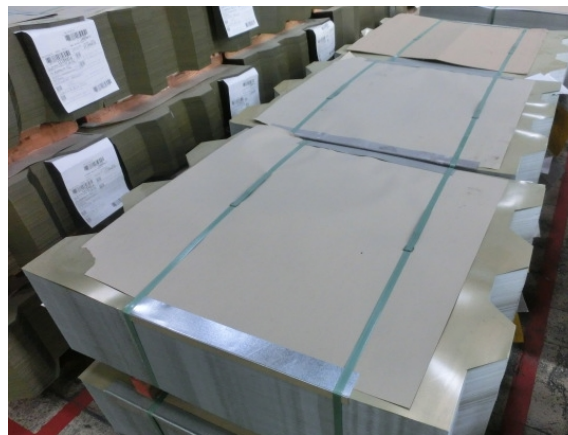


Fig. 5-3. Balote de Folha Envernizada

Por fim, os balotes de folha envernizada são entregues à secção de Impressão, onde as decorações são impressas sobre as folhas envernizadas, mais uma vez o número de folhas a imprimir e quais as tintas a aplicar encontram-se pré-definidas na ordem de produção. Após os balotes de folha estarem impressos e com as ordens de produção concluídas, são entregues à produção das embalagens para ser efetuar a sua transformação, conforme pode ser visualizado na Fig 5-1.



Fig. 5-4. Balote de Folha Litografada

Após a descrição do processo, de litografia, vamos acompanhar a sua sequência operacional.

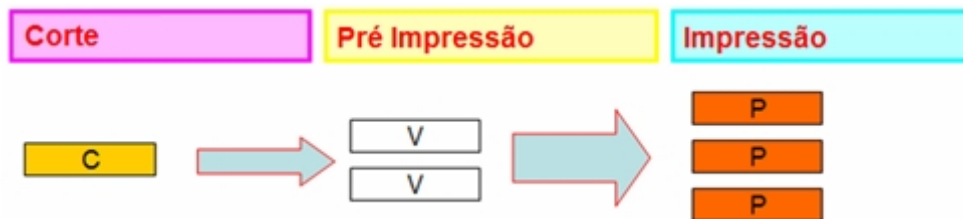


Fig. 5-5. Layout do Processo de Litografia

Verificamos que neste processo representado na Fig. 5-5 temos o seguinte número de postos de trabalho por secção:

- Secção de Corte – 1 posto de trabalho;
- Secção de Pré-Impressão – 2 postos de trabalho;
- Secção de Impressão – 3 postos de trabalho.

Estes postos de trabalho representam linhas de produção, ou seja, cada posto de trabalho é atribuído a um processo de input/output.

Após termos acompanhado o tipo de processo de Litografia convencional (ou standard), de seguida vamos adaptar este processo de acordo com a metodologia POLCA, procurando de forma criteriosa efetuar o seu enquadramento, validação e efetuar uma simulação de um caso prático, de acordo com as regras da metodologia POLCA.

### 5.3 Metodologia POLCA

Para podermos efetuar a aplicação desta metodologia, é necessário preparar o processo em ordem à sua correta implementação. Nesse sentido, vamos começar por dar atenção à sua forma de organização: recursos, operações e layout; proceder à identificação dos elementos POLCA; e efetuar uma simulação de um caso prático.

A implementação da metodologia POLCA deve realizar-se de acordo com a descrição feita no

cap. 4 (Epping, 2005). Agora, a essa descrição, vamos acrescentar a capacidade instalada. Deste modo, a metodologia POLCA será organizada (e avaliada) da seguinte forma:

- Organizar Layout em Células POLCA;
- Definir Capacidade Instalada;
- Identificar os Loops POLCA;
- Criar os Cartões POLCA;
- Nível de Planeamento HL – MRP.

As várias etapas da aplicação da metodologia POLCA no processo selecionado serão analisadas esquematicamente para obter uma melhor compreensão do conceito da metodologia.

### 5.3.1 Células POLCA

Primeiro, o processo tem de estar organizado em células, que correspondam às diferentes secções com os seus respetivos postos de trabalho, seguidamente vamos identificar as diferentes secções que irão corresponder às células POLCA dentro do processo de Litografia.



Fig. 5-6 Células POLCA do Processo de Litografia

A forma de organização do espaço será através de um Layout Celular. De acordo com o Cap. 3, o Layout Celular é uma condição obrigatória da metodologia POLCA, segundo Stevenson (2001), combina a eficiência de um layout de produto com a flexibilidade de um layout de processo. De acordo com a Fig 5-5, o processo de litografia terá as células equivalentes às suas secções: Células de Corte, Células de Pré-Impressão e Células de Impressão.

Estas células são virtuais, sem a obrigatoriedade de estarem próximas umas das outras, porém, como o conceito de célula, conforme Fig 5-6, tem uma forte componente de ferramenta visual de processo, dessa forma identificamos estas células como virtuais, podendo assim esquematizar o processo, visualizar roteiros, ordens de produção, etc.

A diferença desta identificação celular para o processo standard já existente, tem a ver com a sua forma de organização e comunicação, em conformidade com o conceito da metodologia POLCA. Desta forma, podemos criar os restantes elementos POLCA necessários em ordem à correta implementação da metodologia, como sejam: roteiros, loops POLCA, cartões POLCA.

Vamos efetuar uma análise individual a cada Célula do processo em estudo, onde vamos identificar os postos de trabalho de cada uma das células, usando uma nomenclatura simples e prática de utilizar no Shop Floor.

### 5.3.1.1 Células de Corte

Conforme a Fig 5-7 mostra, o processo de litografia inicia-se sempre com o corte das bobines em folhas.



Fig. 5-7. Células de Corte

Neste caso, tal como representado na Fig. 5-7, a nomenclatura utilizada é C1, devido a ser uma linha de secção de corte de folha. Esta secção apenas tem uma linha, que representa um posto de trabalho. As bobines são colocadas na máquina de corte C1, a bobine é desenrolada e efetua-se uma operação de corte, o número de folhas e a especificação da sua dimensão são determinadas por uma Ordem de Produção, conforme o Anexo I.

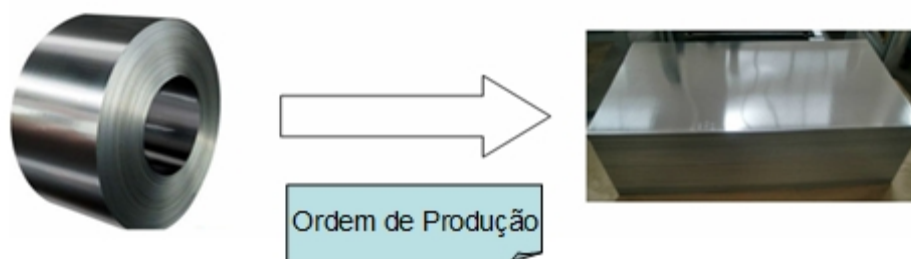


Fig. 5-8. Processo de Corte

### 5.3.1.2 Células de Pré-Impressão

As bobines após estarem cortadas em folhas e colocadas em balotes, conforme se apresenta na Fig. 5-8, vão para a secção de pré-impressão na qual se realiza o envernizamento da folha, ou seja, a preparação da sua impressão, o tipo de verniz a aplicar e o número de folhas a envernizar são definidos através de uma outra ordem de produção, conforme o Anexo II. Nesta secção existem duas linhas de envernizamento, que representam dois postos de trabalho, identificados como V1 e V2 na Fig. 5-9.



Fig. 5-9. Células de Pré-Impressão

### 5.3.1.3 Células de Impressão

Após o envernizamento da folha, os balotes são transportados para as linhas de impressão. Nesta secção representado na Fig. 5-10 existem três linhas com características diferentes, a nomenclatura utilizada será P1, correspondente a uma capacidade de 3 cores à sua disposição, ou seja, a cada passagem de folha a linha imprime-lhe 3 cores; a P2 tem duas cores à sua disposição, ou seja, a cada passagem de cor imprime duas cores e a P3 dispõe apenas de uma cor para aplicação a cada passagem da folha. As produções estão definidas nas ordens de trabalho conforme o Anexo III.

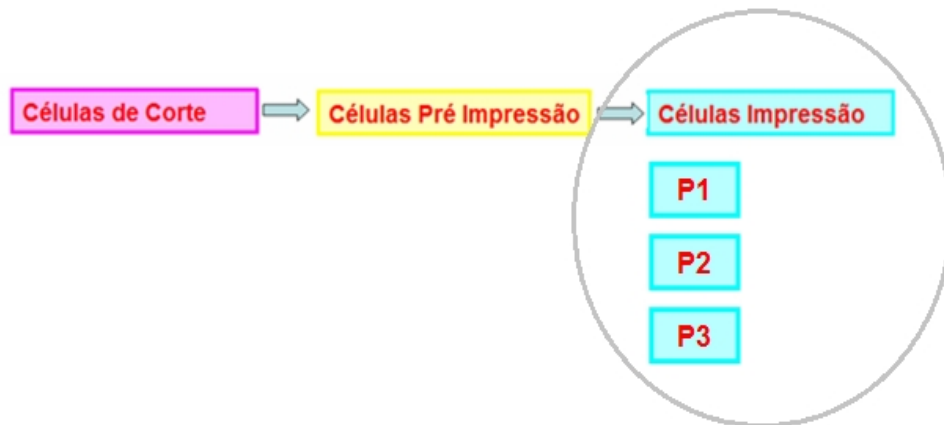


Fig. 5-10. Células de Impressão

Após o processo ficar concluído nas células de impressão, os balotes de folha litografada são entregues à produção, com vista a serem transformadas em embalagens.

## 5.4 Capacidade Instalada

### 5.4.1 Capacidade Instalada em horas

Todas as células dispõem de 3 turnos diários de 8 horas, sendo que cada posto de trabalho disponibiliza 24h de laboração diárias, conforme está representado na Fig 5-11.

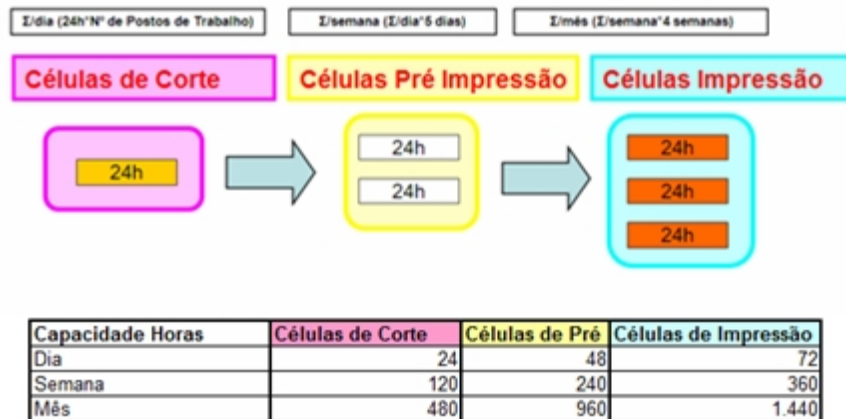


Fig. 5-11. Capacidade instalada em horas em cada célula por Dia, Semana, Mês

Os valores apresentados estão representados na Tab 5-3.

Tab. 5-3. Capacidade instalada em horas em cada célula por Dia, Semana, Mês

Capacidade Horas	Células de Corte	Células de Pré-Impressão	Células de Impressão
$\Sigma/\text{Dia} = 24\text{h} \times \text{Postos de Trabalho}$	$24 \times 1 = 24$	$24 \times 2 = 48$	$24 \times 3 = 72$
$\Sigma/\text{Semana} = 5 \text{ dias} \times \Sigma/\text{Dia}$	$5 \times 24 = 120$	$5 \times 48 = 240$	$5 \times 72 = 360$
$\Sigma/\text{Mês} = 4 \text{ Semanas} \times \Sigma/\text{Semana}$	$4 \times 120 = 480$	$4 \times 240 = 960$	$4 \times 360 = 1.440$

Através da capacidade/hora disponível conseguimos identificar quantas unidades poderemos produzir em função das horas disponíveis em cada célula.

### 5.4.1.1 Capacidade Instalada em unidades

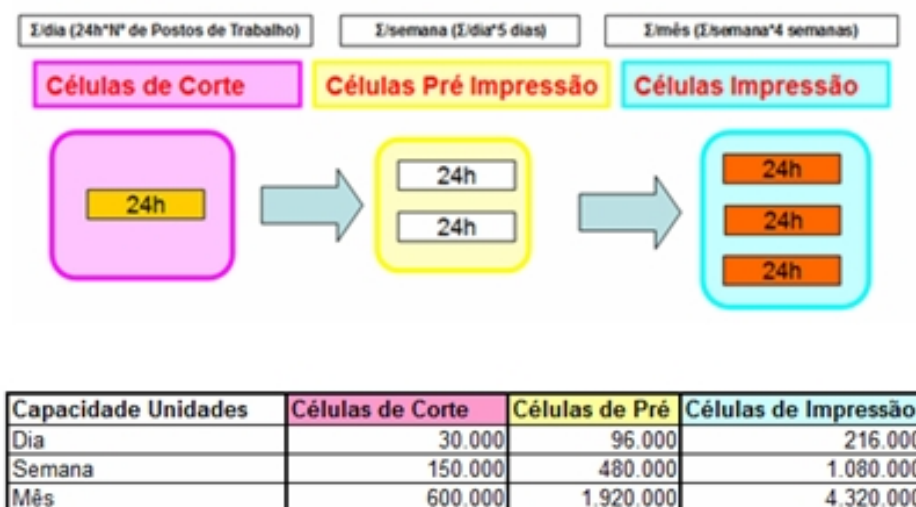


Fig. 5-12. Capacidade instalada em unidades em cada célula por Dia, Semana, Mês

Os valores apresentados na Fig. 5-12 estão representados na Tab. 5-4.

Tab. 5-4. Capacidade instalada em unidades em cada célula por Dia, Semana, Mês

Capacidade Unidades	Células de Corte	Células de Pré-Impressão	Células de Impressão
$\Sigma/\text{Dia} = \text{N}^\circ \text{ Unidades/hora} \times \Sigma/\text{Dia}$	$1.250 \times 24 = 30.000$	$1.000 \times 2 \times 24 = 48.000$	$1.000 \times 3 \times 24 = 72.000$
$\Sigma/\text{Semana} = \text{N}^\circ \text{ Unidades/hora} \times \Sigma/\text{Sem}$	$1.250 \times 120 = 150.000$	$1.000 \times 2 \times 120 = 240.000$	$1.000 \times 3 \times 120 = 360.000$
$\Sigma/\text{Mês} = \text{N}^\circ \text{ Unidades/hora} \times \Sigma/\text{Mês}$	$1.250 \times 480 = 680.000$	$1.000 \times 2 \times 480 = 960.000$	$1.000 \times 3 \times 480 = 1.440.000$

Podemos calcular quantas unidades de output conseguiremos obter por cada grupo de células por hora:

Tab. 5-5. Output em unidades em cada célula

Células de Corte	Produção/24 horas	Produção/hora
C1	30.000	1.250

Células de Pré	Produção/24 horas	Produção/hora
V1	24.000	1.000
V2	24.000	1.000
	<b>48.000</b>	<b>1.000</b>

Células de Impressão	Produção/24 horas	Produção/hora
P1	24.000	1.000
P2	24.000	1.000
P3	<b>48.000</b>	<b>1.000</b>

Desta forma conseguimos, segundo a metodologia POLCA, definir os lead times de cada célula e projetar a real capacidade de todo o processo produtivo.

## 5.5 Loops POLCA

Para todas as interações possíveis entre duas células, existe um loop associado, logo, o passo seguinte da implementação da metodologia é definir todos os loops possíveis entre as células.

Para identificar os loops de todas as combinações possíveis de sequências de rotas, vamos iniciar a sequência de produção.

A primeira sequência inicia-se a partir da Célula de Corte, onde os possíveis loops, conforme a Fig. 5-13 mostra, são: C1/V1 e C1/V2; o que vai originar os respectivos cartões representativos destes loops, ou seja, a partir do momento em que a bobine se encontra cortada, os balotes de folha podem ir para as Células de Pré-Impressão V1 ou seguir para V2.

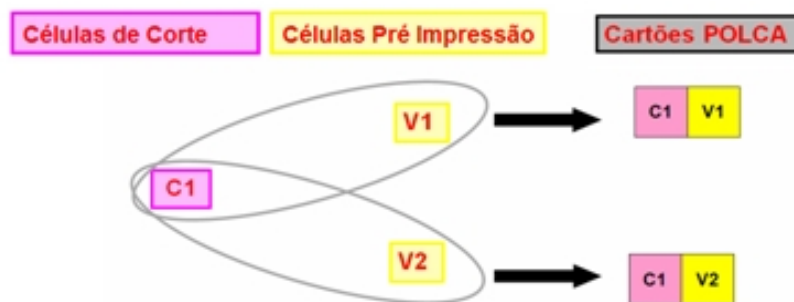


Fig. 5-13. POLCA Loops da Célula de Corte

Na operação seguinte, temos como possibilidade as sequências a partir da Célula V1, onde após os balotes de folha se encontrarem envernizados, seguem para a sequência seguinte, as Células de Impressão: V1/P1, V1/ P2, V1/P3; novamente, conforme foi explicado na sequência operacional anterior, vai originar o mesmo número de cartões representativos dos Loops, conforme podemos verificar na Fig. 5-14.



Fig. 5-14. POLCA Loops da Célula de Pré-Impressão V1

A mesma sequência relativa à célula V1 serve para a célula V2, quando verificamos as possíveis sequências, após o envernizamento das folhas na Célula V2: V2/P1, V2/P2, V2/P3, com a

representação dos loops através dos Cartões Polca conforme se pode ver na Fig. 5-15.

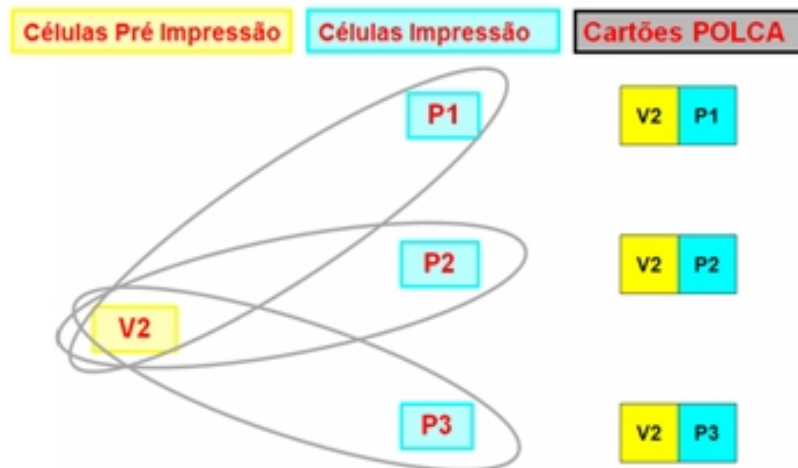


Fig. 5-15. POLCA Loops da Célula de Pré-Impressão V2

Note-se que, quando surge uma ordem, independente da sequência de operações de um roteiro específico, existem sempre dois loops de sobreposição nas células, com exceção da primeira e da última célula, onde não é possível efetuar o loop devido a estarem nas extremidades do processo.

## 5.6 Cartões POLCA

No início do processo, para que uma célula possa iniciar a produção são necessários dois requisitos:

- Autorização de Produção HL-MRP;
- Cartão Polca disponível.

Assim, no caso de uma célula iniciar a produção, em primeiro lugar necessita de permissão, através de uma ordem de trabalho gerada pelo HL-MRP. Quando existe essa permissão, a célula necessita de capacidade de produção, a demonstração de capacidade é atribuída através de um cartão POLCA, segundo Suri (2003), é um sinal de capacidade.

Quando um cartão POLCA não se encontra disponível, a célula não inicia a produção, porque a capacidade necessária não existe. Um cartão POLCA está sempre ligado a um circuito e não a uma única célula. Para o circuito C1/V1, por exemplo, a sequência a jusante V1/P1, o cartão tem que estar disponível. Assim, não só é verificado se existe capacidade em C1, mas também em V1, conforme está representado na Fig. 5-16.

No fim das operações da célula V1, o cartão retorna para a célula C1, demonstrando capacidade no loop C1/V1.

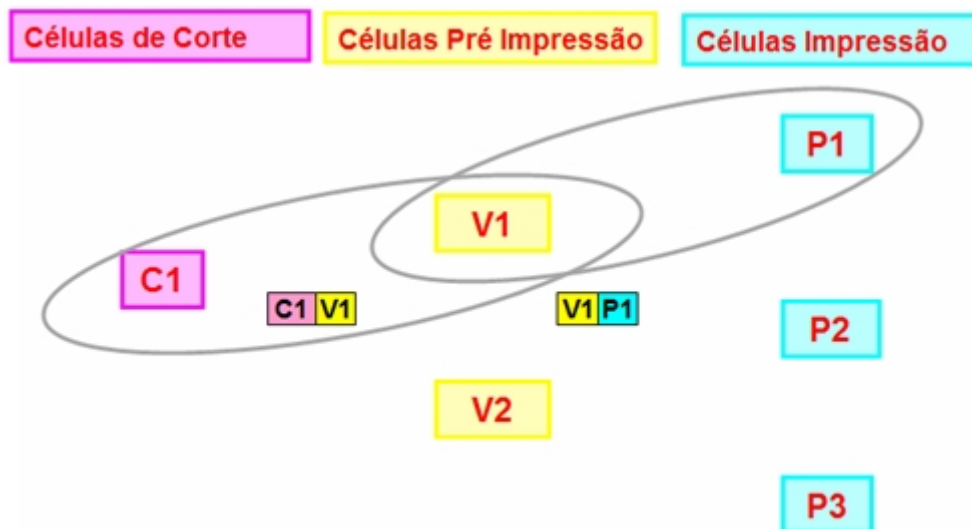


Fig. 5-16. Sinal de capacidade dos cartões POLCA

De seguida vamos criar um cartão POLCA. Um dos aspetos fundamentais é a carga adequada de capacidade que deve ser representada por um cartão POLCA. Segundo Suri (2003), é essencial que a carga não seja demasiado grande nem demasiado pequena. Se a carga for demasiado grande, então isso implicará poucos cartões no circuito entre duas células, podendo resultar em sinais irregulares de capacidade disponível para a célula a montante. Por outro lado, se a carga for demasiado pequena, resultará num excessivo número de cartões POLCA, tornando-se difícil de gerir e manter o controlo dos cartões.

De acordo com as capacidades calculadas na Tab. 5-4, vamos definir a carga associada aos cartões POLCA em lotes de 12.000 unidades, visto que todo o processo ronda lotes desta grandeza de capacidade por turno. Com a carga definida, vamos ter 4 cartões POLCA nos loops entre as Células de Corte e as Células de Pré-Impressão. Esta decisão sobre o número de cartões representa a capacidade máxima neste loop das células, ou seja, através dos cartões presentes na caixa de cartões da célula C1, é possível verificar quais as células a jusante: V1, V2 e V3 que estão com ordens em curso e/ou quais as que se encontram com capacidade. Na sequência seguinte vamos ter 6 cartões POLCA entre as Células de Pré-Impressão e as Células de Impressão, mais uma vez decisão sobre número de cartões representa a capacidade máxima das células deste loop, verificando-se que através da caixa de cartões das células V1, V2 e V3 é possível conhecer a capacidade da célula a jusante.

Assim, com esta carga, vamos ter sempre cartões suficientes para sinalizar capacidades nas várias células, isto porque são quantidades em concordância com as capacidades diárias; sendo, por outro lado, um número de cartões fácil de controlar, evidenciando sinais reais e concretos de capacidade, sem ser demasiado complexo efetuar o controlo e distribuição dos mesmos.

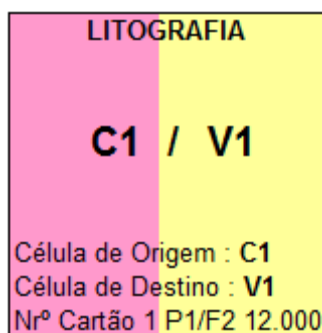


Fig. 5-17. Exemplo Cartão POLCA

A principal informação sobre o cartão consiste nas abreviaturas para as duas células do loop às quais se destina o cartão. Estes estão escritos em caracteres grandes, conforme mostra a Fig. 5-17. O cartão é dividido em duas cores, cada cor está associada a uma célula: Célula Corte C1 é rosa e a Célula Pré-Impressão V1 é amarela. O cartão contém ainda algumas informações mais detalhadas: a carga definida e o número de série, estas abreviações foram explicadas no capítulo 4.

## 5.7 HL-MRP

Para implementar a metodologia POLCA, é necessário adoptar um sistema de HL-MRP de planeamento e coordenação de materiais, conforme referido no capítulo 4. Um sistema MRP II é a resposta ao HL-MRP. Em vez de olhar para os detalhes de reabastecimento de materiais e roteamento das células, o MRP II vê cada célula como um passo na lógica MRP II. Desta forma, apenas alguns passos têm que ser agendados. De acordo com Suri (2005), resulta num sistema mais simples de aplicações regulares de MRP II.

O sistema MRP II é impulsionado pela procura, podendo ser encomendas de clientes, previsões de vendas, conforme os casos, ou uma combinação de ambos. Com base nesta exigência, e usando os tempos de produção de cada célula, o sistema de MRP II desenvolve prazos de entrega para cada célula, utilizando sempre a data de fim (due date). Estes horários são atribuídos para cada célula, se a célula deteta períodos em que não pode cumprir as metas de produção, o sistema de MRP II, dá esse feedback, desenvolvendo em seguida cronogramas de produção atualizados.

Através do módulo CRP, é possível verificar qual a capacidade disponível, se está de acordo com a procura, ou se será necessário redefinir o plano de produção. Através da aplicação do sistema MRP II é possível, sempre que ocorre a receção de uma encomenda, planejar a due date, convocando os recursos a serem aplicados, por forma a suprir a encomenda e não pensando em lotes para posteriores consumos. Assim, os recursos são alocados de acordo com as necessidades, permitindo gerir as prioridades da melhor forma, em função da data de entrega fixada, sendo uma ferramenta de auxílio bastante importante na gestão dos materiais.

Sempre que uma encomenda é colocada, o MRP II cria as ordens de produção para as diferentes células dentro do processo, ou seja, é criada uma ordem de produção para a secção de corte, outra para a secção de envernizamento e uma outra para a secção de impressão.

Neste momento, efetuou-se a completa adaptação dos elementos POLCA necessários à aplicação da metodologia, vamos agora efetuar uma síntese destes elementos:

- Identificámos as secções do processo em Células, com um layout celular virtual e identificámos os seus correspondentes postos de trabalho;
- Verificámos qual a capacidade instalada, para o sistema HL-MRP efetuar os devidos cálculos para os lead times;
- Identificámos todos os possíveis roteiros que representam os loops POLCA;
- Identificámos os Cartões POLCA que definem as operações nos Loops, ou seja, as sequências operacionais;
- Identificámos o nível de planeamento HL-MRP necessário para efetuar cronogramas de produção e calcular os lead times.

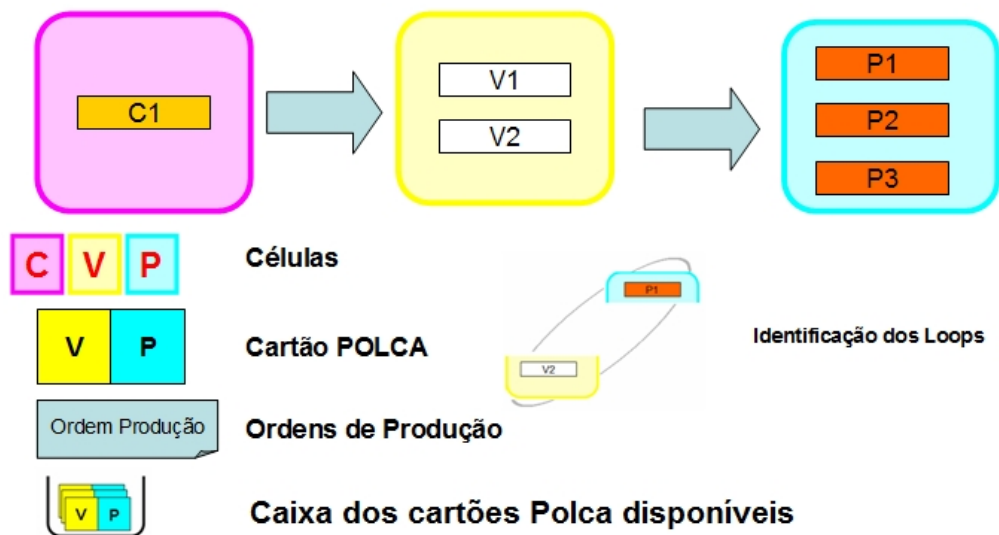


Fig. 5-18. Elementos da metodologia POLCA

Representado na Fig. 5-18, o processo de litografia está organizado em células, identificadas com nomenclaturas correspondentes ao nome de cada secção; temos as possíveis sequências e roteiros identificados através dos loops e cartões POLCA; e dispomos das ordens de produção que nos vão permitir definir quantidades e especificações. Desta forma, estão criadas as condições para podermos efetuar a simulação de um caso prático, aplicando as regras da metodologia POLCA.

## 5.8 Simulação

Para realizar esta simulação vamos percorrer o processo desde o início, até à sua conclusão, através da introdução de novas encomendas. Vamos utilizar critérios de coordenação para a receção de cada encomenda da seguinte forma: Definir os roteiros, alocar os cartões POLCA e efetuar a demonstração da sequência operacional, passo a passo, através da visualização de um esquema com as células virtuais.

### 5.8.1 1ª Encomenda de 1.100 folhas de alumínio com 3 Cores

Para se iniciar a produção desta encomenda, vamos assumir que o primeiro cartão disponível a retornar a C1 é o cartão que representa o loop C1/V1.

Primeiro é efetuado o roteiro:

- C1 Corte;
- V1 – Pré-Impressão, a escolha apoia-se na disponibilidade desta célula;
- P1 – Impressão, a escolha deve-se ao facto da P1 ter impressão de 3 cores.

Alocar os Cartões POLCA:

- C1/V1;
- V1/P1.

Para iniciar as operações na célula C1, são necessários os seguintes requisitos:

- Autorização para iniciar o ciclo C1/V1 pelo MRP II;
- Disponibilidade de um cartão C1/V1.

As operações na célula C1 são realizadas enquanto o cartão C1/V1 acompanha a ordem de produção. A célula seguinte é V1. A Ordem de Produção está na célula V1, juntamente com o cartão C1/V1. Como a decoração tem 3 cores temos de esperar pelo cartão POLCA da Célula P1, de forma a indicar que se encontra disponível.

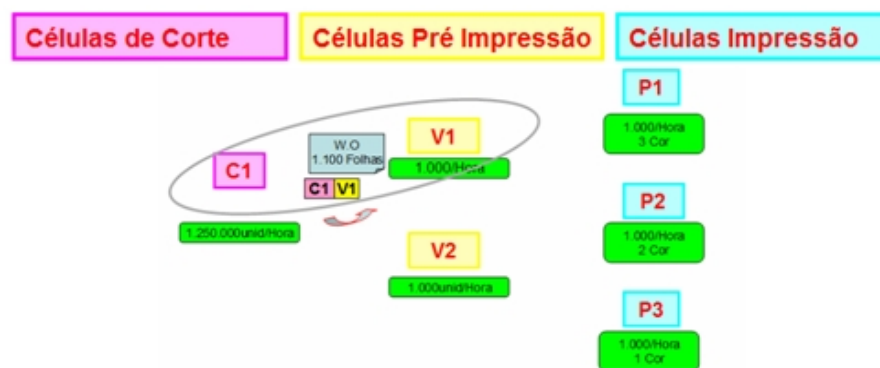


Fig. 5-19. Operações da Célula C1 para V1

Para iniciar as operações na célula V1, são necessários os seguintes requisitos:

- Autorização para iniciar o ciclo V1/P1 pelo MRP II;
- Disponibilidade de um cartão V1/P1.

O cartão V1/P1 disponível é acoplado ao fim. Neste momento, duas células estão ligadas para iniciar o envernizamento, ou seja, o cartão de C1/V1 e o cartão V1/P1.

As operações na célula V1 são iniciadas, enquanto os cartões C1/V1 e V1/P1 acompanham o pedido, como exemplificado na fig. 5-20.

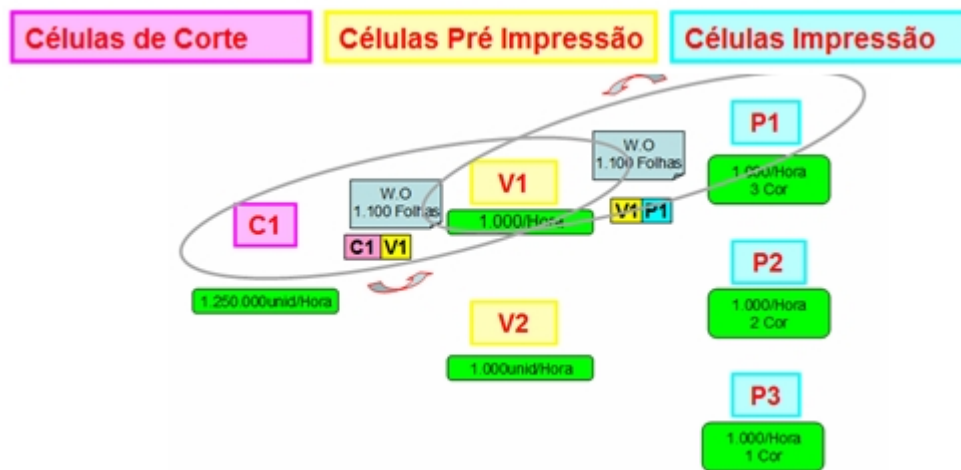


Fig. 5-20. Operação da Célula C1 para V1

Quando ambos C1 e V1 estiverem terminados, o cartão C1/V1 pode ser colocado de volta na caixa de cartões disponíveis na célula C1 para V1, ou seja, a sequência C1/V1, sinaliza capacidade disponível.

O cartão que representa o fim do processo V1/P1 pode ir para a célula P1. Nesta célula, o cartão V1/P1 é acoplado à ordem de produção. Quando a célula P1 está pronta, o cartão V1/P1 é retornado para a caixa de cartões disponíveis na célula V1 que representa a sequência V1/P1, ou seja, sinaliza capacidade em P1. São sempre acoplados a um pedido dois cartões POLCA. Assim, verificamos que as operações só se iniciam numa célula, sempre que tivermos dois cartões representando o fluxo a montante e a jusante, conforme foi anteriormente descrito, exceto para a primeira e última célula, porque nenhum loop é efetuado. O motivo pelo qual não existem loops nas extremidades do processo, deve-se ao facto de só existir capacidade tanto na célula corrente como na célula seguinte.

### 5.8.2 2ª Encomenda de 900 folhas de alumínio com 2 Cores

Nesta segunda interação rececionamos uma encomenda que solicita 900 folhas com duas cores.

Primeiro, é efetuado o roteiro:

- C1 Corte;
- V2 – Pré-Impressão, a escolha a escolha assenta na sua disponibilidade;
- P2 – Impressão, a escolha deve-se ao facto da P2 ter impressão a 2 cores.

Alocar os Cartões POLCA:

- C1/V2;
- V2/P2.

Para iniciar as operações na célula C1, são necessários os seguintes requisitos:

- Autorização para iniciar o ciclo C1/V2 pelo MRP II;
- Disponibilidade de um cartão C1/V2.

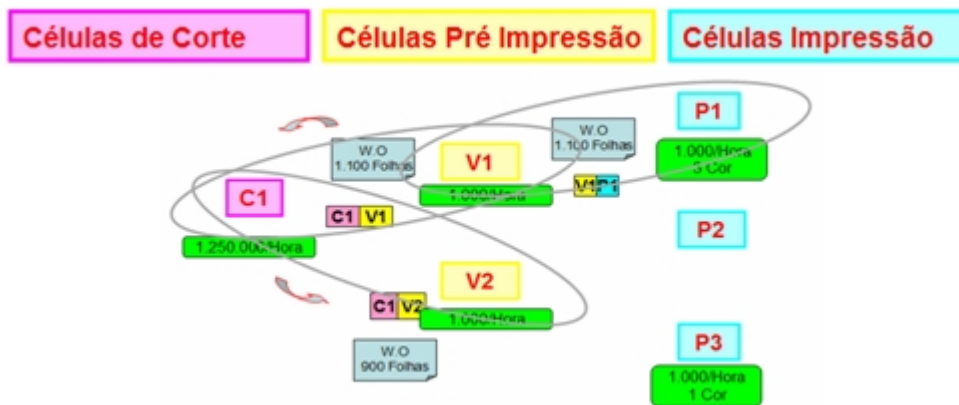


Fig. 5-21. Operação da Célula C1 para V2

O início do processo começa em C1, a partir do momento em que tenha uma Ordem de Produção, essa ordem só se inicia após o cartão C1/V2 se encontrar em C1, demonstrando existir capacidade a jusante. Posteriormente à operação em C1 estar concluída, o Cartão C1/V2 acompanha a folha cortada para a célula V2.

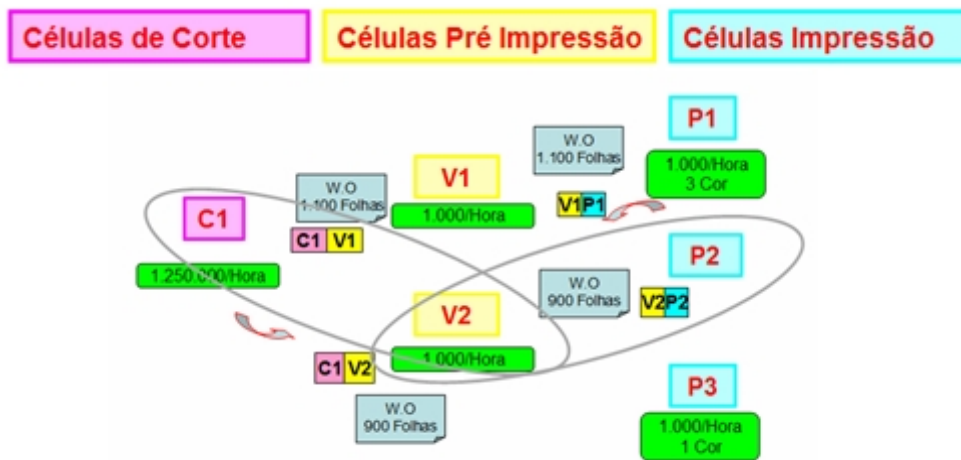


Fig. 5-22. Operação da Célula V2 para P2

Para iniciar as operações na célula V2, são necessários os seguintes requisitos:

- Autorização para iniciar o ciclo V2/P2 pelo MRP II;
- Disponibilidade de um cartão V2/P2.

De novo, para dar início a esta operação, é necessário que exista uma autorização de produção e o cartão V2/P2 se encontre disponível. Assim, logo que sejam reunidos os dois cartões: C1/V2 e V2/P2, dar-se-á início à operação de envernizamento em V2, ficando demonstrada a capacidade em P2; terminada a operação em V2, a folha envernizada é encaminhada para P2 em ordem á sua impressão.

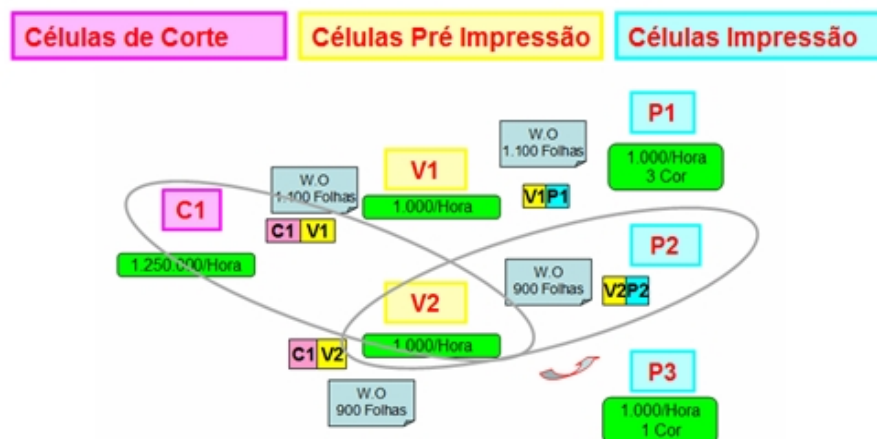


Fig. 5-23. Fim da operação na Célula P2

A folha é impressa em P2; a folha litografada é entregue à produção; e o cartão V2/P2 é devolvido à caixa de cartões na célula V2.

### 5.8.3 3ª Encomenda de 1.250 folhas de alumínio com 1 Cor

Primeiro é efetuado o roteiro:

- C1 Corte;
- V2 – Pré-Impressão, a escolha assenta na sua disponibilidade;
- P3 – Impressão, a escolha deve-se ao facto da P3 ter impressão a uma cor.

Alocar os Cartões POLCA:

- C1/V2;
- V2/P3.

Para iniciar as operações na célula C1, são necessários os seguintes requisitos:

- Autorização para iniciar o ciclo C1/V2 pelo MRP II;
- Disponibilidade de um cartão C1/V2.

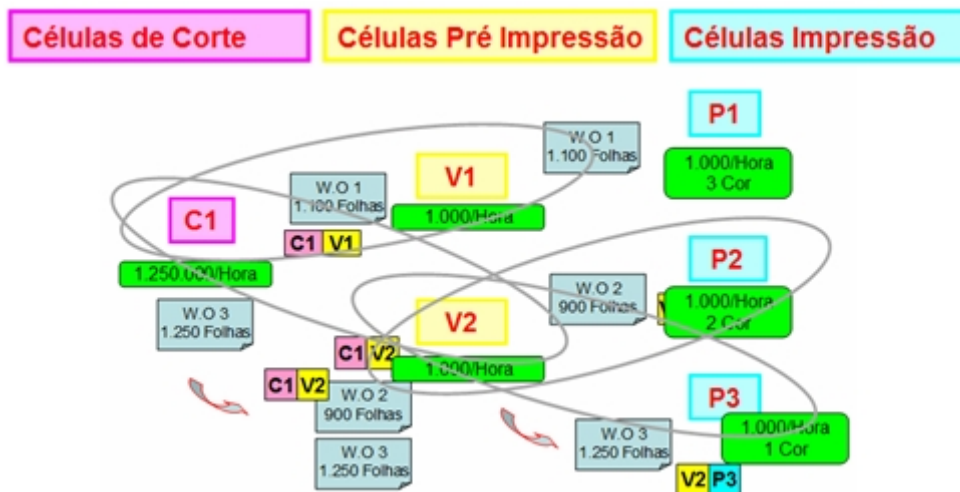


Fig. 5-24. Operações da Célula C1 até à célula P3

O início do processo começa em C1, a partir do momento em que tenha uma Ordem de Produção, essa ordem só se inicia após o cartão C1/V2 se encontrar em C1, demonstrando existir capacidade a jusante. Posteriormente à operação em C1 estar concluída, o Cartão C1/V2 acompanha a folha cortada para a célula V2.

Para iniciar as operações na célula V2, são necessários os seguintes requisitos:

- Autorização para iniciar o ciclo V2/P3 pelo MRP II;
- Disponibilidade de um cartão V2/P3.

Quando existir autorização de produção e o cartão V2/P3 se encontrar disponível, logo que fiquem reunidos os dois cartões: C2/V2 e V2/P3, dar-se-á início à operação de envernizamento em V2, ficando demonstrada a capacidade em P3; terminada a operação em V2, a folha envernizada é encaminhada para P3 em ordem à sua impressão.

Desta forma conseguiu-se simular uma operação normal de um processo de litografia, no qual foram introduzidas três novas encomendas, sendo que a partir da segunda encomenda, foi necessário esperar pela utilização e racionalização de recursos e capacidade já utilizados a partir da primeira encomenda, o que, na nossa perspetiva, representa um quadro bem ajustado e verosímil do dia-a-dia experienciado pelas empresas, à medida que chegam novas encomendas.

## 5.9 Síntese da aplicação da metodologia

A seleção do processo produtivo objeto de aplicação da metodologia POLCA, foi feita com base nas oportunidades de melhoria que esta tipologia produtiva potencialmente encerra. O processo de litografia é constituído por três fases, corte, envernizamento e impressão. Este processo tem uma tipologia de produção por lotes, com um elevado número de variáveis de produto com efeito direto no Setup de linha. Consecutivamente, são experimentadas dificuldades a nível de eficiência e cumprimento de prazos de entrega.

Para a aplicação da metodologia no processo de litografia, foi necessário definir elementos que

contribuem decisivamente para um desenvolvimento prometedora do processo. Na fase inicial foi definido o tipo de cartões que vão ser parte integrante do processo, assim como foram identificadas as células de trabalho que vão estar envolvidas na metodologia. De seguida, e com base nos cartões, associados às respectivas células, representando, cada cartão, um loop.

Depois da criação dos cartões, identificou-se a capacidade instalada para o cálculo do número de cartões a utilizar no processo de litografia. Cada cartão representa uma carga e o total de cartões vai representar a capacidade instalada do processo.

Numa fase posterior torna-se importante interligar o sistema MRP à associação de cartões POLCA. Cada ordem de trabalho terá um conjunto de cartões associado.

Esta metodologia tem uma forte componente de gestão visual, permitindo a um nível mais elevado visualizar a capacidade utilizada. Para esta visualização foi criado um cartaz com o layout das células e os seus respetivos cartões, para que cada colaborador possa visualizar onde alocar as ordens de trabalho.

O cartão POLCA é constituído por um loop e apenas inicia na primeira célula do loop se a célula a jusante estiver disponível, i. e., a garantia da disponibilidade a jusante do loop.

Foi criado um roteiro para o processo, depois de criado, foram associados os cartões POLCA às ordens de trabalho, desde a primeira célula do primeiro loop, até à última célula do último loop, os cartões acompanham a ordem de trabalho.

Com a aplicação desta metodologia no processo de litografia, foi possível passar para um fluxo contínuo; baixar o tamanho do lote, ficando mais ajustado às necessidades do cliente e não na ótica do stock; e promover uma uniformização das ordens de produção com impacto direto na redução do número de Setup.

# Capítulo 6

## Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

### 6.1 Conclusões

Como conclusão podemos afirmar que este processo de litografia é um processo que tem problemas a nível de eficiência e de gestão. É um processo gerido de forma convencional, onde as decisões são tomadas com base em conhecimentos históricos do processo, com elevada dependência dos mesmos. À medida que os anos decorrem, as regras de funcionamento passam a ser mandatárias, e a capacidade existente para rever os processos e as formas de abordagem fomentaram uma certa cristalização do processo.

A forma como o processo de litografia é gerido tem inúmeros inconvenientes, tanto em termos de recursos como de elementos, i. e., o processo produtivo tem um elevado número de ordens em curso, que não permite visualizar com clareza a real capacidade dos recursos disponíveis. A produção é feita por lotes, com base em históricos de consumos e sem ferramentas que permitam visualizar a real capacidade do processo. Conduzindo, desta forma, a uma ineficiência do processo, onde os níveis de WIP e os níveis de inventário são demasiado elevados, implicando como resultado final níveis de serviço reduzidos.

Assim, a grande vantagem (entre outras) da metodologia POLCA é permitir visualizar a capacidade efetiva disponível ao longo do processo e nas várias células do processo de litografia. Torna o processo organizado, as células como uma mais-valia em termos de organização e como ferramenta de visualização. Permite produzir em fluxo contínuo, ao invés de produções por lotes planeadas de acordo com históricos de consumos, sem demonstrar o nível de carga do momento atual.

Da mesma forma, através do fluxo contínuo de produção, é possível eliminar stocks, uma vez que, em lugar de produzir para consumos previstos, passar-se-á a produzir por encomenda. Isso terá um impacto direto nos níveis de WIP ao longo do processo, da mesma forma que se reduzirá o número de ordens de produção em curso. Outro dos benefícios alcançados, passa por uma maior rastreabilidade das ordens de trabalho, saber em que ponto se encontram, e se estão a cumprir os prazos de execução, são aspetos importantes a ter presentes com vista ao cumprimento dos prazos de entrega. Esta visualização do Shop Floor, permite intervir com maior incidência nos lead times, o que, no fim, acaba por ser a principal mais-valia da aplicação da metodologia POLCA. Em síntese, as vantagens desta metodologia são: redução dos lead times; melhoria dos níveis de serviço (motiva todo um melhoramento nos processos e na cadeia de abastecimento); melhoria na qualidade; redução de desperdícios; tendo como resultado uma melhoria dos índices de satisfação dos clientes externos e internos.

Há ainda um longo caminho a percorrer até a metodologia POLCA poder estar completamente integrada na cultura organizacional.

Através deste trabalho, procurou-se dar um contributo para a divulgação da metodologia POLCA junto das organizações empresariais de âmbito industrial, visando a melhoria dos seus processos produtivos e, conseqüentemente, da sua competitividade. Por outro lado, sugere-se a continuidade da divulgação/investigação desta metodologia em desenvolvimentos futuros.

## **6.2 Desenvolvimentos Futuros**

A maioria dos estudos teóricos que incidem na gestão dos fluxos de materiais e capacidades em indústrias que operam em ambientes de baixo volume e elevada variabilidade, ainda não obtiveram grandes aplicações práticas.

Através da simulação desenvolvida, obtivemos o conhecimento das fases de implementação que uma organização necessita conhecer, para adotar esta metodologia.

Devemos encarar a aplicação desta metodologia como a criação de um modelo organizacional, suscetível de se adaptar a qualquer indústria com o mesmo perfil produtivo e, dessa forma, efetuar simulações que permitam obter visualmente as conclusões que alcançámos.

Criar ferramentas de visualização e simular casos reais, pode ser uma oportunidade para divulgar as boas práticas e as melhorias alcançadas através da metodologia POLCA, junto das organizações. O grande objetivo a alcançar e a demonstrar com este modelo será a visualização da gestão de fluxos e capacidades, visualização de oportunidades de melhoria e redução de lead times para as organizações se tornarem mais eficientes e competitivas.

# Bibliografia

- ALGEO, Mary Elizabeth A. and BARKMEYER, Edward J., 2001. Enterprise resource planning systems in manufacturing. In: SALVENDY, Gavriel (ed.). *Handbook of industrial engineering : technology and operations management* [online]. 3<sup>rd</sup> ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, pp. 324-353. [Accessed 11/07/2011]. doi: 10.1002/9780470172339.ch11. ISBN 0-471-33057-4.
- BENDERS, J. and RIEZEBOS, J., 2002. Period batch control : classic, not outdated. *Production Planning & Control* [online]. Taylor & Francis, **13**(6), 497-506. [Accessed 15/08/2011]. DOI:10.1080/09537280210162941. ISSN 1366-6871.
- CARTER, Joe M., s.d. *Manufacturing resource planning (MRP/MRP II)* [online]. [Accessed 15/08/2011]. Available from World Wide Web: <[http://216.54.19.111/~mountaintop/pqm201/images/l6\\_mfgresplng.pdf](http://216.54.19.111/~mountaintop/pqm201/images/l6_mfgresplng.pdf)>.
- EPPING, E. M., 2005. *Let's Polca! : a simulation game for introducing POLCA* [online]. Groningen. Master Thesis presented to the Rijks Universiteit Groningen. [Accessed 20/08/2011]. Available from World Wide Web: <<http://www.bdk.rug.nl/medewerkers/j.riezebos/pdf%5CMaster%20thesis%20Polca%20Evelien%20Epping.pdf>>.
- FERNANDES, F. C. F. e GODINHO FILHO, M., 2007. Sistemas de coordenação de ordens : revisão, classificação, funcionamento e aplicabilidade. *Gestão & Produção* [Em linha]. São Carlos, Brasil, maio-ago., **14**(2), 337-352. [Acedido 06/10/2011]. doi: 10.1590/S0104-530X2007000200011. ISSN 0104-530X.
- FERNANDES, Nuno Octávio Garcia, 2007. *Contribuições para o controlo da actividade de produção no sector de produção por encomenda* [Em linha]. Braga. Tese de doutoramento apresentada na Universidade do Minho. [Consult. 06/10/2011]. Disponível em World Wide Web:

<http://hdl.handle.net/1822/7169>>.

FERNANDES, N. O. and SILVA, S. C., 2006. Generic POLCA : a production and materials flow control mechanism for quick response manufacturing. *International Journal of Production Economics* [online]. Elsevier, **104**(1), 74-84. [Accessed 06/10/2011]. DOI: 10.1016/j.ijpe.2005.07.003. ISSN 0925-5273.

GERMS, R. and RIEZEBOS, J., 2008. *Workload balancing capability of pull systems in MTO production* [online]. [Accessed 07/10/2011]. Available from World Wide Web:

<http://www.bdk.rug.nl/organisatie/clusters/psd/pdf/Innsbruck2008GermsRiezebos.pdf>>.

HASKOSE, A., KINGSMAN, B. G. and WORTHINGTON, D., 2004. Performance analysis of make-to-order manufacturing systems under different workload control regimes. *International Journal of Production Economics* [online]. Elsevier. July, **90**(2), 169-186. [Accessed 07/10/2011]. DOI:10.1016/S0925-5273(03)00052-5. ISSN 0925-5273.

HENRICH, P., LAND, M., and GAALMAN, L., 2002. *Exploring applicability of the workload control concept* [online]. [Accessed 07/10/2011]. Available from World Wide Web:

<http://som.eldoc.ub.rug.nl/FILES/reports/themeA/2002/02A72/02A72.pdf>>.

MEDSKER, Gina J. and CAMPION, Michael A., 2001. Job and team design. In: SALVENDY, Gavriel (ed.). *Handbook of industrial engineering : technology and operations management* [online]. 3<sup>rd</sup> ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, pp. 868-898. [Accessed 12/10/2011]. DOI: 10.1002/9780470172339.ch33. ISBN 0-471-33057-4.

SEVERINO, Maico Roris et al., 2010. Proposta de utilização do sistema Period Batch Control para redução de lead time em uma empresa de bens de capital. *Produção* [Em linha]. out./dez., **20**(4), 612-625. [Consult. 12/10/2011]. doi:10.1590/S0103-65132010005000030. ISSN 0103-6513.

SLACK, N., CHAMBERS, S., and JOHNSTON, R., 2007. *Operations management*. 5<sup>th</sup> ed. New York : Prentice-Hall. ISBN 978-0-273-70847-6.

SPEARMAN, Mark L., WOODRUFF, David L., and HOOP, Wallace J., 1990.

- CONWIP : a pull alternative to kanban. *International Journal of Production Research* [online]. Taylor & Francis. May, **28**(5), 879-894. [Accessed 15/10/2011]. Available from World Wide Web: <<http://time.dufe.edu.cn/wencong/hopp/15.pdf>>. ISSN 1366-588X.
- STEVENSON, W. J., 2001. *Operations management* [CD-ROM]. 7<sup>th</sup> ed. Boston : McGraw-Hill. ISBN 0-07-244390-1.
- SURI, Rajan, 2003. QRM and POLCA : a winning combination for manufacturing enterprises in the 21st century [online]. *Technical report*. May. [Accessed 15/10/2011]. Available from World Wide Web: <<https://qrm.engr.wisc.edu/index.php/research/downloads>>.
- SURI, Rajan, 2005. A lean strategy for job shops : POLCA : an alternative to Kanban for high-variety or custom-engineered products. *Gear Technology* [online], Nov.-Dec., **22**(6) 26-27. [Accessed 15/10/2011]. Available from World Wide Web: <<http://www.geartechnology.com/issues/1105x/polca.pdf>>. ISSN 0743-6858.
- SURI, Rajan and KRISHNAMURTHY, Ananth, 2003. *How to plan and implement POLCA : a material control system for high-variety or custom-engineered products* [online]. *Technical report*. May. [Accessed 18/10/2011]. Available from World Wide Web: <<http://www.apics-nwie.org/images/uploads/polca.pdf>>.
- VOLLMANN, Thomas E. et al., 2005. *Manufacturing planning & control systems for supply chain management : the definitive guide for professionals*. 5<sup>th</sup> ed. New York : McGraw-Hill. ISBN 0-07-144033-X.
- WOMACK, James T. and JONES, Daniel T., 1996. *Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation*. New York : Simon & Schuster. ISBN 978-1-4391-3595-2.
- ZIJM, W. H. M. and BUITENHEK, R., 1996. Capacity planning and lead time management. *International Journal of Production Economics* [online]. Elsevier, **46-47**, 165-179. [Accessed 18/10/2011]. DOI:10.1016/0925-5273(95)00161-1. ISSN 0925-5273.



# Anexos

**Anexo I** – Ordem de Produção de Corte de Folha

**Anexo II** – Ordem de Produção de Pré - Impressão

**Anexo III** – Ordem de Produção de Impressão

# **Anexo I**

## **Ordem de Produção de Corte de Folha**

59403

CROWN  
Work Order Form

Data- 6/10/14  
Hora- 13:51:23  
Usuar PO0697LPI

Fábrica 697 - ALCOCHETE -CROWN FOOD PORTUGAL  
N. de Ordem 41837691 /WO  
Data Início 06/10/14  
Data final 07/10/14  
N. Artigo F0838608

H41837691



Quantidade 20900 EA 926x855 200 E28 TH330 FS  
16+ PK  
1300 /PK

Desenho #  
N. cliente

Notas..... CORTE DELTA \* ALTERNATIVA - Esp.0,20 - PM.8 (R:77)  
FOLHA RECTA 926x855x0,20 E.2,8/2,8 TH330 - ARCELOR  
BOBINES N° 04356585 - 04356617 - 4261K017 .  
(17930 mts - 26204 Kg)

Linha	Oper	Descrição	Início	Data	Horas
697CL01	100,00	CORTE < 914 / Esp. > 0.20mm	06/10/14	07/10/14	3,0221
Delta - Corte Bobines					

Oper	Descrição	Lista de	Componentes	Quantidade	UN	Esp.	Embal.
		Produt					
100,00	926 200 E28 TH330 FS	10380318	17896	MT			2+ PK 8598 /PK

# **Anexo II**

## **Ordem de Produção de Pré - Impressão**

59403

CROWN

Work Order Form

Data- 6/10/14

Hora- 13:52:29

Usuar PO0697LPI

Fábrica 697 - ALCOCHETE -CROWN FOOD PORTUGAL

N. de Ordem 41792243 /WO

Data Início 23/10/14

Data final 27/10/14

N. Artigo 1766239

FTI45.01

H41792243



Quantidade 25000 EA  
16+ PK  
1500 /PK

FLE 08600941 170 PORC/INCOLOR  
000000 R E-1TS550 T90-CP45 021  
Desenho #  
N. cliente

Notas.....\*Litografia\* Latas OpenTop 28oz -Compal- SB.32250

Linha	Oper	Descrição	Início	Data	Horas
697LA06	10,00	VE: 114.090	23/10/14	27/10/14	7,4725
697LA06	11,00	Vi: IW1282-34	23/10/14	27/10/14	7,4725
697LA06	100,00	Vi: IW1282-34	23/10/14	27/10/14	7,4725

Oper	Descrição	Lista de Componentes		UN	Esp.	Embal.
		Produt	Quantidade			
10,00	860x941 170 E28 TS550 FS	11255121	25075	EA		16+ PK
10,00	CTG 114.090	7695239	352028	GM		1500 /PK
	Ext clear NEO & EOE					1+ PK
						250000 /PK
11,00	CTG IW1282-34	10279789	619084	GM		0+ PK
	Int 3 pce white bodies/NEO					1200000 /PK
100,00	CINTA PLASTICA VERDE	10782350	7188	GM		
	STRAPEX 16mm (Rolo aprox 24Kg)					

# **Anexo III**

## **Ordem de Produção de Impressão**

59403

CROWN  
Work Order Form

Data- 6/10/14  
Hora- 13:53:11  
Usuar PO0697LPI

Fábrica 697 - ALCOCHETE -CROWN FOOD PORTUGAL  
N. de Ordem 41815222 /WO  
Data Início 24/10/14  
Data final 27/10/14  
N. Artigo 12272960  
FTI117

H41815222



Quantidade 4500 EA  
2+ PK  
2000 /PK  
ADL 08190969 210 TESCO MCK CUR  
451901 S 3104-H26 G96-EA15 048  
Desenho # 451901  
N. cliente  
Notas..... \*Litografia\* Latas TC125C -IFC- ST.31228+31231+31730

Linha	Oper	Descrição	Início	Data	Horas
697LP07	60,00	Laranja 737 / Violeta 732	24/10/14	27/10/14	,9752
697LP07	100,00	Mag.400006/Pr.TO9426/VE:ME812H	24/10/14	27/10/14	,9752

Oper	Descrição	Componentes				
		Lista de Produt	Quantidade	UN	Emb.	Embal.
60,00	FPDA 08190969 210 INT.BPA+ESM. S 3104-H26 G96(BPA)SV07 048	11255949 FTI117	4552 11255949	EA	2+ 2000	PK /PK
60,00	TINTA FANTASMA ALCOCHETE	8472635	3391	GM		
100,00	CINTA PLASTICA VERDE STRAPEX 16mm (Rolo aprox 24Kg)	10782350	863	GM		
100,00	TINTA FANTASMA ALCOCHETE	8472635	3391	GM		
100,00	CTG ME812H-093 External over varnish DRD	9210557	52113	GM	0+ 200000	PK /PK