



PHIL – UM SISTEMA DE APOIO AO LOTEAMENTO E SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO DE FIBRAS SINTÉTICAS

JOÃO PEDRO JOAQUIM, CRISTÓVÃO SILVA

Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Mecânica
Pólo II – Pinhal de Marrocos, 3030 Coimbra, Portugal

(Recibido 2 de abril de 2004, revisado 26 de mayo de 2004, para publicación 22 de junio de 2004)

Resumo – Neste artigo apresenta-se um sistema de apoio à decisão, denominado PHIL, desenvolvido para facilitar a obtenção de planos de produção, numa empresa que fabrica fibras sintéticas. O PHIL permite obter os planos de produção para a unidade de *spinning* da empresa, composta por 10 equipamentos em paralelo. O problema de planeamento da produção é caracterizado, referindo-se como pode ser resolvido utilizando o PHIL.

1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA INDUSTRIAL

Neste artigo refere-se um problema de planeamento da produção encontrado numa empresa que produz fibras acrílicas que são utilizadas, posteriormente, na indústria têxtil, de modo isolado ou combinadas com fibras naturais. A produção destas fibras divide-se em três etapas: (1) preparação do xarope, (2) *spinning* e (3) corte e embalagem.

A preparação do xarope consiste na dissolução de um polímero num solvente orgânico. Na unidade de *spinning* o xarope é forçado a passar através de um conjunto de feiras, placas metálicas microperfuradas, originando um conjunto de filamentos. À saída das feiras os filamentos são lavados, secos e submetidos a um tratamento térmico. Após este processo a fibra é denominada cabo, podendo ser vendida nessa forma, embalada em fardos. O cabo pode ser transformado, sendo cortado em pequenos segmentos de fibra (habitualmente de 30 a 40 mm de comprimento), de modo a obter-se um produto denominado rama. A rama é normalmente utilizada pela indústria têxtil de algodão enquanto que o cabo é preferido na indústria têxtil das lãs.

No que diz respeito à cor, as fibras produzidas podem dividir-se em três tipos: brilhante, mate e preto. As fibras do tipo brilhante são obtidas directamente do xarope produzido através da dissolução do polímero, enquanto que as fibras do tipo mate e preto resultam da adição de um pigmento ao xarope. As fibras podem ainda ser distinguidas através do seu diâmetro, que é expresso em *tex* ($tex = 1g/1000m$ de fibra). O diâmetro final das fibras produzidas depende do tamanho dos orifícios das feiras e do estiramento imposto ao longo do equipamento de *spinning*. Assim, a mesma feira pode gerar fibras com diferentes diâmetros, se o estiramento imposto durante o processo de *spinning* variar.

O problema de planeamento da produção desta empresa ocorre na unidade de *spinning*, por ser o estrangulamento do processo produtivo. Esta unidade é constituída por 10 máquinas, que extrudem, lavam, secam e tratam termicamente as fibras. As 10 máquinas existentes não são idênticas e, conseqüentemente, cada fibra apenas pode ser fabricada num grupo restrito de máquinas. Durante o processo de fabrico ocorrem mudanças de ferramenta nos equipamentos, que implicam a paragem do equipamento onde a troca ocorre. Essa paragem é de cerca de 2 horas, independentemente do tipo de transição entre produtos. Assim, pode-se considerar um custo fixo para as trocas de ferramenta.

As trocas de ferramenta ocorrem sempre que exista uma transição entre dois produtos que requeiram feiras diferentes. A transição entre dois produtos obtidos com feiras iguais pode ser feita sem parar o equipamento, bastando para tal, alterar o xarope utilizado ou o estiramento imposto às fibras. No entanto, nem todos os produtos que partilham as mesmas feiras podem ser sequenciados sem paragem das máquinas, o que só ocorre quando a transição é de produto brilhante para brilhante, brilhante para mate ou mate

para mate. Os produtos pretos comportam-se como os produtos mates e, assim, neste artigo sempre que se refere produto mate, refere-se um produto com pigmento (mate ou preto). A passagem de um produto mate para um produto brilhante implica sempre a paragem do equipamento para mudança de ferramenta.

As mudanças de ferramentas podem ainda ocorrer devido ao desgaste das fierras. Com efeito, as fierras têm um tempo de vida limitado, que pode variar entre 8 e 45 dias de trabalho, dependendo do tipo de fibra e da máquina escolhida para o seu processamento. Quando esse tempo de vida é atingido, a fierra deve ser trocada independentemente do tipo de sequência existente.

O planeamento da produção na unidade de *spinning* é feito mensalmente. No final de cada mês, as ordens de fabrico para a unidade de *spinning* são descarregadas do sistema SAP/RJ, sendo sequenciadas para gerar o plano de produção para o mês seguinte. A unidade de *spinning* faz entregas semanais, o que significa que o horizonte de planeamento é dividido em 4 a 6 datas de entrega. Como a procura até uma determinada data de entrega pode ser superior à capacidade disponível, o plano de produção gerado poderá implicar que algumas ordens de fabrico não sejam processadas atempadamente, ou que parte de algumas ordens de fabrico não possam ser processadas no próximo mês. O plano de produção gerado pelo departamento de produção é enviado ao departamento comercial que o analisa e pede alterações (aumento da produção de um determinado produto em detrimento de outro produto) para satisfazer os clientes. Este processo iterativo entre os dois departamentos pode obrigar à realização de várias versões do plano de produção, até que uma situação de compromisso entre a produção e as vendas seja atingida.

De modo a simplificar a tarefa do planeador, a empresa pretendia o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para o planeamento da produção que pudesse garantir os seguintes objectivos:

1. Minimizar o número de mudanças de ferramenta em cada plano de produção.
2. Satisfazer todas as datas de entrega propostas pelo departamento comercial ou, pelo menos, minimizar os atrasos verificados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O problema referido anteriormente é um caso particular dos problemas de loteamento e sequenciamento (*lot size and scheduling problem*). Em [1] refere-se que este problema é interessante pois combina problemas de loteamento (planeamento de médio prazo) e sequenciamento (planeamento de curto prazo). Este tipo de problema tem sido estudado por diversos autores. O leitor interessado numa revisão mais profunda deste assunto poderá consultar [2] para encontrar uma classificação dos modelos e [3] para uma revisão dos diversos métodos utilizados na resolução deste tipo de problemas.

O “*Discrete Lot Sizing and Scheduling Problem*” (DLSP) é um caso particular deste tipo de problemas onde o horizonte de planeamento é dividido em micro períodos, normalmente hora, turno ou dia. A ideia por detrás do DLSP é a denominada produção “tudo ou nada”, o que significa que só se pode produzir um produto por micro-período, esgotando a capacidade disponível. Para uma descrição mais detalhada deste tipo de problemas remete-se o leitor para [4].

Na revisão bibliográfica que efectuámos não encontramos qualquer formulação para o DLSP com todas as particularidades do nosso problema. Assim, decidimos concentrar a nossa atenção no trabalho de Pattlock *et al* [5] uma vez que acreditamos que a heurística por eles proposta pode ser facilmente adaptada ao nosso caso. O problema proposto por estes autores é um caso especial de DLSP para máquinas idênticas em paralelo, onde apenas os custos de setup fixos são considerados.

O problema descrito neste artigo consiste no loteamento e sequenciamento de N produtos diferentes em 10 máquinas não idênticas em paralelo. A menor unidade de tempo considerada (micro-período) é o dia. Assim, as questões que se colocam para cada tarefa são: (1) em que máquina afectar o produto a planear, (2) quando começar a sua produção e (3) durante quantos dias. Tal como dito anteriormente, a heurística que utilizamos é uma adaptação da heurística proposta por Pattlock *et al* [5]. A adaptação da heurística foi necessária porque existem algumas diferenças entre o problema proposto por esses autores e o problema descrito neste artigo, a saber:

1. A capacidade disponível até uma determinada data de entrega pode não ser igual à procura existente até essa data de entrega;

2. As máquinas não são idênticas;
3. As ferramentas utilizadas no processo de fabrico estão sujeitas a desgaste, tendo tempo de vida limitado;
4. Podem sequenciar-se produtos diferentes sem que se verifique uma paragem para mudança de ferramenta.

Na secção seguinte apresenta-se o algoritmo de sequenciamento desenvolvido. Uma descrição mais detalhada desse algoritmo pode ser encontrada em [6].

3. O ALGORITMO DE SEQUENCIAMENTO

O primeiro passo do algoritmo desenvolvido consiste em seleccionar uma das ordens de fabrico a processar, que se encontram numa lista ordenada de acordo com um critério definido pelo planeador. Após seleccionar uma ordem de fabrico de um produto (P1) da lista o algoritmo vai procurar sequenciá-la, colocando a sua produção em dias para os quais não existe nada planeado. Antes de passar à descrição do modo como o sequenciamento é realizado definem-se alguns conceitos essenciais à compreensão do procedimento seguido.

3.1. Definição de espaço vazio

Um espaço vazio é um conjunto de dias consecutivos do período de planeamento para os quais não existe qualquer ordem de fabrico planeada. No caso de se pretender sequenciar um produto P1, processado com uma fieira S1, podem existir 7 tipos de espaço vazio que se descrevem de seguida.

(P1, 0) – O produto P1 está afecto à máquina e nos períodos seguintes existe espaço vazio até a data limite do período de planeamento considerado (ver Figura 1 a).

(S1, 0) – Um produto, diferente de P1, mas que também requer uma fieira S1, está afecto à máquina e nos períodos seguintes existe espaço vazio até a data limite do período de planeamento considerado (ver Figura 1 a).

(P1, 0, P2) ou **(S1, 0, S2)** – O espaço vazio é limitado no seu início por um produto P1 ou por um produto diferente mas que utiliza o mesmo tipo de fieira S1 e é limitado no fim por um produto P2 que utiliza uma fieira S2 (ver Figura 1 b).

(P2, 0, P1) ou **(S2, 0, S1)** – O espaço vazio é limitado no seu início por um produto P2 que utiliza uma fieira S2, sendo limitado no fim pelo produto P1 ou por um produto diferente mas que também utiliza uma fieira S1 (ver Figura 1 c).

Outro – O espaço vazio não limitado, no início ou no fim, pelo produto P1 ou por outro produto que requer uma fieira S1.

3.2. Selecção da ordem de fabrico a sequenciar

O algoritmo desenvolvido sequencia as ordens de fabrico pela ordem em que estas se encontram numa lista. Essa lista de ordens de fabrico pode ser ordenada recorrendo a vários critérios de prioridade que se descrevem de seguida.

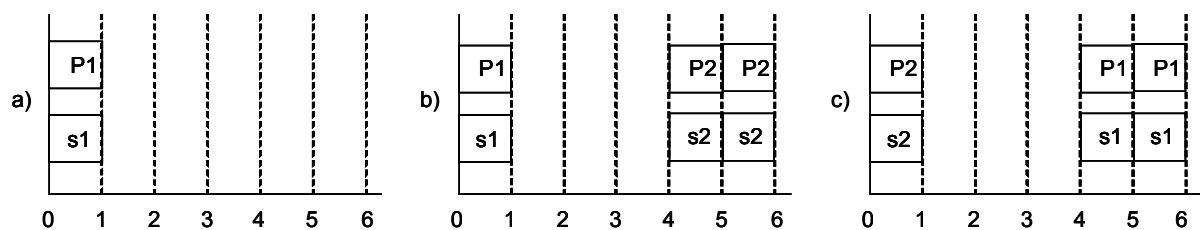


Fig. 1. Tipos de espaços vazios que se podem encontrar num plano.

3.2.1. N° de máquinas onde o produto pode ser planeado

Esta regra ordena as ordens de fabrico por ordem crescente de equipamentos onde estas podem ser processadas. Esta regra garante que produtos que possam ser processados apenas num pequeno número de equipamentos, não deixem de ser produzidos.

3.2.2. Quantidade de produto a planear

Neste caso as ordens de fabrico aparecem ordenadas por ordem decrescente da quantidade a produzir. Esta prioridade tem a vantagem de maximizar a quantidade total produzida, tendo no entanto o inconveniente de poder deixar fora do plano de produção muitas encomendas de pequena dimensão, ou encomendas que só possam ser realizadas num pequeno número de equipamentos.

3.2.3. Produtos do plano anterior

Neste caso as ordens de fabrico correspondentes a produtos que já se encontravam em processamento no final do plano anterior são seleccionadas em primeiro lugar. Isto permite minimizar o número de mudanças de feira verificadas no início do período de planeamento, maximizando a utilização das feiras que já se encontram montadas nos equipamentos.

3.2.4. Prioridade definida pelo utilizador

O utilizador pode definir as ordens de fabrico que pretende ver produzidas, dando-lhes prioridade. Isto pode garantir o processamento de encomendas exigidas pelo departamento comercial.

O utilizador pode escolher mais do que uma prioridade. Neste caso, as ordens de fabrico são seleccionadas de acordo com a primeira prioridade escolhida e recorrem-se às prioridades seguintes para desempate. As prioridades seleccionadas para o planeamento irão obviamente influenciar o sequenciamento obtido, uma vez que a ordem pela qual as ordens de fabrico são planeadas é alterada. Assim, é possível obter vários planos de produção distintos alterando as prioridades seleccionadas para escolher a ordem pela qual se devem sequenciar as ordens de fabrico.

3.3. Sequenciamento da ordem de produção seleccionada

Quando se selecciona uma determinada ordem de fabrico esta é sequenciada num dos espaços vazios disponíveis. Esse sequenciamento pode ser feito de duas formas: sequenciamento do início para o fim (I-F) ou sequenciamento do fim para o início (F-I). Para exemplificar como funcionam estes tipos de sequenciamento vamos supor que se pretende sequenciar um determinado produto P1.

3.3.1. Sequenciamento do início para o fim (I-F)

O algoritmo escolhe o primeiro dia do espaço vazio seleccionado e sequencia o produto de acordo com o seguinte pseudo-código:

Faz

- Afecta a produção de P1 ao dia
- Dia = Dia + 1 (passa para o próximo dia)
- Quantidade = Quantidade – Produtividade de P1 na máquina considerada (actualiza a quantidade a produzir)
- Actualiza o tempo de vida da feira, em função do equipamento e produto em consideração

Até

- Dia = data de entrega (se o espaço for do tipo [P1, 0] ou [S1, 0]), **ou**
- Dia = início de P2 (se o espaço for do tipo [P1, 0, P2] ou [S1, 0, S2]), **ou**
- Tempo de vida da feira ≤ 0 , **ou**
- Quantidade ≤ 0

Fim

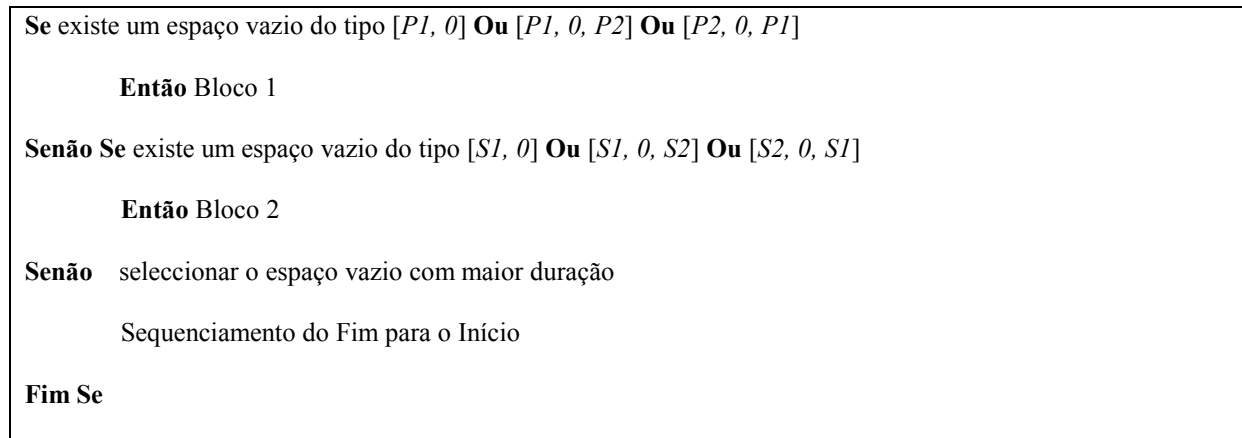


Fig. 2. Bloco 0.

3.3.2. Sequenciamento do fim para o início (F-I)

O algoritmo escolhe o último dia do espaço vazio seleccionado e sequencia o produto de acordo com o seguinte pseudo-código.

Faz

- Afecta a produção de P1 ao dia
- Dia = Dia - 1
- Quantidade = Quantidade – Produtividade de P1 na máquina considerada
- Actualiza o tempo de vida da fieira

Até

- Dia = início de P2 (se o espaço for do tipo $[P2, 0, P1]$ ou $[S2, 0, S1]$), **ou**
- Dia = início do mês em consideração, **ou**
- Tempo de vida da fieira ≤ 0 , **ou**
- Quantidade ≤ 0

Fim

Após ter seleccionado uma ordem de produção, correspondente a um produto P1, da lista esta é planeada recorrendo a um algoritmo cujo pseudo-código se apresenta nas figuras 2, 3 e 4.

O primeiro passo do sequenciamento, designado por bloco 0, encontra-se apresentado na Figura 2.

Verifica-se que o algoritmo procura se o produto ou a fieira que o processa já se encontra em processamento nalguma máquina. O objectivo deste procedimento consiste em garantir uma minimização do número de mudanças de fieira. No caso do produto em consideração não se encontrar já em processamento e a fieira requerida não se encontrar em nenhuma máquina o algoritmo procura, apenas nas máquinas onde o produto pode ser fabricado, o maior espaço vazio existente. A encomenda será neste caso sequenciada no maior espaço livre disponível para o seu processamento o que poderá evitar a necessidade de sequenciar o produto em mais do que uma máquina, e o consequente aumento do número de mudanças de fieira.

Se o produto já se encontra a ser fabricado nalguma equipamento o algoritmo sequencia-o de acordo com o que é apresentado na Figura 3.

Com este procedimento procura-se garantir que quando se inicia uma campanha de um determinado produto, esta se mantenha durante o maior número de dias possíveis, evitando mudanças de fieira ou de variedade.

O produto considerado pode não se encontrar em processamento, existindo no entanto já em funcionamento uma fieira (S1) idêntica à requerida pelo produto. Nesse caso o algoritmo recorre ao bloco 2, apresentado na Figura 4.

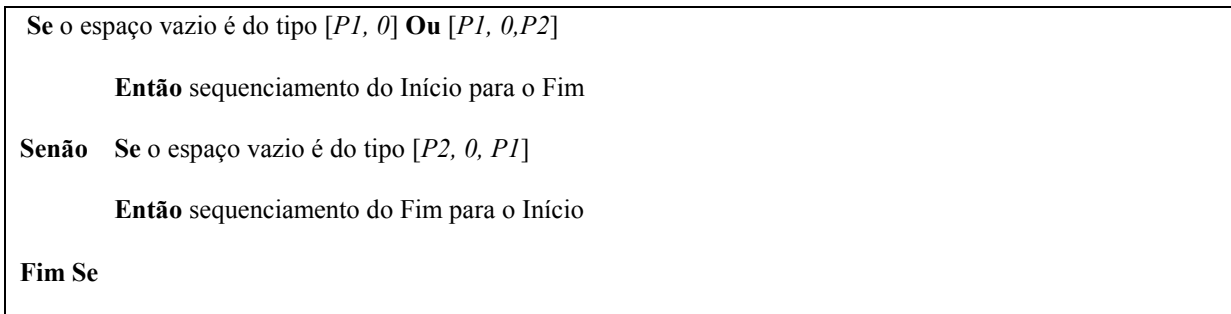


Fig. 3. Sequenciamento de um produto que já se encontra em processamento nalguma máquina (Bloco 1).

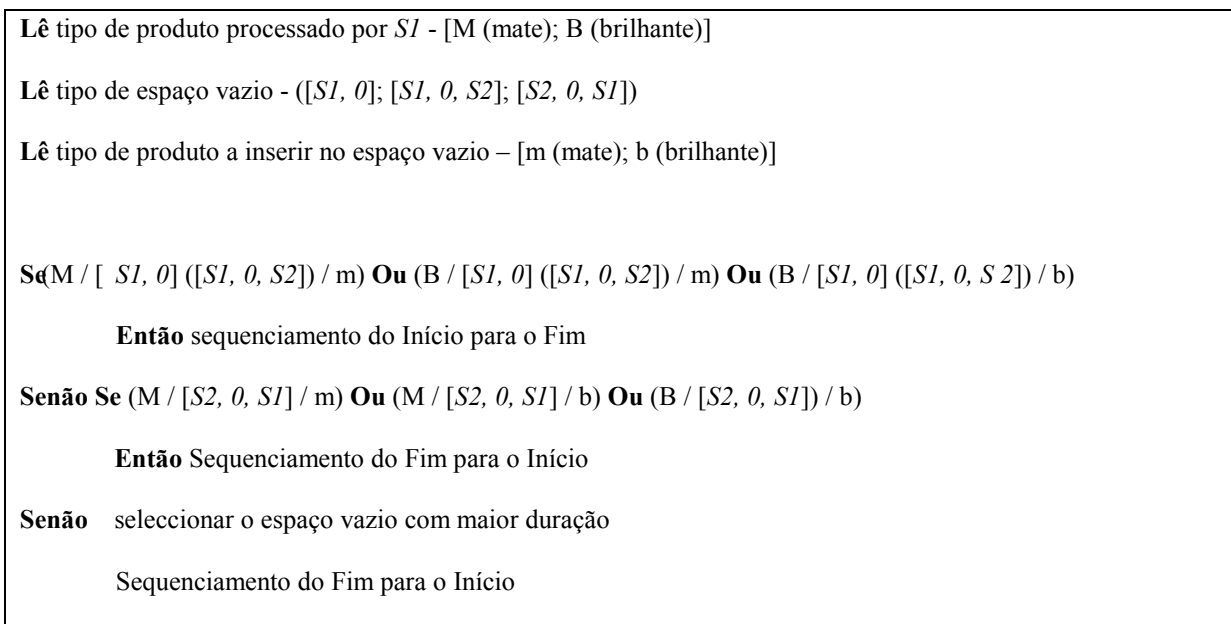


Fig. 4. Sequenciamento de um produto que utilize uma feira já montada nalgum equipamento (Bloco 2).

Neste bloco, é evidente a preocupação de garantir um aproveitamento adequado das feiras. Com efeito, verifica-se que se procura prolongar a utilização de feiras já em funcionamento nos equipamentos, colocando em sequência produtos que não impliquem uma paragem do equipamento, mas apenas uma mudança de variedade.

4. PHIL: O SISTEMA DE APOIO À DECISÃO

O Sistema de Apoio à Decisão descrito neste artigo, denominado PHIL, foi desenvolvido recorrendo a duas ferramentas: Microsoft Visual Basic®, para a codificação e Microsoft Access® para a base de dados. Esta opção foi tomada devido à facilidade de criar interfaces amigáveis, o que facilita a aprendizagem para a utilização do PHIL, mesmo para quem não tenha conhecimentos profundos de informática.

O PHIL foi concebido para ser ligado ao SAP/RJ, que é o sistema de informação existente na empresa. No entanto, por decisão da direcção da empresa, o PHIL possui uma base de dados autónoma contendo toda a informação relevante para o planeamento da produção. A forma como o PHIL interage com o SAP encontra-se esquematizada na figura 5.

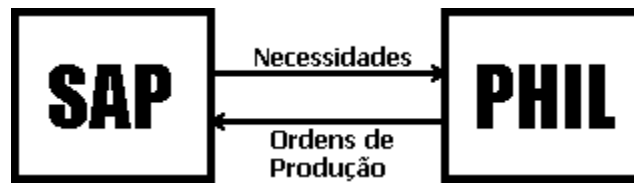


Fig. 5. Interligação entre o PHIL e o SAP.

Ordem	Material	Descrição	Quant.	Unid.	D. Entrega	Prior.	Aprov.	Inf. Aprov.
1	39246	Produto 1	603	TO	27-04-2001	3	0,98	0,98
2	39509	Produto 2	96	TO	27-04-2001	3	1	1
3	39236	Produto 3	91	TO	27-04-2001	3	0,9	0,9
4	39245	Produto 4	202	TO	27-04-2001	3	0,94	0,94
5	39221	Produto 5	101	TO	27-04-2001	3	0,96	0,96
6	39246	Produto 1	710	TO	27-04-2001	3	0,98	0,98
7	39518	Produto 6	720	TO	27-04-2001	3	1	1
8	39529	Produto 7	144	TO	27-04-2001	3	1	1
9	39187	Produto 8	252	TO	27-04-2001	3	1	1
10	39514	Produto 9	192	TO	27-04-2001	3	1	1
11	39519	Produto 10	24	TO	27-04-2001	3	1	1
12	39320	Produto 11	24	TO	27-04-2001	3	1	1
13	39452	Produto 12	24	TO	27-04-2001	3	1	1
14	39555	Produto 13	20	TO	27-04-2001	3	1	1
15	39191	Produto 14	28	TO	27-04-2001	3	0,98	0,98
16	39232	Produto 15	17	TO	27-04-2001	3	0,89	0,89
17	39195	Produto 16	213	TO	27-04-2001	3	0,91	0,91
18	39200	Produto 17	175	TO	27-04-2001	3	0,88	0,88
19	39240	Produto 18	100	TO	27-04-2001	3	0,95	0,95
20	39206	Produto 19	379	TO	27-04-2001	3	0,94	0,94
21	39273	Produto 20	263	TO	27-04-2001	3	0,92	0,92
22	39216	Produto 21	74	TO	27-04-2001	3	0,99	0,99
23	39527	Produto 22	8	TO	27-04-2001	3	1	1

Fig. 6. Ecrã para introdução das ordens de fabrico.

Quando se inicia o planeamento, o PHIL descarrega a lista de ordens de fabrico existentes no SAP. O planeamento da execução dessas ordens de fabrico é feito pelo PHIL, recorrendo à informação presente na sua base de dados. As ordens de fabrico resultantes do planeamento são depois enviadas para o SAP que será utilizado para efectuar o controlo da produção. O PHIL possui um conjunto de interfaces que permite actualizar a informação contida na sua base de dados, sem que isso requeira conhecimentos de MS Access®.

A lista de ordens de fabrico proveniente do SAP é apresentada ao utilizador, no ecrã da Figura 6. Antes de submeter as ordens de fabrico ao sistema, o utilizador pode alterá-las manualmente.

Após ter preparado as ordens de fabrico de fabrico, o planeador utiliza o PHIL para obter o plano de produção. Uma vez que a procura pode ser superior à capacidade disponível, o plano de produção gerado depende da ordem pela qual se sequenciam as ordens de fabrico. Por isso, o PHIL permite a escolha de uma ou mais regras de prioridade que irão definir a ordem pela qual as ordens de fabrico serão alocadas aos equipamentos. Ao todo existem 4 prioridades, definidas no ponto 3.2. Assim, é possível obter vários planos de produção diferentes, alterando a(s) regra(s) escolhida(s) para ordenar as ordens de fabrico.

Para calcular o plano de produção o PHIL recorre ao algoritmo descrito na secção 3 deste artigo, apresentando o resultado final sob a forma de um diagrama de Gantt (ver Figura 7).

Com esta forma de apresentação pretende-se que a leitura do plano de produção para um determinado período seja fácil e intuitiva, permitindo avaliar rapidamente a qualidade do plano de produção obtido.

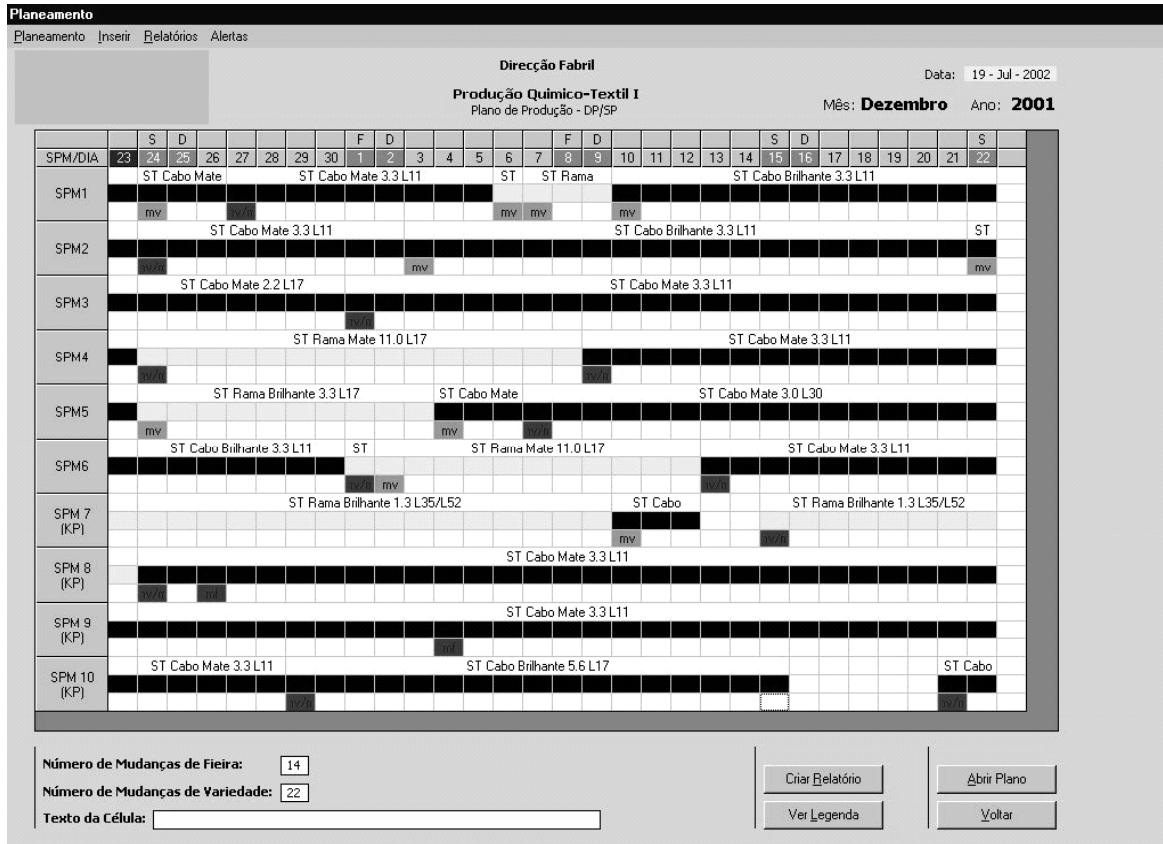


Fig. 7. Diagrama de Gantt que representa o plano de produção criado.

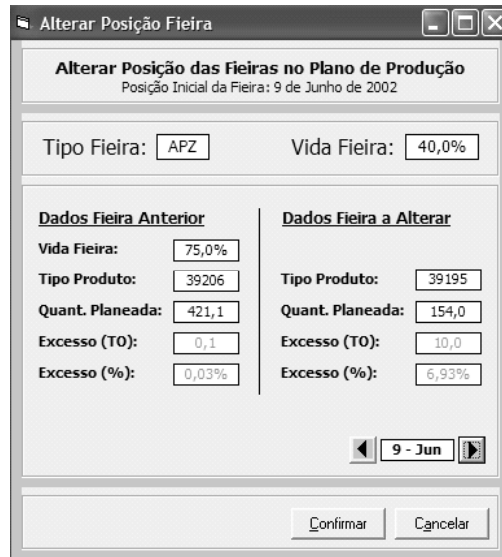


Fig. 8. Alteração da posição de uma feira.

Para permitir um rápido conhecimento do número de mudanças de feira e de variedade de produto existem duas caixas de texto onde os mesmos são apresentados.

Como foi referido o PHIL recorre a heurísticas e não a métodos de optimização para gerar os diferentes planos de produção. Embora não conduzam ao melhor resultado possível, ao contrário dos métodos de

Equipamento	Cód. Produto	Desc. Produto	Mudança Fieira	Mudança Variedade	Data Início	Data Fim	Duração	Nº Mudanças	
SPM1	39216	ST Cabo Brilhante 5.0 L17	Sim	Sim	30-03-2001	01-04-2001	3		
SPM1	39273	ST Cabo Preto 3.3 L20	Não	Sim	02-04-2001	02-04-2001	1		
SPM1	39273	ST Cabo Preto 3.3 L20	Sim	Não	03-04-2001	18-04-2001	16		
SPM1	39273	ST Cabo Preto 3.3 L20	Sim	Não	19-04-2001	26-04-2001	8		
SPM10	39246	ST Cabo Mate 3.3 L11	Não	Não	30-03-2001	04-04-2001	6	Fieira	Variedade
SPM10	39246	ST Cabo Mate 3.3 L11	Sim	Não	05-04-2001	24-04-2001	20	19	16
SPM10	39246	ST Cabo Mate 3.3 L11	Sim	Não	25-04-2001	26-04-2001	2		
SPM2	39200	ST Cabo Brilhante 2.7 L17	Não	Não	30-03-2001	07-04-2001	9		
SPM2	39200	ST Cabo Brilhante 2.7 L17	Sim	Não	08-04-2001	13-04-2001	6		
SPM2	39240	ST Cabo Mate 2.7 L17	Não	Sim	14-04-2001	19-04-2001	6		
SPM2	39555	ST Rama Mate 17.0 L17	Sim	Sim	20-04-2001	21-04-2001	2		
SPM2	39519	ST Rama Mate 2.2 L17	Sim	Sim	22-04-2001	23-04-2001	2		
SPM2	39216	ST Cabo Brilhante 5.0 L17	Sim	Sim	24-04-2001	26-04-2001	3		
SPM3	39236	ST Cabo Mate 2.2 L17	Não	Não	30-03-2001	06-04-2001	8		
SPM3	39221	ST Cabo Brilhante 5.6 L17	Sim	Sim	07-04-2001	09-04-2001	3		
SPM3	39195	ST Cabo Brilhante 2.2 L17	Sim	Sim	10-04-2001	26-04-2001	17		
SPM4	39320	ST Rama Brilhante 3.3 L17	Sim	Sim	30-03-2001	31-03-2001	2		
SPM4	39509	ST Rama Brilhante 3.3 + 5.6 L40	Não	Sim	01-04-2001	08-04-2001	8		
SPM4	39527	ST Rama Mate 3.0 L30	Sim	Sim	09-04-2001	09-04-2001	1		
SPM4	39245	ST Cabo Mate 3.0 L30	Não	Sim	10-04-2001	26-04-2001	17		
SPM5	39206	ST Cabo Brilhante 3.3 L11	Não	Não	30-03-2001	13-04-2001	15		
SPM5	39206	ST Cabo Brilhante 3.3 L11	Sim	Não	14-04-2001	26-04-2001	13		
SPM6	39206	ST Cabo Brilhante 3.3 L11	Não	Não	30-03-2001	30-03-2001	1		
SPM6	39246	ST Cabo Mate 3.3 L11	Não	Sim	31-03-2001	08-04-2001	9		

Cód. Produto	Desc. Produto	Quant. Pretendida	Quant. Planeada	Quant. Excedida	Data Entrega
39187	ST Rama Brilhante 1.7 L17/L52	252	0	-252	27-04-2001
39191	ST Cabo Brilhante 1.7 L17/L52	28	0	-28	27-04-2001
39195	ST Cabo Brilhante 2.2 L17	213	218,1	5,1	27-04-2001
39200	ST Cabo Brilhante 2.7 L17	175	184,8	9,8	27-04-2001
39206	ST Cabo Brilhante 3.3 L11	379	381,6	2,6	27-04-2001
39216	ST Cabo Brilhante 5.0 L17	74	83,2	9,2	27-04-2001
39221	ST Cabo Brilhante 5.6 L17	101	53	-48	27-04-2001
39232	ST Cabo Mate 1.7 L17/L52	17	0	-17	27-04-2001
39236	ST Cabo Mate 2.2 L17	91	101,5	10,5	27-04-2001
39240	ST Cabo Mate 2.7 L17	100	106,4	6,4	27-04-2001
39245	ST Cabo Mate 3.0 L30	202	214,1	12,1	27-04-2001
39246	ST Cabo Mate 3.3 L11	710	717,4	7,4	27-04-2001
39246	ST Cabo Mate 3.3 L11	603	616,2	13,2	27-04-2001
39273	ST Cabo Preto 3.3 L20	263	266,8	3,8	27-04-2001
39320	ST Rama Brilhante 3.3 L17	24	28	4	27-04-2001
39452	ST Rama Brilhante 5.6 L17	24	0	-24	27-04-2001
39509	ST Rama Brilhante 3.3 + 5.6 L40	96	108,8	12,8	27-04-2001
39514	ST Rama Mate 1.7 L17/L52	192	0	-192	27-04-2001
39518	ST Rama Brilhante 1.3 L35/L52	720	725	5	27-04-2001
39519	ST Rama Mate 2.2 L17	24	28,2	4,2	27-04-2001
39527	ST Rama Mate 3.0 L30	8	13,4	5,4	27-04-2001
39529	ST Rama Brilhante 1.3 L36	144	87	-57	27-04-2001
39555	ST Rama Mate 17.0 L17	20	25,2	5,2	27-04-2001
Quantidades Totais					
		Pretendida	Planeada	Não Planeada	Excedida
		4460,	3958,8	-618,	116,8

Fig. 9. Relatórios gerados pelos PHIL.

otimização, as heurísticas permitem encontrar boas soluções num curto espaço de tempo. Assim, embora o plano apresentado cumpra todas as condições impostas pelo processo produtivo e todas as prioridades definidas, o utilizador poderá estar interessado em alterá-lo. Essas alterações podem dever-se a vários factores: o utilizador pode decidir “violiar” temporariamente algumas restrições (aumentar ligeiramente o tempo de vida das ferramentas, atrasar a execução de uma ordem de fabrico para permitir reduzir o número de paragens dos equipamentos, etc...) ou pode querer procurar antecipar a execução de uma ordem de fabrico ou aumentar a quantidade produzida de um determinado produto, para satisfazer alterações pedidas pelo departamento comercial.

Assim, o PHIL possui um conjunto de ecrãs que permitem manipular o plano de produção obtido, das seguintes formas: (1) apagar produtos planeados; (2) alterar a posição de uma mudança de ferramenta ou de variedade de produto e consequentemente alterar as quantidades a fabricar de cada produto; (3) introduzir produtos que não foram planeados inicialmente; (4) trocar dois blocos consecutivos de produtos; (5) introduzir paragens para manutenção dos equipamentos ou testes de novos produtos. A título de exemplo, na Figura 8 apresenta-se o ecrã que permite alterar o instante em que se vai proceder a uma mudança de ferramenta.

Deve realçar-se que quando se fazem alterações ao plano, o PHIL apresenta ao utilizador os novos valores obtidos para a produção, em tempo real. Assim, o utilizador pode conhecer rapidamente o efeito que as alterações feitas ao plano têm sobre o desempenho do sistema produtivo.

Uma vez definido o plano de produção para o período de planeamento desejado, o utilizador pode guardá-lo (num ficheiro de formato próprio do PHIL) para uma posterior utilização (que poderá passar por novas modificações). O utilizador pode ainda criar diversos relatórios sobre este plano de produção, que serão, posteriormente, utilizados pelos operadores da secção de produção. Na Figura 9 apresenta-se um exemplo de um relatório de produção.

Os relatórios gerados pelo PHIL podem ser apresentadas de várias formas: diagrama de Gantt e lista de ordens de fábrica para auxiliar os operadores dos equipamentos, lista da quantidade planeada para cada produto e desvios em relação ao pedido para facilitar a negociação com o departamento comercial e tabela com a apresentação dos períodos onde são esperadas paragens de equipamentos.

5. CONCLUSÕES

O PHIL encontra-se em fase de implementação na empresa, estando a ser testado com dados reais. O “feedback” que recebemos por parte dos responsáveis da empresa é muito favorável. Os planos de produção obtidos parecem ser tão bons ou melhores que aqueles obtidos manualmente pelo planeador. Uma das grandes vantagens apontadas ao PHIL é a possibilidade de obter planos de produção num curto espaço de tempo (alguns minutos). Assim, o tempo que era despendido no passado, para a obtenção de planos de produção, pode ser aproveitado para manipular vários planos gerados pelo PHIL, procurando melhorias de desempenho, ou para experimentar soluções de produção alternativas.

Com a introdução do PHIL no planeamento da produção desta empresa tornou-se mais fácil o processo negocial entre o departamento comercial e o departamento de produção. Estes dois departamentos podem mesmo fazer as simulações da produção do PHIL em simultâneo e discutir quais as melhores opções a considerar, tentando chegar a um compromisso que satisfaça ambos os departamentos.

REFERÊNCIAS

- [1] Salomon, M., Kroon, L. G., Kuik, R. and Van Wassenhove L. N. (1991). Some extensions of the discrete lotsizing and scheduling problem. *Management Science*, 37, 801-812.
- [2] Kuik, R. and Van Wassenhove, L. (1994). Batching decisions: structure and models. *European Journal of Operational Research*, 75, 337-348.
- [3] Staggemeier A. T. and Clark A. R. A survey of lot sizing and scheduling models, 23rd Annual Symposium of the Brazilian Operational Research Society (SOBRAPO), Campos do Jordão, Brasil, Novembro 2001, 938-947.
- [4] Fleischmann, B. (1990). The discrete lotsizing and scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 44, 337-348.
- [5] Pattlock, M., Schmidt, G., Kovaliov, M. Y. (2001). Heuristic algorithms for lot size scheduling with application in the tobacco industry. *Computers & Industrial Engineering*, 39, 235-253.
- [6] Silva, C. e Magalhães, J. M. (2003). Lot size scheduling in unrelated parallel machines – Application to an industrial problem. Submetido para publicação na *Computers & Industrial Engineering*.

PHIL – A LOT SIZING AND SCHEDULING SUPPORT SYSTEM FOR SYNTHETIC FIBRES PRODUCTION

Abstract – In this paper we present a decision support system, called PHIL, developed to obtain production plans, in a company that produces synthetic fibres. PHIL is used to develop the monthly production plans in the spinning unit of the referred company, composed by ten unrelated parallel machines. The production planning problem is characterized, explaining how it can be solved using PHIL.