

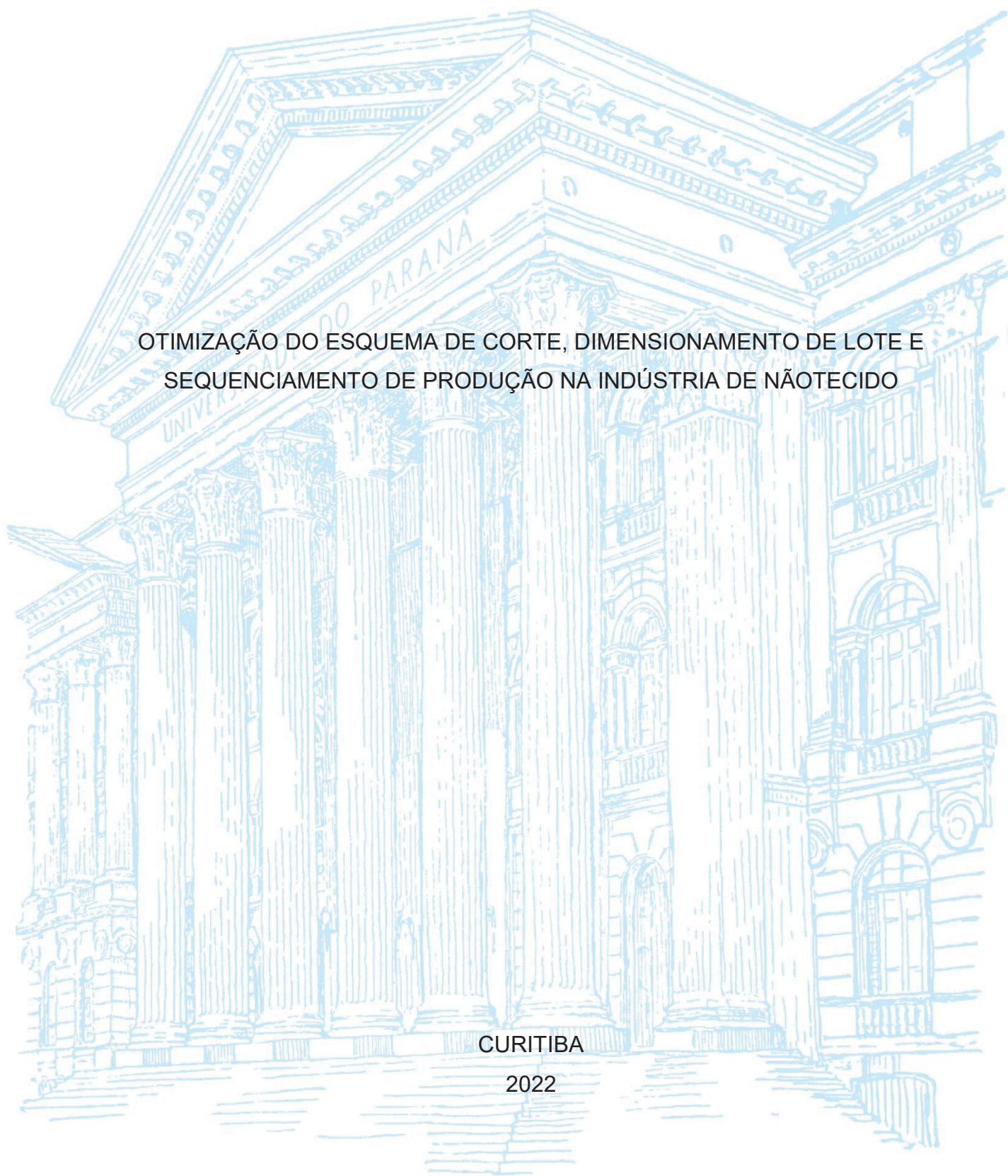
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL FRANCISCO GAUER

OTIMIZAÇÃO DO ESQUEMA DE CORTE, DIMENSIONAMENTO DE LOTE E
SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE NÃOTECIDO

CURITIBA

2022



GABRIEL FRANCISCO GAUER

OTIMIZAÇÃO DO ESQUEMA DE CORTE, DIMENSIONAMENTO DE LOTE E
SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE NÃOTECIDO

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Administração, no Curso de Pós-Graduação em Gestão de Organizações, Liderança e Decisão, Setor de Ciências Sociais e Aplicadas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Thiago André Guimarães
Coorientador: Dr. Cleder Marcos Schenekemberg

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

Gauer, Gabriel Francisco

Otimização do esquema de corte, dimensionamento de lote e sequenciamento de produção na indústria de não-tecido / Gabriel Francisco Gauer. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Organizações, Liderança e Decisão.

Orientador: Prof. Dr. Thiago André Guimarães.

Coorientador: Prof. Dr. Cleder Marcos Schenekemberg.

1. Não-tecido. 2. Dimensionamento de lote. 3. Planejamento da produção. 4. Controle de estoque. I. Guimarães, Thiago André. II. Schenekemberg, Cleder Marcos. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Gestão de Organizações, Liderança e Decisão. IV. Título.

Bibliotecária: Maria Lidianie Herculano Graciosa CRB-9/2008



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GESTÃO DE
ORGANIZAÇÕES, LIDERANÇA E DECISÃO - 40001016172P9

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação GESTÃO DE ORGANIZAÇÕES, LIDERANÇA E DECISÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **GABRIEL FRANCISCO GAUER** intitulada: **Otimização do esquema de corte, dimensionamento de lote e sequenciamento de produção na indústria de não tecido**, sob orientação do Prof. Dr. THIAGO ANDRÉ GUIMARÃES, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 23 de Junho de 2022.

Assinatura Eletrônica

27/06/2022 12:27:55.0

THIAGO ANDRÉ GUIMARÃES

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

27/06/2022 14:55:23.0

JOSÉ EDUARDO PÉCORA JUNIOR

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

25/08/2022 19:29:35.0

MAIKO FERNANDES BUZZI

Avaliador Externo (55002145)

Avenida Prefeito Lothario Meissner, 632 - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 80210-170 - Tel: (41) 3360-4464 - E-mail: ppgold@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 199726

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 199726

RESUMO

As perdas no processo de produção na indústria de conversão de polímeros termoplásticos é um dos maiores desafios para este negócio. A definição do plano integrado de produção é um fator crucial para a performance deste tipo de indústria. No caso do segmento de não tecidos, o planejamento de produção representa um grande desafio, com três problemas clássicos de otimização: o problema de dimensionamento de lote, o de sequenciamento de produção e o de corte de estoque. A decisão do tamanho dos lotes e da sequência de produção deve equilibrar as perdas com *setup* e os custos de inventário, enquanto a decisão no corte de estoque deve assegurar que a configuração de corte dos itens de diferentes dimensões gere a menor quantidade possível de aparas (sobras de material). Este trabalho visa resolver um problema real de planejamento integrado de produção, em uma indústria que é líder global no seguimento de não tecidos, com uma abordagem ampla e efetiva. Para tanto, é proposto um modelo matemático que trata simultaneamente destas três decisões, bem como, uma heurística de solução (BRKGA-QL) objetivando garantir a exequibilidade do plano integrado, com resultados e tempos de processamentos satisfatórios, para dados reais.

Palavras-chave: Não tecido. Plano Integrado de Produção. Problema de Dimensionamento de Lote. Problema de Sequenciamento de Produção. Problema de Corte de Estoque.

ABSTRACT

Production losses in the thermoplastic polymer industry can reach one third of the total processed volume. The integrated production plan definition is a crucial factor for the performance of this type of industry. In the case of the nonwovens segment, production planning represents a big challenge facing three classic optimization problems: the lot sizing problem, the machine scheduling problem and the cutting stock problem. The decision on the size of the lots and the sequence of production must balance the setup losses and the inventory costs, while the decision on the cut of stock must ensure that the combination of products to be extracted from the nonwoven masterroll generates the least amount possible of leftovers. This work aims to solve a real problem of integrated production planning, in a global leader industry on nonwoven segment, with a wide and effective approach. A mathematical model that simultaneously addresses these three decisions is proposed and a heuristic solution (BRKGA-QL), which guarantees the feasibility of the model, with satisfactory results and processing time, for real data.

Keywords: Nonwoven. Integrated Production Plan. Lot Sizing Problem. Machine Scheduling Problem. Cutting Stock Problem.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – RELEVÂNCIA DO MERCADO MUNDIAL DE NÃOTECIDO	10
FIGURA 2 – TAXA DE CRESCIMENTO DO MERCADO MUNDIAL DE NÃOTECIDO	11
FIGURA 3 – INFOGRÁFICO DE FREQUÊNCIA POR TIPO DE OBJETIVO	19
FIGURA 4 – PROCESSO DE FORMAÇÃO DA MANTA DE NÃOTECIDO	25
FIGURA 5 – IMAGEM DA FORMAÇÃO DE <i>MASTEROLLS</i>	25
FIGURA 6 – IMAGEM DO CORTE DOS <i>MASTEROLLS</i> EM ROLOS MENORES...	26
FIGURA 7 – ESQUEMA DOS PROBLEMAS DE DIMENSIONAMENTO DE LOTES E CORTE DE ESTOQUE	27
FIGURA 8 – ESQUEMA DE PADRÕES DE CORTE DE <i>MASTEROLLS</i> EM UNIDADES COMERCIAIS	28
FIGURA 9 – COMPOSIÇÃO DO NÃOTECIDO.....	29
FIGURA 10 – PROCESSO DE CRIAÇÃO DAS ORDENS DE PRODUÇÃO	32
FIGURA 11 – EXEMPLO DE SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO	33
FIGURA 12 – GRÁFICO DO NÚMERO DE SETUPS	34
FIGURA 13 – FLUXOGRAMA DO ALGORITMO BRKGA.....	42
FIGURA 14 – CUSTO POR MÉTODO DE SOLUÇÃO PARA INSTÂNCIAS SIMULADAS	52
FIGURA 15 – CUSTO POR MÉTODO DE SOLUÇÃO PARA INSTÂNCIAS REAIS.	52
FIGURA 16 – DECOMPOSIÇÃO DOS CUSTOS PARA INSTÂNCIAS SIMULADAS	53
FIGURA 17 – DECOMPOSIÇÃO DOS CUSTOS PARA INSTÂNCIAS REAIS.....	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DOCUMENTOS POR TIPO DE INDÚSTRIA	17
TABELA 2 – DOCUMENTO POR TIPO DE PROCESSO	18
TABELA 3 – DOCUMENTO POR TIPO DE PROBLEMA	18
TABELA 4 – TIPO DE PROBLEMA POR MEIO DE SOLUÇÃO EMPREGADO	20
TABELA 5 – TIPO DE PROBLEMA POR MODELO MATEMÁTICO APLICADO	21
TABELA 6 – TIPO DE SOLUÇÃO APLICADA	21
TABELA 7 – TIPO DE SOLUÇÃO APLICADA E NÍVEL DE RELAÇÃO	22
TABELA 8 – ARTIGOS DE GRANDE SIMILARIDADE	23
TABELA 9 – DIVERSIDADE DE MATERIAIS NA INDÚSTRIA DO NÃOTECIDO	29
TABELA 10 – INSTÂNCIAS DE SIMULAÇÃO	48
TABELA 11 – RESULTADOS OBTIDOS COM O BRKGA.....	50
TABELA 12 – RESULTADOS OBTIDOS COM O MÉTODO ATUAL	51
TABELA 13 – CUSTO TOTAL MÉDIO POR TIPO DE INSTÂNCIA E SOLUÇÃO	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABINT	Associação Brasileira da Indústria de Nãotecido
API	<i>Application Programming Interface</i>
BRKGA-QL	<i>Biased Random Key Genetic Algorithms – Q-Learning</i>
CAGR	<i>Compound Annual Growth Rate</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CSP	<i>Cutting Stock Problem</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ERP	Equipamento de Proteção Individual
JCR	<i>Journal Citation Report</i>
LC	<i>Lot Cutting</i>
LCGG	<i>Lot Cutting Gilmore & Gomory</i>
LCKT	<i>Lot Cutting Kantorovich</i>
LCVC	<i>Lot Cutting Valerio Carvalho</i>
LSP	<i>Lot Sizing Problem</i>
MG	Minas Gerais
MOP	<i>Multi-objective Problem</i>
MSP	<i>Machine Scheduling Problem</i>
MTO	<i>Make to Order</i>
MTS	<i>Make to Stock</i>
PA	Pesquisa sobre Aplicação
PCP	Planejamento e Controle de Produção
PP	Polipropileno
PR	Paraná
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RL	Revisão de Literatura
S&OP	<i>Sales and Operations Planning</i>
SP	São Paulo
WIP	<i>Work In Progress</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	CONTEXTO.....	11
1.2	OBJETIVO	12
1.3	JUSTIFICATIVA.....	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	ESTRUTURA DA REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.2	BASES DE DADOS UTILIZADAS	14
2.3	PALAVRAS-CHAVE	14
2.4	PERÍODO DE BUSCA.....	15
2.5	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	15
2.6	MÉTODO UTILIZADO	16
2.7	RESULTADOS DA PESQUISA	17
2.7.1	Tipos de Indústria	17
2.7.2	Processos de Negócio.....	18
2.7.3	Categoria de Problema.....	18
2.7.4	Objetivo Principal.....	19
2.7.5	Meio Utilizado	19
2.7.6	Modelo Matemático	20
2.7.7	Método de Solução.....	21
2.7.8	Classificação por Nível de Similaridade.....	22
2.7.9	Detalhamento dos Trabalhos com Maior Similaridade	23
3	PROBLEMA NA INDÚSTRIA DO NÃOTECIDO.....	25
3.1	PROCESSO PRODUTIVO NÃOTECIDO.....	25
3.2	PROBLEMA DE CORTE DE ESTOQUE.....	26
3.3	PROBLEMA DE DIMENSIONAMENTO DE LOTE E SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO.....	28
3.4	ABORDAGEM PROPOSTA PARA O PROBLEMA	34
3.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO	39
3.6	MÉTODO DE SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA INTEGRADO.....	40
3.6.1	Decodificação e Aplicação do BRKGA	42

4	EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS	44
4.1	MÉTODO DE SOLUÇÃO	44
4.2	INSTÂNCIAS DE SIMULAÇÃO	47
4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS	49
4.3.1	BRKGA na Definição do Plano de Corte	54
4.3.2	Método Atual (Manual) e os Custos de Atraso	55
5	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	56
	REFERÊNCIAS.....	58
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	60
	APÊNDICE A – INSTÂNCIAS DE TESTES.....	67

1 INTRODUÇÃO

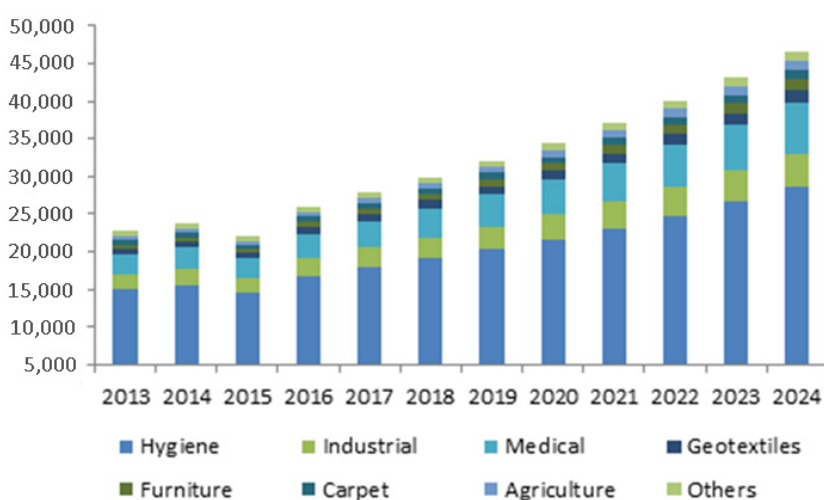
Andrade (1998) apresenta a Pesquisa Operacional como um método científico, que por meio da elaboração de modelos, permite simulações e serve de auxílio para a tomada de decisões. A pesquisa operacional, que nasceu durante a II Guerra Mundial e visava solucionar principalmente problemas logísticos no contexto das batalhas, vem sendo aplicada nas organizações de maneira cada vez mais abrangente. A eficiência dos processos de negócio pode ser crucial para a sobrevivência de uma empresa, principalmente em mercados onde o custo é o principal fator da tomada de decisão dos clientes.

A intenção desta proposta de pesquisa é desenvolver uma solução que dê suporte à definição do sequenciamento de produção, visando a redução de desperdícios e maximizar os resultados da empresa. O processo do estudo a ser realizado é o de produção de não-tecido das linhas brasileiras, da empresa que é líder global no segmento.

O Mercado mundial de não-tecidos é bastante relevante. Apresenta uma receita total projetada de cerca de 40 bilhões de dólares para 2022, conforme apresenta a Figura 1.

FIGURA 1 – RELEVÂNCIA DO MERCADO MUNDIAL DE NÃO-TECIDO

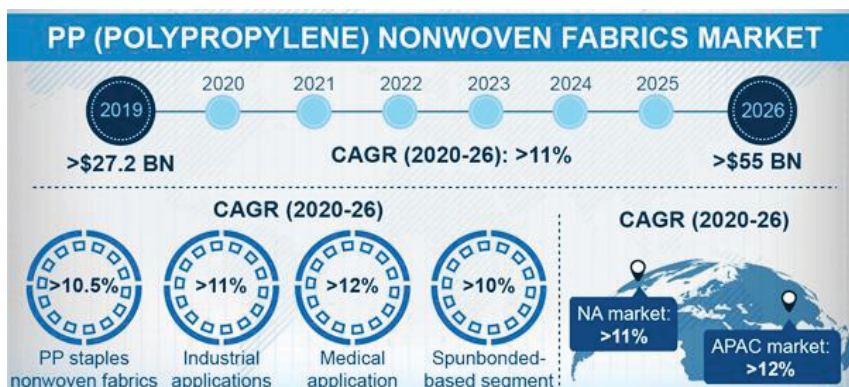
PP Nonwoven Fabrics Market size, by application, 2013-2024 (USD Million)



FONTE: Ameri Research Inc. (2021).

O tamanho deste mercado já é relevante e, além disso, apresenta um crescimento médio anual de cerca de 11%, conforme ilustrado na Figura 2.

FIGURA 2 – TAXA DE CRESCIMENTO DO MERCADO MUNDIAL DE NÃOTECIDO



FONTE: Global Market Insights (2021).

As aplicações deste produto são diversas. As principais estão em EPIs hospitalares e paramentação cirúrgica, tais como, aventais, máscaras, protetores de pés e cabeça, etc... O não tecido também é utilizado como elemento filtrante para ar e líquidos em geral; neste mercado, uma aplicação típica é a dos respiradores hospitalares. Outro importante mercado é o de itens para higiene pessoal, em que o não tecido é material base das fraldas descartáveis, absorventes íntimos femininos e lenços umedecidos.

A aplicação da pesquisa operacional no suporte à tomada de decisão em problemas de planejamento de produção é objeto de vasto estudo em diversas dissertações de mestrado e teses de doutorado, entretanto, a aplicação no segmento não tecido é remota. Esta pesquisa tem como objetivo a resolução do plano integrado de produção das fábricas brasileiras desta companhia, no entanto, pode ser facilmente expandida para quaisquer outros negócios com processos similares, gerando um potencial imenso de retorno financeiro e de contribuição para a sustentabilidade neste ramo industrial.

1.1 CONTEXTO

A diversidade de clientes, produtos e roteiros de produção torna o processo de planejamento de produção complexo neste tipo de indústria. A falta de suporte para a tomada de decisão faz com que os planos de produção sejam mal desenhados, gerando excessivas paradas das máquinas para *setup*. Essas paradas geram perda de material e acarretam baixo rendimento dos meios de produção. Além dos desperdícios, os planos de produção mal desenhados incorrem em atrasos de

entrega, o que degrada a satisfação dos clientes. Este é um problema clássico de dimensionamento de lote e sequenciamento de produção, inicialmente abordado por Trigeiro, Thomas e McClain (1989) e, posteriormente, muito explorado pela comunidade academia.

Outro aspecto importante relacionado ao plano integrado de produção é a conjugação de diferentes produtos terminados, visando melhor aproveitamento das características das máquinas. Dependendo de como se arma o plano, é possível reduzir significativamente a sobra de material; este desperdício pode chegar cerca de 30% do total produzido. Este é um problema típico de corte de estoque, tema este, amplamente abordado na literatura, porém, as primeiras pesquisas foram realizadas por Kantorovich (1960) e Gilmore e Gomory (1961), com aplicação do método de geração de colunas.

1.2 OBJETIVO

O objetivo central deste estudo é mapear todas as soluções para o planejamento integrado de produção já aplicadas na indústria de têxtil e/ou indústrias similares.

E, como específicos, delimitou-se: Desenvolver um modelo matemático, totalmente adaptado a esse processo produtivo e encontrar uma solução eficiente para o problema; testar esta solução e comparar os resultados com os planos de produção efetivamente realizados, com o processo atual da empresa, de forma a contrastar as diferenças nos resultados para aprimorar a solução e mensurar os benefícios.

1.3 JUSTIFICATIVA

As características deste processo produtivo são bem específicas. Os produtos devem ser combinados pela sua composição, gramatura, tratamento químico, cor, comprimento e largura. No caso da largura, a combinação deve propiciar o uso máximo da largura útil da máquina, a fim de reduzir desperdícios. Há que se considerar também uma sequência ótima de transições de produtos, pois, quando por exemplo, se passa de um material de 10g/m² para um de 12g/m², as perdas são menores que quando saímos do mesmo 10g/m² para um 40g/m². Esses, são apenas

alguns exemplos dos tipos de restrições que precisam ser levadas em consideração na confecção do plano de produção, o que torna o problema específico e complexo de ser resolvido manualmente. Com o processo atual do planejamento de produção, as perdas são cerca de 12% do volume total de extrusado. A maior parte deste material pode ser reprocessada, no entanto, isso gera um sobre custo e, ainda, há uma parte que precisa ser descartada, ou seja, há desperdício de um insumo derivado do petróleo (fonte não renovável) da ordem de 3%. Este percentual incide sobre um volume de 300 toneladas diárias de produção, tratando-se apenas das plantas dessa companhia no Brasil, o que representa cerca de 9 toneladas de descarte por dia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ESTRUTURA DA REVISÃO DA LITERATURA

A revisão sistemática de literatura possui três etapas: planejamento da revisão de literatura, realização da revisão de literatura e relatórios e divulgação (MORIOKA; CARVALHO, 2016). Os próximos parágrafos descrevem detalhadamente como esta revisão da literatura foi planejada e executada, assim como, apresenta uma síntese das principais descobertas.

As principais contribuições deste estudo estão relacionadas a possibilidade de se identificar os modelos adequados de planejamento integrado de produção para um processo de produção de não-tecido e, também, adicionar novos modelos que ainda não estão evidenciados na literatura, permitindo o aprimoramento das soluções para esse segmento da indústria.

2.2 BASES DE DADOS UTILIZADAS

A estratégia empregada para a busca foi utilizar Google Acadêmico, entretanto, foi adotado o critério de explorar os resultados encontrados apenas em bases consagradas, como: Elsevier, Web of Science, Emerald, Scopus, SciELO, Proquest, Science Direct. Optou-se pelo Google Acadêmico para a realização da pesquisa, pois o mecanismo de busca retorna os resultados de várias bases de dados, tornando o processo mais eficiente. A partir dos resultados encontrados pelo Google foi possível realizar uma pré-seleção dos artigos. É necessário esse filtro devido, principalmente, a seleção do ano de publicação e repositório dos artigos.

2.3 PALAVRAS-CHAVE

A busca foi realizada em duas frentes combinadas: uma delas referente ao segmento industrial e, a outra, à natureza do problema.

1. Quanto ao segmento a proposta foi convergir em: Textile – Nonwoven – Extrusion, mas ver também, Paper Industry, Plastic Industry, Films Industry.

2. Quanto à natureza do planejameto: Production Planning, Aggregate Planning, Master Planning e, Scheduling.

Essas chaves de busca geraram várias combinações para cada segmento industrial pesquisado. E, para refinar os resultados, foram adicionadas a busca de conceitos, tais como, "*Optimization*", "*Integer Programming*", "*Heuristics*", "*Modelling*", dentre outros.

2.4 PERÍODO DE BUSCA

O período de busca compreendeu trabalhos científicos que datam dos últimos dez anos, ou seja, a partir de 2010. Entretanto, artigos clássicos que são referências na área e foram citados em outros artigos capturados na revisão varredura realizada, também foram utilizados para estabelecer os conceitos fundamentais da pesquisa. Um bom exemplo desses artigos clássicos é o trabalho de Gilmory e Gomory (1961), pois traz uma das primeiras abordagens ao problema do corte de estoque, servindo ainda, de referência a quase todos os trabalhos sobre o assunto realizados posteriormente.

2.5 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A pesquisa realizada nas bases supracitadas seguiu as etapas abaixo relacionadas:

1. Busca de artigos específicos, realizados na indústria de não tecidos;
2. Ampliação da busca para as demais indústrias correlacionadas (têxtil, plástico, papel, etc...);
3. Aplicação dos critérios de inclusão e exclusão:
 - a) Verificação do periódico em que o estudo foi publicado. Artigo publicado em uma das bases pré-definidas no planejamento da pesquisa?
 - b) Verificação dos modelos aplicados em relação a sua adequação do problema a ser resolvido. O artigo apresenta uma solução de pesquisa operacional para um problema de planejamento integrado, ou apenas propõe modelos de gestão, *frameworks*, indicadores, etc...?

4. Análise da tipologia de solução aplicada, após aplicação do critério de exclusão:
 - a) Verificação da complexidade do sistema sobre o qual a solução estava sendo desenvolvida. Era um processo de produção com várias linhas, múltiplos períodos, com grande diversidade de produtos terminados?
 - b) Verificação do tipo de dados utilizados nos testes aplicados sobre a solução. Os dados eram reais ou apenas simulados?
5. Definição das soluções com maior potencial de aplicação;
6. Detecção das lacunas na literatura;
7. Conclusão e recomendações diante dos fatos constatados com a pesquisa.

2.6 MÉTODO UTILIZADO

Foi constatado que a maneira mais eficaz de encontrar os artigos era a realização das buscas pelo Google Acadêmico e pré-seleção, em função da breve descrição que o retorno da pesquisa traz, assim como, a verificação do repositório em que o arquivo se encontrava. Quando esta descrição indicava que o artigo possuía conteúdo efetivamente relacionado com o objeto da pesquisa e que a base de publicação era uma das pré-definidas (ex: Elsevier, Scopus...), o arquivo era pré-selecionado para revisão detalhada. Eventualmente os arquivos não estavam disponíveis no link para o qual a pesquisa do Google direcionava. Nesses casos, foi utilizada a base da Capes, acesso “café”, para a descarga do documento completo. A pesquisa era realizada pelo título do artigo e nome do autor principal, sendo assim, muito útil para a obtenção dos documentos completos.

Com relação ao método de busca aplicado, iniciou-se por uma pesquisa mais restritiva, incluindo vários dos termos de busca de natureza do problema e o segmento industrial alvo, que era o “nãotecido”. Foi pesquisado, por exemplo: “Planejamento de Produção”, “Otimização”, “Programação Linear”, “Dimensionamento de lote”, “Corte de Estoque”, “Sequenciamento” e “Nãotecido”. Todas estas palavras em um só objeto de busca. Porém, pesquisas mais restritivas não levavam a muitos artigos e/ou a documentos publicados em bons periódicos. Para manter a consistência, foram pesquisadas todas as combinações entre estes termos com a palavra-chave

“não tecido”. Visando assegurar uma ampla varredura, essas pesquisas foram realizadas nas línguas: português, inglês, francês e espanhol. As buscas por artigos que tratassem da natureza do problema na indústria do não tecido trouxeram apenas dois resultados. Em geral, as buscas com a palavra-chave “não tecido”, levavam a artigos que não abordavam o tema em questão. Tal conclusão acarretou em uma flexibilização da estratégia de busca em relação ao segmento industrial, o que conduziu o processo a pesquisar pelos mesmos termos de natureza do problema, mas agora, combinados com outros segmentos industriais correlacionados ou similares ao do não tecido, como por exemplo, a “Indústria do Papel e Celulose”. O retorno das pesquisas das palavras-chaves relacionadas a natureza do problema, combinadas com essas indústrias clássicas (papel e celulose, têxtil, plástico, etc...), foram numerosos, dando sustentação a bons artigos.

2.7 RESULTADOS DA PESQUISA

Como resultado da pesquisa, foram pré-selecionados 104 documentos para revisão, pois, os resumos eram condizentes com o objeto de pesquisa. Ao aplicar o critério de verificação do meio de publicação, 10 publicações foram descartadas. As demais foram revisadas cuidadosamente, sendo elaborada uma análise quantitativa e qualitativa. A síntese desta análise está apresentada nos parágrafos a seguir.

2.7.1 Tipos de Indústria

Os 94 documentos submetidos para revisão detalhada foram classificados da seguinte forma: Teóricos, Indústria do Não tecido, Têxtil, Plástico, Papel/Celulose e Diversas. A quantidade de artigos de cada categoria segue relacionada na Tabela 1.

TABELA 1 – DOCUMENTOS POR TIPO DE INDÚSTRIA

Tipo de Indústria	Núm. Docs
Teórico	34
Ind. Diversas	18
Ind. Têxtil	16
Ind. Papel e Celulose	15
Ind. Plástico	9
Ind. Não tecido	2
Total Geral	94

FONTE: O autor (2021).

2.7.2 Processos de Negócio

Os documentos analisados abaixo (extrato da primeira triagem), referem-se a diferentes processos de negócio ou são relativos a revisões de literatura. A análise quantitativa desta classificação é observada na Tabela 2.

TABELA 2 – DOCUMENTO POR TIPO DE PROCESSO

Categoria	Núm. Documentos
Planejamento de Produção	57
Revisão Literatura	14
Supply Chain	12
Pesquisa sobre Aplicação	4
S&OP	3
Overall Equipment Efficiency	1
Planejamento de Produção e Distribuição	1
Sequenciamento dos Postos de Trabalho	1
Strategic Sourcing	1
Total Geral	94

FONTE: O autor (2021).

2.7.3 Categoria de Problema

Foram definidas algumas classes de problemas cujas pesquisas buscavam solucionar. Estas classes são: *Lot Sizing Problem* (LSP), *Cut Stock Problem* (CSP), *Machine Scheduling Problem* (MSP), *Multi-objective Problem* (MOP), Revisão de Literatura (RL) e Pesquisa sobre Aplicação (PA).

TABELA 3 – DOCUMENTO POR TIPO DE PROBLEMA

Categoria	Núm. Documentos
MOP	22
LSP	21
RL	14
LSP / CSP	14
CSP	9
LSP / MSP	5
PA	4
Outros	3
MSP	2
Total Geral	94

FONTE: O autor (2021).

2.7.4 Objetivo Principal

Com relação aos objetivos do projeto de pesquisa, ou mais especificamente, os problemas de processos de negócios que se buscava resolver, demonstra-se na Figura 3, a análise dos documentos que originaram o infográfico onde se apresenta a incidência do tipo de objetivo declarado nas pesquisas.

FIGURA 3 – INFOGRÁFICO DE FREQUÊNCIA POR TIPO DE OBJETIVO



FONTE: O autor (2021).

Os objetivos mais frequentes na pesquisa realizada são os de Redução de Inventários, Redução do Número de *Setups*, Redução das *Aparas* e Redução dos *Atrasos* com os Clientes. Os objetivos demonstraram-se alinhados com o objetivo da pesquisa.

2.7.5 Meio Utilizado

Estratificando os documentos de um modelo matemático aplicado para solucionar um problema de processo de negócio, foi possível montar a Tabela 4, onde apresenta-se a classificação com relação ao meio de solução empregado.

Em muitos casos, mais de uma ferramenta foi utilizada para a solução do problema, entretanto, o uso do CPLEX para a otimização dos modelos é a solução mais frequente. O mesmo ocorre independentemente do tipo de problema abordado.

TABELA 4 – TIPO DE PROBLEMA POR MEIO DE SOLUÇÃO EMPREGADO

Meio Utilizado	MOP	LSP	CSP	LSP / CSP	LSP / MSP	MSP	Total
CPLEX	8	2	3	13	3		29
GAMS	6	2		1	2		11
C++	1	2		3		1	7
AMPL	2		1	2	1		6
Excel	1	2	2				5
Gurobi	1	4					5
Python			1	3			4
OPL	2			2			4
MATLAB		1	2			1	4
LINGO	3						3
VBA		1	1				2
Fortran		1	1				2
VB.Net		1					1
BARON	1						1
TORA		1					1
C#	1						1
JAVA					1		1
MINOS	1						1
IPOPT	1						1
Total	28	17	11	24	7	2	89

Abreviações: MOP: *Multi-objective Problem*, LSP: *Lot Sizing Problem*, CSP: *Cut Stock Problem*, MSP: *Machine Scheduling Problem*.

Nota: Como mais de um modelo pode ser sido aplicado para a solução. Alguns documentos se repetem na apuração das contagens.

FONTE: O autor (2021).

2.7.6 Modelo Matemático

Com relação ao tipo de modelo matemático empregado, é possível constatar na Tabela 5 que a maioria das soluções passam pela aplicação de um modelo de programação linear inteira mista. Novamente, essa prática é independente do tipo de problema abordado.

TABELA 5 – TIPO DE PROBLEMA POR MODELO MATEMÁTICO APLICADO

Modelo	MOP	LSP	LSP / CSP	CSP	LSP / MSP	MSP	Total
Programação Linear Inteira Mista	6	8	2	1	3	1	21
Algoritmo Genético	4	5				1	10
Programação Linear Inteira		3	3	4			10
Algoritmo de Geração de Coluna			5	4			9
Programação Linear Inteira Multiobjective	4	1	2				7
Algoritmo de Arredondamento			4	1			5
Programação Estocástica	2				2		4
Algoritmo Evolutivo	1	1	1			1	4
Programação Não Linear Inteira Mista	4						4
Programação Dinâmica		1	1	1			3
Algoritmo de Decomposição		1	1				2
Algoritmo de Recozimento Simulado	1	1					2
Algoritmo de Busca Harmônica		1					1
Programação Geométrica	1						1
Total Geral	23	22	19	11	5	3	83

Nota: Como mais de um modelo pode ser sido aplicado para a solução. Alguns documentos se repetem na apuração das contagens.

FONTE: O autor (2021).

2.7.7 Método de Solução

Nem todos os problemas puderam ser resolvidos de maneira exata, ou seja, com uma solução ótima. Muitos trabalhos realizaram simulações, em instâncias reduzidas, para testar os resultados de seus modelos de solução aproximada. Em geral, os resultados apresentados eram suficientemente próximos e com um tempo de processamento muito menor. A distribuição do tipo de solução empregada pode ser encontrada na Tabela 6.

TABELA 6 – TIPO DE SOLUÇÃO APLICADA

Solução	MOP	LSP	LSP / CSP	CSP	LSP / MSP	MSP	Total	%
Exata	14	6	3	3	2		28	39%
Heurística	7	12	6	4	3	1	33	46%
Exata & Heurística		2	5	2		1	10	14%
Total Geral	21	20	14	9	5	2	71	100%

FONTE: O autor (2021).

2.7.8 Classificação por Nível de Similaridade

A fim de facilitar a triagem dos trabalhos, realizou-se uma classificação dos documentos encontrados em relação à similaridade do problema abordado com aquele que se pretende resolver neste estudo.

As classes criadas foram:

4- Modelagem Alta Relação: trabalhos realizados com problemas idênticos, em processos produtivos similares, com solução aplicada sobre dados reais;

3- Modelagem Média Relação: trabalhos realizados com problemas idênticos, em processos produtivos distintos, com solução aplicada sobre dados reais ou simulados;

2- Modelagem Baixa Relação: trabalhos realizados sobre problemas similares, em processos produtivos distintos, com solução aplicada sobre dados reais ou simulados;

1- Teórico ou Bibliográfico: trabalhos de revisão bibliográfica ou de pesquisas aplicadas à modelos matemáticos na indústria;

0- Não Relacionado: trabalhos de desenvolvimento de *frameworks* ou de mapeamento de processo para a otimização de processos industriais.

A análise quantitativa dos documentos frente a esta classificação é apresentada na Tabela 7. Nesta análise pode-se constatar que os trabalhos com maior similaridade ao projeto de pesquisa abordado neste documento foram solucionados por métodos heurísticos ou exatos, seguidos de uma heurística. Isso, em geral, se deve ao tempo de processamento para solução exata com dados reais. Característica que coincide com do problema tratado nesta pesquisa.

TABELA 7 – TIPO DE SOLUÇÃO APLICADA E NÍVEL DE RELAÇÃO

Classificação	Solução	MOP	LSP	LSP / CSP	CSP	LSP / MSP	MSP	Total Geral
4 - Modelagem Alta Relação	Exata							
	Heurística			5				5
	Exata & Heurística			4				4
3 - Modelagem Média Relação	Exata		2	2	3			7
	Heurística		3	2	4	1	1	12
	Exata & Heurística				2			1
2 - Modelagem Baixa Relação	Exata	14	4	1		2		20
	Heurística	7	9			2		18
	Exata & Heurística		2	1			1	4
Total Geral		21	20	14	9	5	2	71

FONTE: O autor (2021).

2.7.9 Detalhamento dos Trabalhos com Maior Similaridade

Ao final do exercício de classificação dos documentos, nove trabalhos foram definidos como de alta relação com o problema objeto desta pesquisa. Estes trabalhos estão listados na Tabela 8. Observando a tabela, é possível constatar que os trabalhos apresentam algumas características em comum com relação ao modelo matemático, método de resolução e meio de processamento. Nota-se também uma tendência nestes trabalhos em resolver os modelos de maneira integrada. Esta solução se dá na maioria dos casos em duas fases: na primeira, o modelo de geração de colunas obtém os padrões de corte que visam a redução do desperdício de material e, em seguida, uma heurística de arredondamento é usada para obter uma solução inteira factível para o problema integrado. Esta abordagem é vista em seis dos nove artigos classificados como de grande similaridade (Tabela 8).

TABELA 8 – ARTIGOS DE GRANDE SIMILARIDADE

ID	INDÚSTRIA	SOLUÇÃO	MODELO	MÉTODO	INPUT	MEIO
41	Papel e Celulose	Heurística	Programação Linear Multiobjectivo	ε -constraint method	Dados Simulados	Python / CPLEX
42	Papel e Celulose	Heurística	Programação Linear Multiobjectivo	ε -constraint method	Dados Simulados	CPLEX
46	Papel e Celulose	Heurística	Programação Linear Inteira Mista	Branch and Bound	Dados Reais	C++ / CPLEX
38	Papel e Celulose	Exata & Heurística	Algoritmo de Geração de Coluna & Arredondamento	Gilmore & Gomory	Dados Reais	OPL / CPLEX
43	Papel e Celulose	Exata & Heurística	Algoritmo de Geração de Coluna & Arredondamento	Dantzig–Wolfe	Dados Reais	Python / CPLEX
44	Papel e Celulose	Heurística	Algoritmo de Geração de Coluna & Arredondamento	Gilmore & Gomory	Dados Reais	AMPL / CPLEX
69	Têxtil	Exata & Heurística	Algoritmo de Geração de Coluna & Arredondamento	Gilmore & Gomory	Dados Reais	C++ / CPLEX
90	Metal.	Exata & Heurística	Algorit. Geração de Coluna & Programação Dinâmica	Gilmore & Gomory	Dados Simulados	Matlab / CPLEX
21	Teórico	Heurística	Programação Linear Inteira Mista & Geração de Coluna	Gilmore & Gomory	Dados Simulados	AMPL / CPLEX

FONTE: O autor (2021).

Após revisão detalhada destes artigos, constatou-se que a abordagem do uso de pesquisa operacional para a elaboração do plano de produção é promissora, pois, apresenta resultados satisfatórios em várias pesquisas apresentadas em artigos publicados em bons periódicos. Os trabalhos foram realizados, em sua maioria, com dados reais e com níveis consideráveis de instâncias e, mesmo assim, obtiveram resultados sólidos, com tempos de processamento aceitáveis e/ou viáveis.

Vários distintos métodos de solução foram aplicados, em alguns casos, eram exatos, o que reforça a confiança de que esta abordagem é viável e eficaz para a resolução do planejamento de produção na indústria do têxtil.

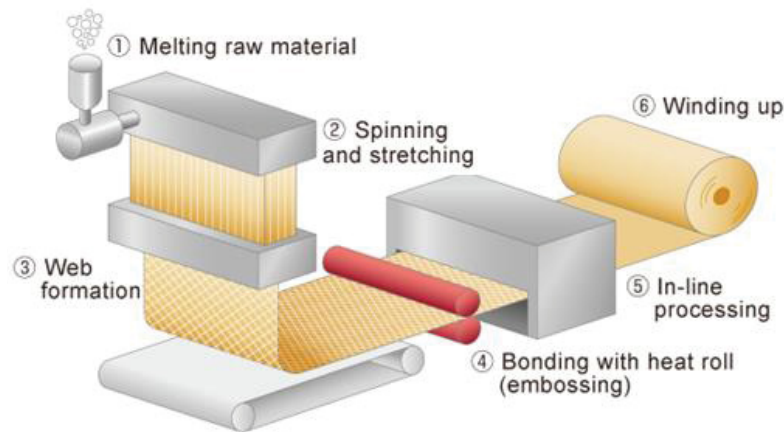
Por fim, pode-se constatar que esse segmento industrial é pouco explorado na pesquisa acadêmica, e também, que trabalhos de pesquisa operacional aplicada a indústria do têxtil não puderam ser encontrados.

3 PROBLEMA NA INDÚSTRIA DO NÃOTECIDO

3.1 PROCESSO PRODUTIVO NÃOTECIDO

O processo de produção de não tecido é realizado a partir da extrusão de resinas termoplásticas como polipropileno ou polietileno. A “fiação”, resultado da extrusão da resina é depositada em uma esteira em movimento, formando uma espécie de manta. Esta manta é conformada, normalmente, por uma calandra quente e então tratada quimicamente para conferir-lhe algumas propriedades especiais. Este processo é ilustrado na Figura 4.

FIGURA 4 – PROCESSO DE FORMAÇÃO DA MANTA DE NÃOTECIDO



FONTE: ABINT (2010).

Ao final do processo de extrusão são gerados rolos jumbos ou *masterrolls*, conforme é possível visualizar na Figura 5.

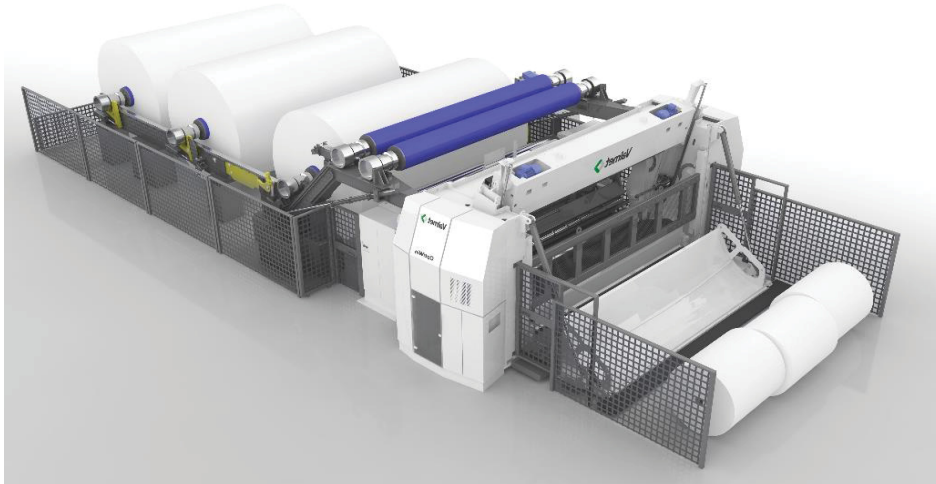
FIGURA 5 – IMAGEM DA FORMAÇÃO DE MASTERROLLS



FONTE: O Autor (2020).

Na sequência, os *masterrolls* precisam ser rebobinados e cortados em larguras menores para tornarem-se produtos finais (unidades comerciais), processo que pode ser visualizado na Figura 6.

FIGURA 6 – IMAGEM DO CORTE DOS *MASTERROLLS* EM ROLOS MENORES



FONTE: Valmet Forward (2021).

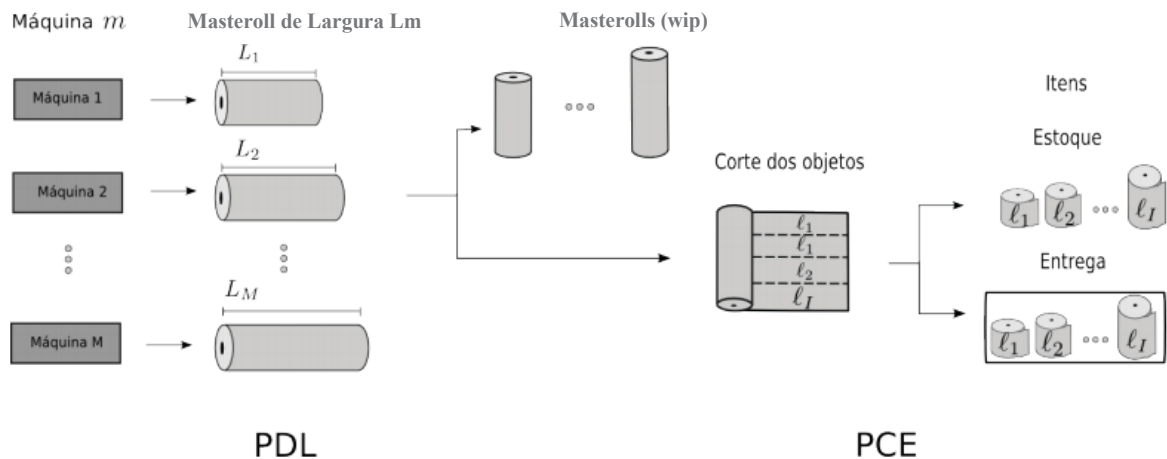
Nessa etapa surge um problema que pode ser modelado matematicamente como um problema de corte de estoque. Esse problema consiste em combinar produtos finais gerando padrões de corte para os *masterrolls* que utilizem ao máximo a sua largura.

3.2 PROBLEMA DE CORTE DE ESTOQUE

O rolo jumbo ou *masterroll* não representa uma unidade comercial, mas sim um estoque intermediário (*wip - work in process*). Para transformá-los em um produto terminado é necessário rebobiná-lo em rolos menores. Usualmente o *masterroll* é encaminhado para o rebobinamento e corte imediatamente após a sua formação. Estes *masterrolls* são cortados em diferentes larguras gerando os itens comercializáveis (produto final). Nesta etapa, encontrou-se um problema que pode ser formulado matematicamente como um problema de corte de estoque unidimensional. A Figura 7 ilustra o problema de corte de estoque. Os *masterrolls* podem ter diferentes larguras, dependendo da máquina onde foram fabricados. Por exemplo, a máquina 1 pode produzir *masterrolls* com a largura $L_1 = 420\text{cm}$ e a máquina 2, $L_2 = 320\text{cm}$.

Na Figura 3, observou-se que ao cortar o objeto em larguras menores, obteve-se itens do tipo “i” com a largura específica “ L_i ”. O tipo de item é determinado de acordo com a demanda do cliente.

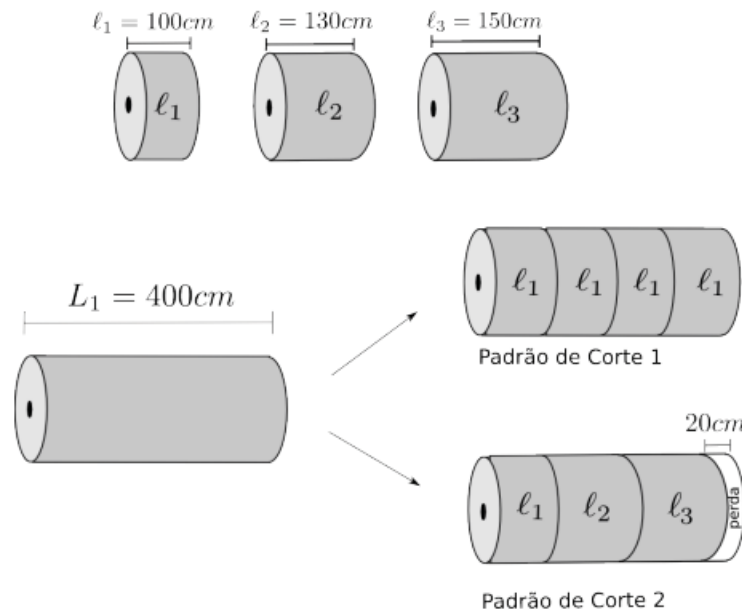
FIGURA 7 – ESQUEMA DOS PROBLEMAS DE DIMENSIONAMENTO DE LOTES E CORTE DE ESTOQUE



FONTE: Campello et al. (2017).

Retratando melhor o processo de corte dos *masterrolls*, na Figura 8 apresenta-se um *masterroll* de largura $L_1 = 400$ cm, unidades comerciais de larguras: $l_1 = 100$ cm, $l_2 = 130$ cm e $l_3 = 150$ cm e duas possíveis configurações para cortar o *masterroll*. Na primeira configuração, o *masterroll* pode ser cortado para obter 4 itens tipo 1, em que a soma das larguras dos itens é igual à largura do *masterroll*. Na segunda configuração, obteve-se um item do tipo 1, um do tipo 2 e um do tipo 3. Verifica-se nesta configuração que as larguras dos itens não consomem completamente a largura do *masterroll*, ocorrendo uma perda “p” de material de 20 cm. A configuração na qual os itens são dispostos no *masterroll* é chamada de padrão de corte.

FIGURA 8 – ESQUEMA DE PADRÕES DE CORTE DE MASTERROLLS EM UNIDADES COMERCIAIS



FONTE: Campello et al. (2017).

O desafio nesta etapa do processo é encontrar uma combinação de produtos finais cujas larguras permitam a aplicação de padrões de corte que gerem a menor perda possível (sobra de largura útil), aumentando desta forma, a produtividade das máquinas (*first pass yield*) e reduzindo os custos de produção (*cash converting cost*).

O material perdido no corte pode ser reaproveitado, ou seja, passar por extrusão novamente, entretanto, para isso há um processamento prévio que gera um sobrecusto que pode ser medido em unidades monetárias por quilograma reprocessado.

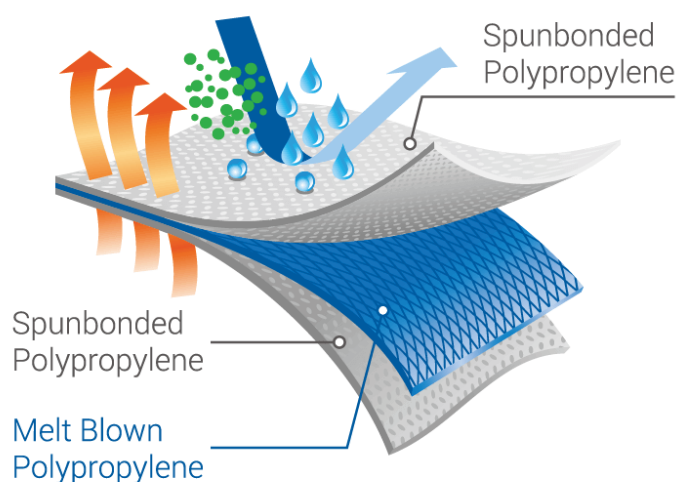
3.3 PROBLEMA DE DIMENSIONAMENTO DE LOTE E SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO

O processo de planejamento de produção em questão, possui as seguintes características: são sete linhas de produção envolvidas (extrusoras de não-tecido), com diferentes tecnologia, largura e capacidade de produção. Entretanto, muitos produtos podem ser produzidos em mais de uma linha (múltiplos roteiros de produção). A quantidade média mensal de ordens de produção é de aproximadamente 1.000 ordens. Estas ordens de produção, em geral, são MTO (*Make to Order*), ou seja, apenas se criam ordens de produção sobre uma ordem de venda recebida de um

cliente. Entretanto, a fim de poder otimizar o processo produtivo (complementar um lote de produção) podem ser criadas ordens MTS (*Make to Stock*).

Há uma grande diversidade de tecnologias, gramaturas, tratamentos químicos, comprimentos e larguras para os produtos finais. A Figura 9 ilustra um tipo de composição em característica da fibra e quantidades de camadas que compõem uma tela de não tecido.

FIGURA 9 – COMPOSIÇÃO DO NÃOTECIDO



FONTE: Wikimedia Commons (2021).

Na Tabela 9 há uma breve descrição de toda a diversidade de características que um produto pode ter.

TABELA 9 – DIVERSIDADE DE MATERIAIS NA INDÚSTRIA DO NÃOTECIDO

Tecnologia	Composição do material (tipo de resina, número de camadas, tipo de calandragem);
Hidrofilia	Tratamento químico (surfactante) que confere característica hidrofílicas ou hidrofóbicas;
Gramatura	Peso base do material, relacionado as propriedades físicas (resistência, permeabilidade, etc...);
Cor	Permite a customização pelo cliente. Conferida pela mistura de resina com pigmento (<i>masterbatch</i>);
Comprimento	Comprimento (extensão) da bobina comercializada. Permite adequação ao processo do cliente;
Largura	Largura da bobina comercializada. Permite adequação ao processo do cliente;

FONTE: O Autor (2020).

Todas as características de um produto terminado, conforme exposto acima, são exclusivas a um lote de produção e definem o tipo do material, com exceção da largura. Ou seja, é possível produzir simultaneamente diversos produtos finais de

diferentes larguras de um mesmo material branco, hidrofóbico, com 10.000 metros de comprimento e 10kg por cm de largura (10kg/cm). Entretanto, não é possível produzir simultaneamente um material de 10kg/cm e 15kg/cm ou um material azul e um material branco. Logo, a etapa de otimização de cortes deve garantir a melhor combinação de produtos finais de forma a reduzir o desperdício em corte para um mesmo tipo de material. Deve-se ainda, atentar para otimizar a definição dos lotes de produção, pois é necessário para evitar os desperdícios gerados na transição de produção de um tipo de material para outro. Isso é comum em um processo de extrusão de resinas termoplásticas. A transição de um tipo de material a outro ocorre com máquina em funcionamento. Isso significa que para passar de um material branco a um material azul é necessário adicionar o pigmento nas cabines de extrusão e aguardar que a mistura se torne homogênea e a cor do não tecido formado na esteira atinja o padrão definido. Neste interim, o material produzido não atende as especificações do cliente e deve ser descartado.

Outro exemplo é a transição de um material com 10kg/cm para um material com 50kg/cm. Para que a gramatura mais elevada seja atingida as extrusoras tem as suas vazões reguladas, assim como, a velocidade da esteira em que a manta é formada (maior vazão e menor velocidade de esteira). Até que a gramatura de 50kg/cm seja alcançada, o material extrusado não atende as especificações e deve ser descartado.

Para ambos os exemplos supracitados, é importante salientar que quanto mais drástica for a transição, maior é o desperdício. Exemplo: para passar de um material branco a um material preto se perde mais material que passar de um material branco a um amarelo. Igualmente subir de uma gramatura de 10kg/cm para 50kg/cm gera um desperdício maior do que passar de 10kg/cm para 15kg/cm.

Tendo em consideração as condições do processo para a transição de produção, vê-se necessária a otimização dos lotes e do sequenciamento de produção de forma a reduzir a perda de material para a transição de um produto para outro. O material proveniente desta perda por *setup* pode ser reprocessado, no entanto, isso gera um sobrecusto. Logo, o custo do *setup* pode ser valorizado pelo produto da perda pelo custo de reprocessamento do material.

Por fim, os lotes de produção não podem ser indefinidamente aumentados para evitar os *setups*, pois há um custo para o inventário dos *masterrolls*, assim como, dos produtos finais. Este custo é dado pela soma das despesas relacionadas a

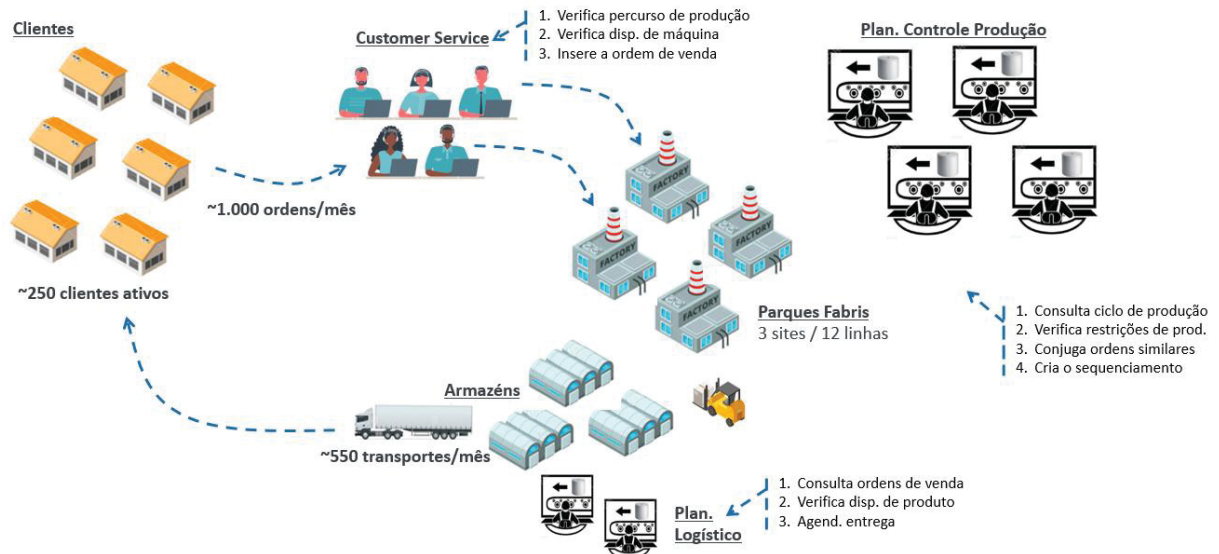
armazenagem e o custo de depreciação dos materiais, já que o não tecido possui um prazo de validade de um ano.

3.4 MÉTODO ATUAL DE PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO

O método atual de planejamento de produção é estritamente manual. Não há mecanismos de otimização ou qualquer ferramenta sofisticada que de suporte ao processo. Em síntese os clientes enviam as ordens ao time de *Customer Service*, que integra estas ordens no sistema *ERP*. Durante este processo o analista consulta a disponibilidade das linhas de produção e em função da data desejada de recebimento do material pelo cliente gera uma ordem de venda para a linha em que encontrou a melhor condição de atendimento. Na próxima etapa do processo a equipe de Planejamento e Controle de Produção extraí todas as ordens de venda de uma linha de produção, as leva para uma planilha Excel, verifica se não há alguma restrição para a produção do material em questão, combina as ordens de produtos similares para evitar *setups* e conjuga larguras para melhorar o aproveitamento da largura útil da máquina. Uma vez que estas ordens de vendas estejam sequenciadas na planilha elas são transferidas, manualmente, para o sistema ERP, aonde são transformadas de ordens de venda a ordens de produção.

Esta sequência de etapas, que é apresentada na figura 10, é realizada diariamente durante todo o mês. A fim de melhorar a eficiência do processo investe-se muito em treinamento das equipes responsáveis, entretanto sem uma ferramenta de suporte para otimização, o resultado entregue tem oportunidades de melhoria.

FIGURA 10 – PROCESSO DE CRIAÇÃO DAS ORDENS DE PRODUÇÃO



FONTE: O Autor (2020).

3.5 RESULTADO DO MÉTODO ATUAL DE PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO

Um exemplo de sequenciamento de produção gerado pelo método atual pode ser encontrado na figura 11. Os círculos amarelos, com um número dentro, representam cada transição ou *setup* de produção gerado por este plano. A transição 1 é uma mudança de tecnologia, ou seja, um tipo de extrusora diferente é utilizada para a produção no próximo produto. Este é o *setup* mais complicado e gera um desperdício médio de 4.500kg. A transição 2 é uma mudança de cor do produto. Este *setup* gera em média um desperdício de 3.000kg. A transição 3 é uma mudança de gramatura do material, *setup* que gera 2.500kg de desperdício. As duas últimas transições, 4 e 5, representam as mudanças de tratamento químico do material e mudança de largura de corte sucessivamente. Estes *setups* são mais simples e geram cerca de 200kg de desperdício cada um e a cada ocorrência.

FIGURA 11 – EXEMPLO DE SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO

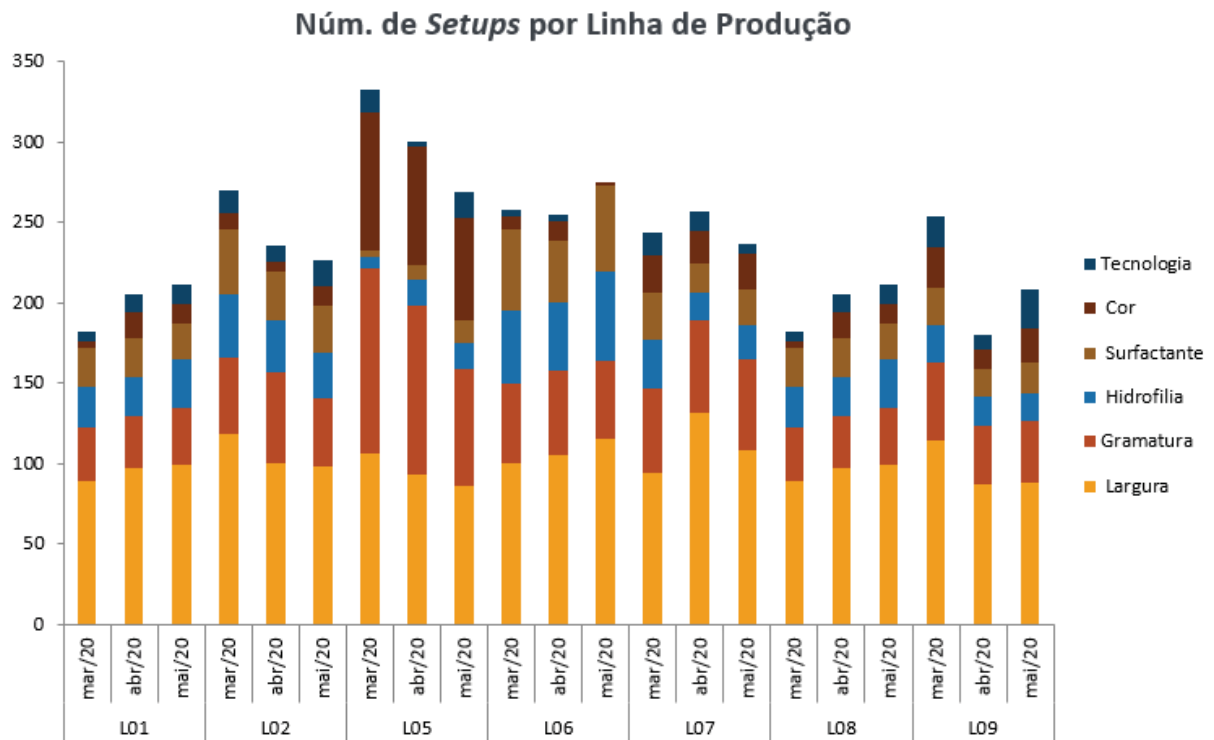
Semana	Descrição (Tecnologia / Hidrofilia)	Cor	Cliente	GSM	Largura	Data Entrega	Qtde	Carga (d)	Fim Produção
JUNHO - L01									
W39	Spunbound Hidrofóbico	Branco	Cliente 1	15 g/m ²	210mm	24 a 26/06	23,7	1,0	25/6/20 9:00
W39	Meltblown Zebrado (Cirrasol)	Branco	Cliente 2	15 g/m ²	245mm	04 a 23/06	33,2	1,2	27/6/20 13:43
W40	Meltblown Hidrofóbico	Branco	Cliente 2	15 g/m ²	110/570mm	25 a 02/07	14,9	0,6	28/6/20 2:58
W40	Meltblown Hidrofóbico	Branco	Cliente 3	15 g/m ²	175mm	27/06	10,6	0,4	28/6/20 12:23
W40	Meltblown Hidrofóbico	Branco	Cliente 3	17 g/m ²	580/655mm	27/06	14,8	0,5	29/6/20 1:32
W40	Meltblown Hidrofóbico	Branco	Cliente 3	12 g/m ²	240/260mm	30 a 02/07	27,8	1,0	30/6/20 2:15
W40	Meltblown Hidrofóbico	Verde	Cliente 4	12 g/m ²	180/210mm	02/07	6,6	0,2	30/6/20 8:07
W40	Meltblown Hidrofóbico	Verde	Cliente 5	11 g/m ²	110mm	08/07	13,0	0,5	30/6/20 19:40
W40	Meltblown Hidrofóbico	Azul	Cliente 6	11 g/m ²	190/220mm	10 a 17/07	15,6	0,6	1/7/20 9:32
W40	Meltblown Hidrofóbico	Azul	Cliente 2	15 g/m ²	245mm	03 a 14/07	8,5	0,3	1/7/20 17:06
W40	Meltblown Hidrofóbico	Azul	Cliente 7	13 g/m ²	205/215mm	09/07	5,5	0,2	1/7/20 21:59
W40	Spunbound Hidrofilico (Stantex)	Branco	Cliente 2	13 g/m ²	100mm	22 a 07/07	18,1	0,7	2/7/20 14:04
W40	Spunbound Hidrofilico (Stantex)	Branco	Cliente 4	12 g/m ²	180/210mm	30/06	12,0	0,5	3/7/20 1:50
W40	Spunbound Hidrofilico (Stantex)	Branco	Cliente 2	10 g/m ²	190/220mm	01 a 02/07	10,1	0,4	3/7/20 11:43
W40	Spunbound Hidrofóbico (Filtro UV)	Branco	Cliente 8	17 g/m ²	2000mm	03 a 04/07	41,1	1,5	5/7/20 0:15
W41	Spunbound Hidrofóbico	Branco	Cliente 9	10 g/m ²	3085mm	01/07	25,9	1,1	6/7/20 1:38
W41	Spunbound Hidrofilico (Stantex)	Azul	Cliente 6	12 g/m ²	160mm	03 a 10/07	13,2	0,5	6/7/20 14:34
W41	Spunbound Hidrofilico (Stantex)	Azul	Cliente 4	12 g/m ²	160mm	30/06	12,9	0,5	7/7/20 3:12
W41	Spunbound Hidrofilico (Stantex)	Azul	Cliente 2	10 g/m ²	145/175mm	02/07	10,7	0,4	7/7/20 13:41
W41	Parada Preventiva								7/7/20 19:00
W41	Spunbound Hidrofilico (HD20)	Branco	Cliente 10	12 g/m ²	240/260mm	02 a 10/07	25,0	1,0	8/7/20 19:29
W41	Spunbound Hidrofóbico	Branco	Cliente 11	15 g/m ²	210mm	16/07	12,5	0,5	9/7/20 7:44
W41	Spunbound Hidrofóbico	Branco	Cliente 9	10 g/m ²	3085mm	01/07	25,9	1,1	10/7/20 9:06
W41	Meltblown Hidrofóbico	Branco	Cliente 3	17 g/m ²	580/655mm	30/06	14,8	0,5	10/7/20 22:15
W41	Meltblown Hidrofóbico	Amarelo	Cliente 2	12 g/m ²	245mm	01 a 13/07	52,8	2,0	12/7/20 21:11
W42	Meltblown Hidrofóbico	Amarelo	Cliente 2	12 g/m ²	110mm	09 a 14/07	10,6	0,4	13/7/20 6:37
W42	Meltblown Hidrofóbico	Amarelo	Cliente 3	12 g/m ²	240/260mm	06 a 14/07	63,7	2,4	15/7/20 15:14

FONTE: O Autor (2020).

Este processo atualmente tem acarretado em uma média 55 *setups* por dia, considerando todas as linhas de produção. A desperdício médio de todos estes *setups* é da ordem de 600kg por ocorrência. Ao final de um mês este processo tem acumulado desperdícios de cerca de 1.000 toneladas. É importante salientar que este material não é diretamente descartado. Ele passa por um processo de reaproveitamento chamado de repelletização. Neste processo apenas 3% do material é efetivamente descartado, em geral, por possuir alguma contaminação. De toda forma ter que recuperar a resina, que não se tornou um produto comercializável no primeiro processamento, gera um custo adicional para a empresa. Este custo atualmente é de R\$ 0,40 por quilograma reprocessado, logo a despesa total com este processo é de cerca de quatrocentos mil reais por mês.

O histórico da quantidade de *setups* realizados, em um período de três meses e em cada uma das setes linhas de produção, é apresentado na figura 12.

FIGURA 12 – GRÁFICO DO NÚMERO DE SETUPS



FONTE: O Autor (2020).

3.6 ABORDAGEM PROPOSTA PARA O PROBLEMA

A proposta desta pesquisa é abordar os problemas de dimensionamento de lote, sequenciamento de produção e de corte de estoque, de maneira simultânea, visando assegurar o melhor plano de produção, minimizando as perdas por *setup* e com menor desperdício possível em corte.

Na revisão da literatura foi possível encontrar diversos trabalhos bem elaborados que tratam desses temas, de maneira simultânea. Há uma diversidade de modelos matemáticos aplicados, sendo que o mais comum é a integração do modelo proposto por Trigeiro, Thomas e Mcclain (1989), onde os autores propõem uma solução do problema de dimensionamento de lote, com algumas formulações para o problema de corte de estoque, gerando o modelo denominado LC (*Lot Cutting*).

Alguns exemplos bastante comuns nos trabalhos realizados, principalmente, na indústria do papel e celulose, são os modelos propostos por: Kantorovich (1960), cuja denotação é LCKT; Gilmore e Gomory (1961, 1963) cuja denotação é LCGG; Valério de Carvalho (1999, 2002), cuja denotação é LCVV.

Um modelo integrado baseado no trabalho de Gilmore e Gomory (1961) foi proposto por Poltroniere, Araújo e Poldi (2016). Em uma adequação deste último para o processo de produção de não tecido, o LSP é considerado para decidir a quantidade de *masterolls* a serem produzidos em cada período de um horizonte de planejamento. Os *masterolls* são produzidos em máquinas paralelas, capacitadas e com desempenhos específicos. O objetivo nessa etapa é reduzir a quantidade de *setups*, assegurando o atendimento da demanda, porém, sem gerar inventários excessivos.

Levando-se em consideração que não tecidos de diferentes tipos (gramatura, composição, cor, etc...) devem ser produzidos, que a mudança de um tipo para outro causa uma perda e, que o tamanho desta depende do tipo de transição, uma abordagem de MSP foi integrada ao modelo.

Por fim, como esses *masterolls* precisam ser cortados em bobinas de larguras menores e que a definição dos padrões para este corte precisa ser otimizada para gerar a menor sobra possível de material, uma abordagem de CSP foi também considerada para o modelo.

Este modelo é apresentado a seguir:

- **Índices:**

$t = 1, \dots, T$ número de períodos no horizonte de planejamento;

$k = 1, \dots, K$ número de tipos de não tecidos;

$m = 1, \dots, M$ número de máquinas (máquina m que produz jumbos de largura L_m);

$j = 1, \dots, N_m$ número de padrões de corte para jumbos de largura L_m ;

$i = 1, \dots, N_f$ número de itens demandados;

$\{1, \dots, N_f\} = V(1) \cup V(2) \cup \dots \cup V(K)$, onde $V(k) = \{i, \text{ se o item } i \text{ é do tipo } k \text{ de não tecido}\}$. Exemplo: sendo $i = 1, 2, \dots, 5$ o vetor $V(2) = \{2, 3, 4\}$ representa os itens 2, 3 e 4 pertencendo ao tipo de não tecido (k) igual a 2.

- **Parâmetros:**

C_{km} custo de produção (kg) de um jumbo do não tecido k produzido na máquina m ;

h' custo do inventário do produto terminado i no final do período t ;

$r_{kk'm}$ perda (kg) no setup da máquina m para a transição de produção do tipo de não tecido k' para o não tecido do tipo k ;

R custo unitário (kg) para reprocessamento da matéria prima perdida no processo de produção;

g_k gramatura (kg/cm) do não tecido de tipo k ;

- K_{mkt} capacidade (kg) da máquina m , para o jumbo do não tecido k no período t ;
- L_m largura da máquina m em centímetros;
- l_i largura do item (produto terminado) i em centímetros;
- d_{kt} vetor das quantidades demandadas dos produtos terminados do tipo de não tecido k no período t . Seu tamanho é $|V(k)|$ e cada componente d_{ikt} significa o número de produtos terminados i , com $i \in V(k)$, demandado no período t ;
- n_k vetor do peso dos produtos terminados do tipo de não tecido k (o peso do produto terminado i do tipo de não tecido k e largura l_i é dado por $(n_{ik} = l_i g_k)$;
- b_{km} peso do jumbo do não tecido k produzido na máquina m , é dado por $(b_{km} = L_m g_k)$;
- a_{jm} vetor associado ao padrão de corte j para o jumbo de largura L_m . Seu tamanho é $|V(k)|$ e cada componente a_{ijm} significa o número de itens i , sendo $i \in V(k)$, cortado de acordo com o padrão j a partir do jumbo de largura L_m ;
- p_{jm} perda de não tecido (cm) no padrão de corte j utilizado para cortar o jumbo de largura L_m ;

• **Variáveis de Decisão:**

- x_{kmt} número de jumbos do não tecido k produzidos na máquina m no período t ;
- w_{kmt} número de jumbos do não tecido k produzidos na máquina m estocados no final do período t ;
- y^j_{kmt} número de jumbos do não tecido k produzidos na máquina m no período t que foram cortados segundo o padrão de corte j ;
- $z_{kk'mt}$ variável binária que indica se houve ou não transição de produção do jumbo do não tecido k para o k' na máquina m no período t ;
- e_{ikt} vetor dos produtos finais do tipo de não tecido k estocados no final do período t . Seu tamanho é $|V(k)|$ e cada componente e_{ikt} representa o número de produtos terminados i , sendo $i \in V(k)$, estocada no final do período t .

• **Função Objetivo:**

$$\begin{aligned} \text{Min } & \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K (c_{km} b_{km} x_{kmt} + \sum_{k'=1}^K r_{kk'm} z_{kk'mt}) \\ & + \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{i \in S(k)} h'_i n_{ik} e_{ikt} + \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^{N_m} R g_k p_{jm} y^j_{kmt} \end{aligned} \quad (1.1)$$

Onde k' é diferente de k .

• **Sujeito a:**

$$\sum_{m=1}^M (x_{kmt} + w_{k,m,t-1} - w_{kmt}) = \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^{N_m} y_{kmt}^j, \quad \forall k, \forall t, \quad (1.2)$$

$$b_{km}x_{kmt} + \sum_{k'=1}^K (r_{kk'm}z_{kk'mt}) \leq K_{mkt}, \quad \forall m, \forall t, \forall k \quad (1.3)$$

$$x_{kmt} \leq K_{mkt} \sum_{k'=1}^K z_{kk'mt}, \quad \forall k, \forall m, \forall t, \quad (1.4)$$

$$e_{kt} = e_{k,t-1} + \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^{N_m} a_{jm} y_{kmt}^j - d_{kt}, \quad \forall k, \forall t, \quad (1.5)$$

$$w_{kmt} = w_{k,m,t-1} + x_{kmt} - \sum_{j=1}^{N_m} y_{kmt}^j, \quad \forall k, \forall m, \forall t, \quad (1.6)$$

$$w_{km0} = 0, \quad e_{k0} = 0, \quad \forall k, \forall m, \quad (1.7)$$

$$x_{kmt} \geq 0, \quad w_{kmt} \geq 0, \quad \text{e inteiros}, \quad \forall k, \forall m, \forall t, \quad (1.8)$$

$$z_{kk'mt} \in \{0, 1\}, \quad \forall k, \forall m, \forall t, \quad (1.9)$$

$$y_{kmt}^j \geq 0, \quad e_{kt} \geq 0, \quad \text{e inteiros}, \quad \forall k, \forall m, \forall t, \quad (1.10)$$

A **função objetivo (1.1)** é uma composição de vários custos: custo de produção, custos de *setup* da máquina, custos de estoque do produto final e custo de desperdício no processo de corte.

A **restrição (1.2)** é de equilíbrio de estoque. A quantidade total produzida mais o estoque do período anterior devem atender a demanda do período t mais o estoque para o próximo período.

A **restrição (1.3)** garante que a capacidade das máquinas seja respeitada em cada período, considerando a quantidade total produzida e o desperdício por *setup*.

A **restrição (1.4)** garante que a variável binária $z_{kk'mt}$ assumirá o valor em função da ocorrência da transição de produção do item k para k' . É definida como $z_{kk'mt} = 1$ no caso de $x_{kmt} > 0$. Se $x_{kmt} = 0$, então o critério de otimalidade força o $z_{kk'mt} = 0$.

A **restrição (1.5)** é a equação de equilíbrio do estoque. Ela limita que a quantidade total de produtos finais produzidos a partir do jumbo do tipo **k** no período **t** não seja maior que a demanda por este jumbo.

A **restrição (1.6)** limita o número de jumbos cortados aos que foram produzidos anteriormente. Essas são as restrições de acoplamento que envolvem decisões relativas à produção de jumbos e ao seu corte.

As **restrições (1.7) a (1.10)** definem o domínio das variáveis de decisão.

- **Exemplificação dos vetores**

d_{kt} vetor das quantidades demandadas dos produtos terminados do tipo de nãotecido **k** no período **t**. Seu tamanho é **$|V(k)|$** e cada componente **d_{ikt}** significa o número de produtos terminados **i**, com **$i \in V(k)$** , demandado no período **t**:

Nãotecido (k): [111], NT 10.000ml 10kg/cm 10cm. Nãotecido de 10.000m de comprimento, com 10kg por cm e 10cm de largura.

Período (t): [001 002 003 004 005], períodos do dia 1 ao dia 5 no horizonte de planejamento.

d_{111t} : [010 005 015 010 005], quantidade demanda, em unidades, do produto terminado [111] do dia 1 ao dia 5.

n_k vetor do peso dos produtos terminados do tipo de nãotecido **k** (o peso do produto terminado **i** do tipo de nãotecido **k** e largura l_i é dado por $n_{ik} = l_i g_k$):

Produto (k): [111 112 113 114], nãotecido de 10.000m de comprimento, com 10kg por cm e 10, 20, 30 e 40cm de largura.

n_k : [100 200 300 400], peso em kg do produto terminado **i** que é dado pelo produto da largura do item pela gramatura. Exemplo para 10kg/cm com 10cm de largura: $10 \times 10 = 100\text{kg}$.

a_{jm} vetor associado ao padrão de corte **j** para o jumbo de largura **L_m** . Seu tamanho é **$|V(k)|$** e cada componente **a_{ijm}** significa o número de itens **i**, sendo **$i \in V(k)$** , cortado de acordo com o padrão **j** a partir do jumbo de largura **L_m** :

Maq. (m): [001 002 003 004]

L_m : [320 420 420 320], as máquinas em questão possuem larguras de 320cm ou 420cm.

Padrões (j): [011 021 031 041], o padrão de corte 011 pode referir-se ao corte isonômico de 20cm de largura na máquina 1, o 021 o mesmo tipo de corte, mas na máquina 2 e assim por diante.

a_{jm} : [016 021 021 016], quantidades de rolos (produtos finais) resultado do processo de corte segundo o padrão 001.

3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO

Em conclusão, o modelo proposto se diferencia dos trabalhos anteriormente apresentados, principalmente, pelas seguintes características:

1. A capacidade de produção das máquinas é função do tipo de não tecido, ou seja, a capacidade depende do tipo de produto que está sendo produzido. Isto gera uma complexidade maior ao modelo, entretanto, o adequa ao processo produtivo em questão;
2. A perda por *setup* depende do tipo de transição realizada, ou seja, há passagens de determinados produtos a outros que geram menor perda, logo o modelo também deve tomar em consideração o sequenciamento da produção além do dimensionamento dos lotes;
3. Para a otimização do corte de estoque os produtos finais precisam ter suas larguras conjugadas de maneira a gerar o melhor aproveitamento possível do masterroll. Entretanto estas conjugações devem ser feitas, prioritariamente, entre itens que possuem demanda em um horizonte curto de planejamento de forma a não impactar o sistema em custos de armazenagem.

Por fim, o modelo soluciona simultaneamente os três grandes problemas relacionados ao planejamento de produção desta indústria: 1. Dimensionamento de Lote; 2. Corte de Estoque; 3. Sequenciamento de Produção. Sendo que a solução ótima ou otimizada para este problema garante o bom atendimento aos clientes e com menor custo possível para o fornecedor. Isso tudo aplicável a problemas reais de uma indústria que movimenta 40 bilhões de dólares anualmente.

3.6 MÉTODO DE SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA INTEGRADO

O modelo matemático descrito anteriormente apresenta várias dificuldades de resolução, dentre elas: número grande de variáveis de decisão, multiestágios de produção, variáveis binárias de preparação da máquina de não tecido, etc. Como o grande objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma solução exequível em ambiente industrial e aplicável a um problema real, ou seja, de muitas instâncias, é mais importante que o método de solução seja eficiente e eficaz do que preciso. Por essa razão, optou-se pela aplicação de um método heurístico.

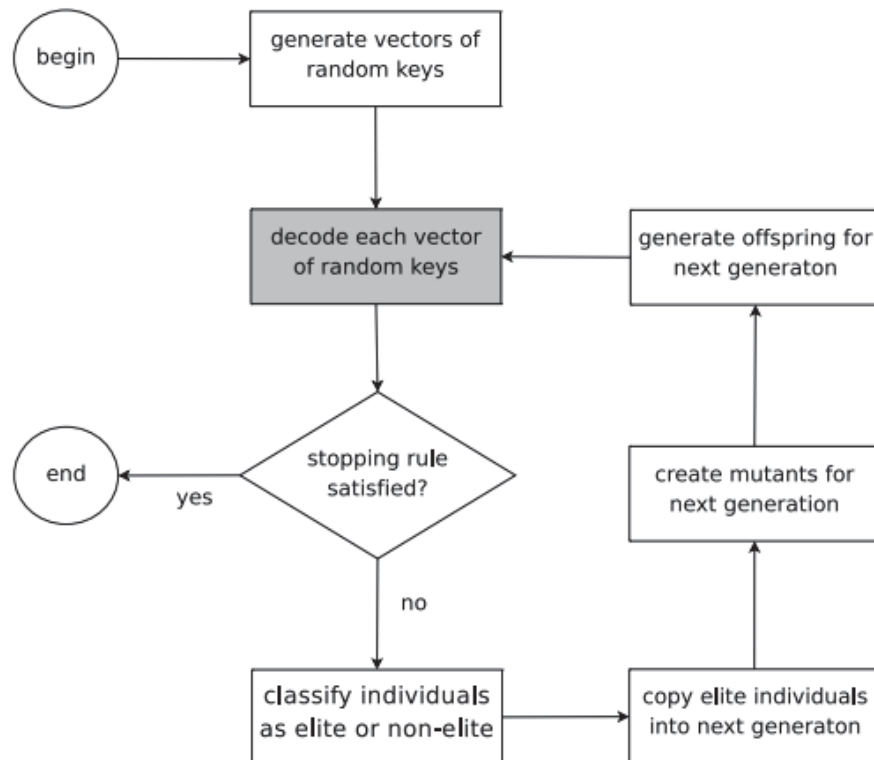
O uso de abordagens heurísticas e metaheurísticas para resolver problemas integrados de planejamento de produção é justificado pela natureza complexa deste problema de otimização combinatória. Existem muitas heurísticas e metaheurísticas disponíveis na literatura. Algumas delas, são baseadas na evolução de populações como algoritmos genéticos de Holland (1962), otimização por enxame de partículas de Eberhart e Kennedy (1995), otimização de colônias de formigas de Dorigo e Di Caro (1999), entre vários outros. Há métodos que usam um esquema de construção e melhoria, como recozimento simulado de Kirkpatrick, Gelatt e Vecchi (1983), pesquisa em vizinhança variável de Maledenovic e Hansen (1997). Por fim, existem muitas outras abordagens híbridas que combinam estas metodologias. E, a definição do método heurístico para resolver um determinado problema não é trivial e afeta os resultados. O contexto do problema é relevante neste processo de seleção, uma vez que nenhuma heurística tem um desempenho melhor do que as outras para todos os problemas. A decisão de utilizar um BRKGA para resolver o problema integrado de produção foi baseada em seu excelente desempenho em problemas de otimização combinatória, baseando-se nos estudos de Gonçalves, Resende e Mendes (2011); Gonçalves e Resende (2012); Toso e Resende (2015).

O BRKGA evolui populações de vetores-chave aleatórios (indivíduos) que contêm valores fracionários no intervalo $[0, 1]$. Um decodificador é necessário para transformar esses vetores em soluções do problema e calcular sua função objetivo. O BRKGA divide a população em dois grupos: o grupo elite, contendo os indivíduos com a melhor função de aptidão; e o não elite, que contém o restante da população. A operação de cruzamento introduz viés ao selecionar sempre um indivíduo de elite para “acasalar” com outro indivíduo de elite ou não elite. Além disso, o viés também é

inserido, uma vez que os cromossomos parentais com melhor aptidão têm uma probabilidade maior de serem herdados pela prole.

A Figura 13 apresenta um fluxograma da heurística proposta. O primeiro passo é inicializar a população de indivíduos com valores aleatórios no intervalo $[0, 1]$. Após a inicialização, todos os vetores-chave são decodificados e sua adequação é calculada. O próximo passo é classificar os indivíduos em elite e não elite, de acordo com sua aptidão. O cruzamento começa quando os indivíduos são classificados, usando sempre um genitor elite para procriar a prole. Finalmente, uma determinada quantidade de mutantes é introduzida na população para completar a próxima geração. Os mutantes são criados gerando novos vetores de chave aleatória. Uma vez que a próxima geração esteja completa, todos os indivíduos são transformados novamente em soluções (e sua aptidão calculada) usando o decodificador. O processo se repete até que o critério de parada seja alcançado.

FIGURA 13 – FLUXOGRAMA DO ALGORITMO BRKGA



FONTE: Toso e Resende (2015).

3.6.1 Decodificação e Aplicação do BRKGA

Para a aplicação do BRKGA ao problema de planejamento integrado de produção, utilizou-se o decodificador proposto por Bean (1994) para o problema de sequenciamento de produção (*scheduling problem*).

Bean (1994), propôs para o problema de sequenciamento de máquina única, a criação de cromossomos, onde cada gene corresponde a uma tarefa (job). Para formar uma instanciiação, deve-se gerar um desvio aleatório uniforme (0, 1) para cada alelo. O mapeamento para o espaço literal é realizado classificando os alelos e sequenciando os jobs em ordem crescente de classificação.

Por exemplo, para o problema de quatro tarefas em uma única máquina, obter-se-ia as seguintes chaves aleatórias:

[0.5, 0.1, 0.8, 0.7] → *random keys*

Adotando um vetor de “n” posições (fracionárias em [0,1)) para representar os “n” jobs, obter-se-ia:

[1, 2, 3, 4] → vetor de jobs

[0.5, 0.1, 0.8, 0.7] → *random keys*

O decoder desta pesquisa poderia ser a ordenação crescente das *random-keys*, obtendo:

[0.1, 0.5, 0.7, 0.8]

[2, 1, 4, 3] → sequência 2-1-4-3

Esta sequência pode então ser avaliada para calcular o atraso total ou qualquer outra medida regular.

Quando o problema relaciona mais de uma máquina, o decoder precisa ser adaptado para definir outra maneira de codificar as *random-keys*. A técnica aplicada para a solução desse problema foi a de gerar um vetor com “n” posições para representar os jobs, mais “m” posições para indicar em qual máquina o job está alocado, isto é, um vetor de tamanho “m” x “n”.

Por exemplo, supondo que se utilize um vetor de tamanho “n” para representar o número de jobs e que se tenha duas máquinas no sistema ($m = 2$). Após ordenar as *random-keys* ter-se-á:

[0.1, 0.5, 0.7, 0.8]

[2, 1, 4, 3]

M1: 2 - 4 → sequência na máquina 1

M2: 1 - 3 → sequência na máquina 2

Neste caso, os jobs 2 e 1 foram designados para as máquinas 1 e 2, respectivamente. Os jobs 4 e 3 igualmente designados para as máquinas 1 e 2, respectivamente. Esta mesma lógica é aplicada para qualquer que seja o número de máquinas apresentadas no sistema.

4 EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS

O BRKGA-QL utilizado foi baseado no *Application Programming Interface* (API) desenvolvido por Chaves e Lorena (2021). O algoritmo é um código aberto desenvolvido em C++, no entanto, para utilizá-lo, é necessário o desenvolvimento dos *decoders*, cuja estratégia foi descrita no capítulo anterior. Também é necessário implementar a leitura dos dados de entrada e a realização da parametrização do método de solução aplicado pelo algoritmo. Estas etapas foram realizadas em C++ com o suporte do Visual Studio 2019. A implementação da solução e os testes computacionais foram realizados em equipamento, com a seguinte configuração: processador Intel Core i7-8565U, CPU 1.80GHz, com memória RAM de 8Gb. O solver utilizado foi o Gurobi 9.5.1 e o sistema operacional Linux.

4.1 MÉTODO DE SOLUÇÃO

O método de solução para o problema integrado apresentado no parágrafo 3.4, com a utilização do BRKGA, é descrito de maneira simplificada, para fins didáticos, conforme apresenta-se a seguir:

Considere:

rk -> random-key

nt = 5 -> tipos de nãotecido (produtos)

p = 3 -> períodos de planejamento

Representação dos vetores:

Se $n = nt \times p$, então $n = 15$ posições.

```
[1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 ] ; vetor
[1  2  3  4  5  1  2  3  4  5  1  2  3  4  5 ] ; nt
[0,77 0,93 0,95 0,58 0,11 0,52 0,46 0,31 0,56 0,10 0,52 0,45 0,34 0,91 0,13] ; rk
```

Para este caso, são gerados blocos dentro do vetor. Cada bloco possui tamanho igual ao número de nãotecidos e é composto pelos tipos de nãotecido {1, 2, 3, 4, 5}. Sobre esses blocos é aplicado o *decoder*, conforme explicação a seguir:

1º passo: Separação dos blocos de cada período.

Período 1:

1	2	3	4	5	-> posições
1	2	3	4	5	-> tipos nãotecido
0,77	0,93	0,95	0,58	0,11	-> <i>random-keys</i>

Período 2:

6	7	8	9	10	-> posições
1	2	3	4	5	-> tipos nãotecido
0,52	0,46	0,31	0,56	0,1	-> <i>random-keys</i>

Período 3:

11	12	13	14	15	-> posições
1	2	3	4	5	-> tipos nãotecido
0,52	0,45	0,34	0,91	0,13	-> <i>random-keys</i>

2º passo: Ordenação de cada bloco pelo valor da *random-key*.

Período 1:

5	4	1	2	3	-> posições
5	4	1	2	3	-> tipos nãotecido
0,11	0,58	0,77	0,93	0,95	-> <i>random-keys</i>

Período 2:

10	8	7	6	9	-> posições
5	3	2	1	4	-> tipos nãotecido
0,1	0,31	0,46	0,52	0,56	-> <i>random-keys</i>

Período 3:

15	13	12	11	14	-> posições
5	3	2	1	4	-> tipos nãotecido
0,13	0,34	0,45	0,52	0,91	-> <i>random-keys</i>

3º passo: Partindo do início do horizonte de planejamento ($t = 1$), é realizado o agendamento da produção, conforme descrição a seguir:

Considere o bloco ordenado do primeiro período:

Período 1:

5	4	1	2	3	-> posições
5	4	1	2	3	-> tipos nãotecido
0,11	0,58	0,77	0,93	0,95	-> <i>random-keys</i>

Nesta etapa são programadas as decisões do primeiro tipo de nãotecido do vetor ordenado. Sendo que o primeiro tipo é o 5, computou-se toda a demanda em $t = 1$ do tipo de nãotecido $k = 5$. Em seguida, é resolvido o problema de designação, com base nos padrões de corte e demandas dado pela equação:

$$\text{Min} \sum_{m=1}^M (s_{mk} \times Z_m) + \sum_{m=1}^M (M_m \times T_m) + \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^{N_m} (c_{mj} \times X_{mj})$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^{N_m} X_{mj} \leq M_m \times Z_m, \quad \forall m \in M \quad (1)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_j n_{ij} \times X_{mj} = d_i, \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{N_m} (T_{mj} \times X_{mj}) \leq 1.440 + T_m, \quad \forall m \in M \quad (3)$$

onde: 1.440 representa a quantidade de minutos em um dia.

A função objetivo visa minimizar o custo total das perdas dadas pelos padrões de corte e o custo de *setup* para o tipo de nãotecido já programado na máquina, bem como, minimizar o tempo excedente para atender toda a demanda em relação a duração do dia em minutos (1.440 minutos).

As restrições (1) asseguram que se a máquina “m” é utilizada, ocorrerá custo de *setup* nesta máquina em relação ao tipo de nãotecido previamente produzido. As restrições (2) garantem que os padrões escolhidos atendem toda a demanda. Já as

restrições (3), visam atender toda a demanda sem atraso. Caso não seja possível atender sem atraso, T_m assume valor não nulo.

Onde:

s_{mk} : Custo de *setup* do ãotecido atual na máquina m para o novo ãotecido (k)

M_m : Big M

N_m : Número de padrões de cortes da máquina m

c_{mj} : custo da perda oriunda do padrão de corte $j \in N_m$ na máquina m

T_{mj} : Tempo para processar o padrão j na máquina m

n_{ij} : Número de itens do tipo $i \in I$ cortados no padrão de corte j

Variáveis:

$Z_m = 1$, se a máquina “ m ” é utilizada e 0 no caso contrário.

$T_m \geq 0$, variável que possibilita servir demanda com atraso.

X_{mj} : número de padrões de corte “ j ” usados na máquina “ m ”.

Este procedimento é realizado para cada tipo de ãotecido do vetor ordenado e, para cada período de tempo, até que todos sejam computados. Um resultado do somatório das perdas é atribuído a cada cromossomo e os mais aptos (que resultam os menores valores de perdas) são levados ao grupo de elite. Outras interações são realizadas com a combinação dos genes desses indivíduos mais aptos até o limite de tempo pré-determinado, que, no caso desta pesquisa, foi de 1.800 segundos.

4.2 INSTÂNCIAS DE SIMULAÇÃO

Tendo em consideração que a solução desenvolvida visa resolver um problema real de uma indústria de ãotecido, foram utilizados cenários reais para a realização das análises.

Os resultados obtidos com o BRKGA para estes cenários reais foram contrastados com os planos de produção efetivamente executados pela equipe de planejamento a fim de comparar o desempenho do processo atual frente a solução encontrada com o BRKGA. Entretanto, como os cenários reais são recortes dos planos de produção executados e estão baseados em pedidos reais dos clientes, a diversidade – de itens, larguras, máquinas, etc... – contida nesses cenários era muito

grande, de tal forma, que foi decidido verificar se o BRKGA gerava soluções viáveis e resultados acurados com o processamento de instâncias simuladas de complexidade reduzida.

Os detalhes deste plano de simulações estão descritos na Tabela 10:

TABELA 10 – INSTÂNCIAS DE SIMULAÇÃO

Tipo	Grupo	Instância	Máquinas	Itens	Períodos	Qtde (t)
Simulada	0	0	3	5	5	515,08
Simulada	1	1	3	9	5	374,62
Simulada	1	2	3	9	5	370,50
Simulada	1	3	3	9	5	375,20
Simulada	1	4	3	9	5	375,60
Simulada	1	5	3	9	5	373,70
Simulada	2	6	3	9	10	361,51
Simulada	2	7	3	9	10	373,46
Simulada	2	8	3	9	10	341,31
Simulada	2	9	3	9	10	388,90
Simulada	2	10	3	9	10	374,13
Simulada	3	11	5	9	10	1.349,82
Simulada	3	12	5	9	10	1.390,17
Simulada	3	13	5	9	10	1.362,00
Simulada	3	14	5	9	10	1.350,00
Simulada	3	15	5	9	10	1.354,46
Real	1	1	1	59	12	208,21
Real	2	2	1	33	24	561,50
Real	2	3	1	24	27	533,60
Real	3	4	2	44	27	702,30
Real	3	5	2	55	27	1.095,10

FONTE: O autor (2022).

A primeira instância simulada (instância 0) era bastante simples, tendo o objetivo de depurar o algoritmo e testar a função objetivo. As demais instâncias simuladas podem ser separadas em 3 grupos de complexidade crescente:

Grupo 1 (homogêneo): 3 máquinas, 5 períodos e 9 itens distintos.

Grupo 2 (intermediário): 3 máquinas, 10 períodos e 9 itens distintos.

Grupo 3 (complexo): 5 máquinas, 10 períodos e 9 itens distintos.

Todas as instâncias simuladas foram também resolvidas manualmente, seguindo o processo atual realizado pela equipe de planejamento de produção, com o intuito de permitir a comparação dos resultados e verificação da performance do modelo.

Por fim, foram processadas as instâncias reais, que também podem ser classificadas por ordem de complexidade:

Grupo 1 (homogêneo): 1 máquina, 12 períodos e até 60 itens distintos.

Grupo 2 (intermediário): 1 máquina, 24 períodos e até 30 itens distintos.

Grupo 3 (complexo): 2 máquinas, 27 períodos e até 60 itens distintos.

Os resultados obtidos pelo BRKGA também foram comparados com os executados na prática pela equipe de planejamento. A análise desses resultados é objeto do próximo subcapítulo.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos com o BRKGA, para todas as instâncias, são apresentados pela Tabela 11. Em todos os casos estes resultados foram verificados, ou seja, foi feita uma prova real para apurar se o plano proposto pelo algoritmo era factível, e ainda, se as perdas estavam sendo bem contabilizadas. Como conclusão, todos os planos foram considerados exequíveis e não foram encontrados erros na apuração das perdas.

Com relação ao tempo de processamento. As instâncias simuladas, que eram mais simples, foram processadas com um limite de tempo de 600 segundos, pois, em média os resultados convergiam em prazo menor. Em média, o algoritmo encontrou o melhor resultado para as instâncias simuladas em 203 segundos, sendo que em um caso, o melhor resultado foi encontrado em apenas 18 segundos.

No caso das instâncias reais, o tempo limite de processamento foi estendido a 1800 segundos e, em alguns casos, o menor tempo para atendimento do melhor resultado chegou próximo a esse limite. Em média, o algoritmo encontrou o melhor resultado para as instâncias reais, em 724 segundos.

Para efeito de comparação, o processo manual de confecção do plano de produção para as instâncias simuladas levou em média 3.151 segundos e, para as reais, 9.181 segundos ou praticamente 3 horas. Embora este benefício da solução automática seja menos tangível, ele é bastante pertinente se considerar que o grande objetivo deste estudo é o desenvolvimento de uma solução que resolva um problema real e que tenha aplicabilidade em âmbito industrial.

TABELA 11 – RESULTADOS OBTIDOS COM O BRKGA

Solução	Tipo	Inst.	Qtde (t)	Custos (USD)					Tempo (s)	
				Total	Corte	Setup	Estoque	Atraso	Total	Menor
BRKGA	Simulada	0	515	\$ 16.048	\$ 5.454	\$10.181	\$ 74	\$ 340	601	241
BRKGA	Simulada	1	375	\$ 88.729	\$ 70.257	\$16.632	\$ -	\$ 1.840	602	18
BRKGA	Simulada	2	371	\$114.305	\$100.815	\$11.484	\$ 6	\$ 2.000	602	51
BRKGA	Simulada	3	375	\$ 84.508	\$ 64.042	\$18.656	\$ -	\$ 1.810	603	151
BRKGA	Simulada	4	376	\$107.173	\$ 73.579	\$15.818	\$ 6	\$ 17.770	602	54
BRKGA	Simulada	5	374	\$ 75.307	\$ 61.721	\$13.068	\$ 38	\$ 480	602	39
BRKGA	Simulada	6	362	\$ 71.450	\$ 57.695	\$13.134	\$ 101	\$ 520	602	75
BRKGA	Simulada	7	373	\$ 80.217	\$ 61.061	\$17.336	\$ -	\$ 1.820	601	53
BRKGA	Simulada	8	341	\$ 64.710	\$ 53.713	\$10.670	\$ 327	\$ -	603	205
BRKGA	Simulada	9	389	\$ 86.630	\$ 69.366	\$15.884	\$ -	\$ 1.380	605	172
BRKGA	Simulada	10	374	\$ 89.309	\$ 73.645	\$14.564	\$ -	\$ 1.100	602	227
BRKGA	Simulada	11	1.350	\$208.016	\$180.301	\$27.456	\$ 239	\$ 20	606	452
BRKGA	Simulada	12	1.390	\$233.440	\$188.540	\$40.612	\$ 8	\$ 4.280	606	422
BRKGA	Simulada	13	1.362	\$242.490	\$188.617	\$50.864	\$ 9	\$ 3.000	611	343
BRKGA	Simulada	14	1.350	\$220.547	\$196.086	\$23.584	\$ 877	\$ -	604	400
BRKGA	Simulada	15	1.354	\$248.864	\$203.291	\$42.482	\$ 21	\$ 3.070	603	342
BRKGA	Real	1	208	\$ 45.694	\$ 5.409	\$12.045	\$ -	\$ 28.240	1.800	1.673
BRKGA	Real	2	562	\$133.909	\$ 43.696	\$27.412	\$ 801	\$ 62.000	734	446
BRKGA	Real	3	534	\$ 68.871	\$ 7.671	\$ 2.974	\$ 566	\$ 57.660	671	112
BRKGA	Real	4	702	\$148.893	\$ 52.696	\$51.014	\$ 43	\$ 45.140	732	161
BRKGA	Real	5	1.095	\$189.470	\$ 68.083	\$64.984	\$ 1.274	\$ 55.130	1.694	1.230

FONTE: O autor (2022).

Os resultados obtidos pelo método atual (manual), para todas as instâncias, são apresentados pela Tabela 12.

TABELA 12 – RESULTADOS OBTIDOS COM O MÉTODO ATUAL

Solução	Tipo	Inst.	Qtde (t)	Custos (USD)					Tempo (t)	
				Total	Corte	Setup	Estoque	Atraso	Total	Menor
Manual	Simulada	0	515	\$ 16.476	\$ 10.292	\$ 4.263	\$ 121	\$ 1.800	1.872	1.872
Manual	Simulada	1	375	\$ 42.448	\$ 12.540	\$24.068	\$ -	\$ 5.840	3.096	3.096
Manual	Simulada	2	371	\$ 67.219	\$ 31.350	\$29.700	\$ 169	\$ 6.000	2.052	2.052
Manual	Simulada	3	375	\$ 45.367	\$ 13.277	\$27.016	\$ 24	\$ 5.050	3.348	3.348
Manual	Simulada	4	376	\$ 42.320	\$ 8.822	\$28.248	\$ -	\$ 5.250	2.808	2.808
Manual	Simulada	5	374	\$ 30.698	\$ 9.658	\$14.850	\$ -	\$ 6.190	2.412	2.412
Manual	Simulada	6	362	\$ 42.803	\$ 8.855	\$28.248	\$ -	\$ 5.700	2.221	2.221
Manual	Simulada	7	373	\$ 43.213	\$ 9.045	\$28.248	\$ -	\$ 5.920	2.016	2.016
Manual	Simulada	8	341	\$ 41.301	\$ 8.613	\$28.248	\$ 20	\$ 4.420	1.937	1.937
Manual	Simulada	9	389	\$ 43.689	\$ 9.581	\$28.248	\$ -	\$ 5.860	2.657	2.657
Manual	Simulada	10	374	\$ 42.148	\$ 7.480	\$28.248	\$ -	\$ 6.420	2.297	2.297
Manual	Simulada	11	1.350	\$ 93.600	\$ 35.266	\$36.872	\$ 352	\$ 21.110	4.968	4.968
Manual	Simulada	12	1.390	\$106.246	\$ 35.024	\$46.772	\$ -	\$ 24.450	5.112	5.112
Manual	Simulada	13	1.362	\$105.700	\$ 34.683	\$46.772	\$ -	\$ 24.245	4.975	4.975
Manual	Simulada	14	1.350	\$102.705	\$ 34.045	\$46.772	\$ -	\$ 21.888	4.392	4.392
Manual	Simulada	15	1.354	\$ 96.741	\$ 30.998	\$41.863	\$ -	\$ 23.880	4.255	4.255
Manual	Real	1	208	\$ 44.388	\$ 5.112	\$12.166	\$ -	\$ 27.110	7.495	7.495
Manual	Real	2	562	\$265.804	\$ 54.976	\$13.991	\$ -	\$196.837	8.352	8.352
Manual	Real	3	534	\$267.380	\$ 93.222	\$ 3.214	\$ -	\$170.944	9.130	9.130
Manual	Real	4	702	\$558.891	\$390.101	\$30.394	\$ -	\$138.396	10.210	10.210
Manual	Real	5	1.095	\$621.823	\$180.774	\$33.207	\$ -	\$407.842	10.741	10.741

FONTE: O autor (2022).

A Tabela 13 traz uma comparação dos resultados obtidos por ambos métodos. Em média, para as instâncias simuladas (mais simples), foi possível alcançar melhores resultados com a montagem manual do plano de produção. Entretanto, quando essas instâncias ficam mais complexas, nos casos dos planos reais, o BRKGA passa a ser muito mais eficiente, apresentando resultados que, em média, custam 33,4% do obtido manualmente.

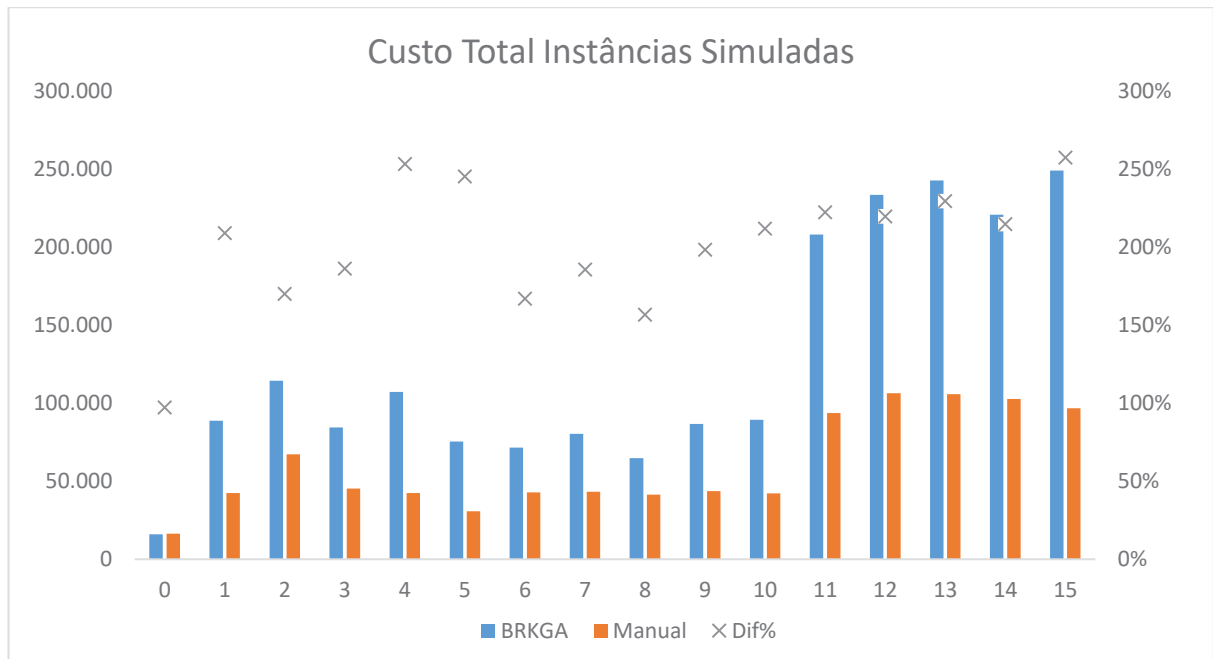
TABELA 13 – CUSTO TOTAL MÉDIO POR TIPO DE INSTÂNCIA E SOLUÇÃO

Tipo de Instância	BRKGA	Manual	Dif%
Simulada	\$ 126.984	\$ 60.167	211,1%
Real	\$ 117.367	\$ 351.657	33,4%

FONTE: O autor (2022).

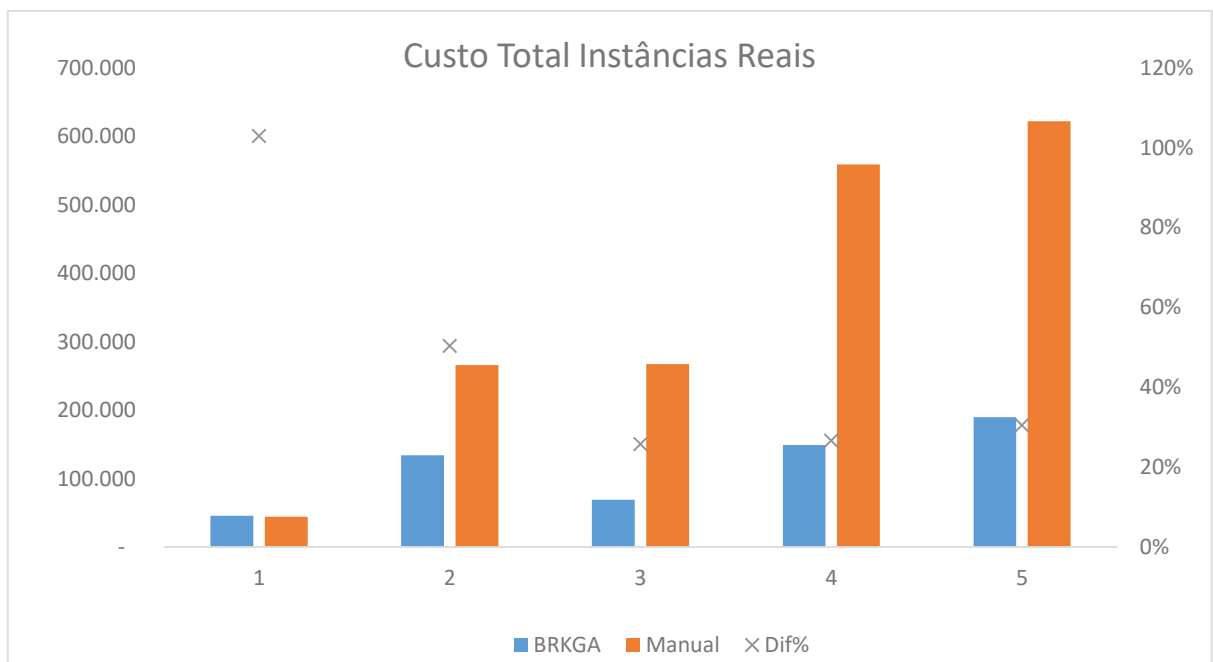
Ampliando essa análise e, para compreender em que circunstâncias cada método foi mais eficiente, realizou-se uma comparação por nível de complexidade das instâncias simuladas e reais, ambas apresentadas nas Figuras 14 e 15, respectivamente.

FIGURA 14 – CUSTO POR MÉTODO DE SOLUÇÃO PARA INSTÂNCIAS SIMULADAS



FONTE: O autor (2022).

FIGURA 15 – CUSTO POR MÉTODO DE SOLUÇÃO PARA INSTÂNCIAS REAIS



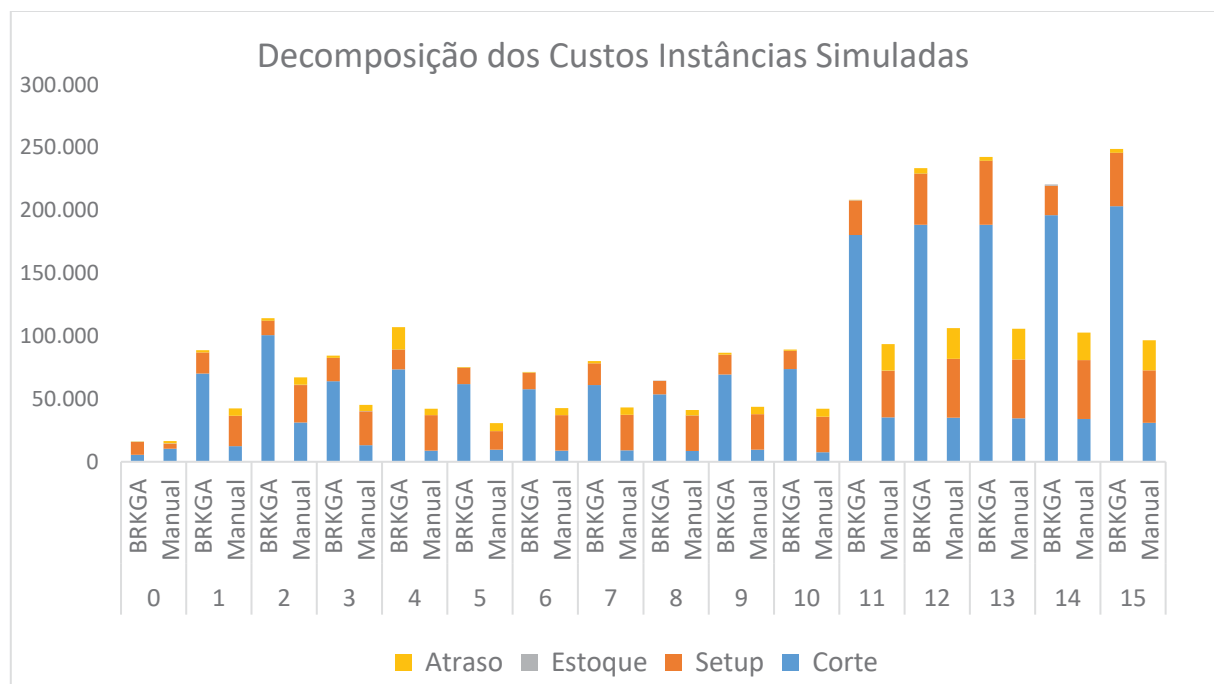
FONTE: O autor (2022).

Ao analisar a diferença percentual dos resultados de custos para os casos simulados, não é fácil perceber influência do nível de complexidade – que é crescente em função do número da instância –, provavelmente porque todos os casos são suficientemente simples para que manualmente seja possível encontrar uma boa solução.

Ao começar a revisar essas diferenças percentuais nos casos reais, ficou evidente que, conforme os casos vão ficando mais complicados, ou seja, envolvendo mais máquinas, maior diversidade de produtos e períodos de planejamento mais extensos, o BRKGA começa a apresentar resultados consistentemente melhores que os obtidos pelo processo manual atual. É possível ainda, que para a primeira instância real os resultados foram bastante próximos. Isso se deve ao fato de que esta instância se trata de um recorte bastante limitado das ordens de produção de uma só máquina. Neste caso, não havia diversidade de produtos e o plano de corte era bastante homogêneo, de tal forma, que foi possível construir um plano de produção eficiente de maneira manual.

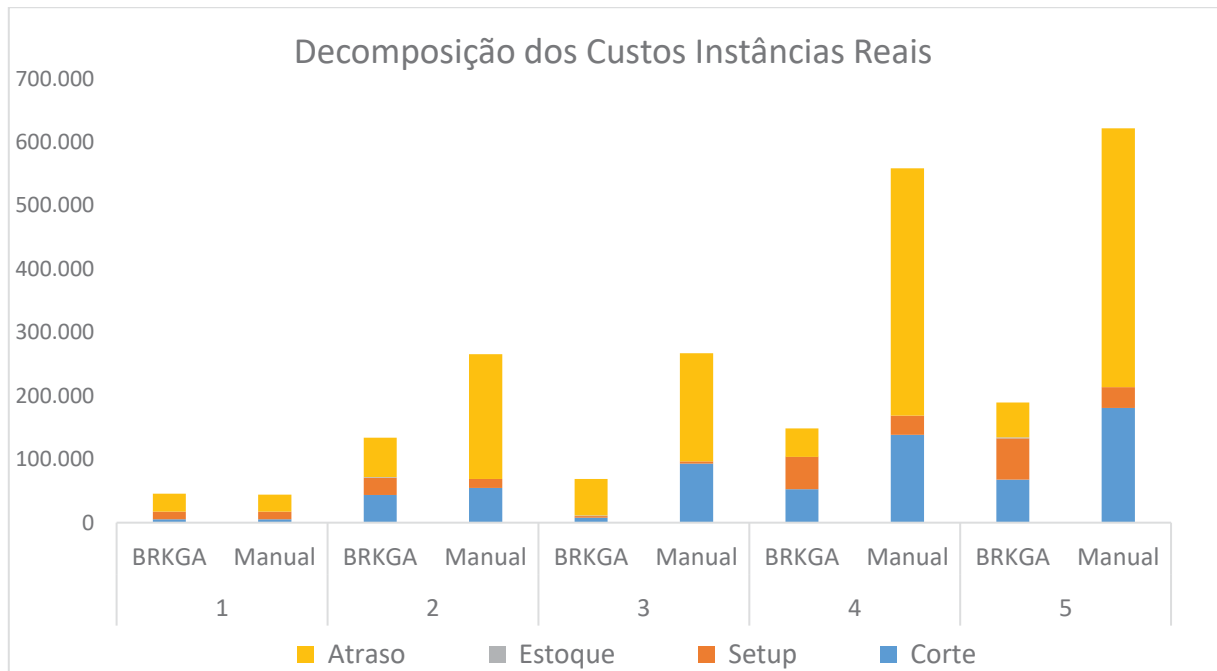
A fim de entender mais profundamente essas diferenças de performance, realizou-se uma abertura das perdas por tipo (*setup*, corte, inventário e atraso). Estes comparativos, para cada instância simulada e real, são encontrados nas Figuras 16 e 17, respectivamente.

FIGURA 16 – DECOMPOSIÇÃO DOS CUSTOS PARA INSTÂNCIAS SIMULADAS



FONTE: O autor (2022).

FIGURA 17 – DECOMPOSIÇÃO DOS CUSTOS PARA INSTÂNCIAS REAIS



FONTE: O autor (2022).

A análise dos resultados por tipo de perda permitiu concluir que o método automático penaliza os custos de corte, enquanto o método manual, acarreta em maiores custos de atraso de entrega. As razões para cada um destes efeitos são explicadas a seguir.

4.3.1 BRKGA na Definição do Plano de Corte

Conforme ilustrado no gráfico das Figuras 16 e 17, os custos mais relevantes da solução encontrada pelo BRKGA, foram os custos relacionados ao corte do material. Estes custos são oriundos da sobra de nãotecido nas extremidades da tela produzida pela extrusora e se devem ao fato de que a combinação de larguras dos produtos terminados não utiliza toda a largura útil da máquina. O desempenho do BRKGA pode ser considerado insuficiente neste quesito, visto que ele esteve aquém das soluções encontradas manualmente. Entretanto, isso se deve basicamente ao fato de que foram definidos padrões de corte muito “flexíveis” para o modelo. Explicando em outras palavras, para facilitar a busca do algoritmo por uma solução viável, foram considerados padrões de corte cujas perdas eram muito elevadas.

Por exemplo, o padrão de corte em que uma bobina de 2,00m de largura pode ser extraída de um masteroll de 3,20m, deixando uma sobra de 1,20m. Nas

simulações realizadas com o BRKGA foi considerado viável, entretanto, na prática isso não é aceitável. A proposta de abordagem para melhorar este resultado é gerar previamente os padrões de corte que serão utilizados pelo BRKGA. Estes padrões podem ser criados pelo método de geração de colunas, entretanto, esta solução será objeto de um estudo futuro.

4.3.2 Método Atual (Manual) e os Custos de Atraso

Os custos com atrasos são os mais relevantes na análise dos planos de produção construídos com a metodologia manual, pois o processo atual tem maior orientação interna que externa. Isso significa que o plano é construído objetivando conjugar o máximo possível as ordens de materiais similares de maneira a reduzir os *setups* e, também, se trabalha com uma restrição de que a perda em corte não pode ultrapassar os 3% do volume total produzido.

Como efeito colateral de tais premissas, ocorre que muitos pedidos de venda são atrasados para que o plano de produção seja otimizado. Eventualmente, esses atrasos não geram impactos financeiros para a companhia, pois, são negociados e aceitos pelo cliente. Entretanto, o exercício realizado neste estudo tomou em consideração uma penalidade média de 10 unidades monetárias por pedido, bem como, dia de atraso, o que na prática pode não existir. Estas considerações realizadas sobre o processo manual apenas são pertinentes a esta pesquisa, pois podem também gerar melhorias na solução automática.

Uma hipótese a ser considerada em estudos futuros é a flexibilização do custo de atraso, o que pode levar o BRKGA encontrar melhores soluções para o plano de produção.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Neste estudo, um problema real de uma indústria – líder global em um segmento que movimenta mais de 40 bilhões de dólares anualmente –, foi abordado e satisfatoriamente resolvido. Um modelo matemático desenvolvido e uma solução com uso do BRKGA foi aplicada. Esta solução trouxe um resultado que custou em média 33,4% do custo do plano de produção gerado manualmente através do processo atualmente existente nesta indústria. Deve-se considerar ainda, que este processo manual que está sendo utilizado atualmente já foi objeto de muitos projetos de melhoria, mas ainda assim, é um trabalho difícil e pouco eficiente. Além dos benefícios do uso racional dos insumos e recursos de produção, o método automático de planejamento resolveu os planos de produção em cerca de um décimo do tempo atualmente empregado pela equipe de PCP.

Apesar de já apresentar muitos benefícios, há um espaço importante para implementação de melhorias na solução, como por exemplo, em paralelo ao BRKGA, pode-se aplicar um método de busca local para aprimorar os resultados. Outra abordagem possível para a redução das perdas de corte, a mais proeminente entre as geradas pelo modelo, seria a prévia geração dos padrões de corte de maneira otimizada com a aplicação de alguma heurística específica, ou ainda, com a utilização do método de geração de colunas.

Para que a solução seja utilizável em ambiente profissional, será necessário o aprimoramento do código, visando tornar o processamento mais rápido, pois, deve-se considerar que os cenários a serem resolvidos na vida real, tendem ainda ser mais complexos. Por fim, objetivando permitir a aplicação da solução por qualquer pessoa, uma interface de utilização do algoritmo precisa ser desenvolvida.

Acrescenta-se ainda que este trabalho possui outras contribuições. Estas contribuições estão relacionadas a adicionar novos modelos de planejamento integrado de produção a partir do contexto específico da indústria do têxtil, o que ainda não está evidenciado na literatura. Do ponto de vista prático, esta solução dará suporte a tomada de decisão em uma companhia de grande porte nacional, que emprega cerca de 1.000 pessoas e gera inúmeros outros empregos indiretos. Além disso, a otimização do plano de produção desta empresa auxiliará na redução do consumo de um bem derivado do petróleo, o que aumentará na produção de itens que

são fundamentais para a atividade hospitalar e aos cuidados com a higiene. Evidentemente que isso também irá gerar resultados financeiros para a companhia.

As limitações do trabalho envolvem os algoritmos e suas complexidades combinatórias, a possível demora de resolução de problemas altamente completos, e ainda, a impossibilidade de encontrar uma solução exata que contemple todas as restrições do sistema. De toda forma, o objetivo do trabalho não era encontrar a solução perfeita em ambientes controlados e pouco complexos, mas sim, desenvolver uma solução legítima e viável em ambiente industrial.

REFERÊNCIAS

- ABINT – Associação Brasileira das Indústrias de Não tecidos. **Classificação, identificação e aplicações de não tecidos**. São Paulo: Centro Têxtil Internacional, 2010.
- AMERI RESEACH INC. **Nonwoven fabric market outlook**. 2021. Disponível em: <<https://www.ameriresearch.com/product/polypropylene-pp-nonwoven-fabric-market>>. Acesso em: 5 maio 2021.
- ANDRADE, E.L. **Introdução à pesquisa operacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: LCT, 1998. 220p.
- BEAN, J.C. Genetic Algorithms and random keys for sequencing and optimization. **ORSA Journal on Computing**, v. 6, n. 2, p. 154-160, 1994.
- CAMPELLO, B.S.C.; OLIVEIRA, W.A.; AYRES, A.O.C.; GHIDINI, C.T.L.S. **Lot sizing problem integrated with cutting stock problem in a paper industry: a multiobjective approach**. Unicamp, 2017.
- CHAVES, A.A.; LORENA, L.A.N. **An adaptive and near parameter-free BRKGA using Q-Learning method**. IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), 2021.
- DORIGO, M.; DI CARO, G. **Ant colony optimization: a new meta-heuristic**. Proceedings of the 1999 congress on evolutionary computation-CEC99 (Cat. No.99TH8406). v. 2. Proceedings of the 1999 congress on evolutionary computation-CEC99, 1999. (Cat. n. 99TH8406) p. 1470-1477.
- EBERHART, R.; KENNEDY, J. **A new optimizer using particle swarm theory**. Proceedings of the sixth international symposium on Micro Machine and Human Science, 1995. p. 39-43.
- GILMORE, P.; GOMORY, R. A linear programming approach to the cutting stock problem. **Operations Research**, v. 9, n. 6, p. 849-859, 1961.
- GLOBAL MARKET INSIGHTS. **Nonwoven fabric market size by product**. 2021. Disponível em: <<https://www.gminsights.com/industry-analysis/polypropylene-pp-nonwoven-fabrics-market-report>>. Acesso em: 5 maio 2021.
- GONÇALVES, J.F.; RESENDE, M.G. A parallel multi-population biased random-key genetic algorithm for a container loading problem. **Computers & Operations Research**, v. 39, p. 179-190, 2012.
- GONÇALVES, J.F.; RESENDE, M.G.; MENDES, J.J. A biased random-key genetic algorithm with forward-backward improvement for the resource constrained project scheduling problem. **Journal of Heuristics**, v. 17, n. 5, p. 467-486, 2011.
- HOLLAND, J.H. Outline for a logical theory of adaptive systems. **Journal of the ACM (JACM)**, v. 9, n. 3, p. 297-314, 1962.

KIRKPATRICK, S.; GELATT, C.D.; VECCHI, M.P. Optimization by simulated annealing. **Science**, v. 220, n. 4598, p. 671-680, 1983.

MALEDENOVIC, N.; HANSEN, P. Variable neighborhood search. **Computers & Operations Research**, v. 24, n. 11, p. 1097-1100, 1997.

MORIOKA, S.; CARVALHO, M. A systematic literature review towards a conceptual framework for integrating sustainability performance into business. **Journal of Cleaner Production Ahead**, 2016.

POLTRONIERE, S.C.; ARAUJO, S.A.; POLDI, K.C. **Optimization of an integrated lot sizing and cutting stock problem in the paper industry**. Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional, 2016.

TOSO, R.F.; RESENDE, M.G.C. A C++ application programming interface for biased random-key genetic algorithms. **Optimization Methods and Software**, v. 30, n. 1, p. 81-93, 2015.

TRIGEIRO, W.W.; THOMAS, L.J.; MCCLAIN, J.O. Capacitated lot sizing with setup times. **Management Science**, v. 35, n. 3, p. 353-366, 1989.

VALMET FORWARD. **Optiwin belt winder**. 2021. Disponível em: <<https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/winders-and-roll-handling/winding/belt-supported-winders/>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

WIKIMEDIA COMMONS. **Respilon scheme**. 2021. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Respilon_scheme.jpg>. Acesso em: 10 maio 2021.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABDOLAZIMI, O. et. al. Robust design of a multi-objective closed-loop supply chain by integrating on-time delivery, cost, and environmental aspects, case study of a Tire Factory. **Journal of Cleaner Production**, 2020.

AL KHULUQI, M.; FIRDAUS, M.W.; RAHMI, A. Profit optimization based on total production in textile home industry using evolution strategies algorithms. **International Journal of Social and Local Economic Governance**, 2016.

AL-E-HASHEM, M.; MALEKLY, S.M.J.; ARYANEZHAD, M.B. A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty. **International Journal of Production Economics**, 2011.

ANDRADE, P. et. al. The integrated lot sizing and cutting stock problem in an automotive spring factory. **Applied Mathematical Modelling**, 2020.

BAGSHAW, K. A review of quantitative analysis (QA) in production planning decisions using the linear programming model. **American Journal of Operations Research**, 2019.

BERTRAND, J.W.M.; FRANÇO, O. Operations management recherche methodologies using quantitative modeling. **Internacional Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.

BOER, R. **Woven PP supply chain optimization**. University of Twente, 2020.

CAMPO, E.A.; CANO, J.A.; GÓMEZ-MONTOYA, R. Linear programming for aggregate production planning in a textile company. **Fibres and Textiles in Eastern Europe**, 2018.

CHERN, C.C.; LEI, S.T.; HUANG, K.L. Solving a multi-objective master planning problem with substitution and a recycling process for a capacitated multi-commodity supply chain network. **Journal of Intelligent Manufacturing**, 2014.

CHERRI, A.C. et al. The one-dimensional cutting stock problem with usable leftovers - a survey. **European Journal of Operational Research**, 2014.

CORENTIN, Y.; MAËL LE, H. Réduire les déchets industriels: une approche par l'ordonnancement des opérations. **L'universite de Lyon**, 2019.

CLOPPENBURG, F.; MÜNKEL, A.; GLOY, Y.; GRIES, T. Industry 4.0 - How will the nonwoven production of tomorrow look like? **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 2017.

CORREIA, M. H.; OLIVEIRA, J.; FERREIRA, S. Reel and sheet cutting at a paper mill. **Computers and Operations Research**, 2004.

COLAPINTO, C.; JAYARAMAN, R.; MARSIGLIO, S. Multi-criteria decision analysis with goal programming in engineering, management and social sciences: a state-of-the art review. **Annals of Operations Research**, 2017.

COPIL, K.; WÖRBELAUER, M.; MEYR, H.; TEMPELMEIER, H. Simultaneous lotsizing and scheduling problems: a classification and review of models. **OR Spectrum**, 2017.

DARVISHI, F.; GHASEMY, Y.R.; SADEGHI, A. Integrated fabric procurement and multi-site apparel production planning with cross-docking: a hybrid fuzzy-robust stochastic programming approach. **Applied Soft Computing Journal**, 2020.

DARWISH, M.A. EPQ models with varying setup cost. **International Journal of Production Economics**, 2008.

DELORME, M.; IORI, M.; MARTELLO, S. Bin packing and cutting stock problems: Mathematical models and exact algorithms. **European Journal of Operational Research**, 2016.

DEMIREL, E.; ÖZELKAN, E.C.; LIM, C. Aggregate planning with Flexibility Requirements Profile. **International Journal of Production Economics**, 2018.

DEL SOLAR, S.R.; CHACÓN, C.I., PONCE, D.M. Plan agregado de producción en barracas madereras. Estudio de caso para una pequeña industria. **Maderas: Ciencia y Tecnología**, 2008.

DE ARAUJO, S.A.; ARENALES, M.N.; CLARK, A.R. Joint rolling-horizon scheduling of materials processing and lot-sizing with sequence-dependent setups. **Journal of Heuristics**, 2007.

DIOS, M.; FRAMINAN, J.M. A review and classification of computer-based manufacturing scheduling tools. **Computers and Industrial Engineering**, 2016.

EBRAHIMI, S.B. A bi-objective model for a multi-echelon supply chain design considering efficiency and customer satisfaction: a case study in plastic parts industry. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2018.

FELFEL, H.; YAHIA, W.B.; AYADI, O.; FAOUZI, M. Stochastic multi-site supply chain planning in textile and apparel industry under demand and price uncertainties with risk aversion. **Annals of Operations Research**, 2018.

FIGUEIRA, L.G. A hybrid algorithm for the integrated production planning in the pulp and paper industry. **FEUP**, 2010.

FIOROTTO, D.; JANS, S.A. Process flexibility and the chaining principle in lot sizing problems. **International Journal of Production Economics**, 2018.

GEORGIADIS, G.; ELEKIDIS, A.P.; GEORGIADIS, M.C. Optimization-based scheduling for the process industries: from theory to real-life industrial applications. **MDPI – Processes**, 2019.

GHASEMY, Y.; SARLAK, P.; GHAREAGHAJI, A.A. Robust master planning of a socially responsible supply chain under fuzzy-stochastic uncertainty (a case study of clothing industry). **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, 2020.

GHASEMY, R. Enhancing supply chain production-marketing planning with geometric multivariate demand function (a case study of textile industry). **Computers and Industrial Engineering**, 2020.

GHASEMY, Y.R. Integrated multi-site aggregate production-pricing planning in a two-echelon supply chain with multiple demand classes. **Applied Mathematical Modelling**, 2018.

GOERLER, A.; LALLA-RUIZ, E.; VOß, S. Late acceptance hill-climbing matheuristic for the general lot sizing and scheduling problem with rich constraints. **MDPI – Algorithms**, 2020.

GRAMANI, M.C.N.; FRANÇA, P.M.; ARENALES, M.N. A linear optimization approach to the combined production planning model. **Journal of the Franklin Institute**, 2011.

GONÇALVES, J.; RESENDE, M. Biased random-key genetic algorithms for combinatorial optimization. **Journal of Heuristics**, v. 17, p. 487-525, 2011.

HESRAN, C.; YOUENN, M. Integrating waste minimization concerns in operations scheduling. **L'universite de Lyon**, 2020.

HUANG, Y.H.; LU, H.C.; LIU, I.F. Deterministic model for customized pilot manufacture production with various backplane sizes. **Applied Mathematical Modelling**, 2019.

INFORMAÇÕES DE MERCADO. Disponível em: <<https://www.ameriresearch.com/product/polypropylene-pp-nonwoven-fabric-market/12>>. Acesso em: 24 jun. 2020.

INFORMAÇÕES DE MERCADO. Disponível em: <<https://www.gminsights.com/industry-analysis/polypropylene-pp-nonwoven-fabrics-market-report>>. Acesso em: 24 jun. 2020.

JASIM, O.R.; SULTAN, J. Using NSGAI for solving multi-objective master production scheduling problems with application. **The 15th Scientific Annual International Conference for Business**, 2016.

JANS, R.; DEGRAEVE, Z. Modeling industrial lot sizing problems: a review. **International Journal of Production Research**, 2008.

JANS, R.A.F. A review of applications of genetic algorithms in lot sizing. **Journal of Intelligent Manufacturing**, 2010.

JAYAKAR, G.S.; PRIYA, S. Capacitated inventory control through lot sizing using harmony search algorithm. **International Journal of Production Engineering**, 2018.

KHAN, R. et al. A mathematical model for reduction of trim loss in cutting reels at a make-to-order paper mill. **Applied Sciences (Switzerland)**, 2020.

LAGUNA-SALVADÓ, L.; LAURAS, M.; OKONGWU, U.; COMES, T. A multicriteria Master Planning DSS for a sustainable humanitarian supply chain. **Annals of Operations Research**, 2019.

LEAO, A.A.S.; FURLAN, M.M.; TOLEDO, F.M.B. Decomposition methods for the lot-sizing and cutting-stock problems in paper industries. **Applied Mathematical Modelling**, 2017.

LE HESRAN, C.; LADIER, L.; BOTTA-GENOULAZ, V.; LAFOREST, V. A methodology for the identification of waste-minimizing scheduling problems. **Journal of Cleaner Production**, 2020.

LE HESRAN, C.; LADIER, A.; BOTTA-GENOULAZ, V.; LAFOREST, V. Operations scheduling for waste minimization: a review. **Journal of Cleaner Production**, 2019.

LOTTIE, M.L.C. Modeling of apparel production system and optimization of lot size scheduling in apparel industry. **Polytechnic University of Hong Kong**, 2016.

LUU, D.T.; BOHEZ, E.L.J.; TECHANITISAWAD, A. A hybrid genetic algorithm for the batch sequencing problem on identical parallel machines. **Production Planning and Control**, 2002.

MA, N.; LIU, Y.; ZHOU, Z. Two heuristics for the capacitated multi-period cutting stock problem with pattern setup cost. **Computers and Operations Research**, 2019.

MACEDO, L.G. **Um novo modelo integrado para otimização do planejamento da produção de papel**. Unicamp, 2019.

MARTÍNEZ, K.Y.P.; TOSO, E.A.V.; MORABITO, R. Production planning in the molded pulp packaging industry. **Computers and Industrial Engineering**, 2016.

MASOUD, S.A. Integrated models and algorithms for automotive supply chain optimization. **TigerPrints**, 2014.

MELEGA, G.; ARAUJO, M.; RANGEL, S. **Problema integrado de dimensionamento de lotes e corte de estoque com restrição de ciclos da serra**. UNESP, 2015.

MELEGA, G.; ARAUJO, M.; JANS, S.A. Revisão da classificação da literatura em problemas integrados de dimensionamento de lotes e corte de estoque. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2016.

MELEGA, G.; ARAUJO, M.; JANS, S.A. Classification and literature review of integrated lot-sizing and cutting stock problems. **European Journal of Operational Research**, 2018.

MODARRES, M.; IZADPANAHI, E. Aggregate production planning by focusing on energy saving: A robust optimization approach. **Journal of Cleaner Production**, 2016.

MONTOYA-TORRES, J.R.; SOTO-FERRARI, M.; GONZÁLEZ-SOLANO, F. **Production scheduling with sequence dependent setups and job release times**. Universidad de La Sabana, 2010.

MOREIRA, F. **Otimização do corte de chapas de aço**. ISEP, 2010.

MORABITO, R.; TOSO, E.A.V. A coupled process configuration, lot-sizing and scheduling model for production planning in the molded pulp industry. **International Journal of Production Economics**, 2018.

OKOLI, N.I.C.; OBUKA, NNAEMEKA, S.P. **Modeling of production plan and scheduling of manufacturing process for a plastic industry in Nigeria**. IISTE, 2012.

PAULSSON, E.; HALLBÄCK, S. **Reducing waste with an optimized trimming model in production planning**. UMEA University, 2020.

PEIRAN, W. Developing a production plan at jinpeng garment factory in guanzhong. **President University**, 2016.

PIERINI, L. **Problemas de dimensionamento de lotes e corte de estoque no processo industrial de produção de papel**. Unicamp, 2017.

POLDI, K.C.; ARAÚJO, S.A. **O problema de corte de estoque bidimensional multiperíodo**. UNESP, 2017.

POLDI, K.C.; ARAUJO, S.A. Mathematical models and a heuristic method for the multiperiod one-dimensional cutting stock problem. **Annals of Operations Research**, 2016.

QUADT, D.; KUHN, H. Capacitated lot-sizing with extensions: a review. **Springer-Verlag**, 2008.

RAA, B.; DULLAERT, W.; AGHEZZAF, E.H. A matheuristic for aggregate production-distribution planning with mould sharing. **International Journal of Production Economics**, 2013.

RAMBOD, M.; REZAEIAN, J. Robust meta-heuristics implementation for unrelated parallel machines scheduling problem with rework processes and machine eligibility restrictions. **Computers and Industrial Engineering**, 2014.

RENATA, I.; HALIM, S.; NUGROHO Y.B. Solving a real problem in plastic industry: a case in trim-loss problem. **International Conference on Logistic and Business Innovation**, 2020.

REMIZOVA, I. et al. Development of the planning model of the production and cutting of the paper web ensuring the quality of the finished products. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 2020.

RÍOS-SOLÍS, Y.; IBARRA-ROJAS, O.J.; CABO, M.; POSSANI, E. A heuristic based on mathematical programming for a lot-sizing and scheduling problem in mold-injection production. **European Journal of Operational Research**, 2020.

RIUS-SOROLLA, G.; MAHEUT, J.; ESTELLÉS-MIGUEL, S.; GARCIA-SABATER, J.P. Coordination mechanisms with mathematical programming models for decentralized decision-making: a literature review. **European Journal of Operations Research**, 2020.

RUSSOMANO, V.H. **PCP – planejamento e controle da produção**. São Paulo: Pioneira, 2000.

SALIMIFARD, K.; MOHAMMADI, D.; MOGHDANI, R.; ABBASIZAD, A. Green fuzzy parallel machine scheduling with sequence-dependent setup in the plastic moulding industry. **Asian J. of Management Science and Applications**, 2019.

SAGAWA, J.; KEIKO, N.; SEIDO, M. Modeling the dynamics of a multi-product manufacturing system: A real case application. **European Journal of Operational Research**, 2015.

SCHIMIDT, P.T.; SCARPIN, C.T.; LOCH, V.G.; SCHENEKEMBERG, C.M. Heuristic approaches to solve a two-stage lot sizing and scheduling problem. **IEEE Latin America Transactions**, 2019.

SIFALERAS, A.; KONSTANTARAS, I. Variable neighborhood descent heuristic for solving reverse logistics multi-item dynamic lot-sizing problems. **Computers and Operations Research**, 2017.

SILVA, R.J.; DÍAZ CÁRDENA, C.; GALINDO, C.J. Herramientas cuantitativas para la planeación y programación de la producción: estado del arte. Ingeniería Industrial. **Actualidad y Nuevas Tendencias**, 2017.

SILVA, E.M.; GONÇALVES, V.; MUROLO, A.C. **Pesquisa operacional: programação linear**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1998. 208p.

SILVA, D.H. **Métodos híbridos para o problema de dimensionamento de lotes com múltiplas plantas**. USP, 2013.

SU MIN, J.; GITAE, K. A survey of simulation modeling techniques in production planning and control (PPC). **Production Planning and Control**, 2016.

SUZANNE, E.; ABSI, N.; BORODIN, V.; VAN DEN HEUVEL, W. A single-item lot-sizing problem with a by-product and inventory capacities. **European Journal of Operational Research**, 2020.

TOSCANO, A.; FERREIRA, D.; MORABITO, R. A decomposition heuristic to solve the two-stage lot sizing and scheduling problem with temporal cleaning. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, 2019.

TSAI, W.H. Green production planning and control for the textile industry by using mathematical programming and industry 4.0 techniques. **MDPI – Energies**, 2018.

VAFAEENEZHAD, T.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R.; CHEIKHROUHO, N. Multi-objective mathematical modeling for sustainable supply chain management in the paper industry. **Computers and Industrial Engineering**, 2019.

VILLELA, L.M. 9th International Workshop on Lot Sizing. **Journal of Chemical Information and Modeling**, 2013.

WANG, J.; PAN, R.; GAO, W.; WANG, H. An automatic scheduling method for weaving enterprises based on genetic algorithm. **Journal of the Textile Institute**, 2015.

WEIGEL, G. **A strategic planning model for maximizing value creation in pulp and paper mills**. L'Université Laval, 2005.

WÖRBELAUER, M.; MEYR, H.; ALMADA-LOBO, B. Simultaneous lotsizing and scheduling considering secondary resources: a general model, literature review and classification. **OR Spectrum**, 2019.

WUTTKE, D.A.; HEESE, H.S. Two-dimensional cutting stock problem with sequence dependent setup times. **European Journal of Operational Research**, 2018.

WU, T.; AKARTUNALI, K.; JANS, R.; LIANG, Z. Progressive selection method for the coupled lot-sizing and cutting-stock problem. **INFORMS Journal on Computing**, 2017.

YALAOUI, F.; CHU, C. An efficient heuristic approach for parallel machine scheduling with job splitting and sequence-dependent setup times. **IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)**, 2003.

YIN, K.K.; LIU, H.Y.; GEORGE, G. Stochastic models and numerical solutions for production planning with applications to the paper industry. **Computers and Chemical Engineering**, 2003.

YULIASTUTI, G.E. et al. Optimization of multi-product aggregate production planning using hybrid simulated annealing and adaptive genetic algorithm. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, 2019.

YULIASTUTI, G.E. et al. Determining optimum production quantity on multi-product home textile industry by simulated annealing. **Journal of Information Technology and Computer Science**, 2018.

ZHENGYANG, H.; GUIPING, H. A multi-stage stochastic programming for lot-sizing and scheduling under demand uncertainty. **Computers and Industrial Engineering**, 2018.

ZHENGYANG, H.; GUIPING, H. A two-stage stochastic programming model for lot-sizing and scheduling under uncertainty. **International Journal of Production Economics**, 2016.

APÊNDICE A – INSTÂNCIAS DE TESTES

TESTES COM DADOS SIMULADOS – 1ª A 16ª INSTÂNCIAS

1ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	5
Máquinas	3
Itens(i)	20
Custo Reprocessamento	1.10
Gramatura NT(k)	1.00 1.20 1.30 1.30 1.30
Largura Maq(m)	420 320 420
Largura Item(i)	120 140 160 200 120 140 160 200 120 140 160 200 120 140 160 200 120 140 160 200
Padrões(m)	5 2 5
Custo Inv. Item(i)	0.85 1.02 1.11 1.13 1.14 1.00 1.20 1.30 1.32 1.33 1.14 1.37 1.48 1.50 1.52 1.42 1.71 1.85 1.88 1.90
Peso Item(i)	120 140 160 200 144 168 192 240 156 182 208 60 156 182 208 260 56 182 208 260
Peso MR(k/m)	420 320 420 504 384 504 546 416 546 546 416 546 546 416 546
Custo Prod(k/m)	0.90 0.95 0.85 0.80 0.85 0.75 0.70 0.75 0.65 0.72 0.77 0.67 0.73 0.78 0.68
Demanda Item(k/i/t)	1 20 50 25 30 20 1 40 60 20 40 40 1 30 30 50 40 30 1 20 40 20 10 20 2 40 60 40 40 30 2 30 20 25 40 25 2 40 50 40 50 55 2 50 25 40 50 30 3 60 20 50 40 60 3 50 40 60 40 60 3 30 20 30 30 40 3 20 10 20 10 20 4 10 20 10 20 10 4 30 30 30 30 30 4 20 30 15 10 20 4 20 10 20 15 15 5 10 10 10 30 20 5 10 20 10 20 15 5 10 10 10 10 20 5 05 10 20 20 10
Capacidade_horas(m/k)	20.00 24.00 28.33 27.01 26.67 16.69 21.28 23.75 24.17 23.75 22.67 25.07 29.72 28.61 28.33

Perda Setup_kg(k/k'/m)	1 000 100 450 500 550 1 100 000 400 450 500 1 450 400 000 150 200 1 500 450 150 000 100 1 550 500 200 100 000 2 000 080 360 400 440 2 080 000 320 360 400 2 360 320 000 120 160 2 400 360 120 000 080 2 440 400 160 080 000 3 000 110 495 550 605 3 110 000 440 495 550 3 495 440 000 165 220 3 550 495 165 000 110 3 605 550 220 110 000
Perda Setup_horas(k/k'/m)	1 00.00 04.17 15.88 18.51 20.63 1 05.00 00.00 14.12 16.66 18.75 1 22.50 16.67 00.00 05.55 07.50 1 25.00 18.75 05.29 00.00 03.75 1 27.50 20.83 07.06 03.70 00.00 2 00.00 03.76 15.16 16.55 18.53 2 04.79 00.00 13.47 14.90 16.84 2 21.56 15.04 00.00 04.97 06.74 2 23.96 16.92 05.05 00.00 03.37 2 26.36 18.80 06.74 03.31 00.00 3 00.00 05.17 20.84 22.76 25.47 3 06.59 00.00 18.53 20.48 23.16 3 29.65 20.68 00.00 06.83 09.26 3 32.95 23.26 06.95 00.00 04.63 3 36.24 25.85 09.26 04.55 00.00
Maquina_Cortes_Vetor Largura_Perda	1 3 140 140 140 0 1 2 200 200 20 1 3 120 120 160 20 1 3 120 140 160 0 1 3 140 140 120 20 2 2 120 200 0 2 2 160 160 0 3 3 140 140 140 0 3 2 200 200 20 3 3 120 120 160 20 3 3 120 140 160 0 3 3 140 140 120 20

2ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	5
Máquinas	3
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 1,050 1,050 960 1,260 1,260 1,280 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.75 0.66 0.59 0.75 0.66 0.59
Demanda Item(k/i/t)	1 1 20 12 14 22 18 2 1 16 22 16 18 10 3 1 18 18 22 8 18 4 2 22 12 14 12 22 5 2 16 28 12 14 16 6 2 6 16 26 12 26 7 3 18 10 22 18 12 8 3 24 12 12 22 10 9 3 8 16 6 16 12
Capacidade_horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96
Perda Setup_kg(k/k'/m)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0
Perda Setup_horas(k/k'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00
Maquina_Cortes_Vetor Largura_Perda	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 140 2 2 160 160 100 2 2 200 200 20 2 2 140 160 120 2 2 140 200 80 2 2 160 200 60 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60

3ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	3
Máquinas	3
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 .33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 1,050 1,050 960 1,260 1,260 1,280 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.75 0.66 0.59 0.75 0.66 0.59
Demanda Item(i/KxT)	1 1 30 30 30 30 30 2 1 10 10 10 10 10 3 1 10 10 10 10 10 4 2 30 30 30 30 30 5 2 10 10 10 10 10 6 2 10 10 10 10 10 7 3 30 30 30 30 30 8 3 10 10 10 10 10 9 3 10 10 10 10 10
Capacidade_horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96
PerdaSetup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00
Padroes_de_corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 140 2 2 160 160 100 2 2 200 200 20 2 2 140 160 120 2 2 140 200 80 2 2 160 200 60 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60

4ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	3
Máquinas	3
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 1,050 1,050 960 1,260 1,260 1,280 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.75 0.66 0.59 0.75 0.66 0.59
Demanda Item(i)/KxT)	1 1 10.00 10.00 22.00 6.00 10.00 2 1 11.00 11.00 11.00 15.00 12.00 3 1 14.00 14.00 14.00 19.00 15.00 4 2 12.00 12.00 11.00 16.00 10.00 5 2 14.00 13.00 13.00 18.00 14.00 6 2 17.00 17.00 16.00 14.00 18.00 7 3 16.00 16.00 15.00 21.00 10.00 8 3 18.00 18.00 17.00 24.00 19.00 9 3 23.00 22.00 21.00 8.00 24.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00
Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 140 2 2 160 160 100 2 2 200 200 20 2 2 140 160 120 2 2 140 200 80 2 2 160 200 60 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60

5ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	3
Máquinas	3
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 1,050 1,050 960 1,260 1,260 1,280 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.75 0.66 0.59 0.75 0.66 0.59
Demanda Item(i)/KxT)	1 1 12.00 12.00 16.00 12.00 12.00 2 1 10.00 10.00 10.00 10.00 9.00 3 1 13.00 12.00 13.00 12.00 11.00 4 2 24.00 24.00 24.00 24.00 24.00 5 2 13.00 12.00 12.00 12.00 11.00 6 2 16.00 15.00 15.00 15.00 13.00 7 3 18.00 18.00 18.00 18.00 18.00 8 3 17.00 15.00 16.00 16.00 14.00 9 3 21.00 19.00 21.00 20.00 18.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00
Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 140 2 2 160 160 100 2 2 200 200 20 2 2 140 160 120 2 2 140 200 80 2 2 160 200 60 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60

6ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	3
Máquinas	3
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 1,050 1,050 960 1,260 1,260 1,280 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.75 0.66 0.59 0.75 0.66 0.59
Demanda Item(i/KxT)	1 1 9.00 10.00 10.00 12.00 11.00 2 1 10.00 12.00 12.00 12.00 9.00 3 1 13.00 12.00 13.00 15.00 16.00 4 2 10.00 12.00 12.00 24.00 14.00 5 2 12.00 14.00 14.00 14.00 11.00 6 2 16.00 15.00 15.00 18.00 19.00 7 3 14.00 17.00 17.00 17.00 18.00 8 3 16.00 19.00 19.00 19.00 14.00 9 3 21.00 19.00 21.00 20.00 26.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00
Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 140 2 2 160 160 100 2 2 200 200 20 2 2 140 160 120 2 2 140 200 80 2 2 160 200 60 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60

7ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	3
Máquinas	3
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 1,050 1,050 960 1,260 1,260 1,280 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.75 0.66 0.59 0.75 0.66 0.59
Demanda Item(i/KxT)	1 1 9.00 10.00 10.00 15.00 7.00 2 1 8.00 18.00 7.00 17.00 9.00 3 1 10.00 12.00 13.00 15.00 10.00 4 2 8.00 19.00 7.00 17.00 14.00 5 2 10.00 14.00 14.00 14.00 9.00 6 2 12.00 27.00 15.00 18.00 19.00 7 3 11.00 17.00 10.00 23.00 11.00 8 3 16.00 28.00 19.00 27.00 14.00 9 3 21.00 19.00 14.00 20.00 16.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00
Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 140 2 2 160 160 100 2 2 200 200 20 2 2 140 160 120 2 2 140 200 80 2 2 160 200 60 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60

8ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	3
Máquinas	3
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 1,050 1,050 960 1,260 1,260 1,280 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.75 0.66 0.59 0.75 0.66 0.59
Demanda Item(i/KxT)	1 1 18.00 9.00 10.00 13.00 8.00 2 1 20.00 13.00 9.00 14.00 9.00 3 1 14.00 12.00 13.00 12.00 13.00 4 2 20.00 13.00 9.00 14.00 14.00 5 2 13.00 10.00 14.00 11.00 11.00 6 2 17.00 10.00 26.00 12.00 19.00 7 3 15.00 17.00 10.00 15.00 15.00 8 3 25.00 8.00 37.00 14.00 14.00 9 3 20.00 19.00 27.00 11.00 28.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00
Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 140 2 2 160 160 100 2 2 200 200 20 2 2 140 160 120 2 2 140 200 80 2 2 160 200 60 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60

9ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	3
Máquinas	3
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 1,050 1,050 960 1,260 1,260 1,280 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.75 0.66 0.59 0.75 0.66 0.59
Demanda Item(i/KxT)	1 1 15.00 9.00 9.00 14.00 8.00 2 1 16.00 14.00 9.00 16.00 9.00 3 1 11.00 13.00 12.00 14.00 13.00 4 2 15.00 14.00 9.00 16.00 14.00 5 2 11.00 10.00 13.00 12.00 11.00 6 2 12.00 11.00 20.00 14.00 19.00 7 3 11.00 18.00 9.00 18.00 15.00 8 3 14.00 8.00 24.00 17.00 14.00 9 3 11.00 22.00 19.00 13.00 28.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00
Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 140 2 2 160 160 100 2 2 200 200 20 2 2 140 160 120 2 2 140 200 80 2 2 160 200 60 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60

10ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	3
Máquinas	3
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 1,050 1,050 960 1,260 1,260 1,280 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.75 0.66 0.59 0.75 0.66 0.59
Demanda Item(i/KxT)	1 1 17.00 9.00 9.00 15.00 18.00 2 1 19.00 15.00 9.00 18.00 19.00 3 1 12.00 14.00 13.00 16.00 14.00 4 2 17.00 15.00 9.00 18.00 15.00 5 2 12.00 11.00 14.00 13.00 12.00 6 2 14.00 12.00 23.00 16.00 21.00 7 3 13.00 21.00 10.00 21.00 16.00 8 3 17.00 9.00 29.00 20.00 15.00 9 3 13.00 28.00 23.00 15.00 25.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00
Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 140 2 2 160 160 100 2 2 200 200 20 2 2 140 160 120 2 2 140 200 80 2 2 160 200 60 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60

11ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	5
Tipos NT(k)	3
Máquinas	3
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 1,050 1,050 960 1,260 1,260 1,280 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.75 0.66 0.59 0.75 0.66 0.59
Demanda Item(i/KxT)	1 1 29.00 10.00 0.00 18.00 36.00 2 1 0.00 18.00 10.00 23.00 42.00 3 1 20.00 0.00 0.00 0.00 0.00 4 2 28.00 18.00 10.00 23.00 30.00 5 2 0.00 0.00 16.00 0.00 23.00 6 2 28.00 15.00 0.00 22.00 0.00 7 3 0.00 0.00 11.00 0.00 39.00 8 3 39.00 11.00 42.00 30.00 0.00 9 3 0.00 51.00 33.00 22.00 0.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00
Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 140 2 2 160 160 100 2 2 200 200 20 2 2 140 160 120 2 2 140 200 80 2 2 160 200 60 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60

12ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	10
Tipos NT(k)	3
Máquinas	5
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 320 420 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 4 6 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 800 1,050 1,050 1,050 960 960 1,260 1,260 1,260 1,280 1,280 1,680 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.52 0.43 0.75 0.66 0.59 0.48 0.41 0.75 0.66 0.59 0.48 0.41
Demanda Item(i/KxT)	1 1 18.00 18.00 18.00 18.00 18.00 18.00 18.00 18.00 18.00 2 1 20.00 21.00 21.00 21.00 20.00 21.00 21.00 20.00 21.00 3 1 25.00 25.00 26.00 25.00 25.00 26.00 25.00 25.00 26.00 4 2 21.00 21.00 22.00 22.00 21.00 22.00 21.00 21.00 22.00 5 2 24.00 24.00 25.00 24.00 24.00 25.00 24.00 24.00 25.00 6 2 30.00 30.00 31.00 30.00 30.00 31.00 30.00 30.00 31.00 7 3 28.00 28.00 29.00 28.00 28.00 29.00 28.00 28.00 29.00 8 3 32.00 32.00 33.00 32.00 32.00 33.00 32.00 32.00 33.00 9 3 39.00 40.00 41.00 40.00 39.00 41.00 40.00 39.00 41.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96 23.22 23.61 24.40 24.58 25.00 25.83
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0 4 0 600 1,800 4 600 0 1,200 4 1,800 1,200 0 5 0 640 1,920 5 640 0 1,280 5 1,920 1,280 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00 4 0.00 28.80 86.40 4 28.80 0.00 57.60 4 86.40 57.60 0.00 5 0.00 28.80 86.40 5 28.80 0.00 57.60 5 86.40 57.60 0.00

Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 40 2 2 160 160 0 2 1 200 120 2 2 140 160 20 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60 4 2 140 140 140 4 2 160 160 100 4 2 200 200 20 4 2 140 160 120 4 2 140 200 80 4 2 160 200 60 5 2 140 140 140 5 2 160 160 100 5 2 200 200 20 5 2 140 160 120 5 2 140 200 80 5 2 160 200 60
---------------------------	---

13ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	10
Tipos NT(k)	3
Máquinas	5
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 320 420 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 4 6 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 800 1,050 1,050 1,050 960 960 1,260 1,260 1,260 1,280 1,280 1,680 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.52 0.43 0.75 0.66 0.59 0.48 0.41 0.75 0.66 0.59 0.48 0.41
Demanda Item(i/KxT)	1 1 22.00 21.00 29.00 21.00 18.00 32.00 29.00 20.00 18.00 21.00 2 1 24.00 20.00 23.00 26.00 20.00 21.00 26.00 26.00 21.00 20.00 3 1 25.00 25.00 24.00 25.00 25.00 24.00 25.00 25.00 26.00 26.00 4 2 21.00 21.00 22.00 22.00 21.00 22.00 27.00 32.00 22.00 30.00 5 2 24.00 24.00 20.00 26.00 24.00 25.00 24.00 28.00 25.00 28.00 6 2 31.00 31.00 32.00 31.00 31.00 32.00 31.00 31.00 32.00 32.00 7 3 29.00 29.00 30.00 29.00 29.00 30.00 29.00 29.00 30.00 30.00 8 3 33.00 33.00 34.00 33.00 33.00 34.00 28.00 33.00 34.00 31.00 9 3 41.00 42.00 43.00 38.00 41.00 39.00 36.00 28.00 43.00 39.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96 23.22 23.61 24.40 24.58 25.00 25.83

Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0 4 0 600 1,800 4 600 0 1,200 4 1,800 1,200 0 5 0 640 1,920 5 640 0 1,280 5 1,920 1,280 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00 4 0.00 28.80 86.40 4 28.80 0.00 57.60 4 86.40 57.60 0.00 5 0.00 28.80 86.40 5 28.80 0.00 57.60 5 86.40 57.60 0.00
Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 40 2 2 160 160 0 2 1 200 120 2 2 140 160 20 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60 4 2 140 140 140 4 2 160 160 100 4 2 200 200 20 4 2 140 160 120 4 2 140 200 80 4 2 160 200 60 5 2 140 140 140 5 2 160 160 100 5 2 200 200 20 5 2 140 160 120 5 2 140 200 80 5 2 160 200 60

14ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	10
Tipos NT(k)	3
Máquinas	5
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 320 420 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 4 6 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 800 1,050 1,050 1,050 960 960 1,260 1,260 1,260 1,280 1,280 1,680 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.52 0.43 0.75 0.66 0.59 0.48 0.41 0.75 0.66 0.59 0.48 0.41
Demanda Item(i/KxT)	1 1 23 20 29 20 19 30 30 20 18 20 2 1 25 19 23 24 21 20 27 25 22 19 3 1 26 23 24 22 26 22 26 24 27 25 4 2 22 20 22 20 22 21 28 31 23 28 5 2 25 22 20 23 25 23 25 27 26 26 6 2 33 27 33 26 34 28 33 29 34 29 7 3 31 26 31 25 31 27 31 27 32 28 8 3 35 28 35 27 36 30 30 31 37 28 9 3 46 33 45 29 47 32 40 26 49 34
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96 23.22 23.61 24.40 24.58 25.00 25.83
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0 4 0 600 1,800 4 600 0 1,200 4 1,800 1,200 0 5 0 640 1,920 5 640 0 1,280 5 1,920 1,280 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00 4 0.00 28.80 86.40 4 28.80 0.00 57.60 4 86.40 57.60 0.00 5 0.00 28.80 86.40 5 28.80 0.00 57.60 5 86.40 57.60 0.00

Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 40 2 2 160 160 0 2 1 200 120 2 2 140 160 20 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60 4 2 140 140 140 4 2 160 160 100 4 2 200 200 20 4 2 140 160 120 4 2 140 200 80 4 2 160 200 60 5 2 140 140 140 5 2 160 160 100 5 2 200 200 20 5 2 140 160 120 5 2 140 200 80 5 2 160 200 60
---------------------------	---

15ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	10
Tipos NT(k)	3
Máquinas	5
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 320 420 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 4 6 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 800 1,050 1,050 1,050 960 960 1,260 1,260 1,260 1,280 1,280 1,680 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.52 0.43 0.75 0.66 0.59 0.48 0.41 0.75 0.66 0.59 0.48 0.41
Demanda Item(i/KxT)	1 1 21 21 28 21 18 31 29 20 18 21 2 1 23 20 22 26 20 21 26 27 21 20 3 1 24 24 23 25 25 24 25 26 26 26 4 2 20 20 21 22 21 22 27 33 22 31 5 2 23 23 19 26 24 25 24 29 25 29 6 2 28 29 29 30 31 31 31 32 32 33 7 3 27 27 28 28 29 29 29 30 30 31 8 3 30 31 31 31 33 32 28 34 34 32 9 3 34 36 36 34 39 36 36 29 43 40
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96 23.22 23.61 24.40 24.58 25.00 25.83

Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0 4 0 600 1,800 4 600 0 1,200 4 1,800 1,200 0 5 0 640 1,920 5 640 0 1,280 5 1,920 1,280 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00 4 0.00 28.80 86.40 4 28.80 0.00 57.60 4 86.40 57.60 0.00 5 0.00 28.80 86.40 5 28.80 0.00 57.60 5 86.40 57.60 0.00
Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 40 2 2 160 160 0 2 1 200 120 2 2 140 160 20 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60 4 2 140 140 140 4 2 160 160 100 4 2 200 200 20 4 2 140 160 120 4 2 140 200 80 4 2 160 200 60 5 2 140 140 140 5 2 160 160 100 5 2 200 200 20 5 2 140 160 120 5 2 140 200 80 5 2 160 200 60

16ª Instância de Testes com Dados Simulados

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	10
Tipos NT(k)	3
Máquinas	5
Itens(i)	9
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	2.5 3.0 4.0
Largura Maq(m)	320 320 420 420 420
Largura Item(i)	140 160 200 140 160 200 140 160 200
Padrões(m)	4 4 6 6 6
Custo Inv. Item(i)	1.94 2.22 2.78 2.33 2.67 3.33 3.11 3.56 4.44
Peso Item(i)	350 400 500 420 480 600 560 640 800
Peso MR(k/m)	800 800 1,050 1,050 1,050 960 960 1,260 1,260 1,260 1,280 1,280 1,680 1,680 1,680
Custo Prod(k/m)	0.80 0.70 0.63 0.52 0.43 0.75 0.66 0.59 0.48 0.41 0.75 0.66 0.59 0.48 0.41
Demanda Item(i/KxT)	1 1 42.00 12.00 0.00 23.00 56.00 42.00 12.00 0.00 23.00 56.00 2 1 0.00 24.00 12.00 32.00 72.00 0.00 24.00 12.00 32.00 72.00 3 1 29.00 0.00 0.00 0.00 0.00 29.00 0.00 0.00 0.00 0.00 4 2 42.00 24.00 12.00 33.00 46.00 42.00 24.00 12.00 33.00 46.00 5 2 0.00 0.00 21.00 0.00 34.00 0.00 0.00 21.00 0.00 34.00 6 2 48.00 21.00 0.00 35.00 0.00 48.00 21.00 0.00 35.00 0.00 7 3 0.00 0.00 14.00 0.00 76.00 0.00 0.00 14.00 0.00 76.00 8 3 81.00 14.00 91.00 55.00 0.00 81.00 14.00 91.00 55.00 0.00 9 3 0.00 141.00 71.00 39.00 0.00 0.00 141.00 71.00 39.00 0.00
Capacidade _horas(m/k)	16.11 16.67 17.22 19.12 19.44 20.09 21.85 22.22 22.96 23.22 23.61 24.40 24.58 25.00 25.83
Perda Setup_kg(MxK/K'/M)	1 0 440 1,320 1 440 0 880 1 1,320 880 0 2 0 500 1,500 2 500 0 1,000 2 1,500 1,000 0 3 0 560 1,680 3 560 0 1,120 3 1,680 1,120 0 4 0 600 1,800 4 600 0 1,200 4 1,800 1,200 0 5 0 640 1,920 5 640 0 1,280 5 1,920 1,280 0
Perda Setup_minutos(MxK/K'/m)	1 0.00 28.80 86.40 1 28.80 0.00 57.60 1 86.40 57.60 0.00 2 0.00 28.80 86.40 2 28.80 0.00 57.60 2 86.40 57.60 0.00 3 0.00 28.80 86.40 3 28.80 0.00 57.60 3 86.40 57.60 0.00 4 0.00 28.80 86.40 4 28.80 0.00 57.60 4 86.40 57.60 0.00 5 0.00 28.80 86.40 5 28.80 0.00 57.60 5 86.40 57.60 0.00

Padrões de corte(m/c/l/p)	1 2 140 140 40 1 2 160 160 0 1 1 200 120 1 2 140 160 20 2 2 140 140 40 2 2 160 160 0 2 1 200 120 2 2 140 160 20 3 2 140 140 140 3 2 160 160 100 3 2 200 200 20 3 2 140 160 120 3 2 140 200 80 3 2 160 200 60 4 2 140 140 140 4 2 160 160 100 4 2 200 200 20 4 2 140 160 120 4 2 140 200 80 4 2 160 200 60 5 2 140 140 140 5 2 160 160 100 5 2 200 200 20 5 2 140 160 120 5 2 140 200 80 5 2 160 200 60
---------------------------	---

TESTES COM DADOS REAIS – 1ª A 5ª INSTÂNCIAS

1ª Instância de Testes com Dados Reais

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	12
Tipos NT(k)	41
Máquinas	1
Itens(i)	59
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	0.25 0.30 0.40 0.20 0.25 0.40 0.25 0.20 0.70 0.35 0.40 0.14 0.25 0.35 0.40 0.50 0.60 0.80 0.40 0.45 0.60 0.30 0.35 0.12 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.60 0.80 0.20 0.25 0.45 0.35 0.40 0.30 0.60
Largura Mag(m)	420
Largura Item(i)	140 200 140 100 120 140 200 200 140 200 210 140 210 140 200 140 140 210 140 140 210 140 200 210 110 310 200 420 140 140 140 140 140 210 210 140 200 200 140 200 140 200 420 140 200 210 110 310 200 140 200 420 200 140 140 140 140 140 420
Padrões(m)	18
Custo Inv. Item(i)	1.15 1.15 1.20 1.25 1.25 1.25 1.25 1.00 1.15 1.15 1.15 1.25 1.15 1.00 1.45 1.20 1.25 0.85 1.10 1.15 1.25 1.28 1.28 1.28 1.35 1.35 1.42 1.42 1.25 1.25 1.40 1.20 1.20 0.85 0.85 1.00 1.00 1.15 1.20 1.20 1.20 1.20 1.20 1.25 1.25 1.25 1.25 1.25 1.30 1.40 1.40 1.45 1.00 1.15 1.25 1.20 1.25 1.20 1.40
Peso Item(i)	35.00 50.00 42.00 40.00 48.00 56.00 80.00 40.00 35.00 50.00 52.50 56.00 52.50 28.00 140.00 49.00 56.00 29.40 35.00 49.00 84.00 70.00 100.00 105.00 66.00 186.00 160.00 336.00 56.00 63.00 84.00 42.00 49.00 25.20 31.50 28.00 40.00 50.00 42.00 60.00 49.00 70.00 147.00 56.00 80.00 84.00 49.50 139.50 100.00 84.00 120.00 336.00 40.00 35.00 63.00 49.00 56.00 42.00 252.00
Peso MR(k/m)	105.00 126.00 168.00 84.00 105.00 168.00 105.00 84.00 294.00 147.00 168.00 58.80 105.00 147.00 168.00 210.00 252.00 336.00 168.00 189.00 252.00 126.00 147.00 50.40 63.00 84.00 105.00 126.00 147.00 168.00 189.00 210.00 252.00 336.00 84.00 105.00 189.00 147.00 168.00 126.00 252.00
Custo Prod(k/m)	0.80 0.78 0.75 0.80 0.80 0.75 0.80 0.80 0.70 0.78 0.75 0.85 0.80 0.78 0.75 0.72 0.72 0.70 0.75 0.75 0.72 0.78 0.78 0.90 0.85 0.80 0.80 0.78 0.78 0.75 0.75 0.72 0.72 0.70 0.80 0.80 0.75 0.78 0.75 0.78 0.72
Demanda Item (i/KxT)	1 1 179 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 1 0 0 0 0 0 0 0 150 0 0 0 0 0 0 0 0 3 2 0 0 0 0 0 0 0 0 90 0 0 0 0 0 0 0 4 3 48 0 0 0 48 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 5 3 16 0 0 0 16 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 6 3 36 0 0 0 0 0 0 0 0 18 0 0 0 0 0 0 7 3 176 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 8 4 37 0 0 0 62 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 9 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 36 0 0 10 5 0 0 0 0 0 0 0 17 0 0 0 0 0 0 0 0 11 5 0 0 0 0 0 0 0 42 0 0 0 0 0 0 0 0 12 6 0 0 0 0 0 0 0 18 0 0 0 0 0 0 0 0 13 7 0 0 0 0 0 0 0 131 0 0 0 0 0 0 0 0 14 8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 56 0 0 0 15 9 0 0 0 0 35 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 16 10 0 0 0 0 0 0 42 0 0 0 0 0 0 0 0 17 11 0 0 0 0 0 0 36 0 0 0 0 0 0 0 0 18 12 0 0 0 0 0 74 0 0 0 0 0 0 0 0 0 19 13 0 0 0 0 0 0 36 0 0 0 0 0 0 0 0 20 14 0 0 0 0 0 0 30 0 0 0 0 0 0 0 0 21 15 0 0 0 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 22 16 0 0 0 0 0 0 15 0 0 0 0 0 0 0 0 23 16 0 0 0 0 0 0 41 0 0 0 0 0 0 0 0 24 16 0 0 0 0 0 0 5 0 0 0 0 0 0 0 0 25 17 0 0 0 0 0 0 5 0 0 0 0 0 0 0 0 26 17 0 0 0 0 0 0 5 0 0 0 0 0 0 0 0 27 18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 25 0 0 0

	28 18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 4 29 19 0 0 0 0 0 25 0 0 0 0 0 0 30 20 0 0 0 0 0 34 0 0 0 0 0 0 31 21 0 0 0 0 0 8 0 0 0 0 0 0 32 22 0 0 0 0 0 0 0 60 0 0 0 0 33 23 0 0 0 0 0 0 0 26 0 0 0 0 34 24 0 0 0 0 0 105 0 99 0 0 0 0 35 25 0 0 0 0 0 58 0 0 0 0 0 0 36 26 0 0 0 41 0 0 0 0 0 0 54 0 37 26 0 0 0 0 0 0 0 0 133 0 140 38 27 0 74 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 39 28 0 0 0 90 0 0 0 0 0 0 0 0 40 28 0 73 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 41 29 0 0 0 41 0 0 0 0 0 0 0 0 42 29 17 67 0 38 0 0 0 0 0 0 0 106 43 29 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 0 0 44 30 0 9 42 35 0 0 0 0 0 45 0 0 45 30 0 37 0 36 0 0 0 0 0 17 0 0 46 30 0 0 0 15 0 0 0 0 0 0 0 0 47 31 0 0 0 21 0 0 0 0 0 0 0 0 48 31 0 0 0 21 0 0 0 0 0 0 0 0 49 32 0 0 0 0 0 0 0 0 19 0 0 0 50 33 0 23 0 0 0 120 0 0 0 0 0 0 51 33 0 0 0 0 9 0 0 0 0 0 0 0 52 34 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 24 53 35 0 0 0 0 0 0 25 189 0 0 0 0 54 36 0 0 0 0 0 0 0 0 9 0 0 55 37 0 0 0 0 0 0 0 0 65 0 0 0 56 38 0 0 0 0 0 0 0 0 21 0 0 57 39 0 0 0 0 0 0 0 0 54 0 0 0 58 40 0 0 0 0 0 0 0 0 72 0 0 0 59 41 0 0 0 0 0 0 0 0 5 0 0 0
Capacidade _horas(m/k)	10.76 11.11 11.11 10.42 10.76 11.11 10.76 10.42 11.81 11.11 11.11 9.72 10.76 11.11 11.11 11.11 11.11 11.81 11.11 11.11 11.11 11.11 11.11 8.33 9.72 10.42 10.76 11.11 11.11 11.11 11.11 11.11 11.11 11.81 10.42 10.76 11.11 11.11 11.11 11.11 11.11 11.11
Perda Setup_kg (k/k'/m)	1 0 50 150 50 20 150 40 60 450 200 200 300 300 300 300 300 300 550 300 300 350 100 100 300 300 400 400 400 400 400 400 400 400 400 550 100 100 200 100 150 200 350 1 50 0 100 100 50 100 50 100 400 200 200 300 300 300 300 300 300 500 300 300 300 100 100 300 300 400 400 400 400 400 400 400 400 400 500 100 100 150 50 100 200 300 1 150 100 0 200 150 20 150 200 300 200 200 300 300 300 300 300 300 400 300 300 300 100 100 300 300 400 400 400 400 400 400 400 400 400 200 150 70 50 70 200 200 1 50 100 200 0 50 200 50 40 500 220 220 320 320 320 320 320 400 600 280 280 400 100 150 320 320 380 380 380 380 380 380 380 380 400 600 80 120 250 150 200 180 400 1 20 50 150 50 0 150 20 50 450 220 220 320 320 320 320 320 350 550 280 280 350 80 100 320 320 380 380 380 380 380 380 380 380 550 80 120 200 100 150 180 350 1 150 100 20 200 150 0 150 200 300 220 220 320 320 320 320 320 320 400 280 280 280 100 80 320 320 380 380 380 380 380 380 380 380 400 200 150 90 60 90 180 200 1 40 50 150 50 20 150 0 50 450 240 240 340 340 340 340 340 350 550 260 260 350 60 100 340 340 360 360 360 360 360 360 360 360 550 60 140 200 100 150 160 350 1 60 100 200 40 50 200 50 0 500 260 260 360 360 360 360 360 400 600 240 250 400 100 150 360 360 340 340 340 340 340 340 340 400 600 40 160 250 150 200 140 400 1 450 400 300 500 450 300 450 500 0 350 300 560 450 360 360 360 360 360 300 250 240 400 350 580 550 500 450 400 350 340 340 340 340 340 500 450 250 350 300 400 140 1 200 200 200 220 220 220 240 260 350 0 50 210 100 100 100 150 250 450 500 500 500 300 300 230 200 600 600 600 600 600 600 600 600 600 300 100 130 160 130 400 400 1 200 200 200 220 220 220 240 260 300 50 0 260 150 100 100 100 200 400 500 500 500 300 300 280 250 600 600 600 600 600 600 600 600 600 300 150 130 160 130 400 400 1 300 300 300 320 320 320 340 360 560 210 260 0 110 210 260 360 460 660 600 600 600 400 400 20 10 700 700 700 700 700 700 700 700 700 400 200 310 260 260 500 500 1 300 300 300 320 320 320 340 360 450 100 150 110 0 100 150 250 350 550 600 600 600 400 400 130 100 700 700 700 700 700 700 700 700 400 200 230 260 230 500 500 1 300 300 300 320 320 320 340 360 360 100 100 210 100 0 50 150 250 450 600 600 600 400 400 230 200 700 700 700 700 700 700 700 700 400 200 230 260 230 500 500 1 300 300 300 320 320 320 340 360 360 100 100 260 150 50 0 100 200 400 600 600 600 400 400 280 250 700 700 700 700 700 700 700 700 400 200 230 260 230 500 500 1 300 300 300 320 320 320 340 360 360 150 100 360 250 150 100 0 100 300 600 600 600 400 400 380 350 700 700 700 700 700 700 700 700 400 250 230 260 230 500 500

	1 350 300 300 400 350 320 350 400 360 250 200 460 350 250 200 100 0 200 600 600 600 400 400 480 450 700 700 700 700 700 700 700 700 700 400 350 230 260 230 500 500 1 550 500 400 600 550 400 550 600 360 450 400 660 550 450 400 300 200 0 600 600 600 500 450 680 650 700 700 700 700 700 700 700 700 700 600 550 350 450 400 500 500 1 300 300 300 280 280 280 260 240 300 500 500 600 600 600 600 600 600 600 0 50 200 200 200 600 600 200 150 100 100 100 100 100 100 200 400 200 400 370 340 370 100 200 1 300 300 300 280 280 280 260 250 250 500 500 600 600 600 600 600 600 600 50 0 150 200 200 600 600 250 200 150 100 100 100 100 150 350 250 400 370 340 370 150 150 1 350 300 300 400 350 280 350 400 240 500 500 600 600 600 600 600 600 600 200 150 0 300 250 600 600 400 350 300 250 200 150 100 100 200 400 400 370 340 370 300 100 1 100 100 100 100 80 100 60 100 400 300 300 400 400 400 400 400 400 500 200 200 300 0 50 400 400 300 300 300 300 300 300 300 500 100 200 170 140 170 100 300 1 100 100 100 150 100 80 100 150 350 300 300 400 400 400 400 400 450 200 200 250 50 0 400 400 300 300 300 300 300 300 300 450 150 200 170 140 170 100 250 1 300 300 300 320 320 320 340 360 580 230 280 20 130 230 280 380 480 680 600 600 600 400 400 0 30 700 700 700 700 700 700 700 700 400 200 330 260 280 500 500 1 300 300 300 320 320 320 340 360 550 200 250 10 100 200 250 350 450 650 600 600 600 400 400 30 0 700 700 700 700 700 700 700 700 400 200 300 260 250 500 500 1 400 400 400 380 380 380 360 340 500 600 600 700 700 700 700 700 700 700 200 250 400 300 300 700 700 0 50 100 150 200 250 300 400 600 300 500 470 440 470 200 400 1 400 400 400 380 380 380 360 340 450 600 600 700 700 700 700 700 700 700 150 200 350 300 300 700 700 50 0 50 100 150 200 250 350 550 300 500 470 440 470 200 350 1 400 400 400 380 380 380 360 340 400 600 600 700 700 700 700 700 700 700 100 150 300 300 300 700 700 100 50 0 50 100 150 200 300 500 300 500 470 440 470 200 300 1 400 400 400 380 380 380 360 340 350 600 600 700 700 700 700 700 700 700 100 100 250 300 300 700 700 150 100 50 0 50 100 150 250 450 300 500 470 440 470 200 250 1 400 400 400 380 380 380 360 340 340 600 600 700 700 700 700 700 700 700 100 100 200 300 300 700 700 200 150 100 50 0 50 100 200 400 300 500 470 440 470 200 200 1 400 400 400 380 380 380 360 340 340 600 600 700 700 700 700 700 700 700 100 100 150 300 300 700 700 250 200 150 100 50 0 50 150 350 300 500 470 440 470 200 200 1 400 400 400 380 380 380 360 340 340 600 600 700 700 700 700 700 700 700 100 100 100 300 300 700 700 300 250 200 150 100 50 0 100 300 300 500 470 440 470 200 200 1 400 400 400 400 380 380 360 400 340 600 600 700 700 700 700 700 700 700 200 150 100 300 300 700 700 400 350 300 250 200 150 100 0 200 400 500 470 440 470 300 200 1 550 500 400 600 550 400 550 600 340 600 600 700 700 700 700 700 700 700 400 350 200 500 450 700 700 600 550 500 450 400 350 300 200 0 600 550 470 450 470 500 200 1 100 100 200 80 80 200 60 40 500 300 300 400 400 400 400 400 400 600 200 250 400 100 150 400 400 300 300 300 300 300 300 400 600 0 200 250 150 200 100 400 1 100 100 150 120 120 150 140 160 450 100 150 200 200 200 200 250 350 550 400 400 400 200 200 200 200 500 500 500 500 500 500 500 550 200 0 200 100 150 300 350 1 200 150 70 250 200 90 200 250 250 130 130 310 230 230 230 230 350 370 370 370 170 170 330 300 470 470 470 470 470 470 470 470 470 250 200 0 100 50 270 270 1 100 50 50 150 100 60 100 150 350 160 160 260 260 260 260 260 260 450 340 340 340 140 140 260 260 440 440 440 440 440 440 440 440 450 150 100 100 0 50 240 250 1 150 100 70 200 150 90 150 200 300 130 130 260 230 230 230 230 230 400 370 370 370 170 170 280 250 470 470 470 470 470 470 470 470 470 200 150 50 50 0 270 270 1 200 200 200 180 180 180 160 140 400 400 400 500 500 500 500 500 500 500 100 150 300 100 100 500 500 200 200 200 200 200 200 200 300 500 100 300 270 240 270 0 300 1 350 300 200 400 350 200 350 400 140 400 400 500 500 500 500 500 500 500 200 150 100 300 250 500 500 400 350 300 250 200 200 200 200 200 400 350 270 250 270 300 0
Perda Setup_minutos (k/k'/m)	1 0.00 4.65 13.94 4.65 1.86 13.94 3.72 5.57 41.81 18.58 18.58 27.87 27.87 27.87 27.87 27.87 32.52 51.10 27.87 27.87 32.52 9.29 9.29 27.87 27.87 37.16 37.16 37.16 37.16 37.16 37.16 37.16 37.16 51.10 9.29 9.29 18.58 9.29 13.94 18.58 32.52 1 4.50 0.00 9.00 9.00 4.50 9.00 4.50 9.00 36.00 18.00 18.00 27.00 27.00 27.00 27.00 27.00 45.00 27.00 27.00 27.00 9.00 9.00 27.00 27.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 45.00 9.00 9.00 13.50 4.50 9.00 18.00 27.00 1 13.50 9.00 0.00 18.00 13.50 1.80 13.50 18.00 27.00 18.00 18.00 27.00 27.00 27.00 27.00 27.00 27.00 36.00 27.00 27.00 27.00 9.00 9.00 27.00 27.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 18.00 13.50 6.30 4.50 6.30 18.00 18.00 1 4.80 9.60 19.20 0.00 4.80 19.20 4.80 3.84 48.00 21.12 21.12 30.72 30.72 30.72 30.72 30.72 38.40 57.60 26.88 26.88 38.40 9.60 14.40 30.72 30.72 36.48 36.48 36.48 36.48 36.48 36.48 36.48 38.40 57.60 7.68 11.52 24.00 14.40 19.20 17.28 38.40 1 1.86 4.65 13.94 4.65 0.00 13.94 1.86 4.65 41.81 20.44 20.44 29.73 29.73 29.73 29.73 29.73 32.52 51.10 26.01 26.01 32.52 7.43 9.29 29.73 29.73 35.30 35.30 35.30 35.30 35.30 35.30 35.30 35.30 51.10 7.43 11.15 18.58 9.29 13.94 16.72 32.52

1	13.50	9.00	1.80	18.00	13.50	0.00	13.50	18.00	27.00	19.80	19.80	28.80	28.80	28.80	28.80
28.80	28.80	36.00	25.20	25.20	25.20	9.00	7.20	28.80	28.80	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20	34.20
34.20	34.20	34.20	36.00	18.00	13.50	8.10	5.40	8.10	16.20	18.00					
1	3.72	4.65	13.94	4.65	1.86	13.94	0.00	4.65	41.81	22.30	22.30	31.59	31.59	31.59	31.59
31.59	32.52	51.10	24.15	24.15	32.52	5.57	9.29	31.59	31.59	33.45	33.45	33.45	33.45	33.45	33.45
33.45	33.45	33.45	51.10	5.57	13.01	18.58	9.29	13.94	14.86	32.52					
1	5.76	9.60	19.20	3.84	4.80	19.20	4.80	0.00	48.00	24.96	24.96	34.56	34.56	34.56	34.56
34.56	38.40	57.60	23.04	24.00	38.40	9.60	14.40	34.56	34.56	32.64	32.64	32.64	32.64	32.64	32.64
32.64	32.64	38.40	57.60	3.84	15.36	24.00	14.40	19.20	13.44	38.40					
1	38.12	33.88	25.41	42.35	38.12	25.41	38.12	42.35	0.00	29.65	25.41	47.44	38.12	30.49	
30.49	30.49	30.49	30.49	25.41	21.18	20.33	33.88	29.65	49.13	46.59	42.35	38.12	33.88	29.65	
28.80	28.80	28.80	28.80	28.80	42.35	38.12	21.18	29.65	25.41	33.88	11.86				
1	18.00	18.00	18.00	19.80	19.80	19.80	21.60	23.40	31.50	0.00	4.50	18.90	9.00	9.00	9.00
13.50	22.50	40.50	45.00	45.00	45.00	27.00	27.00	20.70	18.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00
54.00	54.00	54.00	54.00	27.00	9.00	11.70	14.40	11.70	36.00	36.00					
1	18.00	18.00	18.00	19.80	19.80	19.80	21.60	23.40	27.00	4.50	0.00	23.40	13.50	9.00	9.00
9.00	18.00	36.00	45.00	45.00	45.00	27.00	27.00	25.20	22.50	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00
54.00	54.00	54.00	54.00	27.00	13.50	11.70	14.40	11.70	36.00	36.00					
1	30.86	30.86	30.86	32.91	32.91	32.91	34.97	37.03	57.60	21.60	26.74	0.00	11.31	21.60	
26.74	37.03	47.31	67.89	61.71	61.71	61.71	41.14	41.14	2.06	1.03	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	41.14	20.57	31.89	26.74	26.74	51.43	51.43				
1	27.87	27.87	27.87	29.73	29.73	29.73	31.59	33.45	41.81	9.29	13.94	10.22	0.00	9.29	13.94
23.23	32.52	51.10	55.74	55.74	55.74	37.16	37.16	12.08	9.29	65.03	65.03	65.03	65.03	65.03	65.03
65.03	65.03	65.03	65.03	37.16	18.58	21.37	24.15	21.37	46.45	46.45					
1	27.00	27.00	27.00	28.80	28.80	28.80	30.60	32.40	32.40	9.00	9.00	18.90	9.00	0.00	4.50
13.50	22.50	40.50	54.00	54.00	54.00	36.00	36.00	20.70	18.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00
63.00	63.00	63.00	63.00	36.00	18.00	20.70	23.40	20.70	45.00	45.00					
1	27.00	27.00	27.00	28.80	28.80	28.80	30.60	32.40	32.40	9.00	9.00	23.40	13.50	4.50	0.00
9.00	18.00	36.00	54.00	54.00	54.00	36.00	36.00	25.20	22.50	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00
63.00	63.00	63.00	63.00	36.00	18.00	20.70	23.40	20.70	45.00	45.00					
1	27.00	27.00	27.00	28.80	28.80	28.80	30.60	32.40	32.40	13.50	9.00	32.40	22.50	13.50	9.00
0.00	9.00	27.00	54.00	54.00	54.00	36.00	36.00	34.20	31.50	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00
63.00	63.00	63.00	63.00	36.00	22.50	20.70	23.40	20.70	45.00	45.00					
1	31.50	27.00	27.00	36.00	31.50	28.80	31.50	36.00	32.40	22.50	18.00	41.40	31.50	22.50	
18.00	9.00	0.00	18.00	54.00	54.00	54.00	36.00	36.00	43.20	40.50	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00
63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	36.00	31.50	20.70	23.40	20.70	45.00	45.00				
1	46.59	42.35	33.88	50.82	46.59	33.88	46.59	50.82	30.49	38.12	33.88	55.91	46.59	38.12	
33.88	25.41	16.94	0.00	50.82	50.82	50.82	42.35	38.12	57.60	55.06	59.29	59.29	59.29	59.29	59.29
59.29	59.29	59.29	59.29	59.29	50.82	46.59	29.65	38.12	33.88	42.35	42.35				
1	27.00	27.00	27.00	25.20	25.20	25.20	23.40	21.60	27.00	45.00	45.00	54.00	54.00	54.00	
54.00	54.00	54.00	54.00	0.00	4.50	18.00	18.00	18.00	54.00	54.00	18.00	13.50	9.00	9.00	
9.00	9.00	9.00	18.00	36.00	18.00	36.00	33.30	30.60	33.30	9.00	18.00				
1	27.00	27.00	27.00	25.20	25.20	25.20	23.40	22.50	22.50	45.00	45.00	54.00	54.00	54.00	
54.00	54.00	54.00	54.00	4.50	0.00	13.50	18.00	18.00	54.00	54.00	22.50	18.00	13.50	9.00	
9.00	9.00	9.00	13.50	31.50	22.50	36.00	33.30	30.60	33.30	13.50	13.50				
1	31.50	27.00	27.00	36.00	31.50	25.20	31.50	36.00	21.60	45.00	45.00	54.00	54.00	54.00	
54.00	54.00	54.00	54.00	18.00	13.50	0.00	27.00	22.50	54.00	54.00	36.00	31.50	27.00	22.50	
18.00	13.50	9.00	9.00	18.00	36.00	36.00	33.30	30.60	33.30	27.00	9.00				
1	9.00	9.00	9.00	9.00	7.20	9.00	5.40	9.00	36.00	27.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
36.00	45.00	18.00	18.00	27.00	0.00	4.50	36.00	36.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
27.00	27.00	45.00	9.00	18.00	15.30	12.60	15.30	9.00	27.00						
1	9.00	9.00	9.00	13.50	9.00	7.20	9.00	13.50	31.50	27.00	27.00	36.00	36.00	36.00	36.00
36.00	36.00	40.50	18.00	18.00	22.50	4.50	0.00	36.00	36.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
27.00	27.00	27.00	40.50	13.50	18.00	15.30	12.60	15.30	9.00	22.50					
1	36.00	36.00	36.00	38.40	38.40	38.40	40.80	43.20	69.60	27.60	33.60	2.40	15.60	27.60	
33.60	45.60	57.60	81.60	72.00	72.00	72.00	48.00	48.00	0.00	3.60	84.00	84.00	84.00	84.00	84.00
84.00	84.00	84.00	84.00	84.00	84.00	48.00	24.00	39.60	31.20	33.60	60.00	60.00			
1	30.86	30.86	30.86	32.91	32.91	32.91	34.97	37.03	56.57	20.57	25.71	1.03	10.29	20.57	
25.71	36.00	46.29	66.86	61.71	61.71	61.71	41.14	41.14	3.09	0.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	41.14	20.57	30.86	26.74	25.71	51.43	51.43				
1	38.40	38.40	38.40	36.48	36.48	36.48	34.56	32.64	48.00	57.60	57.60	67.20	67.20	67.20	
67.20	67.20	67.20	67.20	19.20	24.00	38.40	28.80	28.80	67.20	67.20	0.00	4.80	9.60	14.40	
19.20	24.00	28.80	38.40	57.60	28.80	48.00	45.12	42.24	45.12	19.20	38.40				
1	37.16	37.16	37.16	35.30	35.30	35.30	33.45	31.59	41.81	55.74	55.74	65.03	65.03	65.03	
65.03	65.03	65.03	65.03	13.94	18.58	32.52	27.87	27.87	65.03	65.03	4.65	0.00	4.65	9.29	
13.94	18.58	23.23	32.52	51.10	27.87	46.45	43.66	40.88	43.66	18.58	32.52				

	1 36.00 36.00 36.00 34.20 34.20 34.20 32.40 30.60 36.00 54.00 54.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 9.00 13.50 27.00 27.00 27.00 63.00 63.00 9.00 4.50 0.00 4.50 9.00 13.50 18.00 27.00 45.00 27.00 45.00 42.30 39.60 42.30 18.00 27.00 1 36.00 36.00 36.00 34.20 34.20 34.20 32.40 30.60 31.50 54.00 54.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 9.00 9.00 22.50 27.00 27.00 63.00 63.00 13.50 9.00 4.50 0.00 4.50 9.00 13.50 22.50 40.50 27.00 45.00 42.30 39.60 42.30 18.00 22.50 1 36.00 36.00 36.00 34.20 34.20 34.20 32.40 30.60 30.60 54.00 54.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 9.00 9.00 18.00 27.00 27.00 63.00 63.00 18.00 13.50 9.00 4.50 0.00 4.50 9.00 18.00 36.00 27.00 45.00 42.30 39.60 42.30 18.00 18.00 1 36.00 36.00 36.00 34.20 34.20 34.20 32.40 30.60 30.60 54.00 54.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 9.00 9.00 13.50 27.00 27.00 63.00 63.00 22.50 18.00 13.50 9.00 4.50 0.00 4.50 13.50 31.50 27.00 45.00 42.30 39.60 42.30 18.00 18.00 1 36.00 36.00 36.00 34.20 34.20 34.20 32.40 30.60 30.60 54.00 54.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 9.00 9.00 9.00 27.00 27.00 63.00 63.00 27.00 22.50 18.00 13.50 9.00 4.50 0.00 9.00 27.00 27.00 45.00 42.30 39.60 42.30 18.00 18.00 1 36.00 36.00 36.00 36.00 34.20 34.20 32.40 36.00 30.60 54.00 54.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 63.00 18.00 13.50 9.00 27.00 27.00 63.00 63.00 36.00 31.50 27.00 22.50 18.00 13.50 9.00 0.00 18.00 36.00 45.00 42.30 39.60 42.30 27.00 18.00 1 46.59 42.35 33.88 50.82 46.59 33.88 46.59 50.82 28.80 50.82 50.82 59.29 59.29 59.29 59.29 59.29 59.29 59.29 33.88 29.65 16.94 42.35 38.12 59.29 59.29 50.82 46.59 42.35 38.12 33.88 29.65 25.41 16.94 0.00 50.82 46.59 39.81 38.12 39.81 42.35 16.94 1 9.60 9.60 19.20 7.68 7.68 19.20 5.76 3.84 48.00 28.80 28.80 38.40 38.40 38.40 38.40 38.40 38.40 57.60 19.20 24.00 38.40 9.60 14.40 38.40 38.40 28.80 28.80 28.80 28.80 28.80 28.80 28.80 38.40 57.60 0.00 19.20 24.00 14.40 19.20 9.60 38.40 1 9.29 9.29 13.94 11.15 11.15 13.94 13.01 14.86 41.81 9.29 13.94 18.58 18.58 18.58 18.58 23.23 32.52 51.10 37.16 37.16 37.16 18.58 18.58 18.58 18.58 46.45 46.45 46.45 46.45 46.45 46.45 46.45 51.10 18.58 0.00 18.58 9.29 13.94 27.87 32.52 1 18.00 13.50 6.30 22.50 18.00 8.10 18.00 22.50 22.50 11.70 11.70 27.90 20.70 20.70 20.70 20.70 20.70 31.50 33.30 33.30 33.30 15.30 15.30 29.70 27.00 42.30 42.30 42.30 42.30 42.30 42.30 42.30 42.30 42.30 22.50 18.00 0.00 9.00 4.50 24.30 24.30 1 9.00 4.50 4.50 13.50 9.00 5.40 9.00 13.50 31.50 14.40 14.40 23.40 23.40 23.40 23.40 23.40 23.40 40.50 30.60 30.60 30.60 12.60 12.60 23.40 23.40 39.60 39.60 39.60 39.60 39.60 39.60 39.60 39.60 40.50 13.50 9.00 9.00 0.00 4.50 21.60 22.50 1 13.50 9.00 6.30 18.00 13.50 8.10 13.50 18.00 27.00 11.70 11.70 23.40 20.70 20.70 20.70 20.70 20.70 36.00 33.30 33.30 33.30 15.30 15.30 25.20 22.50 42.30 42.30 42.30 42.30 42.30 42.30 42.30 42.30 18.00 13.50 4.50 4.50 0.00 24.30 24.30 1 18.00 18.00 18.00 16.20 16.20 16.20 14.40 12.60 36.00 36.00 36.00 45.00 45.00 45.00 45.00 45.00 45.00 45.00 9.00 13.50 27.00 9.00 9.00 45.00 45.00 18.00 18.00 18.00 18.00 18.00 18.00 18.00 27.00 45.00 9.00 27.00 24.30 21.60 24.30 0.00 27.00 1 31.50 27.00 18.00 36.00 31.50 18.00 31.50 36.00 12.60 36.00 36.00 45.00 45.00 45.00 45.00 45.00 45.00 45.00 18.00 13.50 9.00 27.00 22.50 45.00 45.00 36.00 31.50 27.00 22.50 18.00 18.00 18.00 18.00 18.00 36.00 31.50 24.30 22.50 24.30 27.00 0.00
Maquina_ Cortes_Vetor Largura_Perda	1 4 100 100 100 100 20 1 3 110 110 110 90 1 3 120 120 120 60 1 3 140 140 140 0 1 2 200 200 20 1 2 210 210 0 1 1 310 110 1 1 420 0 1 3 100 100 200 20 1 3 100 110 200 10 1 3 100 120 200 0 1 3 100 100 210 10 1 3 100 110 210 0 1 3 100 120 200 0 1 2 110 310 0 1 3 110 110 200 0 1 3 120 140 140 20 1 2 200 210 10

	1 3500 2940 3500 3220 3500 3220 2800 2660 2380 2100 1400 700 0 700 2100 3500 3220 3220 1 4200 3640 4200 3920 4200 3920 3500 3360 3080 2800 2100 1400 700 0 1400 4200 3920 3920 1 5600 5040 5600 5320 5600 5320 4900 4760 4480 4200 3500 2800 2100 1400 0 5600 5320 5320 1 0 560 0 280 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 0 280 280 1 280 280 280 0 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 280 0 0 1 280 280 280 0 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 280 0 0
Perda Setup_minutos (k/k'/m)	1 0.00 23.04 0.00 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 0.00 11.52 11.52 1 23.04 0.00 23.04 11.52 23.04 11.52 5.76 11.52 23.04 34.56 63.36 92.16 120.96 149.76 207.36 23.04 11.52 11.52 1 0.00 23.04 0.00 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 0.00 11.52 11.52 1 11.52 11.52 11.52 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 11.52 0.00 0.00 1 0.00 23.04 0.00 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 0.00 11.52 11.52 1 11.52 11.52 11.52 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 11.52 0.00 0.00 1 28.80 5.76 28.80 17.28 28.80 17.28 0.00 5.76 17.28 28.80 57.60 86.40 115.20 144.00 201.60 28.80 17.28 17.28 1 34.56 11.52 34.56 23.04 34.56 23.04 5.76 0.00 11.52 23.04 51.84 80.64 109.44 138.24 195.84 34.56 23.04 23.04 1 46.08 23.04 46.08 34.56 46.08 34.56 17.28 11.52 0.00 11.52 40.32 69.12 97.92 126.72 184.32 46.08 34.56 34.56 1 57.60 34.56 57.60 46.08 57.60 46.08 28.80 23.04 11.52 0.00 28.80 57.60 86.40 115.20 172.80 57.60 46.08 46.08 1 86.40 63.36 86.40 74.88 86.40 74.88 57.60 51.84 40.32 28.80 0.00 28.80 57.60 86.40 144.00 86.40 74.88 74.88 1 115.20 92.16 115.20 103.68 115.20 103.68 86.40 80.64 69.12 57.60 28.80 0.00 28.80 57.60 115.20 115.20 103.68 103.68 1 144.00 120.96 144.00 132.48 144.00 132.48 115.20 109.44 97.92 86.40 57.60 28.80 0.00 28.80 86.40 144.00 132.48 132.48 1 172.80 149.76 172.80 161.28 172.80 161.28 144.00 138.24 126.72 115.20 86.40 57.60 28.80 0.00 57.60 172.80 161.28 161.28 1 230.40 207.36 230.40 218.88 230.40 218.88 201.60 195.84 184.32 172.80 144.00 115.20 86.40 57.60 0.00 230.40 218.88 218.88 1 0.00 23.04 0.00 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 0.00 11.52 11.52 1 11.52 11.52 11.52 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 11.52 0.00 0.00 1 11.52 11.52 11.52 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 11.52 0.00 0.00
Padroes_de_cor te(m/c/l/p)	1 42 10 0 1 30 14 0 1 21 20 0 1 17 24 12 1 14 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 0 1 11 36 36 36 36 36 36 36 36 36 36 24 1 10 40 40 40 40 40 40 40 40 40 20 1 7 60 60 60 60 60 60 0 1 6 70 70 70 70 70 0 1 5 76 76 76 76 40 1 5 80 80 80 80 20 1 3 140 140 140 0 1 2 160 160 100 1 2 210 210 0 1 1 320 100 1 1 420 0 1 6 60 60 60 70 70 30 1 2 140 160 120 1 26 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 6 1 29 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 24 24 24 24 24 24 24 24 4 1 22 10 10 10 10 10 10 10 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 4 1 30 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 24 24 24 24 24 24 24 8 1 11 36 36 36 36 36 40 40 40 40 40 0 1 11 36 36 36 36 36 36 36 40 40 40 12 1 10 36 40 40 40 40 40 40 40 24

3ª Instância de Testes com Dados Reais

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	27
Tipos NT(k)	10
Máquinas	1
Itens(i)	24
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	1.00 1.20 1.20 1.00 1.50 1.20 1.00 0.90 1.00 0.90
Largura Maq(m)	320
Largura Item(i)	320 010 070 076 010 020 140 160 320 030 020 010 010 014 060 080 010 014 020 024 060 076 080 030
Padrões(m)	70
Custo Inv. Item(i)	1.78 0.07 0.47 0.51 0.07 0.13 0.78 0.89 1.78 0.25 0.13 0.06 0.05 0.07 0.30 0.40 0.06 0.08 0.11 0.13 0.33 0.42 0.44 0.15
Peso Item(i)	320 12 84 91 12 24 140 160 320 45 24 10 9 13 54 72 10 14 20 24 60 76 80 27
Peso MR(k/m)	320 384 384 320 480 384 320 288 320 288
Custo Prod(k/m)	1.00 0.87 1.00 0.80 1.00 1.00 0.80 0.75 0.69 0.65
Demanda Item (i/KxT)	1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 77 0 308 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 0 375 0 0 0 0 138 0 3 2 0 0 0 0 0 0 138 0 4 2 0 0 0 0 0 0 138 0 5 3 0 378 0 0 0 0 6 3 0 340 0 0 0 0 7 4 0 207 0 0 0 0 8 4 0 0 0 0 0 0 0 156 0 0 0 0 0 0 156 0 0 0 0 0 0 207 0 0 0 0 0 9 4 61 39 39 39 77 0 39 0 10 5 0 0 0 0 0 0 0 22 0 11 6 0 0 0 0 0 0 0 0 42 0 12 7 0 0 0 0 0 0 0 2000 13 8 173 0 14 8 0 0 0 0 0 0 0 0 79 0 15 8 173 0 16 8 271 0 17 9 0 105 0 0 248 0 150 100 18 9 0 0 0 0 0 0 122 71 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 100 19 9 0 0 0 0 0 0 122 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 150 100 20 9 0 105 0 0 248 0 122 0 21 9 0 100 22 9 0 0 0 0 248 0 122 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 100 23 9 0 105 0 0 248 0 100 24 10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 37 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Capacidade horas(m/k)	16.85 16.97 16.97 16.85 17.15 16.97 16.85 16.79 16.85 16.79
Perda Setup_kg (k/k'/m)	1 0 208 208 0 520 208 104 104 0 104 1 208 0 0 208 312 0 208 312 208 312 1 208 0 0 208 312 0 208 312 208 312 1 0 208 208 0 520 208 104 104 0 104 1 520 312 312 520 0 312 520 624 520 624 1 208 0 0 208 312 0 208 312 208 312 1 104 208 208 104 520 208 0 104 104 104 1 104 312 312 104 624 312 104 0 104 0 1 0 208 208 0 520 208 104 104 0 104 1 104 312 312 104 624 312 104 0 104 0
Perda Setup_minutos (k/k'/m)	1 0.00 11.52 11.52 0.00 28.80 11.52 5.76 5.76 0.00 5.76 1 11.52 0.00 0.00 11.52 17.28 0.00 11.52 17.28 11.52 17.28 1 11.52 0.00 0.00 11.52 17.28 0.00 11.52 17.28 11.52 17.28 1 0.00 11.52 11.52 0.00 28.80 11.52 5.76 5.76 0.00 5.76 1 28.80 17.28 17.28 28.80 0.00 17.28 28.80 34.56 28.80 34.56 1 11.52 0.00 0.00 11.52 17.28 0.00 11.52 17.28 11.52 17.28 1 5.76 11.52 11.52 5.76 28.80 11.52 0.00 5.76 5.76 5.76 1 5.76 17.28 17.28 5.76 34.56 17.28 5.76 0.00 5.76 0.00 1 0.00 11.52 11.52 0.00 28.80 11.52 5.76 5.76 0.00 5.76 1 5.76 17.28 17.28 5.76 34.56 17.28 5.76 0.00 5.76 0.00

4ª Instância de Testes com Dados Reais

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	10
Tipos NT(k)	21
Máquinas	2
Itens(i)	44
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	1.00 1.20 1.00 1.40 1.00 1.00 1.20 1.50 1.60 1.80 2.00 2.50 3.00 3.50 4.00 5.00 1.20 1.00 0.90 1.00 1.20
Largura Maq(m)	320 420
Largura Item(i)	320 10 70 76 10 24 14 14 20 160 210 320 210 30 140 140 14 140 140 210 420 140 420 140 210 140 420 140 36 40 20 10 10 14 60 80 10 14 20 24 76 80 76 80
Padrões(m)	70 71
Custo Inv. Item(i)	1.78 0.07 0.47 0.51 0.06 0.13 0.11 0.08 0.11 0.89 1.17 1.78 1.40 0.25 1.17 1.24 0.14 1.40 1.56 2.33 4.67 1.94 5.83 2.33 3.50 2.72 8.17 3.11 1.00 1.11 0.13 0.06 0.05 0.07 0.30 0.40 0.06 0.08 0.11 0.13 0.42 0.44 0.51 0.53
Peso Item(i)	320 12 84 91 10 24 20 14 20 160 210 320 252 45 210 224 25 252 280 420 840 350 1050 420 630 490 1470 560 180 200 24 10 9 13 54 72 10 14 20 24 76 80 91 96
Peso MR(k/m)	320 420 384 504 320 420 448 588 320 420 320 420 384 504 480 630 512 672 576 756 640 840 800 050 960 1260 1120 1470 1280 1680 1600 2100 384 504 320 420 288 378 320 420 384 504
Custo Prod(k/m)	1.00 0.93 0.90 0.84 1.00 0.93 0.80 0.74 1.00 0.93 1.00 0.93 0.90 0.84 0.80 0.74 0.80 0.74 0.80 0.74 0.80 0.74 0.80 0.74 0.75 0.70 0.75 0.70 0.70 0.65 0.70 0.65 0.80 0.74 1.00 0.93 1.10 1.02 1.00 0.93 0.80 0.74
Demanda Item (i/KxT)	1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 77 2 2 0 375 0 0 0 0 138 0 0 0 3 2 0 0 0 0 0 0 138 0 0 0 4 2 0 0 0 0 0 0 138 0 0 0 5 3 0 588 0 0 0 0 0 0 0 0 6 3 0 588 0 0 0 0 0 0 0 0 7 4 0 0 0 0 0 0 434 0 0 0 8 5 97 0 0 0 1071 0 0 0 0 0 9 5 97 0 0 0 1071 0 0 0 0 0 10 6 0 0 0 102 0 0 0 156 594 0 11 6 0 0 0 0 0 39 0 0 0 0 12 6 61 39 39 39 77 0 39 0 0 0 13 7 0 0 0 24 0 0 0 0 0 0 14 8 0 0 0 0 0 0 0 22 0 0 15 8 0 0 0 0 32 0 0 0 0 0 16 9 0 22 0 0 0 0 0 0 0 0 17 10 0 0 429 0 0 0 0 0 0 0 18 10 0 0 0 0 24 0 0 0 0 0 19 11 0 0 0 0 0 73 0 0 0 0 20 11 0 0 11 0 0 0 0 0 0 0 21 11 0 0 6 0 0 0 0 0 0 0 22 12 0 0 0 0 0 0 69 0 0 0 23 12 0 0 5 0 0 0 0 0 0 0 24 13 0 0 0 0 0 0 0 31 0 25 13 0 0 0 0 0 0 0 59 0 0 26 14 0 0 0 0 0 0 0 12 0 27 14 0 0 3 0 0 0 0 0 0 0 28 15 0 0 0 0 0 0 0 7 0 29 16 0 39 0 0 0 0 0 0 0 0 30 16 0 39 0 0 0 0 0 0 0 0 31 17 0 0 0 0 0 0 0 0 42 32 18 0 0 0 0 0 0 2000 0 0 0 33 19 173 0 0 0 0 0 0 0 0 0 34 19 0 0 0 0 0 0 0 79 35 19 173 0 0 0 0 0 0 0 0 0 36 19 271 0 0 0 0 0 0 0 0 0 37 20 0 105 0 0 248 0 0 0 0 0 38 20 0 0 0 0 0 0 122 71 0 0 39 20 0 0 0 0 0 0 122 0 0 0 40 20 0 105 0 0 248 0 122 0 0 404 41 20 0 0 0 0 248 0 122 0 0 0 42 20 0 105 0 0 248 0 0 0 0 0

	43 21 0 0 0 0 0 150 0 0 0 0 44 21 0 0 0 0 0 150 0 0 0 0
Capacidade _horas(m/k)	16.85 16.97 16.85 17.09 16.85 16.85 16.97 17.15 17.21 17.33 17.45 17.75 18.06 18.36 18.66 19.26 16.97 16.85 16.79 16.85 16.97 22.69 22.85 22.69 23.01 22.69 22.69 22.85 23.09 23.17 23.33 23.50 23.90 24.31 24.71 25.12 25.93 22.85 22.69 22.60 22.69 22.85
Perda Setup_kg (k/k'/m)	1 0 208 0 416 0 0 208 520 624 832 1040 1560 2080 2600 3120 4160 208 104 104 0 208 1 208 0 208 208 208 208 0 312 416 624 832 1352 1872 2392 2912 3952 0 208 312 208 0 1 0 208 0 416 0 0 208 520 624 832 1040 1560 2080 2600 3120 4160 208 104 104 0 208 1 416 208 416 0 416 416 208 104 208 416 624 1144 1664 2184 2704 3744 208 416 520 416 208 1 0 208 0 416 0 0 208 520 624 832 1040 1560 2080 2600 3120 4160 208 104 104 0 208 1 0 208 0 416 0 0 208 520 624 832 1040 1560 2080 2600 3120 4160 208 104 104 0 208 1 208 0 208 208 208 208 0 312 416 624 832 1352 1872 2392 2912 3952 0 208 312 208 0 1 520 312 520 104 520 520 312 0 104 312 520 1040 1560 2080 2600 3640 312 520 624 520 312 1 624 416 624 208 624 624 416 104 0 208 416 936 1456 1976 2496 3536 416 624 728 624 416 1 832 624 832 416 832 832 624 312 208 0 208 728 1248 1768 2288 3328 624 832 936 832 624 1 1040 832 1040 624 1040 1040 832 520 416 208 0 520 1040 1560 2080 3120 832 1040 1144 1040 832 1 1560 1352 1560 1144 1560 1560 1352 1040 936 728 520 0 520 1040 1560 2600 1352 1560 1664 1560 1352 1 2080 1872 2080 1664 2080 2080 1872 1560 1456 1248 1040 520 0 520 1040 2080 1872 2080 2184 2080 1872 1 2600 2392 2600 2184 2600 2600 2392 2080 1976 1768 1560 1040 520 0 520 1560 2392 2600 2704 2600 2392 1 3120 2912 3120 2704 3120 3120 2912 2600 2496 2288 2080 1560 1040 520 0 1040 2912 3120 3224 3120 2912 1 4160 3952 4160 3744 4160 4160 3952 3640 3536 3328 3120 2600 2080 1560 1040 0 3952 4160 4264 4160 3952 1 208 0 208 208 208 208 0 312 416 624 832 1352 1872 2392 2912 3952 0 208 312 208 0 1 104 208 104 416 104 104 208 520 624 832 1040 1560 2080 2600 3120 4160 208 0 104 104 208 1 104 312 104 520 104 104 312 624 728 936 1144 1664 2184 2704 3224 4264 312 104 0 104 312 1 0 208 0 416 0 0 208 520 624 832 1040 1560 2080 2600 3120 4160 208 104 104 0 208 1 208 0 208 208 208 208 0 312 416 624 832 1352 1872 2392 2912 3952 0 208 312 208 0 2 0 280 0 560 0 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 140 140 0 280 2 280 0 280 280 280 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0 2 0 280 0 560 0 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 140 140 0 280 2 560 280 560 0 560 560 280 140 280 560 840 1540 2240 2940 3640 5040 280 560 700 560 280 2 0 280 0 560 0 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 140 140 0 280 2 0 280 0 560 0 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 140 140 0 280 2 280 0 280 280 280 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0 2 700 420 700 140 700 700 420 0 140 420 700 1400 2100 2800 3500 4900 420 700 840 700 420 2 840 560 840 280 840 840 560 140 0 280 560 1260 1960 2660 3360 4760 560 840 980 840 560 2 1120 840 1120 560 1120 1120 840 420 280 0 280 980 1680 2380 3080 4480 840 1120 1260 1120 840 2 1400 1120 1400 840 1400 1400 1120 700 560 280 0 700 1400 2100 2800 4200 1120 1400 1540 1400 1120 2 2100 1820 2100 1540 2100 2100 1820 1400 1260 980 700 0 700 1400 2100 3500 1820 2100 2240 2100 1820 2 2800 2520 2800 2240 2800 2800 2520 2100 1960 1680 1400 700 0 700 1400 2800 2520 2800 2940 2800 2520 2 3500 3220 3500 2940 3500 3500 3220 2800 2660 2380 2100 1400 700 0 700 2100 3220 3500 3640 3500 3220 2 4200 3920 4200 3640 4200 4200 3920 3500 3360 3080 2800 2100 1400 700 0 1400 3920 4200 4340 4200 3920 2 5600 5320 5600 5040 5600 5600 5320 4900 4760 4480 4200 3500 2800 2100 1400 0 5320 5600 5740 5600 5320 2 280 0 280 280 280 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0 2 140 280 140 560 140 140 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 0 140 140 280 2 140 420 140 700 140 140 420 840 980 1260 1540 2240 2940 3640 4340 5740 420 140 0 140 420 2 0 280 0 560 0 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 140 140 0 280 2 280 0 280 280 280 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0
Perda Setup_minutos (k/k'/m)	1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52

	1 23.04 11.52 23.04 0.00 23.04 23.04 11.52 5.76 11.52 23.04 34.56 63.36 92.16 120.96 149.76
	207.36 11.52 23.04 28.80 23.04 11.52
	1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80
	230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52
	1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80
	230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52
	1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28
	218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00
	1 28.80 17.28 28.80 5.76 28.80 28.80 17.28 0.00 5.76 17.28 28.80 57.60 86.40 115.20 144.00
	201.60 17.28 28.80 34.56 28.80 17.28
	1 34.56 23.04 34.56 11.52 34.56 34.56 23.04 5.76 0.00 11.52 23.04 51.84 80.64 109.44 138.24
	195.84 23.04 34.56 40.32 34.56 23.04
	1 46.08 34.56 46.08 23.04 46.08 46.08 34.56 17.28 11.52 0.00 11.52 40.32 69.12 97.92 126.72
	184.32 34.56 46.08 51.84 46.08 34.56
	1 57.60 46.08 57.60 34.56 57.60 57.60 46.08 28.80 23.04 11.52 0.00 28.80 57.60 86.40 115.20
	172.80 46.08 57.60 63.36 57.60 46.08
	1 86.40 74.88 86.40 63.36 86.40 86.40 74.88 57.60 51.84 40.32 28.80 0.00 28.80 57.60 86.40
	144.00 74.88 86.40 92.16 86.40 74.88
	1 115.20 103.68 115.20 92.16 115.20 115.20 103.68 86.40 80.64 69.12 57.60 28.80 0.00 28.80
	57.60 115.20 103.68 115.20 120.96 115.20 103.68
	1 144.00 132.48 144.00 120.96 144.00 144.00 132.48 115.20 109.44 97.92 86.40 57.60 28.80
	0.00 28.80 86.40 132.48 144.00 149.76 144.00 132.48
	1 172.80 161.28 172.80 149.76 172.80 172.80 161.28 144.00 138.24 126.72 115.20 86.40 57.60
	28.80 0.00 57.60 161.28 172.80 178.56 172.80 161.28
	1 230.40 218.88 230.40 207.36 230.40 230.40 218.88 201.60 195.84 184.32 172.80 144.00
	115.20 86.40 57.60 0.00 218.88 230.40 236.16 230.40 218.88
	1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28
	218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00
	1 5.76 11.52 5.76 23.04 5.76 5.76 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80
	230.40 11.52 0.00 5.76 5.76 11.52
	1 5.76 17.28 5.76 28.80 5.76 5.76 17.28 34.56 40.32 51.84 63.36 92.16 120.96 149.76 178.56
	236.16 17.28 5.76 0.00 5.76 17.28
	1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80
	230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52
	1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28
	218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00
	2 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80
	230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52
	2 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28
	218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00
	2 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80
	230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52
	2 23.04 11.52 23.04 0.00 23.04 23.04 11.52 5.76 11.52 23.04 34.56 63.36 92.16 120.96 149.76
	207.36 11.52 23.04 28.80 23.04 11.52
	2 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80
	230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52
	2 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80
	230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52
	2 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28
	218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00
	2 28.80 17.28 28.80 5.76 28.80 28.80 17.28 0.00 5.76 17.28 28.80 57.60 86.40 115.20 144.00
	201.60 17.28 28.80 34.56 28.80 17.28
	2 34.56 23.04 34.56 11.52 34.56 34.56 23.04 5.76 0.00 11.52 23.04 51.84 80.64 109.44 138.24
	195.84 23.04 34.56 40.32 34.56 23.04
	2 46.08 34.56 46.08 23.04 46.08 46.08 34.56 17.28 11.52 0.00 11.52 40.32 69.12 97.92 126.72
	184.32 34.56 46.08 51.84 46.08 34.56
	2 57.60 46.08 57.60 34.56 57.60 57.60 46.08 28.80 23.04 11.52 0.00 28.80 57.60 86.40 115.20
	172.80 46.08 57.60 63.36 57.60 46.08
	2 86.40 74.88 86.40 63.36 86.40 86.40 74.88 57.60 51.84 40.32 28.80 0.00 28.80 57.60 86.40
	144.00 74.88 86.40 92.16 86.40 74.88
	2 115.20 103.68 115.20 92.16 115.20 115.20 103.68 86.40 80.64 69.12 57.60 28.80 0.00 28.80
	57.60 115.20 103.68 115.20 120.96 115.20 103.68
	2 144.00 132.48 144.00 120.96 144.00 144.00 132.48 115.20 109.44 97.92 86.40 57.60 28.80
	0.00 28.80 86.40 132.48 144.00 149.76 144.00 132.48
	2 172.80 161.28 172.80 149.76 172.80 172.80 161.28 144.00 138.24 126.72 115.20 86.40 57.60
	28.80 0.00 57.60 161.28 172.80 178.56 172.80 161.28
	2 230.40 218.88 230.40 207.36 230.40 230.40 218.88 201.60 195.84 184.32 172.80 144.00
	115.20 86.40 57.60 0.00 218.88 230.40 236.16 230.40 218.88
	2 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28
	218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00

[illegible]

5ª Instância de Testes com Dados Reais

DESCRIÇÃO	DADOS SIMULADOS
Periodos(t)	27
Tipos NT(k)	25
Máquinas	2
Itens(i)	55
Custo Reprocessamento	1.10
Custo Estoque Atraso	10
Gramatura NT(k)	1.00 1.20 1.00 1.40 1.00 1.20 1.20 1.00 1.20 1.50 1.60 1.80 2.00 2.50 3.00 3.50 4.00 5.00 1.20 1.00 0.90 1.00 1.20 0.90 1.20
Largura Maq(m)	320 420
Largura Item(i)	320 10 70 76 10 24 10 14 14 20 10 14 20 10 20 140 160 210 320 20 210 30 140 140 14 140 140 210 420 140 420 140 210 140 420 140 36 40 20 10 10 14 60 80 10 14 20 24 60 76 80 20 30 76 80
Padrões(m)	70 71
Custo Inv. Item(i)	1.78 0.07 0.47 0.51 0.06 0.13 0.08 0.11 0.08 0.11 0.07 0.09 0.13 0.07 0.13 0.78 0.89 1.17 1.78 0.13 1.40 0.25 1.17 1.24 0.14 1.40 1.56 2.33 4.67 1.94 5.83 2.33 3.50 2.72 8.17 3.11 1.00 1.11 0.13 0.06 0.05 0.07 0.30 0.40 0.06 0.08 0.11 0.13 0.33 0.42 0.44 0.13 0.15 0.51 0.53
Peso Item(i)	320 12 84 91 10 24 14 20 14 20 12 17 24 12 24 140 160 210 320 24 252 45 210 224 25 252 280 420 840 350 1050 420 630 490 1470 560 180 200 24 10 9 13 54 72 10 14 20 24 60 76 80 24 27 91 96
Peso MR(k/m)	320 420 384 504 320 420 448 588 320 420 384 504 384 504 320 420 384 504 480 630 512 672 576 56 640 840 800 1050 960 1260 1120 1470 1280 1680 1600 2100 384 504 320 420 288 378 320 420 384 504 288 378 384 504
Custo Prod(k/m)	1.00 0.93 0.90 0.84 1.00 0.93 0.80 0.74 1.00 0.93 0.90 0.84 0.90 0.84 1.00 0.93 0.90 0.84 0.80 0.74 0.80 0.74 0.80 0.74 0.75 0.70 0.73 0.67 0.70 0.65 0.70 0.65 0.65 0.60 0.65 0.60 0.90 0.84 1.00 0.93 1.10 1.02 1.00 0.93 0.90 0.84 1.10 1.02 0.90 0.84
Demanda Item (i/KxT)	1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 77 0 308 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 0 375 0 0 0 0 138 0 3 2 0 0 0 0 0 0 138 0 4 2 0 0 0 0 0 0 138 0 5 3 0 588 0 6 3 0 588 0 7 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 286 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 8 4 0 0 0 0 0 0 434 0 0 0 0 0 0 0 0 867 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 9 5 97 0 0 0 1071 0 10 5 97 0 0 0 1071 0 11 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 898 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 12 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 898 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 3429 0 0 0 13 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 898 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 14 7 0 378 0 0 0 0 15 7 0 340 0 0 0 0 16 8 0 207 0 0 0 0 17 8 0 0 0 102 0 0 0 156 594 0 0 0 0 156 0 0 0 0 0 207 0 0 0 0 0 18 8 0 0 0 0 0 39 0

	1 2600 2392 2600 2184 2600 2392 2392 2600 2392 2080 1976 1768 1560 1040 520 0 520 1560 2392 2600 2704 2600 2392 2704 2392 1 3120 2912 3120 2704 3120 2912 2912 3120 2912 2600 2496 2288 2080 1560 1040 520 0 1040 2912 3120 3224 3120 2912 3224 2912 1 4160 3952 4160 3744 4160 3952 3952 4160 3952 3640 3536 3328 3120 2600 2080 1560 1040 0 3952 4160 4264 4160 3952 4264 3952 1 208 0 208 208 208 0 0 208 0 312 416 624 832 1352 1872 2392 2912 3952 0 208 312 208 0 312 0 1 104 208 104 416 104 208 208 104 208 520 624 832 1040 1560 2080 2600 3120 4160 208 0 104 104 208 104 208 1 104 312 104 520 104 312 312 104 312 624 728 936 1144 1664 2184 2704 3224 4264 312 104 0 104 312 0 312 1 0 208 0 416 0 208 208 0 208 520 624 832 1040 1560 2080 2600 3120 4160 208 104 104 0 208 104 208 1 208 0 208 208 208 0 0 208 0 312 416 624 832 1352 1872 2392 2912 3952 0 208 312 208 0 312 0 1 104 312 104 520 104 312 312 104 312 624 728 936 1144 1664 2184 2704 3224 4264 312 104 0 104 312 0 312 1 208 0 208 208 208 0 0 208 0 312 416 624 832 1352 1872 2392 2912 3952 0 208 312 208 0 312 0 2 0 280 0 560 0 280 280 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 140 140 0 280 140 280 2 280 0 280 280 280 0 0 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0 420 0 2 0 280 0 560 0 280 280 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 140 140 0 280 140 280 2 560 280 560 0 560 280 280 560 280 140 280 560 840 1540 2240 2940 3640 5040 280 560 700 560 280 700 280 2 0 280 0 560 0 280 280 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 140 140 0 280 140 280 2 280 0 280 280 280 0 0 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0 420 0 2 280 0 280 280 280 0 0 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0 420 0 2 0 280 0 560 0 280 280 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 140 140 0 280 140 280 2 280 0 280 280 280 0 0 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0 420 0 2 700 420 700 140 700 420 420 700 420 0 140 420 700 1400 2100 2800 3500 4900 420 700 840 700 420 840 420 2 840 560 840 280 840 560 560 840 560 140 0 280 560 1260 1960 2660 3360 4760 560 840 980 840 560 980 560 2 1120 840 1120 560 1120 840 840 1120 840 420 280 0 280 980 1680 2380 3080 4480 840 1120 1260 1120 840 1260 840 2 1400 1120 1400 840 1400 1120 1120 1400 1120 700 560 280 0 700 1400 2100 2800 4200 1120 1400 1540 1400 1120 1540 1120 2 2100 1820 2100 1540 2100 1820 1820 2100 1820 1400 1260 980 700 0 700 1400 2100 3500 1820 2100 2240 2100 1820 2240 1820 2 2800 2520 2800 2240 2800 2520 2520 2800 2520 2100 1960 1680 1400 700 0 700 1400 2800 2520 2800 2940 2800 2520 2940 2520 2 3500 3220 3500 2940 3500 3220 3220 3500 3220 2800 2660 2380 2100 1400 700 0 700 2100 3220 3500 3640 3500 3220 3640 3220 2 4200 3920 4200 3640 4200 3920 3920 4200 3920 3500 3360 3080 2800 2100 1400 700 0 1400 3920 4200 4340 4200 3920 4340 3920 2 5600 5320 5600 5040 5600 5320 5320 5600 5320 4900 4760 4480 4200 3500 2800 2100 1400 0 5320 5600 5740 5600 5320 5740 5320 2 280 0 280 280 280 0 0 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0 420 0 2 140 280 140 560 140 280 280 140 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 0 140 140 280 140 280 2 140 420 140 700 140 420 420 140 420 840 980 1260 1540 2240 2940 3640 4340 5740 420 140 0 140 420 0 420 2 0 280 0 560 0 280 280 0 280 700 840 1120 1400 2100 2800 3500 4200 5600 280 140 140 0 280 140 280 2 280 0 280 280 280 0 0 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0 420 0 2 140 420 140 700 140 420 420 140 420 840 980 1260 1540 2240 2940 3640 4340 5740 420 140 0 140 420 0 420 2 280 0 280 280 280 0 0 280 0 420 560 840 1120 1820 2520 3220 3920 5320 0 280 420 280 0 420 0
--	--

Perda Setup_minutos (k/k'/m)	1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 11.52 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 5.76 11.52 1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 11.52 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 5.76 11.52 1 23.04 11.52 23.04 0.00 23.04 11.52 11.52 23.04 11.52 5.76 11.52 23.04 34.56 63.36 92.16 120.96 149.76 207.36 11.52 23.04 28.80 23.04 11.52 28.80 11.52 1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 11.52 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 5.76 11.52 1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 11.52 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 5.76 11.52 1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 11.52 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 5.76 11.52 1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 1 28.80 17.28 28.80 5.76 28.80 17.28 17.28 28.80 17.28 0.00 5.76 17.28 28.80 57.60 86.40 115.20 144.00 201.60 17.28 28.80 34.56 28.80 17.28 34.56 17.28 1 34.56 23.04 34.56 11.52 34.56 23.04 23.04 34.56 23.04 5.76 0.00 11.52 23.04 51.84 80.64 109.44 138.24 195.84 23.04 34.56 40.32 34.56 23.04 40.32 23.04 1 46.08 34.56 46.08 23.04 46.08 34.56 34.56 46.08 34.56 17.28 11.52 0.00 11.52 40.32 69.12 97.92 126.72 184.32 34.56 46.08 51.84 46.08 34.56 51.84 34.56 1 57.60 46.08 57.60 34.56 57.60 46.08 46.08 57.60 46.08 28.80 23.04 11.52 0.00 28.80 57.60 86.40 115.20 172.80 46.08 57.60 63.36 57.60 46.08 63.36 46.08 1 86.40 74.88 86.40 63.36 86.40 74.88 74.88 86.40 74.88 57.60 51.84 40.32 28.80 0.00 28.80 57.60 86.40 144.00 74.88 86.40 92.16 86.40 74.88 92.16 74.88 1 115.20 103.68 115.20 92.16 115.20 103.68 103.68 115.20 103.68 86.40 80.64 69.12 57.60 28.80 0.00 28.80 57.60 115.20 103.68 115.20 120.96 115.20 103.68 120.96 103.68 1 144.00 132.48 144.00 120.96 144.00 132.48 132.48 144.00 132.48 115.20 109.44 97.92 86.40 57.60 28.80 0.00 28.80 86.40 132.48 144.00 149.76 144.00 132.48 149.76 132.48 1 172.80 161.28 172.80 149.76 172.80 161.28 161.28 172.80 161.28 144.00 138.24 126.72 115.20 86.40 57.60 28.80 0.00 57.60 161.28 172.80 178.56 172.80 161.28 178.56 161.28 1 230.40 218.88 230.40 207.36 230.40 218.88 218.88 230.40 218.88 201.60 195.84 184.32 172.80 144.00 115.20 86.40 57.60 0.00 218.88 230.40 236.16 230.40 218.88 236.16 218.88 1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 1 5.76 11.52 5.76 23.04 5.76 11.52 11.52 5.76 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 0.00 5.76 5.76 11.52 5.76 11.52 1 5.76 17.28 5.76 28.80 5.76 17.28 17.28 5.76 17.28 34.56 40.32 51.84 63.36 92.16 120.96 149.76 178.56 236.16 17.28 5.76 0.00 5.76 17.28 0.00 17.28 1 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 11.52 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 5.76 11.52 1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 1 5.76 17.28 5.76 28.80 5.76 17.28 17.28 5.76 17.28 34.56 40.32 51.84 63.36 92.16 120.96 149.76 178.56 236.16 17.28 5.76 0.00 5.76 17.28 0.00 17.28 1 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 2 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 11.52 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 5.76 11.52 2 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 2 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 11.52 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 5.76 11.52 2 23.04 11.52 23.04 0.00 23.04 11.52 11.52 23.04 11.52 5.76 11.52 23.04 34.56 63.36 92.16 120.96 149.76 207.36 11.52 23.04 28.80 23.04 11.52 28.80 11.52 2 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 11.52 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 5.76 11.52 2 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 2 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 2 0.00 11.52 0.00 23.04 0.00 11.52 11.52 0.00 11.52 28.80 34.56 46.08 57.60 86.40 115.20 144.00 172.80 230.40 11.52 5.76 5.76 0.00 11.52 5.76 11.52 2 11.52 0.00 11.52 11.52 11.52 0.00 0.00 11.52 0.00 17.28 23.04 34.56 46.08 74.88 103.68 132.48 161.28 218.88 0.00 11.52 17.28 11.52 0.00 17.28 0.00 2 28.80 17.28 28.80 5.76 28.80 17.28 17.28 28.80 17.28 0.00 5.76 17.28 28.80 57.60 86.40 115.20 144.00 201.60 17.28 28.80 34.56 28.80 17.28 34.56 17.28
------------------------------------	---

