

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA A MELHORIA DA PRODUÇÃO NUMA EMPRESA INDUSTRIAL

LUÍS MIGUEL NOGUEIRA RODRIGUES

setembro de 2019

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA A MELHORIA DA PRODUÇÃO NUMA EMPRESA INDUSTRIAL

Luís Miguel Nogueira Rodrigues



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Sistemas e Planeamento Industrial
Instituto Superior de Engenharia do Porto

2019

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Luís Miguel Nogueira Rodrigues, N° 1130341, 1130341@isep.ipp.pt

Supervisão no ISEP: Professor Doutor Luís Pinto Ferreira, lpf@isep.ipp.pt

Empresa: Amorim Revestimentos, S.A.

Supervisão na organização: Engenheiro Luís Espinhosa, lespinhosa.ar@amorim.com



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Sistemas e Planeamento Industrial
Instituto Superior de Engenharia do Porto

2019

Agradecimentos

O seguinte capítulo serve para expressar os meus sinceros agradecimentos a todos os intervenientes que se disponibilizaram para prestar auxílio durante o desenvolvimento da ferramenta *ARSimTool* e da realização deste trabalho.

- Ao meu orientador do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Professor Doutor Luís Pinto Ferreira, pelo apoio fornecido na realização desta dissertação, na disponibilidade para esclarecimento de dúvidas sobre o trabalho e por toda a sua paciência.
- À Amorim Revestimentos S.A. pela oportunidade de realizar um estágio curricular e pelos recursos disponibilizados para realização deste projeto.
- Ao orientador na empresa, Engenheiro Luís Espinhosa, pelo tempo dedicado, paciência e disponibilização de material de apoio para o desenvolvimento da ferramenta e da dissertação.
- Aos Engenheiros Paulo Ferreira e Hernani Pacheco pelo apoio prestado no desenvolvimento da ferramenta e esclarecimento de dúvidas sobre os processos de produção.
- A toda a minha família e amigos, em particular aos meus pais Luís e Isabel Rodrigues, pelo interesse, apoio e motivação demonstrado, tanto no projeto, como na realização deste trabalho e ao longo de todo o meu percurso académico e pessoal.

Resumo

Atualmente, um dos recursos mais importantes para o sucesso de uma empresa é informação. A capacidade de recolha e processamento de dados para auxiliar a tomada de decisões, seja no mercado a apostar ou no equipamento a investir, permite otimizar processos envolvidos em áreas de produção, controlo de qualidade, distribuição, venda, etc. resultando numa diminuição de custos associados a desperdícios de materiais, tempo, consumíveis, reparações, etc.

O presente estudo pretende demonstrar a importância da utilização de sistemas de apoio à tomada de decisão, em particular no setor industrial, bem como do conceito da indústria 4.0.

Este trabalho foi realizado, no âmbito de um estágio curricular, na empresa Amorim Revestimentos S.A., e teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma ferramenta, denominada *ARSimTool*, para a execução de simulações da ocupação das linhas de produção, após ser fornecido uma lista de fluxos de artigos de pavimento e decorativos de paredes, composto por cortiça. Esta foi requisitada em alternativa ao sistema existente, oferecendo capacidades de imitação do modelo produtivo real mais avançadas e funcionalidades adicionais como uma interface intuitiva, automação de atualização de dados, criação de cenários de teste, gestão e edição de fluxos de produção, entre outros.

Palavras-Chave

Otimização, Produtividade, Simulação, Sistemas de apoio à decisão, Indústria 4.0.

Abstract

One of the most valued resources for a company's success nowadays is information. The ability to collect and process data to assist in decision making, whether in the market section or equipment to invest in, provides the means to improve processes involving production, quality control, distribution, sales, etc. resulting in reduced costs associated with waste regarding materials, time, consumables, repairs, etc.

This research aims to demonstrate the importance of decision support systems and simulation tools in process optimization, focusing on the industrial sector, and the implementation of the industry 4.0 concept.

Simultaneously, within a curricular internship in the company Amorim Revestimentos S.A., a tool, named ARSimTool, was developed to perform the simulation of occupational levels of production lines, after providing a list of flooring and wall covers assembly routes, composed of cork. This was requested as an alternative to the existing method, offering advanced representation capabilities of the real model and additional functionality on interface accessibility, autonomous data recovering, creation of testing scenarios, management of product routes along the production floor, among others.

Keywords

Optimization, Production Maximization, Simulation, Decision support systems, Industry 4.0

Siglas/Acrónimos

AHP	– Analytic hierarchy process
AMEF	– Agile Manufacturing Enterprise Forum
AR	– Amorim Revestimentos
ARL	– Amorim Revestimentos de Lourosa
ARO	– Amorim Revestimentos de Oleiros
CTL	– Cut-To-Length
DSS	– Decision Support System
EOR	– Enhanced Oil Recovery
EQF	– Equalizing furnace
ERP	– Enterprise Resource Planning
FAC	– Ferramenta de análise de capacidade
FAL	– Flexible Assembly Line
GOAL	– Growth Opportunity Alliance of Lawrence
LVT	– Luxury Vinyl Tile
MTO	– Make-to-order
NIST	– National Institute of Standards and Technology
OEE	– Overall Equipment Effectiveness
OEE	– Overall Equipment Efficiency
PUR	– Reactive Polyurethane
PVC	– Polyvinyl Chloride
QPC	– Quality Productivity and Competitiveness
S.A.	– Sociedade Anónima
S.G.P.S.	– Sociedade Gestora de participações Sociais
SaaS	– Software as a Service
SDSM	– Scheduling Decision Support Model
SQL	– Structured Query Language
TPS	– Toyota Production System
TQM	– Total Quality Management
VBA	– Visual Basic for Applications
WIP	– Work in Process

Índice de Figuras

Figura 1 - Triângulo de <i>Lewin</i> (Coutinho et al., 2009).....	3
Figura 2 – Metodologia teórica adaptada para o projeto relatado neste trabalho.....	4
Figura 3 – As 9 tecnologias/pilares da indústria 4.0 (Rüßmann et al., 2015).....	12
Figura 4 – Ilustração de um <i>layout</i> de produto fixo.	19
Figura 5 – Esquemática exemplificativa de um <i>Layout</i> de processo.	20
Figura 6 – Esquema de <i>layout</i> por produto.	20
Figura 7 – Esquemática de um <i>Layout</i> celular.	20
Figura 8 – Esquema da linha Cola <i>MDF</i> do setor de acabamentos finais.	23
Figura 9 – Fluxograma do processo de produção de um artigo da família <i>CorkStyle</i>	24
Figura 10 – Produto acabado exemplificativo da família <i>CorkStyle</i> 905x295.....	25
Figura 11 – OEE (<i>Overall Equipment Efficiency</i>).....	28
Figura 12 – Extrato da Ferramenta de Análise de Capacidade v.2.6.....	30
Figura 13 – Esquemática de um código de conversão (Rodrigues, 2019).....	33
Figura 14 – Excerto da folha de <i>Artigos</i>	34
Figura 15 – Excerto da folha de <i>Fluxos</i>	35
Figura 16 – Descrição de um registo de uma tarefa na base de dados da ferramenta. ...	35
Figura 17 – Excerto da folha de <i>Linhas</i>	36
Figura 18 – Calendário de Inatividade.	36
Figura 19 – Menu principal do <i>Baan IV</i> (Cristina & Fortes, 2006).	37
Figura 20 – Implementação de <i>macros</i> na Ferramenta de Análise de Capacidade.	40
Figura 21 – Arquivo <i>VBAProject</i>	41
Figura 22 – Friso da Janela <i>Excel</i>	42
Figura 23 -Menu de Simulação.	43
Figura 24 – Janela de introdução de fluxos.	44

Figura 25 – Exemplo de um registo da lista de linhas do fluxo.	44
Figura 26 – Janela de edição de linhas.	45
Figura 27 – Seção de seleção do período de visualização de resultados.	46
Figura 28 – Folha de <i>Inputs</i>	48
Figura 29 – Seleção da base de dados a utilizar para a simulação.	50
Figura 30 – Folha de <i>Cálculos</i>	50
Figura 31 – Tabela de conteúdos do relatório de simulação.	51
Figura 32 – Folha de relatório com os dados utilizados na simulação.	51
Figura 33 – Folha de Relatório Simplificado.	52
Figura 34 – Folha de Relatório Detalhado.	53
Figura 35 – Folha de mapeamento de fluxos.	53

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Constituição da Corticeira Amorim S.G.P.S., S.A.	5
Tabela 2 – <i>Agile Manufacturing: Inputs e Outputs</i> (Riis & Johansen, 2007).	9
Tabela 3 – Revisão de literatura de ferramentas de apoio à decisão.	14
Tabela 4 – Setores das duas unidades da Amorim Revestimentos	22
Tabela 5 – Aplicação de componentes nas diferentes versões da <i>ARSimTool</i>	31
Tabela 6 – Fontes dos dados de entrada da ferramenta.	37
Tabela 7 – Estrutura do livro <i>ARSimTool</i>	42
Tabela 8 – Estrutura da folha de <i>Inputs</i>	49
Tabela 9 – Teste de validação com fluxos Autêntica.	55
Tabela 10 – Teste de validação com fluxos LVT.	56
Tabela 11 – Teste de validação com fluxos Cork Parquet.	56
Tabela 12 – Teste de validação com múltiplos fluxos.	57
Tabela 13 – Teste de simulação de múltiplos fluxos com indicação de <i>bottlenecks</i>	58
Tabela 14 – Estado do cumprimento dos requisitos definidos.	61
Tabela 15 – Classificação de sistemas de produção (Carvalho, 2008).	68
Tabela 16 – Lista de linhas ARL.	69
Tabela 17 – Lista de Linhas ARO.	70

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TRABALHO.....	1
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO.....	2
1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	3
1.4. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	5
1.5. CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	6
2. REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1. METODOLOGIAS DE APOIO À PRODUÇÃO E INDÚSTRIA 4.0	7
2.2. SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO.....	14
2.3. <i>LAYOUT</i> FABRIL.....	19
3. DESCRIÇÃO DO SISTEMA REAL.....	21
3.1. MAPEAMENTO DE FLUXOS	21
3.2. CARACTERÍSTICAS DAS LINHAS	26
4. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA <i>ARSIMTOOL</i>	29
4.1. PLANEAMENTO	29
4.2. <i>INPUTS</i>	34
4.3. PROGRAMAÇÃO	39
4.4. <i>OUTPUT</i>	48
5. VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA <i>ARSIMTOOL</i>	54
6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO.....	60
6.1. POTENCIAL DA FERRAMENTA <i>ARSIMTOOL</i>	60
6.2. CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS ESTABELECIDOS.....	61
6.3. TRABALHO FUTURO	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ANEXO A – SISTEMAS DE PRODUÇÃO	68
ANEXO B – LINHAS DE PRODUÇÃO	69
ANEXO C – MANUAL DE UTILIZAÇÃO <i>ARSIMTOOL</i>	71

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

O aumento da exigência do cliente sobre a qualidade, variedade e preço de produtos, em paralelo com a evolução, a nível tecnológico, dos mesmos, resultaram num acréscimo da complexidade dos sistemas de produção e no *layout* fabril. Adicionalmente, as tomadas de decisão das quantidades e diversidade nas ordens de fabrico são dificultadas por distúrbios estocásticos ou padrões cíclicos dos níveis de procura, resultando na utilização desequilibrada da capacidade de manufaturação como o caso da atribuição em falta ou excesso de mão de obra às respetivas linhas de produção ou definição das margens de *stocking* de matérias-primas e produtos acabados (Denkena, Dittrich, & Wilmsmeier 2019). Empresas de sucesso investem em métodos de aquisição e processamento para obter uma estimativa precisa desta variabilidade, o que permite (Groenevelt & Sirnon, 1993):

- O planeamento do investimento necessário em equipamento e a sua posição ótima no chão de fábrica;
- O tipo e quantidade de artigos a conceber, de forma a evitar produções excedentes ou insuficientes, levando a um equilíbrio na oferta e na procura;
- Aquisição de matéria-prima estritamente necessária.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve como principal objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta analítica, com recurso à linguagem de programação *VBA (Visual Basic for Applications)*, disponibilizado pelo programa *Excel*, para a simulação da capacidade fabril da empresa Amorim Revestimentos S.A., com a implementação das seguintes funcionalidades:

- a) **Mapeamento de fluxos:** Identificação e rastreio dos fluxos dos artigos ao longo das linhas de produção, com o registo da tarefa a executar, o seu rendimento, mão de obra e *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*;
- b) **Análise de desempenho:** Simulação da capacidade de fabrico de um agregado de produtos (distribuídos por fluxos em comum) para um determinado intervalo de tempo;
- c) **Deteção de *Bottlenecks*:** Indicação dos resultados como margens de falta ou remanescente de mão de obra nas linhas;
- d) **Apresentação intuitiva:** Alternativa aos métodos existentes, focalizada na descrição global do desempenho de produção, em formato de relatório;
- e) **Interface e utilização simples:** Capacidade de gerir e organizar grandes quantidades de dados de forma a simplificar as operações do utilizador;
- f) **Atualização de dados automática:** Implementação de mecanismos para extrair dados de diferentes fontes, formatando-os para serem compatíveis com a ferramenta, evitando o preenchimento manual.

Como complemento a esta projeto, foi realizada uma ampla revisão de literatura sobre sistemas de apoio à decisão na produção, com foco no setor industrial e na sua contribuição para a implementação do conceito de indústria 4.0.

1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

O desenvolvimento deste trabalho segue os princípios da metodologia Investigação-Ação, adaptado por um contexto industrial. Esta metodologia é utilizada em ciências sociais e educativas, como o melhoramento de uma prática profissional através de um ciclo de investigação, formação e ação (ver Figura 1), vinculando alternadamente uma componente teórica e uma componente prática. Em suma, esta abordagem prática procura resolver um problema real através da investigação de soluções, a sua aplicação, teste e repetição (Coutinho et al., 2009).



Figura 1 - Triângulo de *Lewin* (Coutinho et al., 2009).

Múltiplas iterações do ciclo, descrito na Figura 2, foram implementadas durante a investigação sobre o estado da arte de aplicações de apoio à decisão e o desenvolvimento da ferramenta de simulação. A fase inicial do projeto consistiu em:

- **Análise** – O projeto deu início com a observação do problema, a recolha de todas as variáveis envolvidas nos tempos de produção (linhas, turnos, rotas do processo de conceção dos diferentes produtos, etc.);
- **Estudo** – A segunda etapa foi realizada com o estudo dos métodos de registo, previsão e controlo existentes na empresa, em simultâneo com a investigação de ferramentas de análise de apoio à decisão, o conceito de simulação e, plataformas e linguagens de programação para o desenvolvimento do programa;
- **Planeamento** – Decisão sobre as ferramentas a utilizar para o desenvolvimento do projeto, planeamento da sua estrutura, algoritmos de cálculo e funcionalidades;
- **Execução** – Programação das aplicações;
- **Teste** – Testes de verificação da eficácia e eficiência (por esta ordem) das funções implementadas;



Figura 2 – Metodologia teórica adaptada para o projeto relatado neste trabalho.

Os testes permitiram averiguar se os componentes implementados desempenham a sua função e encontram-se dentro dos parâmetros aceitáveis de acessibilidade, simplicidade, velocidade de processamento, entre outros. Caso não se verificasse, estes eram substituídos ou melhorados respetivamente. Este último passo representa o início de uma nova iteração que se repetiu sucessivamente durante o desenvolvimento da ferramenta:

- **Análise** – Conclusões obtidas pelos testes realizados e deteção do problema;
- **Estudo** – Revisão dos componentes responsáveis e estudo de comandos e algoritmos alternativas;
- **Planeamento** – Planeamento da implementação das correções, com a ponderação dos impactos positivos e negativos dos mesmos;
- **Execução** – Aplicação da solução;
- **Teste** – Teste da solução.

Este ciclo foi repetido até que a função operasse como pretendido, onde o trabalho avançou para a próxima etapa.

No final do projeto, foram efetuados testes de avaliação das funcionalidades e precisão da ferramenta para validar a sua utilização como método de previsão da capacidade de produção e ocupação das linhas.

1.4. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O seguinte trabalho foi realizado no âmbito de um estágio curricular na unidade de Oleiros da empresa Amorim Revestimentos S.A., um dos cinco elementos do Grupo Amorim.

O Grupo Amorim, uma das maiores multinacionais portuguesas, remonta a sua origem ao ano de 1870, sendo atualmente líder mundial no setor do negócio da cortiça. A sua atividade, inicialmente exclusiva do mercado de rolhas para garrafeiras de vinho, expandiu para a produção ou contribuição em áreas como turismo, imobiliário, têxteis, telecomunicações, enologia¹, entre outros. Em todas as operações produtivas, a sua matéria-prima nuclear consiste na cortiça.

Atualmente, a Corticeira Amorim S.G.P.S. S.A., presidida por António Rios Amorim, agrupa cinco elementos empresariais descritos na (ver Tabela 1) (Corticeira Amorim, 2013):

Tabela 1 – Constituição da Corticeira Amorim S.G.P.S., S.A.

<i>EMPRESA</i>	<i>ÁREA</i>
<i>Amorim Florestal, S.A.</i>	Produção de Matéria-Prima
<i>Amorim & Irmãos, S.G.P.S., S.A.</i>	Produção de rolhas
<i>Amorim Revestimentos, S.A.</i>	Revestimentos Flooring/Wallcover
<i>Amorim Isolamentos, S.A.</i>	Isolamentos em aglomerado de cortiça expandida
<i>Amorim Cork Composites, S.A.</i>	Produção de Aglomerados Compósitos

A unidade de negócios Amorim Revestimentos é uma das maiores produtoras e distribuidores de pavimentos e decorativos de parede, constituídos por cortiça, a nível mundial. A sua área de mercado estende-se a mais de 70 países. As principais marcas desta unidade são a *Wicanders*, *Corklife* e *Cortex* (Amorim, 2019).

¹ Enologia – Ramo da ciência responsável pela produção e conservação do vinho.

1.5. CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é constituída por seis capítulos de conteúdo e secções adicionais:

- **Capítulo 1. Introdução** – Secção de exposição dos objetivos do projeto realizado, a metodologia de investigação empregada, uma breve descrição da empresa e da estrutura do relatório;
- **Capítulo 2. Revisão de Literatura** – Este capítulo descreve o estudo efetuado sobre métodos e ferramentas de apoio à decisão, com o foco no contexto industrial;
- **Capítulo 3. Descrição do sistema real** – Descrição dos componentes do processo de produção a simular, como os fluxos de artigos e as características das linhas;
- **Capítulo 4. Desenvolvimento da ferramenta *ARSimTool*** – Descrição dos passos efetuados no desenvolvimento da ferramenta de simulação, desde o planeamento e dados de entrada, às funcionalidades aplicadas e *output*;
- **Capítulo 5. Validação da ferramenta *ARSimTool*** – Secção contendo os múltiplos testes de simulação efetuados para avaliar a precisão da ferramenta;
- **Capítulo 6. Conclusões e trabalho futuro** – Secção final com a descrição do potencial da ferramenta para a empresa, aspetos a melhorar e trabalho futuro;
- **Referências bibliográficas** – Lista de fontes consultadas durante a investigação e o desenvolvimento da ferramenta;
- **Anexos** – Conteúdo informativo auxiliar sobre os temas abordados no trabalho, incluindo o manual de instruções da ferramenta.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. METODOLOGIAS DE APOIO À PRODUÇÃO E INDÚSTRIA 4.0

O aumento dos requisitos e preferências individuais dos consumidores proporcionou o incremento na diversidade de produtos e respetivas variantes, levando à diminuição de sistemas de produção em série e ao aumento de sistemas de produção em lotes (Uma breve classificação de sistemas de produção encontra-se no anexo A, Tabela 15), resultando num acréscimo de investimento em instalações e equipamentos, contratação de mão de obra de maior versatilidade de habilitações e proficiências, planeamento, logística e sistema de gestão e controlo. Simultaneamente, a sustentabilidade das vantagens competitivas no mercado, capacidade de satisfação das necessidades e expectativas dos clientes obriga à consistência na qualidade e no preço dos produtos (Pielmeier et al., 2019), tendo como o principal obstáculo a concorrência global que introduz alternativas de produtos de baixo custo, provenientes de países com mão de obra abundante e barata. Resumindo, colmatar os custos de operação é vital para garantir o sucesso de uma empresa no setor industrial. Existem inúmeros métodos, abordagens e ferramentas de controlo e gestão para otimizar os processos fabris de forma a reduzir custos e desperdícios.

2.1.1. METODOLOGIAS DE PRODUÇÃO

Lean Manufacturing é um exemplo de uma abordagem de otimização de processo. O termo apareceu pela primeira vez, em 1990, no livro “*The Machine That Changed the World*”, da autoria de *James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos*, onde foram comparadas diferentes empresas Japonesas e Americanas, chegando à conclusão de que a mais eficiente era a empresa *Toyota Motor Company* com o seu sistema de produção, *Toyota Production System (TPS)* (Dekier, 2012). Esta abordagem integra diversos princípios essenciais de gestão de produção Japonesa da década dos 70s e 80s (Riis & Johansen, 2007), nomeadamente:

- **Gestão de desperdícios:** valorizando o princípio de eliminação de desperdícios da *Kaizen*. Derivado das palavras *Kai* (Mudança) e *Zen* (positivo), mudança positiva, esta filosofia de gestão Japonesa dá ênfase ao melhoramento contínuo, ao invés do melhoramento momentâneo proporcionado pela inovação.
- **Gestão de abastecimento:** Aplicação dos princípios de *Just-In-Time*. Este conceito foi inspirado na famosa frase de *Henry Ford* (Groenevelt & Sirnon, 1993): “Não há motivo de compra de materiais além do seu uso imediato. Se o transporte fosse perfeito e um fluxo adequado dos mesmos garantido, não seria necessário transportar qualquer *stock*.”. O ideal retirado de *Lean Manufacturing* consiste na utilização da quantidade estritamente necessária de recursos no local e no momento exato em que são solicitados em toda a cadeia de abastecimento.
- **Gestão de Qualidade:** agregação de metodologias de Gestão da Qualidade Total (*TQM*). A empresa de consultadoria norte americana *GOAL/QPC (Growth Opportunity Alliance of Lawrence, Quality Productivity and Competitiveness)* define *TQM* como um sistema de gestão estruturado que engloba a participação de todos os elementos de uma empresa no planeamento e implementação do processo de melhoria contínua, com o objetivo de exceder as expectativas do cliente (Kiran, 2016).

Lean Manufacturing apresenta uma estrutura bem organizada de métodos e filosofias, sendo a sua aplicação focada na cadeia de abastecimento, mais eficiente em produção cíclica e repetitiva com baixas variações na procura.

Em 1991, uma filosofia mais abrangente, denominada *Agile Manufacturing*, deu origem num projeto do fórum *AMEF (Agile Manufacturing Enterprise Forum)*, afiliado com a Universidade Lehigh, Pensilvânia, Estados Unidos, que tomou o aumento da dinâmica e imprevisibilidade do ambiente industrial como ponto de partida, definindo “Agilidade” como a capacidade de operar, com lucro, num ambiente competitivo de mudanças contínuas e imprevisíveis das oportunidades criadas pelas tendências, necessidades e expectativas dos clientes (ver Tabela 2) (Riis & Johansen, 2007). Os objetivos desta abordagem consistem na maximização do controlo sobre as variações imprevisíveis do mercado, dos processos organizacionais e abastecimento (fornecedores e distribuição).

Tabela 2 – *Agile Manufacturing: Inputs e Outputs* (Riis & Johansen, 2007).

INPUTS	<p>Capacidade de aprendizagem organizacional, mão de obra com maior versatilidade de habilitações e competências.</p> <p>Exemplos: Formações, programas de integração, programas de treinamento (<i>Treinees</i>), entre outros.</p>
	<p>Prioridade na recolha e tratamento de dados para prever as mudanças e as tendências do mercado, ao invés da gestão de inventário, para determinar as quantidades certas de materiais a adquirir e planear as próximas configurações dos processos produtivos.</p>
OUTPUTS	<p>Agilizar a reconfiguração de <i>layouts</i> fabris. Por outras palavras, alternar e/ou criar (inovar) novos <i>setups</i> com a máxima antecedência e mínima duração possível.</p>
	<p>A versatilidade de competências adquiridas pelos colaboradores, através de formações, permite a redistribuição das suas para acompanhar as modificações efetuadas no processo produtivo (mão de obra adaptável). Adicionalmente, esta característica facilita a implementação das mudanças descritas no ponto anterior.</p>

Atualmente, *Agile Manufacturing* também integra o desenvolvimento de redes cooperativas de trabalho entre empresas industriais, conseqüentemente procurando controlar e criar respostas às relações dinâmicas construídas neste processo. Perante esta situação, é frequente optar por uma perspetiva que abrange o ciclo total de vida do produto, onde o plano é integrado num processo de produção holístico², incorporando todas as componentes intervenientes na conceção, desde a relação com os fornecedores até ao descarte do produto no seu fim de vida (Riis & Johansen, 2007).

Steve Brown (em McLean & Leong, 2001), autor do livro *Strategic Manufacturing for Competitive Advantage – Transforming Operations From Shop Floor To Strategy*, sugere a adoção de uma abordagem mais sofisticada, *Strategic Manufacturing* (produção estratégica), definindo-a como:

- Tomar a capacidade operacional de produção como uma competência nuclear;
- Possuir uma visão a longo prazo da situação empresarial;
- Manter-se a par de todas as oportunidades de mercado;
- Investir apenas nos setores onde a empresa consegue competir para superar a concorrência, evitando aqueles onde não consegue;
- Investimento em parcerias:
 - Verticais – Colaboração com intervenientes na rede de distribuição e fornecimento para a minimização de riscos e a negociação de preços mais baixos em troca de compromissos a longo prazo;
 - Horizontais – Cooperação com entidades concorrentes para melhorar a sua posição no mercado.

O autor acrescenta (em McLean & Leong, 2001): “Algumas das decisões tomadas na estratégia de produção incluem investimentos em tecnologia, expansão do negócio através da aquisição de novas infraestruturas e incremento de capacidade produtiva, relações fornecedor/comprador estratégicas, unir forças com outras firmas, integração dos diferentes níveis da cadeia de chefias da empresa, etc.”.

² Consideração integral de todos os componentes de um processo, ao contrário da análise isolada de cada um dos seus constituintes.

2.1.2. SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO

Charles McLean e Swee Leong, dois engenheiros do grupo de modelação e simulação de produção do NIST (*National Institute of Standards and Technology*) em Gaithersburg, defendem que a simulação industrial deve ser tratada como uma componente estratégica de produção (McLean & Leong, 2001).

No livro “*The Handbook of Simulation*”, (Banks, 1998) define simulação como a imitação da operação de um processo real. Esta envolve a análise e a geração de um histórico artificial para efetuar previsões sobre as suas características operacionais do sistema real que representa. Simulação é uma metodologia de resolução de problemas indispensável para a solução de muitas situações reais, prestando auxílio na conceção ou melhoramento de um modelo através da descrição do comportamento atual e apresentação de diferentes cenários a considerar. Ambos os sistemas, conceptuais ou já existentes, podem ser modelados através de simulações.

Segundo (McLean & Leong, 2001), o desenvolvimento de ferramentas de simulação de produção permite a construção de modelos representativos do comportamento da organização industrial com o objetivo de comparar a sua situação atual com cenários virtuais resultantes de tomadas de decisão sobre investimentos em novas tecnologias, instalações, gestão de materiais, recursos humanos, entre outros. Em maior detalhe, estas podem incluir (McLean & Leong, 2001):

- Avaliação da produtividade de novos produtos em fase de conceção;
- Apoio no desenvolvimento e validação dos dados de processo de novos artigos;
- Assistência no planeamento de novos sistemas e processos produtivos;
- Avaliação do impacto de novos produtos na performance da empresa, na alocação de recursos materiais, mão de obra e apresentação de alternativas de agendamento da produção;
- Mapeamento e análise de *layouts* fabris e fluxo de materiais nos diferentes setores e linhas;
- Avaliação da resposta da capacidade à absorção de diferentes ordens de produção;
- Formação de colaboradores no setor de produção e suporte;
- Desenvolvimento de métricas para comparação de resultados e apoio ao melhoramento continua das operações.

Para sumarizar, a complexidade dos processos produtivos e dos dados recolhidos pelo setor industrial, têm vindo a aumentar. As decisões tomadas nas questões referidas acima levam em consideração um número de variáveis que ultrapassam a capacidade de um ser humano as considerar em simultâneo sem qualquer suporte. A simulação oferece a possibilidade de testar diferentes decisões de forma rápida e sem consequências, oferecendo a capacidade de previsão e avaliação da melhor alternativa a optar. Líderes e pioneiros da tecnologia industrial em diversos setores (Aeroespacial, militar, automóvel, etc.) efetuam grandes investimentos deste software em vários níveis das suas organizações (Schrage, 1999).

Simulação é uma das 9 tecnologias impulsionadoras da **indústria 4.0** (Ver Figura 3).

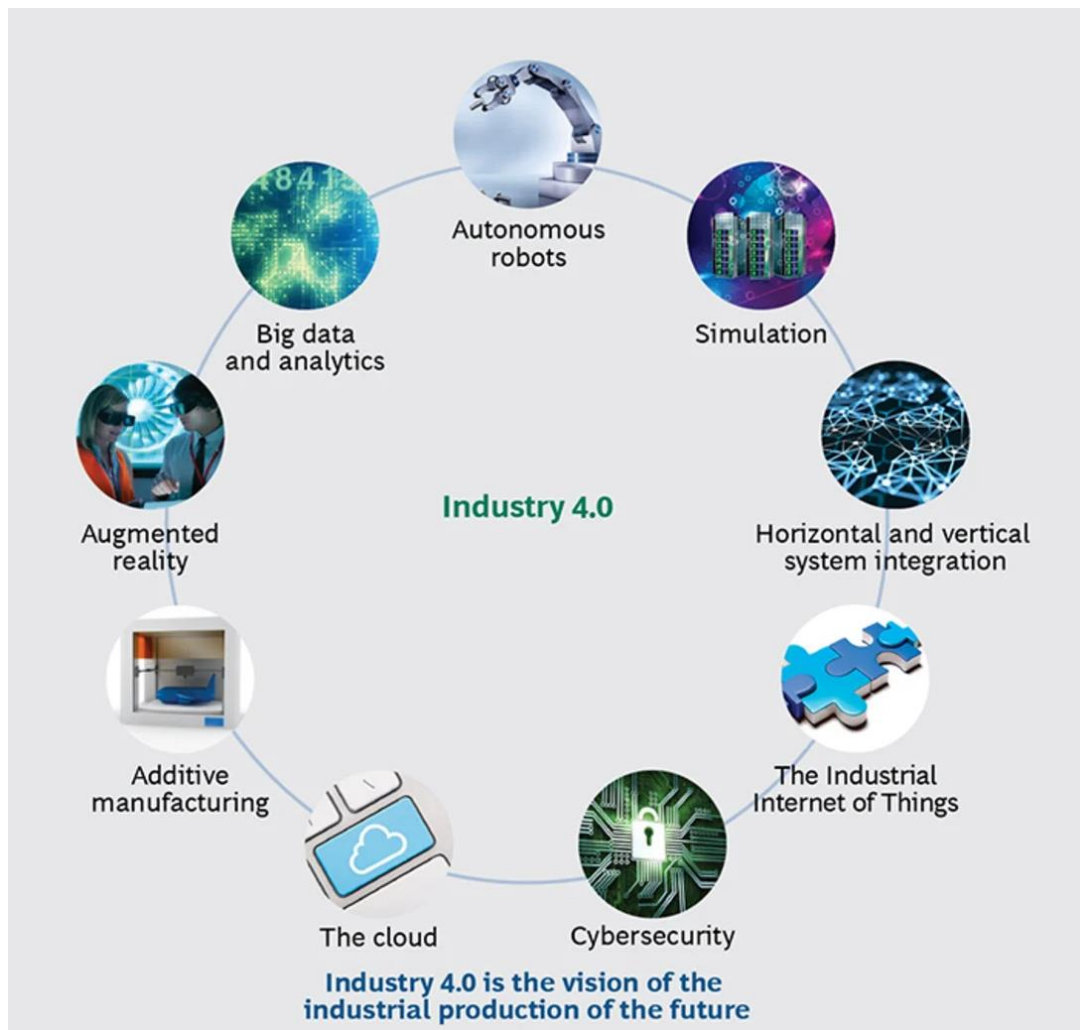


Figura 3 – As 9 tecnologias/pilares da indústria 4.0 (Rüßmann et al., 2015).

Em 2011, o conceito “Indústria 4.0” foi criado por uma iniciativa do governo federal Alemão, em conjunto com universidades e empresas privadas, que consistiu num programa estratégico para desenvolver sistemas de produção avançados com o objetivo de aumentar a produtividade e eficiência da indústria nacional. Este termo define o próximo patamar industrial ao integrar diversas tecnologias revolucionárias que incrementam o valor de todo o ciclo de vida do produto. Idealmente, todos os processos aplicados no fluxo de conceção são efetuados com abordagens inteligentes (*Smart Working*) (Longo, Nicoletti, & Padovano, 2017) e interligados, de forma a comunicar e trocar informação com todas as entidades participantes no fluxo. (Frank, Dalenogare, & Ayala, 2019).

A indústria 4.0 foi baseada no conceito de manufatura avançada ou *Smart Manufacturing*, caracterizado pela tecnologia de comunicação e computação que permite que todas partes, sejam pessoas ou máquinas, desde os fornecedores até ao chão de fábrica, comuniquem entre si e sejam orientados por sistemas de apoio à decisão. Isto permite maximizar a flexibilidade, rendimento, produtividade e qualidade dos processos de produção e numa coordenação inteligente entre as necessidades e fornecimento, redução do tempo de chegada do produto ao mercado, personalização do mesmo em massa e redução de custos associados a desperdícios de materiais e paragens das máquinas (Davis, 2017).

Um relatório efetuado por uma equipa em Munique da consultora BCG (*The Boston Consulting Group*) afirma que a intercomunicação e interação entre diferentes setores, máquinas e pessoas de uma indústria podem aumentar a velocidade de produção em 30%, a eficiência em 25% e incrementar a capacidade de personalização de produtos em massa. O estudo, realizado na Alemanha, afirma que o setor industrial do país tem a capacidade de obter ganhos de 5 a 8 %, equivalente à redução de custos entre 90 e 150 mil milhões de euros. Durante um período de 10 anos, o impacto da implementação dos princípios desta indústria poderá contribuir no crescimento anual do PIB (produto interno bruto) em 1%, na criação de 390,000 postos de trabalho e acrescentar 250 mil milhões de euros no investimento industrial (cerca de 1% a 1,5% na receita dos fabricantes). Por outro lado, é estimado que esta transformação leve um período total de 20 anos a ser aplicada. (Rüßmann et al., 2015).

2.2. SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO

Um sistema de apoio à decisão consiste num modelo matemático (como heurísticas), ou agregação de diversos modelos, integrados num sistema computacional que formula soluções ótimas para problemas de planeamento por via de um conjunto de dados, parâmetros e restrições. Estas ferramentas interativas variam mediante a sua complexidade, desde simples programas de estrutura de cálculo fixa, a *software* sofisticado de *machine learning*, com a capacidade de alterar os parâmetros dos seus algoritmos quando alimentados por conjuntos de dados de treino (*training data sets*), ou inteligência artificial (Al-Jumeily, Hussain, Mallucci, & Oliver, 2016). Na prática, estes automatizam uma variedade de tarefas de planeamento e gestão. Isto permite fornecer auxílio na tomada de decisão para entidades não especializadas no tema em questão, funcionando como uma fonte de conhecimento que pode ser atualizada e assimilada com outras tecnologias (Prasad & Ratna, 2018).

Durante a revisão de literatura, foram estudados múltiplos exemplos de ferramentas de apoio à decisão (ver Tabela 3) para analisar o impacto que estas trouxeram nas áreas em que foram desenvolvidas, como planeamento de produção, armazenamento, investimento, manutenção, entre outras.

Tabela 3 – Revisão de literatura de ferramentas de apoio à decisão.

<i>Referências Bibliográficas</i>	<i>Descrição do Trabalho</i>
<i>(Alemany, Ortiz, & Fuertes-Miquel, 2018)</i>	O desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão, na plataforma Eclipse v3.7.0., em linguagem JAVA, com a biblioteca de algoritmos de <i>Machine Learning</i> , <i>Gurobi</i> v4.6., destinada a auxiliar no planeamento da produção de margens de artigos para armazenagem e encomenda, foi aplicada e validada numa indústria de azulejos cerâmicos. Este programa permitiu o cálculo de múltiplos cenários, modificando diferentes restrições para avaliar a melhor configuração de alterações nas margens de produtos, quantidades de pedidos aceites e calendarização de produção que produzia os melhores resultados.

<i>(Choy et al., 2011)</i>	No modo de manufaturação MTO, o processo fabril não possui uma ordem fixa de tarefas, existindo fluxos diferentes para cada tipo de artigo. Este trabalho descreve a implementa�o de um modelo SDSM híbrido, combinado com um algoritmo genético e um módulo de otimiza�o para simular diferentes planos de calendariza�o das ordens de produ�o com o objetivo de reduzir o tempo de planeamento, atrasos entre mudanças de <i>setups</i> fabris e redu�o de custos associados. Os custos relativos a atrasos reduziram de 27% para 12% em fun�o do custo de produ�o e a margem de projetos em atraso reduziu de 32% para 13%. Pelo método tradicional, o tempo de processamento do plano correspondia a 1045s para 5 projetos e 6320s para 20 projetos, passando para 214s e 401s respetivamente com o uso desta ferramenta.
<i>(Erozan, 2019)</i>	Este estudo descreve um método de apoio � decisão para a gestão das opera�es de manuten�o de componentes críticos em sistemas de manufatura�o, os ciclos de trabalho, a taxa de utiliza�o da capacidade e o <i>stock</i> de segurança. Adicionalmente, efetua o cáculo dos custos associados � manuten�o e fiabilidade. Este método foi analisado em três componentes reparáveis de uma indústria, demonstrando que o mesmo tem um maior impacto na fiabilidade. Ao mesmo tempo, indicou os custos que devem ser reduzidos.
<i>(F. T. S. Chan, Au, & Chan, 2006)</i>	Este projeto consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta de apoio � decisão para o planeamento de produ�o numa célula de anodiza�o. O modelo corresponde a um algoritmo genético de sequenciamento do carregamento das máquinas. Os primeiros testes de valida�o demonstraram que era possível diminuir o número de opera�es em 20%, o número total de tipos de configura�es de peças foi reduzido de 64 para 46 e as folgas de tempo diminuíram de 50 a 30 unidades de tempo.
<i>(Figueira et al., 2015)</i>	Neste trabalho, foi construído um <i>DSS</i> , em Software como serviço (SaaS), para auxiliar uma empresa de produ�o de celulose e papel a otimizar o seu plano de produ�o. A estrutura da ferramenta foi implementada por diferentes plataformas como <i>SQL</i> e <i>Excel</i> . Esta soluço, numa fase experimental, resultou na redu�o de custos de produ�o de 34%, acumula�o de trabalho em 6,4%, custos de <i>setups</i> em 10, inventário em 2,6% e aumento da produtividade em 2%.

<i>(Gomes da Silva, Figueira, Lisboa, & Barman, 2006)</i>	Este artigo apresenta um modelo de programação linear, multicritério, para resolver problemas no planeamento de produção agregada, testado numa indústria Portuguesa de produtos de construção, como granito polido para pavimentos. O modelo foi desenvolvido para otimizar três fatores: lucro, ordens atrasadas e alterações na mão de obra.
<i>(Guo, Wong, Leung, & Fan, 2009)</i>	Este estudo envolveu o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão inteligente para o controlo de produção de uma linha de montagem flexível (<i>FAL</i>). Este modelo possui uma função para gerar uma lista de atribuição de operações aos postos de trabalho. Uma segunda função heurística define o fluxo de produtos com operações iguais para os postos apropriados, em tempo real, para maximizar a velocidade de produção e do uso da capacidade das máquinas. Os primeiros testes realizados com esta ferramenta indicam que a linha atingiu uma eficiência entre 87,48% e 98,12%. O tempo de paragem da linha foi registado como 9,4% do ciclo de produção.
<i>(Lorenzer, Weikert, Bossoni, & Wegener, 2007)</i>	Neste artigo é descrita uma ferramenta de modelação, simulação e avaliação para apoio à decisão na conceção de designs de máquinas reconfiguráveis. O programa calcula as propriedades estáticas e simula as dinâmicas da estrutura da máquina como base para a avaliação da sua performance. Modelos com diversas variantes da sua estrutura são construídos utilizando uma biblioteca modular contendo exemplares virtuais dos respetivos módulos físicos.
<i>(Melouk, Freeman, Miller, & Dunning, 2013)</i>	O projeto descrito neste artigo consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta de simulação para uma firma de produção de aço. O objetivo consistia em minimizar os custos de inventário e paragem da linha <i>CTL</i> e <i>EQF</i> . O 1º teste, focado no inventário <i>WIP</i> , obteve uma redução de custos de 30,1%. Os seguintes testes de fator único obtiveram resultados crescentes até a uma utilização da máquina de 98,7% e 75,0% de redução de custos. Com simulações de múltiplos fatores, o melhor resultado corresponde a uma utilização de 100% e uma poupança de 77,1%.
<i>(Miller, Finke, Kupinski, & Ligetti, 2019)</i>	O artigo descreve o funcionamento de uma ferramenta de apoio à decisão de soldadura, <i>WeldANA</i> , que analisa e indica a viabilidade de implementar um processo de soldadura num determinado design, removendo a necessidade de contratar mão de obra especializada na área de ciências dos materiais, consequentemente reduzindo custos.

<i>(Opacic, Sowlati, & Mobini, 2018)</i>	Um modelo de simulação de eventos discretos foi criado para avaliar o impacto de diferentes configurações do layout fabril de uma indústria de produtos de madeira modificados no Canadá. Este projeto permitiu concluir que a proposta inicial da substituição de um equipamento de dimensionamento que se encontrava em <i>bottleneck</i> resultaria apenas no deslocamento do gargalo para outro ponto da linha. Em alternativa, a ferramenta indicou que a contratação de um operário adicional e a automação de uma tarefa de transporte poderiam aumentar a velocidade de execução desta tarefa em 21%.
<i>(Opritescu, Hartmann, Riedl, Ritter, & Volk, 2019)</i>	No seguinte artigo, é apresentado um modelo de otimização, numa oficina de prensagem do setor automóvel, da utilização da capacidade e recursos das máquinas e ferramentas através da calendarização ideal dos processos a efetuar. Funções adicionais permitem avaliar o risco de cada cenário, controlo do fornecimento de materiais às linhas e apresentação do calendário de produção.
<i>(Pinto Ferreira, Pereira, & Machado, 2019)</i>	O trabalho descrito neste artigo consistiu no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão, com recurso à linguagem de simulação <i>ARENA</i> , <i>VBA</i> , <i>Microsoft Access</i> e <i>Crystal Report</i> , que permite a construção automática de modelos de simulação com diferentes estratégias de controlo para redefinição de fluxos de processamento de materiais, utilizando como base de estudo, o Sistema de Controlo das Linhas Hidro (<i>SCLH</i>), responsável pela coordenação de um conjunto de linhas de produção na fábrica <i>BLAUPUNKT</i> , em Braga, Portugal. Futuramente, foi integrado na ferramenta um gerador automático de relatórios que apresenta a avaliação do comportamento do modelo concebido através de gráficos com os valores principais de índices de desempenho do sistema.
<i>(Poon, Choy, Chan, & Lau, 2011)</i>	No seguinte artigo é descrito um sistema de apoio à decisão, em tempo real, para operações de produção de formar a resolver problemas relacionados com necessidades estocásticas de matérias-primas. As operações de produção e armazenamento são monitorizadas por um sistema de Identificação por Frequência de Radio e um algoritmo genético formula soluções praticáveis.
<i>(Sakalli & Birgoren, 2009)</i>	Este artigo descreve a construção e implementação de uma ferramenta de apoio à decisão utilizando uma interface em Excel e software de otimização, Lingo, para auxiliar na gestão de problemas relacionados com a produção de latão numa fábrica na Turquia. A ferramenta calcula a quantidade ótima de matérias-primas, respetivamente zinco, cobre e pequenas porções de outros metais, para o processo de fusão. Nos testes iniciais, o resultado indicou um decréscimo de 21% no custo de materiais

<i>(Slotina & Dace, 2016)</i>	O seguinte estudo incluiu o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão para analisar o impacto da implementação de um sistema de reaproveitamento numa empresa de produção de eixos <i>Cardan</i> . Os resultados teóricos obtidos indicam uma subida na produtividade em 46%, uma redução no consumo de materiais em 39% e emissões de CO ₂ em 38%. O consumo de combustível e energia elétrica é reduzido em 10% e 5% respetivamente. Os lucros poderão aumentar entre 30% a 37%.
<i>(Taha & Rostam, 2012)</i>	Este artigo descreve um sistema de apoio à decisão, que utiliza uma abordagem híbrida de um processo analítico hierárquico (<i>AHP</i>) difuso e o método <i>Promethee</i> ³ , para a seleção das máquinas a adquirir para o modo flexível de manufatura em células. O Software pode utilizar um número ilimitado de condições, possui a habilidade de alterar os valores de confiança e os índices de otimização para mostrar o efeito que produzem no peso de cada condição.
<i>(V. K. Chan, Chan, & Torabi, 2015)</i>	Este artigo relata o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão capaz de prever a quantidade de extração de petróleo bruto com base nas diferentes aplicações sequenciais de técnicas de reforço de recuperação de petróleo (<i>EOR</i>) e nos parâmetros de reservatório e da operação relativos à viscosidade do óleo, pressão do reservatório, dimensão, etc.

³ *Promethee – Preference ranking organization method for enrichment evaluation*

2.3. LAYOUT FABRIL

Antes de iniciar o desenvolvimento da ferramenta de simulação, houve a necessidade de fazer um reconhecimento do sistema real a representar. De forma a compreender a dinâmica dos fluxos de materiais pelas linhas de produção, foi efetuado um estudo prévio sobre géneros de *layouts* fabris.

Um *layout* fabril é designado como a disposição espacial de equipamentos, linhas, postos de trabalho, etc. no recinto de uma instalação fabril (D'Antonio, Saja, Ascheri, Mascolo, & Chiabert, 2018). Num estudo realizado pelo Instituto Francês de Mecânica Avançada, do campo universitário de *Cézeaux*, e pelo Instituto Nacional de Ciências Aplicadas e Tecnologia de Tunes, Tunísia, sobre problemas derivadas à disposição de máquinas em instalações fabris (Dira, Pierreval, & Hajri-Gabouj, 2007), são identificados quatro tipos de organização do chão de fábrica:

- *Layout* de produto fixo – Tal como o nome sugere, o produto mantém-se num local fixo enquanto os recursos, necessários à sua produção, deslocam-se para o mesmo onde são realizadas as respetivas operações. Este método é utilizado para produtos de grandes dimensões como o exemplo da construção de edifícios, embarcações marítimas (Cargueiros, fragatas, cruzeiros, etc.), veículos aeroespaciais (Aviões, foguetões, vaivéns, etc.) (Figura 4);

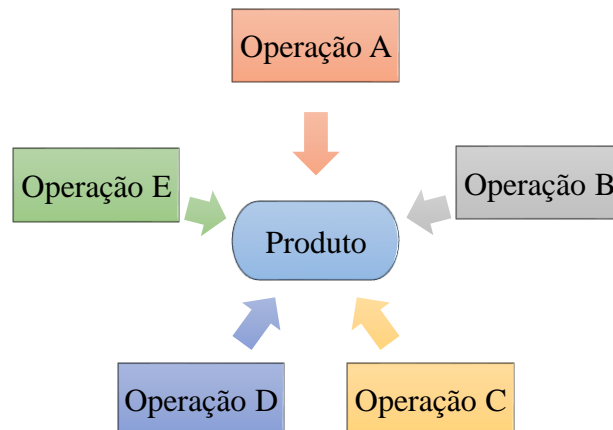


Figura 4 – Ilustração de um *layout* de produto fixo.

- *Layout* de processo – Nas situações onde se produz uma grande variedade de artigos, é comum adotar uma disposição onde os postos de trabalho são divididos em seções, agrupados pelo tipo de operação realizada (Figura 5).

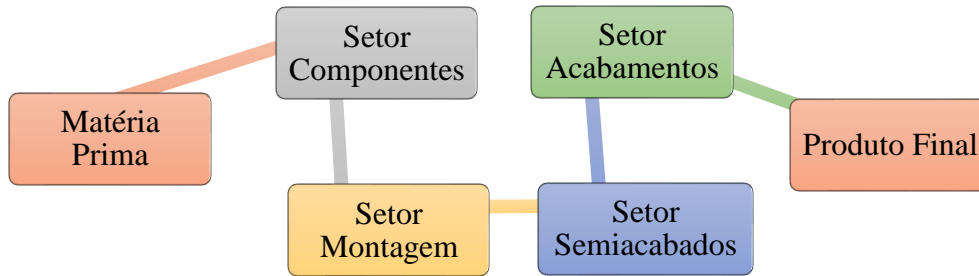


Figura 5 – Esquematização exemplificativa de um *Layout* de processo.

- *Layout* de produto – Nas indústrias de produção em massa ou em série, com produtos de baixa variedade, é comum organizar os postos de trabalho em sequência de operações de conceção do artigo. A mesma linha possui as máquinas necessárias para executar todas as tarefas para a construção do produto organizadas espacialmente em função da sequência de operações responsáveis pela manufatura do mesmo (Figura 6).

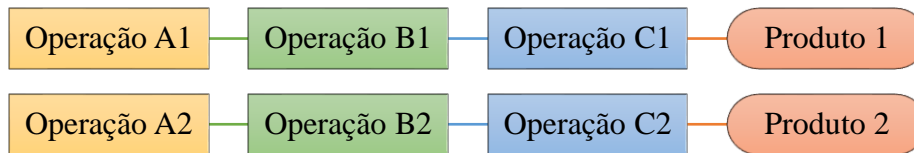


Figura 6 – Esquema de *layout* por produto.

- *Layout* celular – O último método representa um misto de *layouts* de processo e produto, onde as máquinas são agrupadas em nichos (células) para operar sobre grupos de componentes semelhantes. O produto final é composto por componentes processados por diferentes células (Figura 7).

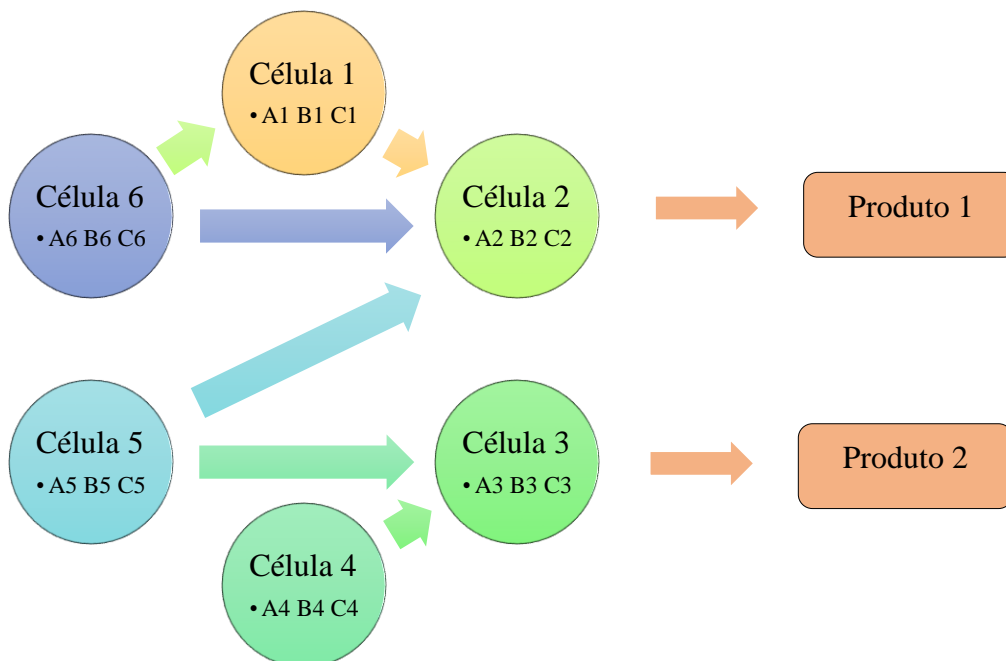


Figura 7 – Esquematização de um *Layout* celular.

3. DESCRIÇÃO DO SISTEMA REAL

3.1. MAPEAMENTO DE FLUXOS

A empresa Amorim Revestimentos S.A. está dividida entre duas instalações, ARL (Amorim Revestimentos de Lourosa) e ARO (Amorim Revestimentos de Oleiros). A primeira unidade, possui como principais funções, o processamento de matérias-primas (Cortiça) para a conceção de bases de cortiça, blocos, aglomerados, decorativos derivados de cortiça (entre outras tarefas, consultar o anexo B). A segunda, ARO, é responsável por parte da fabricação e tratamento de materiais comprados, tal como todos os produtos provenientes da unidade Lourosa, integrando-os em semiacabados, onde aplica os acabamentos finais para formar o produto acabado. Esta última unidade possui três setores diferentes dedicados a acabamentos (Acabamentos finais 1, 2 e 3 – Tabela 4) com operações como colagem de decorativos às bases, cortes finais, envernizamentos, pinturas, colocação em paletes e embalamento.

Tabela 4 – Setores das duas unidades da Amorim Revestimentos.

UNIDADES	SETORES
AR Lourosa (ARO)	Acabamentos Finais
	Fábrica de Blocos
	Produtos Base
AR Oleiros (ARL)	Acabamentos Finais 1
	Acabamentos Finais 2
	Acabamentos Finais 3
	AFSIC
	Componentes

A distribuição das linhas pelas instalações segue uma norma de agrupamento por tipo de função, sendo que o produto se desloca pelos diferentes setores, onde são realizadas as operações de transformação e integração de componentes, definindo o fluxo de produção do mesmo. O tipo de *layout* das unidades da Amorim Revestimentos segue uma lógica de processo (Ver Figura 5, Subcapítulo 2.3). Embora seja muito utilizado, este método não apresenta muitas vantagens (Bennett, 2015). A sua vasta adoção devesse principalmente a situações históricas onde máquinas semelhantes eram agrupadas porque se alimentavam da mesma fonte elétrica. Algumas vantagens incluem a facilidade de gestão de mão-de-obra e supervisão especializada por setor, ao mesmo tempo permite uma maior flexibilidade na alteração da prioridade de produção dos lotes de artigos a meio do processo de fabrico. Consequentemente, as mudanças de *setup* são mais frequentes, a deslocação do material é maior, levando a tempos de processamento mais extensos e a necessidades acrescidas de *buffering* (armazenamento temporário de componentes para salvaguardar o risco de escassez de recursos, permitindo reduzir ou mesmo eliminar paragens) (Belaid, T'Kindt, & Esswein, 2012).

3.1.1. DESCRIÇÃO DOS FLUXOS

Todos os artigos fabricados na empresa possuem um fluxo de produção composto por um conjunto de gamas operatórias, onde cada gama representa um conjunto de tarefas realizadas por diferentes linhas. Por sua vez, cada linha é constituída por um misto de postos de trabalho desempenhados por operários e/ou máquinas automatizadas.

Os *inputs* e *outputs* das linhas são movidos, em paletes, por empilhadores dentro do mesmo setor e, em camiões para diferentes setores ou unidades. Todos os postos de uma linha são conectados por tapetes rolantes e plataformas em carris para transporte dos produtos a processar. Na Figura 8 encontra-se o modelo do *layout* da linha de Colagem MDF, como exemplo genérico da constituição de uma linha de produção.

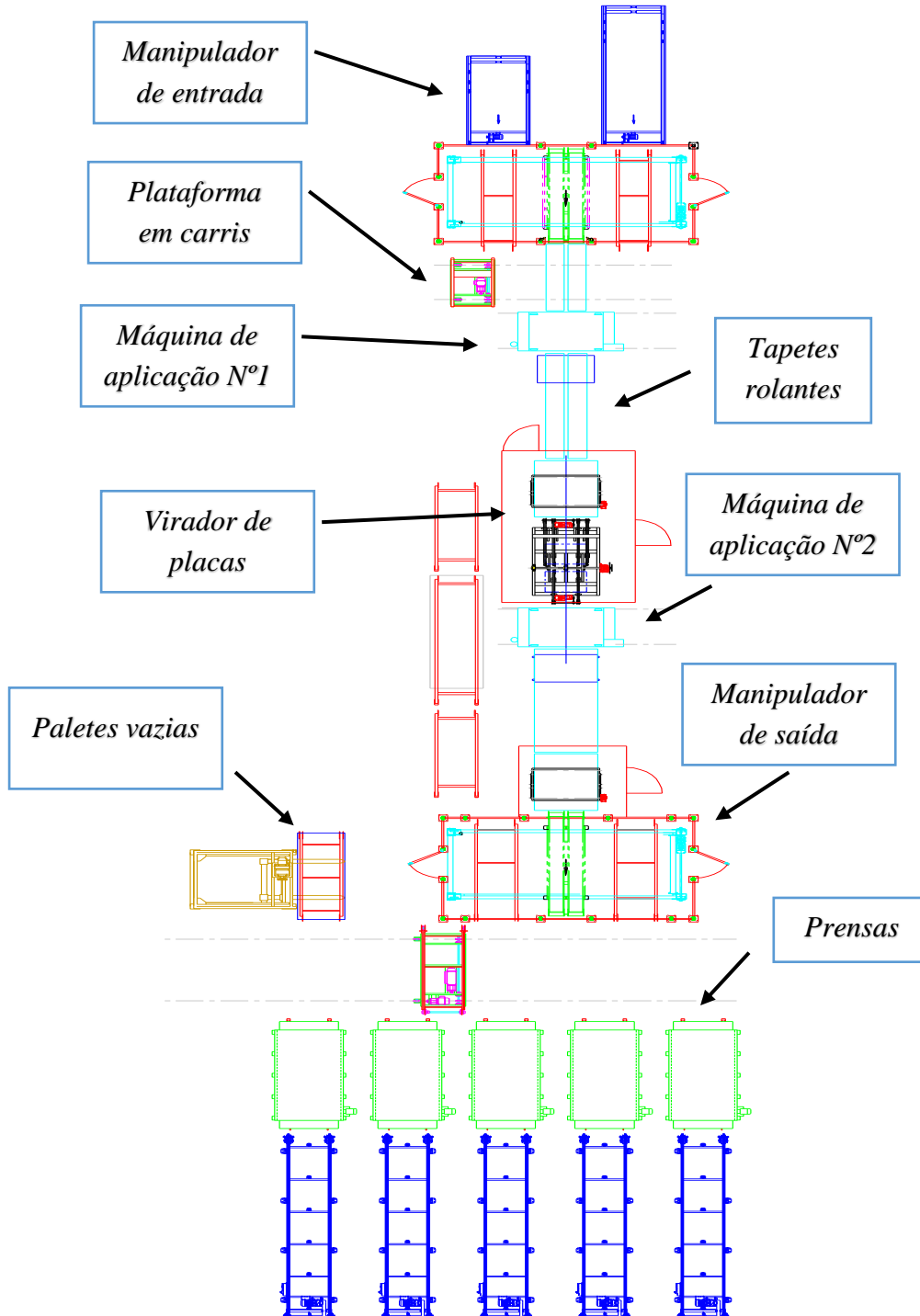


Figura 8 – Esquema da linha Colagem MDF do setor de acabamentos finais.

Na Figura 9 é esquematizado um fluxograma exemplificativo de um fluxo de produção de um artigo da família *CorkStyle*, de área da superfície 905x295 mm, que contém a linha de produção presente na Figura 8.

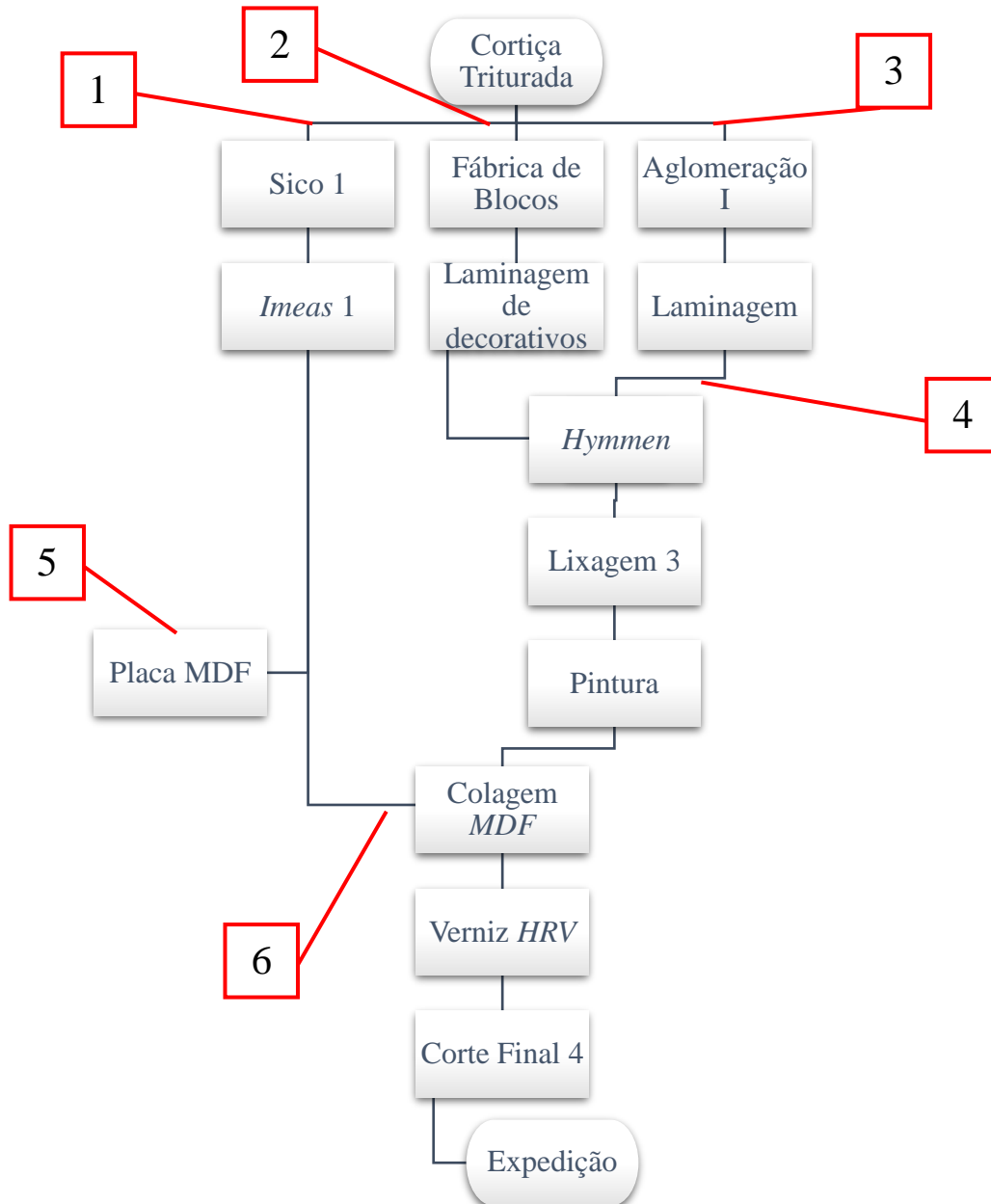


Figura 9 – Fluxograma do processo de produção de um artigo da família *CorkStyle*.

1. Produção da camada interior do artigo, em cortiça, denominada *in layer*, através da prensagem de cortiça tritura na linha Sico 1 e *Imeas 1*;
2. Na linha de Aglomeração I e II são fabricados blocos aglomerados de cortiça tritura com fibras de madeira e diversos polímeros. Estes blocos são laminados

- em tiras de espessura 10,5 mm, denominadas *Backing*, correspondentes à camada de cortiça combinada que fica em contacto com o pavimento a revestir;
3. A fábrica de blocos é a linha que produz blocos de cortiça que são posteriormente laminados, numa das linhas de Laminagem, em finas tiras de cortiça com cerca de 1,6 mm, formando o decorativo que reveste a parte visível do artigo, quando este se encontra instalado.
 4. O decorativo é acrescentado à *in layer* na prensa *Hymmen*. De seguida, este é lixado na linha de Lixagem 3 e pintado na linha de Pintura, produzindo um semiacabado.
 5. A placa *MDF* é um componente comprado pela empresa e utilizado na união do *backing* com a *in layer*. Esta matéria é produzida através da aglomeração das fibras com resinas sintéticas e outro aditivo sobre alta temperatura e pressão, resultando numa densa placa de fibras de madeiras seleccionadas. (Ferreira Martins & Filhos - Madeiras e Derivados, n.d.).
 6. O *backing* e o semiacabado são colados em ambas as faces opostas da placa *MDF* na linha Cola *MDF*. A superfície superior é envernizada e, por último, o produto leva um corte final para a produção dos entalhos que permitem a sua montagem no pavimento pretendido (Ver Figura 10).

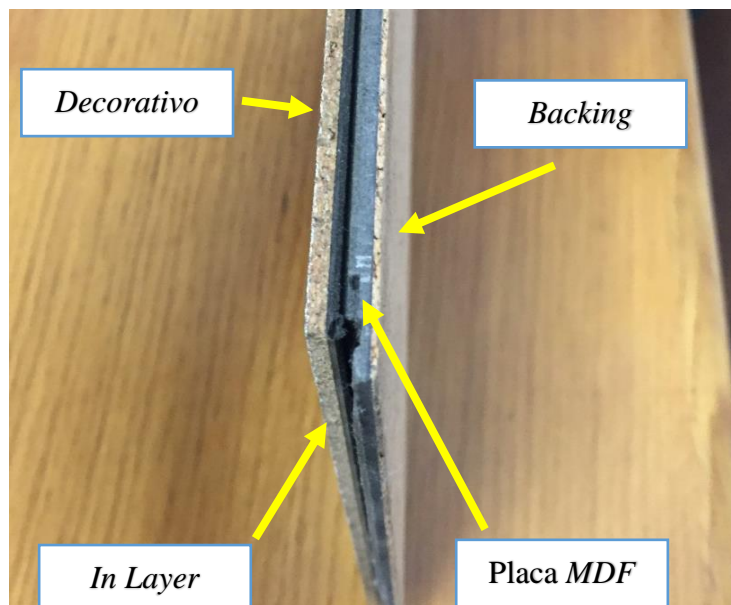


Figura 10 – Produto acabado exemplificativo da família *CorkStyle* 905x295.

3.2. CARACTERÍSTICAS DAS LINHAS

A capacidade de produção de uma linha depende de uma variedade de fatores como a velocidade máxima de produção das máquinas, paragens devido a avarias e manutenções, a taxa de produtos não conformes, o número de turnos diários associadas às mesmas, entre outros. Estes foram divididos em três grupos correspondentes aos dados de entradas da ferramenta de simulação:

- Mão de obra;
- Rendimento (nome atribuído à velocidade de produção);
- OEE.

3.2.1. MÃO DE OBRA

Na Amorim Revestimentos, todas as linhas operam até 3 turnos por dia, de 8 horas cada, onde, em maior parte das situações, encontra-se 1 a 3 operários por turno. Existem duas exceções que constituem uma condição e uma restrição respetivamente no desenvolvimento da simulação. Estas situações devem-se há existência de uma partilha de turnos entre linhas onde cada operário de uma equipa é designado a mais do que um posto de trabalho. Estes casos resultam num impacto positivo ou negativo na capacidade máxima de produção das máquinas:

- **Situação com um impacto negativo:** No sistema real, existem situações em que linhas com turnos partilhados não trabalham em simultâneo. A equipa é designada a cada local em períodos diferentes. Estes casos representam uma restrição para o modelo da ferramenta. Para efeito de simulação, o valor de ocupação, em horas, fornecida a cada linha é igualmente incrementada a todas as outras, ou seja, se uma linha efetuar uma tarefa com a duração de 3 horas, as linhas com que esta partilha a equipa encontrar-se-ão paradas durante essas 3 horas.
- **Situação com impacto positivo:** Nas situações em que uma equipa opera várias linhas ao mesmo tempo, a carga de trabalho é distribuída por todas, multiplicando a velocidade de produção pelo número de linhas. Este é o caso das Laminagens que trabalham em grupos de quatro.

3.2.2. RENDIMENTO

O rendimento é um dado fornecido à ferramenta através da *ERP* da empresa, como valor da velocidade teórica de produção (sem aplicação da *OEE*), em metros quadrados de produto por hora. Em algumas exceções, como o caso das linhas que processam blocos de cortiça, a medida utilizada é a unidade de produto por hora (Blocos, lotes, placas, etc.), onde o programa calcula e aplica uma taxa de conversão para uniformizar o valor antes de efetuar a simulação. A velocidade de produção é dependente da tarefa e do material utilizado, ou seja, uma linha pode possuir múltiplos valores de rendimento. No caso das laminagens, um bloco de cortiça cortado em placas de espessura de 1,3 mm resulta em 687 placas por hora, enquanto que blocos transformados em placas de 0,60 mm produzem 949 placas por hora. No simulador, como *input*, o parâmetro rendimento vem associado no registo da tarefa do fluxo ao invés do registo da linha.

3.2.3. EFICIÊNCIA

O parâmetro de eficiência engloba múltiplos fatores intervenientes na capacidade de produção da linha. A norma utilizada para medição da capacidade produtiva das linhas é a *OEE* (*Overall Equipment Efficiency* ou eficiência global do equipamento, Figura 11). Este permite identificar a percentagem de tempo de manufatura que é, na prática, produtiva. Uma *OEE* de 100% significa que o equipamento concebeu apenas produtos conformes, à velocidade máxima teórica sem períodos de paragem. Isto representa 100% de qualidade (a totalidade das peças são aceitáveis), 100% de rendimento (velocidade máxima teórica) e 100% de disponibilidade (trabalho sem paragens).

A medição da eficiência é efetuada sobre o tempo planeado de produção. Este período é obtido através da subtração de todas as férias, fim-de-semanas, feriados, pausas dentro dos turnos e trocas dos mesmos a todo o tempo existente no prazo definido. Partindo deste ponto, são calculados os três fatores constituintes da *OEE* (Figura 11), contabilizando com diferentes tipos de perdas (Vorne, n.d.):

- Disponibilidade – Fração de tempo, dentro do período planeado de produção, que o equipamento se encontrou efetivamente a produzir, de onde foram subtraídas todas as paragens relativamente a avarias, falta de material, idas à casa de banho, etc.;
- Rendimento – A velocidade real de produção, dentro do período total disponível, face à velocidade máxima teórica, resultante de desgastes do equipamento, ineficácia do operário, sujidades nas peças, etc.;
- Qualidade – O número de produtos manufacturados que se encontram conformes com as normas de qualidade para uso/venda. Aqui é retirada a margem de produtos não-conformes, resultantes de erros na conceção, obtendo-se a produtividade real do equipamento.

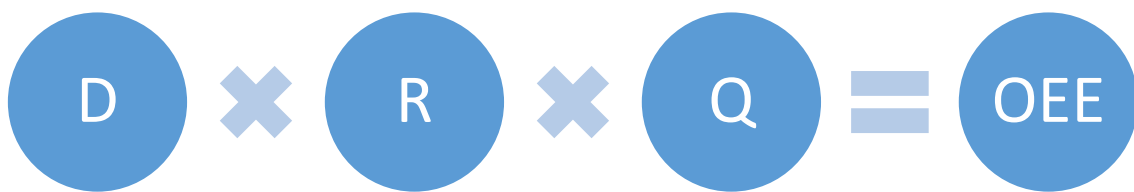
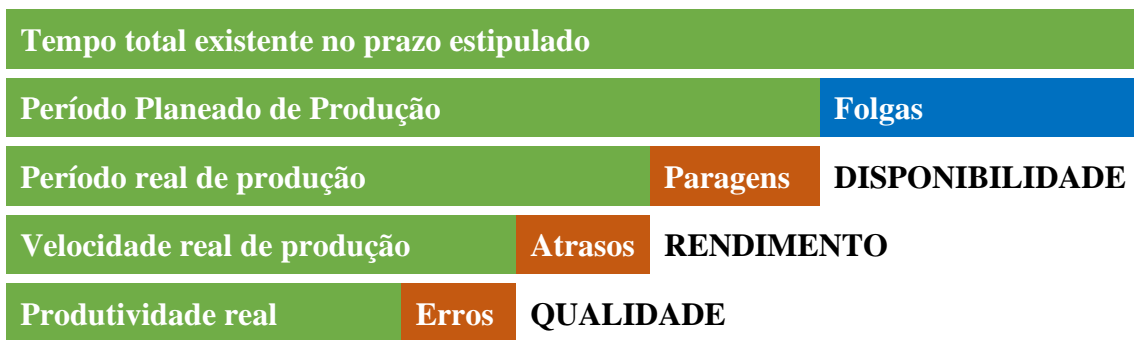


Figura 11 – OEE (*Overall Equipment Efficiency*).

Na empresa, os fatores acima são medidos e recolhidos manualmente, tanto pelos operadores como pelos supervisores das linhas. Depois são registados numa plataforma, *SQL OEE Service Report*, que calcula e disponibiliza os resultados em relatório. O valor final de *OEE* é obtido através deste método e inserido manualmente na ferramenta.

4. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA *ARSIMTOOL*

4.1. PLANEAMENTO

O objetivo fundamental da ferramenta consiste em determinar a ocupação das linhas com a atribuição de carga de trabalho, indicando a existência de *bottlenecks* ao longo do processo.

O ponto de partida da ferramenta de simulação consistia numa folha de *Excel* (Ver Figura 12), de nome “Ferramenta de Análise de Capacidade v.2.6.” desenvolvida na empresa, com um número fixo de fluxos (55). Todos os dados de entrada foram preenchidos à mão e, através de múltiplas fórmulas de cálculo e de associação de parâmetros entre múltiplas folhas, permitiam obter a carga depositada nas diferentes linhas e a indicação de *Bottlenecks*. Embora esta ferramenta já cumprisse o objetivo principal de deteção de excesso de carga nas linhas, esta encontrava-se limitada a um certo número de *inputs* que requerem o preenchimento e ajuste manual da folha. Simultaneamente, não possuía informação detalhada à cerca das linhas, fluxos e tarefas executadas, a conversão de unidades tinha de ser medida, calculada e introduzida à mão e, não era possível imprimir o *output* em formato de relatório.

Custo hora		Custo hora		Custo hora	
Fábrica		Fábrica		Fábrica	
FTE's Necessários	2	2		2	
FTE's Total	5	5		4	
Lourosa					
Eficiência equipamento	90%	87%		94%	
Turnos Disponíveis	2	3		2	
Turnos Disponíveis	34	50		36	
Turnos necessários s/Eficiência	bl				
		0	0	0	0
		Trabalham com a mesma equipa		Blocos BL	Blocos IN
Diferença (neg = Bottleneck)		34	50		36
				Aglomerção I	Aglomerção II
				Colagem de Blocos (1)	Colagem de Blocos (2)
DP Nova Máquina	1800	Prod m2 mensal 2018 (Jan-Mai)	Contrato Mensal Prod-Log		
DP Nova Máquina	1200		10 000	-	-
DP Máquina Antiga	1800		-	-	-
DP Máquina Antiga	1200 Biselado Pintado		20 000	-	-
DP Máquina Antiga	1200 s/Biselado Pintado		-	-	-
Authentica	1200		40 000	-	-
LVT cbiselado.	1200*185		120 000	-	-
LVT s/biselado	1200*185		-	-	-

Figura 12 – Extrato da Ferramenta de Análise de Capacidade v.2.6.

4.1.1. ESTRUTURA

Além das capacidades da ferramenta já existente, houve a necessidade de introduzir novas funcionalidades:

- Automatização da atualização de dados;
- Formatação automática do resultado da simulação em relatório;
- Simplificar a introdução de fluxos para simulação e a edição manual dos parâmetros base da ferramenta, possibilitando o teste de diferentes cenários.

Com estas funcionalidades em mente, foi desenvolvida uma nova ferramenta de raiz, denominada *ARSimTool*. A sua construção foi dividida em componentes por função (ver Tabela 5). Isto resultou no lançamento de cinco versões, funcionando como *milestones* do projeto. O primeiro componente, já existente no programa anterior foi o primeiro a ser aplicado, embora tenha sofrido inúmeras alterações e melhoramentos ao longo do tempo. O mesmo aconteceu com a interface da ferramenta, a sua navegação e organização quanto á formatação e número de folhas. Diversos testes foram executados para averiguar a sua eficácia. Quando o programa estava contruído na integra, foram efetuados testes de validação para comparar a sua precisão com os resultados da fábrica e aqueles da ferramenta anterior. Embora esta última não estivesse completa e simplificada, os seus resultados sobre os poucos dados que possuía eram muito próximos da realidade.

Tabela 5 – Aplicação de componentes nas diferentes versões da ARSimTool.

COMPONENTES	1º	2º	3º	4º	5º
Simulação <i>Bottlenecks</i>	V	V	V	V	V
Interface de pesquisa	V	V	V	V	V
Cálculo de recursos e capacidade		V	V	V	V
Mapeamento da rota dos fluxos		V	V	V	V
<i>Output</i> Relatório			V	V	V
Período de produção e display			V	V	V
Pesquisa avançada				V	V
Atualização automática				V	V
Edição manual					V

4.1.2. ALGORITMO

Os algoritmos de simulação utilizados durante a programação eram constituídos pelas seguintes expressões e pressupostos:

O cálculo da principal variável da simulação, a ocupação das linhas, era efetuado pela seguinte expressão:

$$Ocupação = \frac{Horas\ Disponíveis}{Horas\ Necessárias} \times 100 \quad (1)$$

Uma ocupação igual ou superior a 100% significa que a linha se encontra com excesso de trabalho (*Bottleneck*).

HD (horas disponíveis) é calculado da seguinte forma:

$$HD = TD \times 8\ horas/turno \times Capacidade \times Prazo \quad (2)$$

TD representa o número de turnos por dia (1, 2 ou 3), cada um com 8 horas.

A capacidade é um parâmetro implementado na ferramenta para dar a possibilidade ao utilizador de editar a produtividade. Os dois casos mais comuns para o uso deste fator são as situações em que múltiplas linhas trabalham em paralelo para absorver a mesma carga de trabalho. Por exemplo, a base de dados, de onde é extraída a rota dos fluxos, apresenta a passagem de um produto por apenas uma das linhas de laminagens para efeitos de registo, mas, na realidade, isto não acontece. As linhas de laminagem trabalham, simultaneamente, em grupos de quatro, distribuindo a carga do mesmo fluxo entre si. Para o simulador, estas linhas são aglomeradas num único registo com o nome “Laminagens” (do grupo de bases ou decorativos) com uma capacidade equivalente à soma das quatro linhas que a compõem. Paralelamente, este parâmetro é disponibilizado ao utilizador quando este desejar fazer testes com valores diferentes daqueles existentes na ferramenta.

O prazo é a meta cronológica, determinada pelo utilizador, para a fabrica realizar as tarefas que foram atribuídas. O simulador define os recursos de cada linha como o tempo total disponível dentro do período estipulado de produção.

O total de necessidades, em horas, de uma linha (HN) são expressas como:

$$HN = HN_{Partilhado} + \sum_{fluxo=1}^{fluxo=F_{linha}} \frac{Q_{fluxo}}{(R_{tarefa} \times TC_{tarefa})_{fluxo} \times OEE} \quad (3)$$

HN corresponde ao somatório do quociente entre a quantidade dos artigos (Q_{fluxo} , em m^2) de cada fluxo que passa na linha e o produto do rendimento (R_{tarefa} , em m^2/h) com a taxa de conversão (TC_{tarefa} , fatorial, caso exista) da tarefa e o valor de OEE (%) da linha. F_{linha} corresponde ao total de fluxos que passam pela linha em questão.

Como foi referido na secção 3.2.2, o simulador possui uma função que aplica uma taxa de conversão (TC_{tarefa}) nas situações em que o rendimento das tarefas não se encontra na grandeza convencional. A esquematização de um registo de taxa de conversão, utilizado na base de dados da ferramenta encontra-se abaixo, Figura 13.

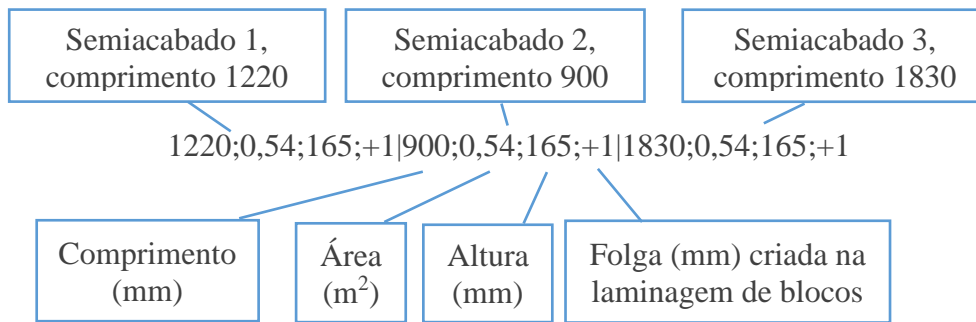


Figura 13 – Esquematização de um código de conversão (Rodrigues, 2019).

A função de conversão utiliza o primeiro parâmetro, comprimento, para comparar com o comprimento do semiacabado (SA) do fluxo em questão para determinar qual é a entrada (Semiacabado 1, 2 ou 3) a utilizar. No caso de linhas de laminagens, para obter o rendimento na grandeza pretendida basta multiplicar a medida associada, placas, pela área do SA da tarefa:

$$TC = \text{Área}_{SA} \quad (4)$$

No caso das linhas de aglomerações e colagem de blocos, a grandeza utilizada é o bloco, sendo produzidos inúmeras placas de cada unidade, variando conforme a altura do bloco e a espessura pretendida da placa. Numa porção destas situações, também existe um desvio provocado pela lamina de aproximadamente 1mm (A variável $\text{Desvio}_{\text{Corte}}$ assume os valores de 0 ou 1 mm). A expressão utilizada nestes casos é:

$$TC = \frac{\text{Área}_{SA} \times \text{Altura}_{\text{Bloco}}}{\text{Espessura}_{SA} + \text{Desvio}_{\text{Corte}}} \quad (5)$$

$\text{HN}_{\text{Partilhado}}$ representa o tempo em que a equipa da respetiva linha se encontra a operar outro posto de trabalho. Para efeitos de simulação, este fator corresponde a uma necessidade de recursos temporárias para compensar os períodos onde esta se encontra indisponível. Exemplo, se o prazo de produção é igual a 5 dias úteis e uma linha, de 3 turnos diários, partilha uma equipa durante 6 turnos (total de 2 dias úteis), significa que apenas possui 3 dias úteis para operar, correspondente a 72 horas disponíveis (produto entre 3 dias, 3 turnos e 8 horas).

4.2. INPUTS

A ferramenta utiliza uma série de dados para realizar as simulações. A base de dados está dividida em folhas, respetivamente *Artigos*, *Fluxos*, *Linhas*, *Inatividade*:

- **Artigos** – Esta folha foi preenchida com uma lista completa de todos os produtos acabados manufacturados na empresa (ver Figura 14). Aqui encontra-se a informação relativa a:
 - Código de identificação;
 - A referência ao fluxo de produção, constituído pela família dos artigos e um número, juntamente com uma pequena descrição das características comuns de todos os artigos deste roteiro;
 - A soma das quantidades de produto, em m², indicadas nas ordens de produção do último ano. Esta informação é utilizada nas situações em que o utilizador pretende distribuir uma determinada carga por mais do que uma rota. A ferramenta estima a proporção de carga a distribuir pelos fluxos em função da frequência com que estes foram optados no passado;
 - Múltiplas colunas referentes às características do produto: nome, família, decorativo, material da superfície, bisel, dimensões (área), espessura, tipo de acabamento, código da cor, descrição da cor, método de encaixe na instalação e a categoria;

	A	B	C	D	E	F
1	Código	Fluxo	Quantidade	Descrição	Família	Decorativo
2	9N18A005	Subertech Cork(2) - 1000x250; 8.0; Velat	14,896	ITF 2139 Silver 1000x250x8	Subertech Cork	Cortiça
3	9N19A001	Subertech DP(1) - 1000x250; 8.0; Impres	0	ITF Digit.Printing 1000x250x8	Subertech DP	S/Decor.
4	9S02A053	Cork Wall Cover. AR Prod.(16) - 600x300	498,96	YS15007 NATURA	Cork Wall Cover. AR	Cortiça
5	9S02A055	Cork Wall Cover. AR Prod.(9) - 600x300;	485,1	YS43008 ARRABIDA 600x30	Cork Wall Cover. AR	Cortiça
6	9S02A056	Cork Wall Cover. AR Prod.(27) - 600x300	498,96	YS47002 VALIONA 600x300	Cork Wall Cover. AR	Cortiça
7	9S02A057	Cork Wall Cover. AR Prod.(26) - 600x300	0	YS58001 ROCK 600x300x3 n	Cork Wall Cover. AR	Cortiça
8	9S02A080	Cork Wall Cover. AR Prod.(18) - 600x300	498,96	YS28005 SILVES	Cork Wall Cover. AR	Cortiça
9	9S09A013	Corkstyle(53) - 905x295; 10.5; Natural; V.	0	Action	Corkstyle	S/Decor.
10	9S16A009	Corkstyle(53) - 905x295; 10.5; Natural; V.	0	Promo Floating 1	Corkstyle	S/Decor.
11	9S16A046	Cork-o-Floor(6) - 905x295; 10.5; Velat; PV	76,896	Linn Blush	Cork-o-Floor	Cortiça
12	9S17A004	Cork-o-Floor(1) - 905x295; 10.5; Velat; PV	76,896	Linn Cioccolato	Cork-o-Floor	Cortiça
13	9S17A010	Cork Design(4) - 1220x185; 10.5; Impres	0	Rustic Chalked Oak	Cork Design	S/Decor.
14	9S17A014	HydroCork(2) - 1225x145; 6.0; LVT; LVT	105,534	Bamboo	HydroCork	PVC
15	9S18A006	Authentica(1) - 1220x185; 10.5; DecorVin	72,24	Snow Rustic Pine	Authentica	PVC
16	9S18A009	HydroCork(3) - 1225x145; 6.0; LVT; LVT	105,534	Olive Ash	HydroCork	PVC
17	9S18A010	LVT Floating(1) - 1220x185; 10.5; LVT; LV	72,24	Wheat Oak	LVT Floating	PVC

Figura 14 – Excerto da folha de *Artigos*.

- **Fluxos** – Aqui encontra-se a lista de todos os fluxos de artigos, com informação relativa a (ver Figura 15):
 - A referência do fluxo. Cada família de artigos pode conter mais do que uma rota em função das suas propriedades. A sua designação consiste na família ao qual foram agrupados e a sua numeração por ordem em que foram recolhidos;
 - O conjunto de gamas operatórias, designadas pelo seu código, realizadas ao longo do roteiro, cada um composto por pelo menos uma tarefa;
 - Um conjunto de células descrevendo cada tarefa do fluxo onde o primeiro parâmetro indica linha em que são realizadas (código e nome), o segundo a gama operatório da qual fazem parte, identificadas por um número (Ex.: N°10 representa a primeira tarefa, N°20 a segunda, etc.), o terceiro descreve, com o menor numero de palavras possível, a operação realizada, o penúltimo parâmetro contem o valor de rendimento (m²/h) e, por ultimo, as dimensões (comprimento, largura e espessura) do produto resultado (ver Figura 16).

	A	B	C
1	Nome do Fluxo	Fluxo (Gamas)	Máquinas, Tarefas e Rendimento
2	Authentica(1)	Authentica - 1B002;1B004;3B011;3B500;3C101;	I171 - Guilhotina 1 1B002.N°10 Cortar 791 1240x630x0.50
3	Authentica(2)	Authentica - 1B002;1B005;3B011;3B500;3C101;	I171 - Guilhotina 1 1B002.N°10 Cortar 791 1240x630x0.50
4	Authentica(3)	Authentica - 1B002;1B003;3B011;3C025;4A001;	I171 - Guilhotina 1 1B002.N°10 Cortar 791 900x600x0.50
5	Cork Design(1)	Cork Design - 1A500;3B011;3B650;3C018;3C025;	K151 - Laminagem 1 1A500.N°10 Laminar 687 900x600x1.3
6	Cork Design(2)	Cork Design - 3B053;3B501;3C102;4A051;6G060;	K052 - Aglomeração II 3B053.N°10 Formar Blocos 26 900x600
7	Cork Design(3)	Cork Design - 3B011;3B500;3C101;4A050;6G061;	K051 - Aglomeração I 3B011.N°10 Formar Blocos 30 900x600
8	Cork Design(4)	Cork Design - 3B011;3B500;3C101;4A050;6G052;	K051 - Aglomeração I 3B011.N°10 Formar Blocos 30 900x600
9	Cork Design(5)	Cork Design - 3B011;3C025;4A001;6G050;	K051 - Aglomeração I 3B011.N°10 Formar Blocos 30 900x600
10	Cork Wall Cover. AR Pr	Cork Wall Cover. AR Prod. - 1A500;3B052;3B600;	K151 - Laminagem 1 1A500.N°10 Laminar 687 900x600x0.80
11	Cork Wall Cover. AR Pr	Cork Wall Cover. AR Prod. - 1A500;3B052;3B660;	K151 - Laminagem 1 1A500.N°10 Laminar 687 900x600x0.80
12	Cork Wall Cover. AR Pr	Cork Wall Cover. AR Prod. - 1A500;3B052;3B660;	K151 - Laminagem 1 1A500.N°10 Laminar 687 900x600x0.80
13	Cork Wall Cover. AR Pr	Cork Wall Cover. AR Prod. - 1A500;3B052;3B660;	K151 - Laminagem 1 1A500.N°10 Laminar 687 900x600x0.80
14	Cork Wall Cover. AR Pr	Cork Wall Cover. AR Prod. - 1A500;3B052;3B650;	K151 - Laminagem 1 1A500.N°10 Laminar 687 900x600x0.80
15	Cork Wall Cover. AR Pr	Cork Wall Cover. AR Prod. - 1A500;3B052;3B650;	K151 - Laminagem 1 1A500.N°10 Laminar 687 900x600x0.80

Figura 15 – Excerto da folha de Fluxos.

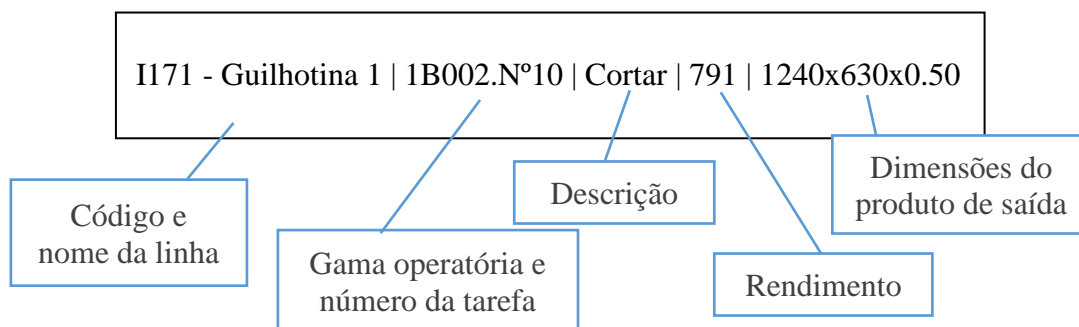


Figura 16 – Descrição de um registo de uma tarefa na base de dados da ferramenta.

- **Linhas** – Lista de linhas de produção (ver Figura 17):
 - Localização da linha quanto à sede (ARL ou ARO), tipo (Componentes ou Acabamentos) e sector (Edifício);
 - Identificação da linha quanto ao seu código e nome;
 - Propriedades da linha: *OEE*, turnos diários, multiplicador de capacidade, linhas com que partilha a equipa de operários, a indicação das taxas de conversão de unidades em função da dimensão do produto e uma secção para registo de notas adicionais caso seja necessário;

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Loca	Tipo	Sector	Código	Linha	OEE%	Turnos	Capacidade	Partilha
2	ARL	Componentes	Produtos Base ARL	K051	Aglomeracão I	77,75	3		1 K052
3	ARL	Componentes	Produtos Base ARL	K052	Aglomeracão II	72,57	3		1 K051
4	ARL	Componentes	Fábrica de blocos ARL	XL06	ARL Decorativos Aglomerados	73,89	1		1
5	ARL	Componentes	Fábrica de blocos ARL	XL07	ARL Decorativos Naturais	91,67	1		1
6	ARL	Componentes	Produtos Base ARL	K630	ARL-Retificacão / Prensa 200	37,78	1		1
7	ARL	Acabamentos	Acabamentos Finais ARL	K451	Biselamento 45x45	57,13	1		1
8	ARL	Acabamentos	Acabamentos Finais ARL	K453	Biselamento 60x15	37,90	1		1
9	ARL	Acabamentos	Acabamentos Finais ARL	K452	Biselamento 60x30	66,00	1		1
10	ARL	Acabamentos	Acabamentos Finais ARL	K455	Biselamento 60x60	50,25	1		1
11	ARL	Acabamentos	Acabamentos Finais ARL	K351	Cera	53,20	1		1 K471
12	ARO	Acabamentos	Acabamentos Finais 2	I258	Colagem 10	37,45	3		1 I321
13	ARO	Acabamentos	Acabamentos Finais 3	I254	Colagem 6	59,50	3		1
14	ARO	Acabamentos	Acabamentos Finais 3	I255	Colagem 7	67,31	3		1
15	ARO	Acabamentos	Acabamentos Finais 3	I256	Colagem 8	62,71	3		1
16	ARO	Acabamentos	Acabamentos Finais 1	I257	Colagem 9	41,62	2		1
17	ARL	Componentes	Produtos Base ARL	K100	Colagem de Blocos	70,21	1		1

Figura 17 – Excerto da folha de *Linhas*.

- **Inatividade** – Calendário de feriados e períodos de férias (ver Figura 18).

As entradas provêm de diferentes fontes ou foram recolhidos manualmente.

<u>Feriados</u>	<u>Férias anuais</u>		
	Ano	Inicio	Fim
01/jan	2019		
25/abr			
01/mai		02/01/2019	05/03/2019
10/jun		19/04/2019	22/04/2019
20/jun		12/08/2019	30/08/2019
15/ago		23/12/2019	31/12/2019
05/out	2020		
01/nov			
01/dez			
08/dez			
25/dez			

Figura 18 – Calendário de Inatividade.

Estes dados foram retirados de diferentes fontes ou recolhidos manualmente.

Tabela 6 – Fontes dos dados de entrada da ferramenta.

<i>Entrada</i>	<i>Fonte</i>
Estrutura de artigos e gamas operatórias	<i>Baan⁴IV</i>
Linhas	<i>Baan IV e registos manuais</i>
OEE	<i>SQL OEE Service Report</i>
Turnos	<i>Registos preenchidos à mão</i>
Ordens de fabrico	<i>Baan IV</i>
Calendário de inatividade	<i>Recursos humanos</i>

Uma das ferramentas descritas na Tabela 6, o *SQL OEE Service Report*, é um programa administrado via *Web*, parte do pacote *Microsoft SQL Server*, com o objetivo de processamento e organização de dados gerando relatórios.

O *Baan* é um software *ERP*, utilizado por empresas de manufatura, que engloba uma serie de ferramentas com o objetivo de fornecer suporte a todos os processos de uma organização, guardando e gerindo todos os seus dados (Cristina & Fortes, 2006). A Figura 19 contém uma ilustração do meu principal com uma lista dos diferentes componentes(Cristina & Fortes, 2006).



Figura 19 – Menu principal do *Baan IV* (Cristina & Fortes, 2006).

⁴ *Baan* – ERP Software

Embora o *output* de dados com a estrutura de artigos e gamas operatórias, extraído do *Baan*, fosse em formato *Excel*, este teve de ser processado e filtrado para obter a informação necessária para o simulador. Foi desenvolvida uma segunda ferramenta com algoritmos em *VBA*, para extrair e ordenar os dados de forma a construir os fluxos.

O ficheiro com os dados possui três folhas:

- A folha de estrutura de materiais, com aproximadamente 28300 registos. Cada linha representa um material (produto acabado ou semiacabado) e um dos seus materiais constituintes, existindo múltiplas entradas para o mesmo *output* por cada *input* que o constitui;
- A segunda folha, com 3800 registos, descreve a gama operatória (conjunto de tarefas) responsável pela produção de cada material existente na folha anterior;
- A terceira folha, com cerca de 1800 registos, segue o mesmo princípio da primeira para o caso das gamas operatórias, descrevendo as tarefas executadas e as linhas responsáveis.

O ficheiro desenvolvido para automatizar o processo de construção de fluxos, através destes dados, executa os seguintes passos:

1. Itera através da estrutura de materiais, identificando os produtos acabados, semiacabados e matérias-primas. Ao identificar o primeiro, gera uma lista para preencher com os seus componentes. Como as matérias-primas não possuem um processo interno de fabrico, estas são descartadas;
 - a. Um sub-rotina faz a tradução de diversos parâmetros que se encontram em código (como o caso das famílias, expressas com uma referência numérica);
2. O programa cria uma lista do tipo dicionário para associar os materiais às respetivas gamas operatórias da segunda folha. A seguir, esta lista é cruzada com a composição de cada produto acabado para gerar uma lista de gamas por cada um destes últimos;
3. O passo anterior é repetido para a terceira folha, gerando os respetivos fluxos;
4. Por fim, os produtos são agrupados por fluxo, gerando uma folha de fluxos únicos e outra gera uma lista de artigos por fluxo;
5. O programa é alimentado com uma folha de produções do ano passado para gerar uma lista de artigos com a informação completa (características, fluxo e quantidades produzidas no passado);
6. São criadas duas folhas, “Artigos” e “Fluxos”, com um formato adaptado para a ferramenta de simulação.

4.3. PROGRAMAÇÃO

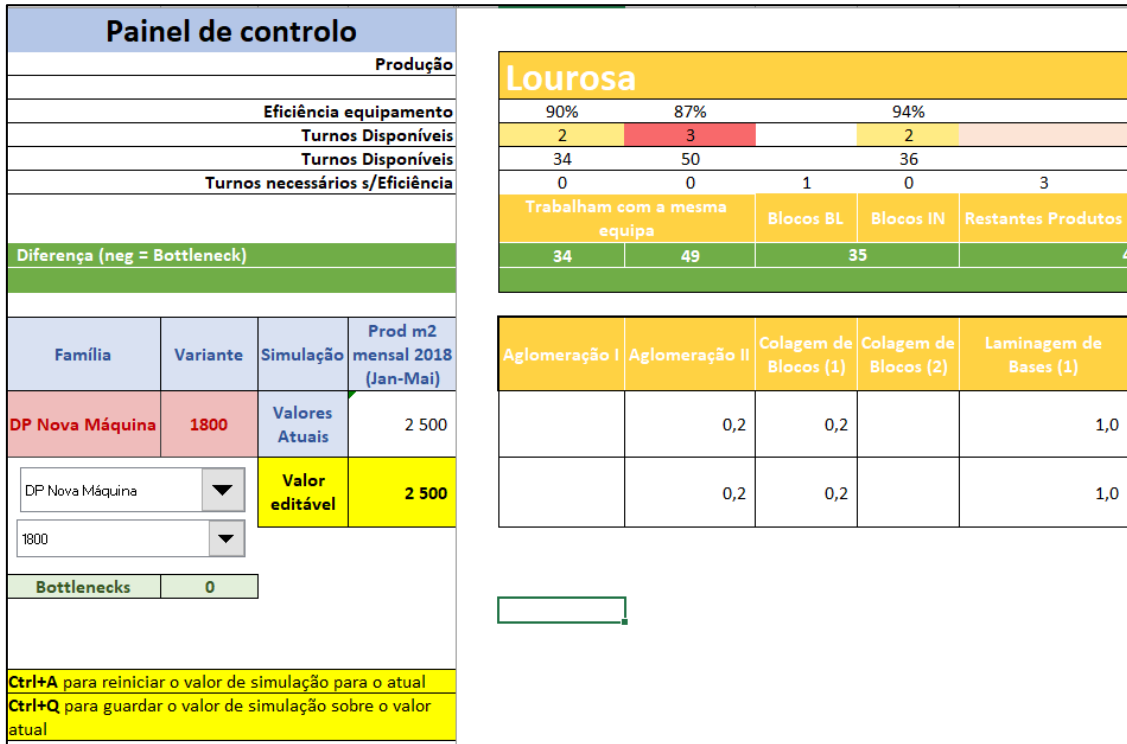
O *Microsoft Excel* manteve-se como plataforma de desenvolvimento da ferramenta de simulação, pois este é dos programas mais utilizadas na empresa para registo e tratamento de dados, o que permitiu a compatibilidade entre os *outputs* de listas e relatórios da *ERP Baan* e o *SQL OEE Service Report*, reduz a necessidade de formação adicional por parte dos utilizadores e ofereceu várias soluções de automatização.

4.3.1. VBA

Além das fórmulas e comandos, disponibilizados nas células, para aplicações simples, o *Excel* possui uma linguagem de programação, *VBA (Visual Basic for Applications)*, que incorpora uma função de gravação de *macros*, um editor e um compilador. As *macros* (ou macro comandos) são programas que executam um conjunto de tarefas, especificadas pelo utilizador, num único comando. Existem dois tipos de *macros* (Afonso, 2002):

- *Macros* de comandos – Um conjunto de rotinas programadas que executam uma sequência de passos, seja num intervalo de células, folhas de cálculos do mesmo livro ou de diferentes ficheiros. Estas rotinas podem ser escritas no editor ou gravadas. No método de gravação, o utilizador prime o botão “Gravar *Macro*”, na aba “Programador”, e executa, manualmente, as tarefas desejadas. Simultaneamente, o *Excel* regista o código equivalente num módulo que, após premir o botão “Terminar gravação”, este pode ser associada a um objeto ou atalho do teclado, repetindo a sequência de passos sempre que este for ativado.
- *Macros* de funções – Uma função, ou conjunto de funções, programadas pelo utilizador em situações onde é necessário executar cálculos específicos que não existem na lista de fórmulas predefinidas do *Excel*. Para criar uma função é necessário definir o nome, os argumentos de entrada e as fórmulas de cálculo.

A primeira abordagem para a construção do novo simulador consistiu em melhorar a ferramenta existente com a implementação de uma folha de interface automatizada.

Figura 20 – Implementação de *macros* na Ferramenta de Análise de Capacidade.

Na Figura 20 encontra-se ilustrado o painel de controlo para a utilização das *macros* implementadas através do método de gravação. Após selecionar os parâmetros de simulação, a ferramenta filtrava todos os fluxos que não eram utilizados, apresentando exclusivamente a informação pretendida e o número total de linhas que se encontravam em *bottleneck*. Dois comandos adicionais permitiam reiniciar a folha, colocando todos os valores de carga a zero ou, guardar os valores à medida que iam sendo introduzidos para construir uma simulação de múltiplos fluxos. Esta solução era muito limitada pois apenas permitia a introdução de carga num fluxo de cada vez e era extremamente sensível a alterações do *layout* da folha.

De forma a criar uma ferramenta mais flexível e intuitiva, construiu-se o simulador *ARSimTool*, programado na integra em *VBA*. Foi utilizada a plataforma *Microsoft Excel Macro-Enabled Worksheet*, dentro do pacote de software *Microsoft Office Professional Plus 2016*.

O editor de *VBA* é constituído por módulos. Um módulo é um conjunto de *macros*, onde no editor são denominadas de sub-rotinas (*macro* de comandos) e funções (*macro* de funções). A sub-rotina e a função são nichos de código que podem receber argumentos, com a diferença de que a primeira não retorna valores, onde a última apenas retorna um.

Existem quatro tipos de módulos: Módulos associados a Objetos *Excel* (*Microsoft Excel Objects*), formulários (*Forms* ou *Userforms*), módulos padrões (*Standard Code Modules*, mais conhecidos por *Modules*) e módulos de classe (*Class Modules*).

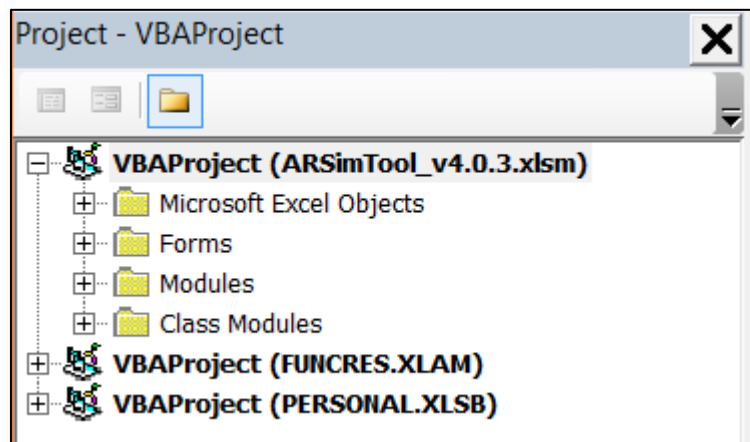


Figura 21 – Arquivo *VBAProject*.

- *Microsoft Excel Objects* – Os objetos de *Excel* referem-se a todos os elementos que compõem um livro, como as folhas, linhas, colunas, células e o próprio livro. Cada objeto possui um número de propriedades como o nome, proteções, se é visível, cor, dimensões (caso se aplique), etc. Na janela *VBAProject* (Figura 21) o contendor de objetos possui os módulos referentes ao livro e a cada folha que o ficheiro possui (estes dois são os únicos objetos que possuem módulos). Dentro destes, encontram-se todos os outros objetos, referidos acima. As *macros* podem ser escritas dentro destes contentores, tornando todas as rotinas e funções exclusivas dessa folha ou livro;
- *Forms* – Os formulários são objetos, externos ao livro, que funcionam como aplicações de interface com o utilizador. Estes possuem dois componentes, gráfico e lógico respetivamente: a janela com os controlos de *input* e *output* de informação e o módulo onde são escritas as funções e sub-rotinas que gerem as propriedades e o comportamento dos elementos da janela;
- *Modules* – Os módulos padrões funcionam exatamente da mesma forma que aqueles descritos acima, com a diferença de que não estão associados a nenhum objeto. Estes servem de repositórios de *macros*, incluindo as que são gravadas, para serem chamadas em qualquer local do livro (ou outros livros) através de atalhos do teclado, comandos e/ou controlos apropriados;
- *Class Modules* – Os módulos de classe servem para o utilizador construir os seus objetos. O tipo de objeto mais comum é a variável para utilizar em outros módulos.

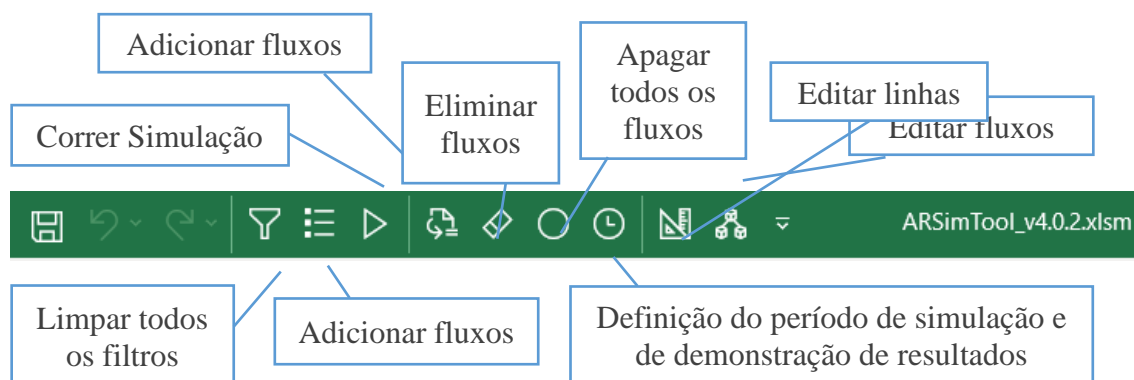
4.3.2. ARSIMTOOL LAYOUT

A ferramenta *ARSimTool* é constituída por 12 folhas, 11 formulários, 4 módulos e 4 módulos de classe. As folhas estão organizadas por seis categorias, sendo as folhas identificadas pela cor (ver Tabela 7):

Tabela 7 – Estrutura do livro *ARSimTool*.

COMPONENTE	FOLHAS	DESCRIÇÃO
APRESENTAÇÃO	<i>Início</i>	Folha de apresentação e descrição de requisitos necessários para utilização da ferramenta.
INTRODUÇÃO DE DADOS	<i>Input</i>	Folha de introdução de dados de simulação relativos a fluxos, prazo de simulação e período de demonstração de resultados.
RELATÓRIO	<i>Relatório</i>	Apresentação do resultado da simulação.
BASE DE DADOS	<i>Artigos, Fluxos, Linhas e Inatividade</i>	Conjunto de folhas com dados relativos a linhas, fluxos, artigos, etc.
BASE DE DADOS ALTERNATIVA	<i>Fluxos Alternativos, Linhas Alternativas</i>	Depósito de dados relativos a linhas, rotas de fluxos e gamas operatórias editados pelo utilizador.
INFORMAÇÕES	<i>Exceções, Info Cálculos, Cálculos</i>	Informações relativos aos cálculos efetuados nas simulações.

Em situações normais, o utilizador apenas interage com a folha de início, *input* e relatório. A navegação é efetuada unicamente por via de atalhos no friso superior do *Excel* (Figura 22), controlos nas páginas e formulários. Estes últimos são a principal interface entre o utilizador e a ferramenta, permitindo a operação de todas as suas capacidades.

Figura 22 – Friso da Janela *Excel*.

4.3.3. INTERFACE

O formulário Menu de Simulação (Figura 23) é a principal janela de navegação da ferramenta. Este contém os atalhos para diversas páginas do utilizador e controla todas as capacidades da ferramenta.

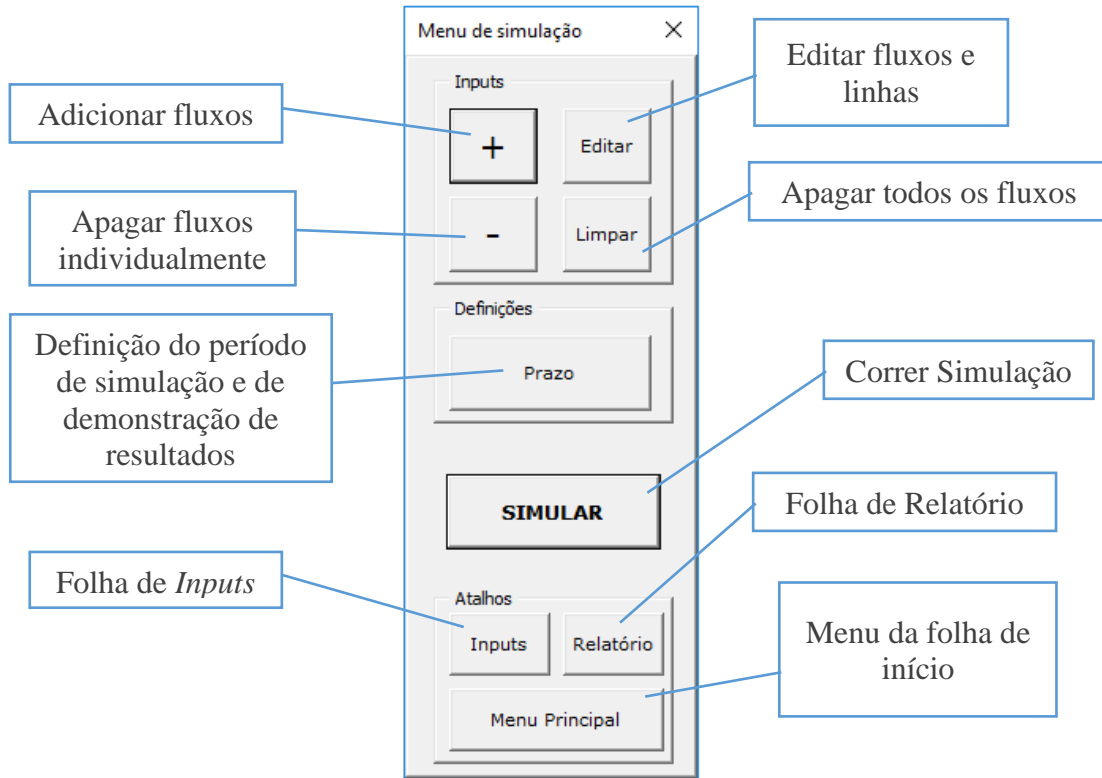


Figura 23 -Menu de Simulação.

Aqui é possível executar os seguintes comandos:

- **Adicionar fluxos** – O botão “+” chama a janela “Pesquisa de fluxos” (ver Figura 24). Este formulário percorre todas, associando as rotas da folha de fluxos, com as características destes da folha de artigos e as tarefas da folha de linhas, colocando em listas organizadas e fornecendo três métodos diferentes de pesquisa/filtragem. O utilizador por procurar um fluxo numa lista através do seu nome e características coletivas, pode procurar por um artigo constituinte (código, nome e descrição) ou pode filtrar por características através de onze caixas com listas relativas à família, dimensões, espessura, etc. Este último método permite inserir mais do que um fluxo simultaneamente. Desta forma, a carga atribuída é distribuída pelas rotas selecionados, sendo o peso proporcional à sua produção no ano passado;

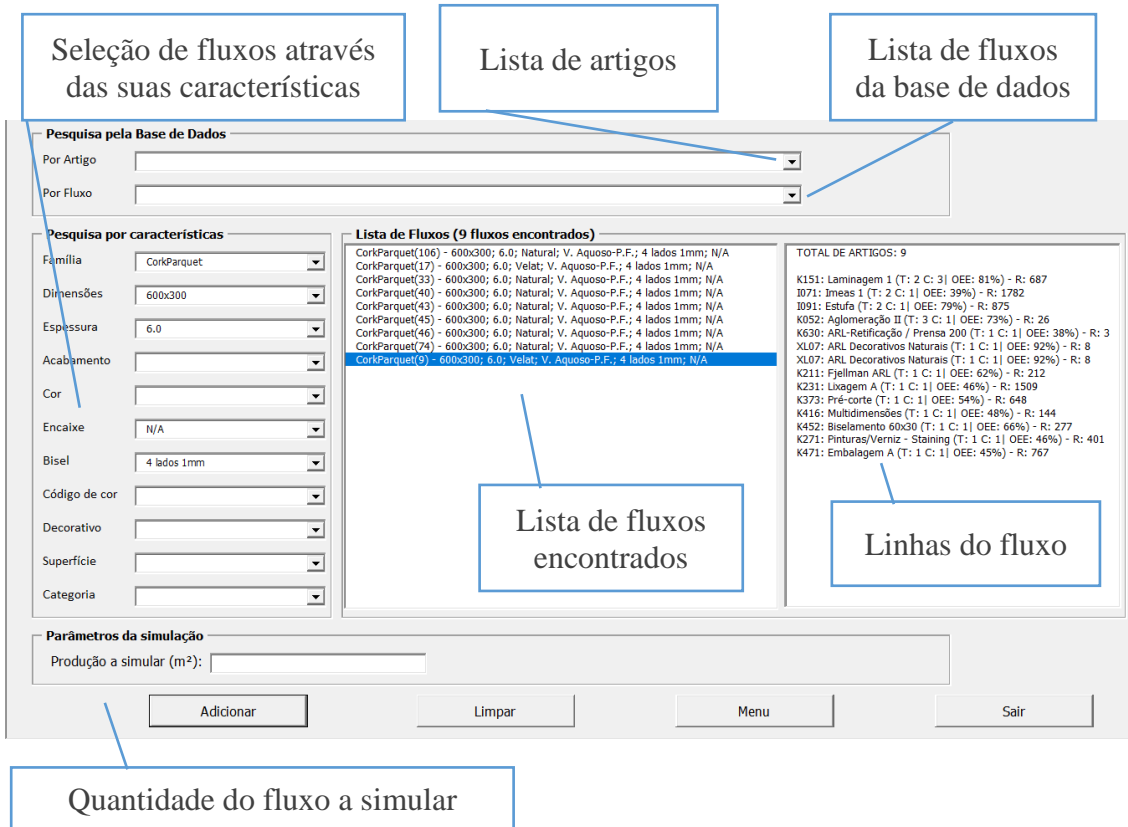


Figura 24 – Janela de introdução de fluxos.

Após encontrar os fluxos pretendidos, é possível visualizar o percurso dos mesmos na lista de linhas do lado direito da janela, clicando no registo respetivo da lista de fluxos encontrados. Aqui são apresentados (Figura 25):

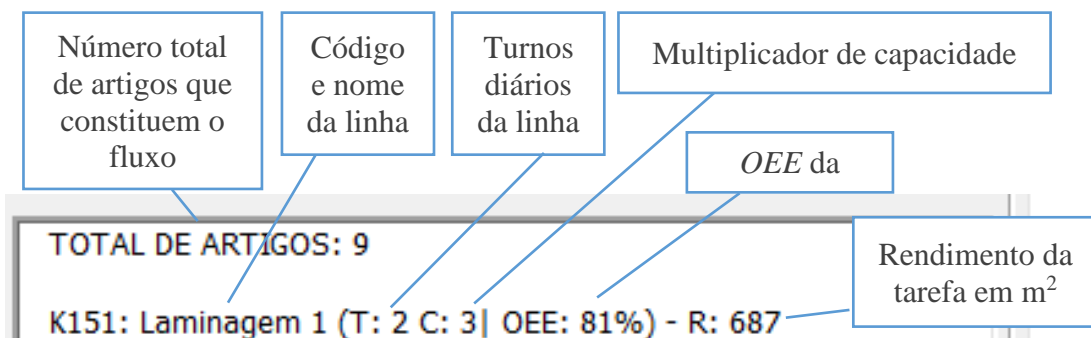


Figura 25 – Exemplo de um registo da lista de linhas do fluxo.

- **Eliminar fluxos** – Quando se pretende efetuar uma nova simulação, o botão “limpar” permite remover todos os fluxos introduzidos previamente. Se o utilizador pretender apagar apenas alguns registos, basta chamar o formulário “Apagar dados”, no botão “-“, que permite selecionar e apagar registos específicos;

- **Edição** – A ferramenta não permite apenas a simulação de cenários com valores reais, também é possível modificar os parâmetros das linhas ou as rotas dos fluxos para testar planos alternativos. Todas as modificações são guardadas numa base de dados temporária (Tabela 7). Existem dois formulários, “Editor de linhas” e o “Editor de fluxos”, que possuem as seguintes funcionalidades:

- **Editor de linhas** – Esta janela permite alterar o número de turnos, a capacidade e a eficiência da linha (ver Figura 26);
- **Editor de fluxos** – Esta janela é muito semelhante à “Pesquisa de fluxos”, utilizando os mesmos métodos de filtragem. Após seleccionar os fluxos pretendidos, aparece uma lista das suas linhas, cada uma com um número de tarefas associadas. Aqui é possível alterar as linhas da rota e o rendimento das suas tarefas.

Estes formulários possuem um segundo propósito. Caso o utilizador pretenda fazer alterações na ferramenta, pode apagar os dados existentes, sobrepondo-os pelos dados alternativos, tornando os últimos permanentes;

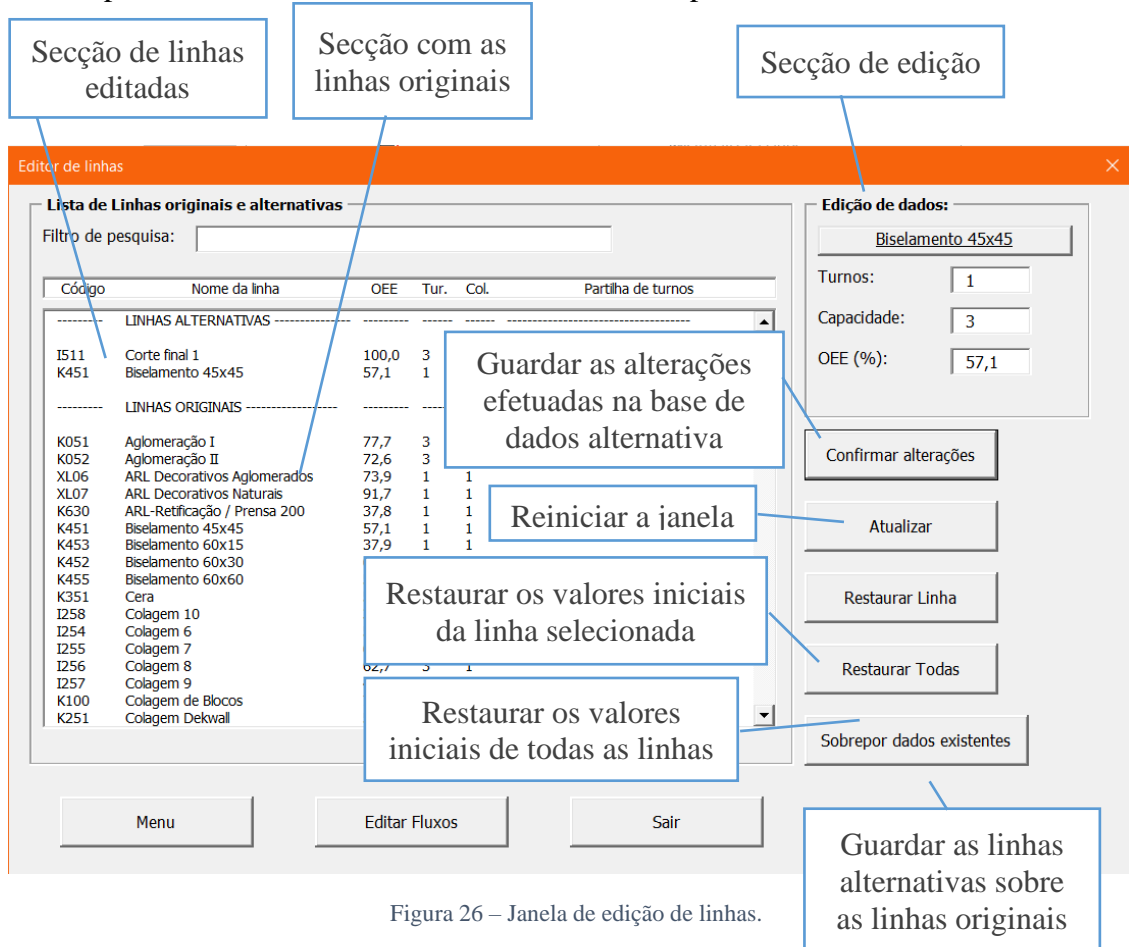


Figura 26 – Janela de edição de linhas.

- **Prazo** – O botão “Prazo” chama a janela “Seleção do Período de Produção e da Vista de Resultados” (Figura 27), responsável pela determinação do período em que decorre a simulação (número de dias uteis disponíveis para as linhas processarem a carga recebida) e pela unidade temporal em qual são apresentados os resultados da simulação (existem cinco valores possíveis para este parâmetro: apresentação de resultados por dia, semana, mês, ano ou no intervalo total). A seleção do prazo pode ser feita por intervalo de tempo (Ex.: 10 dias, 2 meses, 4 semanas, etc.) ou por datas (de 10/2/2019 a 15/3/2019);

A imagem mostra uma janela de diálogo com o título "Seleção do Período de Produção e da Vista de Resultados". A janela está dividida em duas seções principais. A primeira seção, intitulada "Seleção do período de produção a simular", contém duas abas: "Por Intervalo" (selecionada) e "Por Datas". Abaixo das abas, há um campo "Formato de Data: (Dia) / (Mês) / (Ano)". Seguem-se campos para "Data de Início:" e "Data de Fim:", cada um com três caixas de entrada separadas por barras inclinadas. A segunda seção, intitulada "Seleção do período de visualização de resultados", contém cinco opções de radio buttons: "Diário", "Semanal", "Mensal", "Anual" e "Total". À direita destas opções, há um texto explicativo: "Seleção do período de visualização da apresentação dos resultados no relatório.". Na base da janela, há três botões: "Confirmar", "Limpar" e "Menu".

Figura 27 – Seção de seleção do período de visualização de resultados.

- **Atalhos** – Por fim, este menu permite correr a simulação, botão “Simular”, que se desloca automaticamente para a folha “Relatório” após terminar. No fundo, o utilizador pode se deslocar entre folhas através dos atalhos.

4.3.4. BACKSTAGE

O processamento de informação para a execução de simulações, mapeamento de fluxos e outras tarefas é efetuado pelos módulos padrão. A função principal, o módulo de simulação, possui o código mais complexo. Este é ativado no momento em que o utilizador prime o botão de simulação. Este executa os seguintes passos:

1. Verificação da existência de dados alternativos. Se se confirmar, aparecerá uma janela perguntando quais os dados que se pretende que sejam utilizados na simulação;
2. Como medida de segurança, todos os filtros aplicados nas folhas de bases de dados são limpos para evitar erros na leitura das mesmas;

3. Leitura e aplicação da unidade de medida temporal a usar no relatório. Ex.: Se o parâmetro possuir o valor “Semanal”, os resultados serão demonstrados em horas por semana. Caso este seja superior ao prazo estabelecido, o primeiro é automaticamente ajustado para a medida imediatamente inferior ao último (ex.: se o parâmetro for “mensal” quando o prazo são apenas 10 dias, este é reduzido para “Mensal”);
4. Verificação da existência de um valor de prazo (não pode ser 0 ou estar vazio) e de fluxos na folha de *inputs*;
5. Limpeza da folha de relatório;
6. Leitura, colocação no relatório e formatação dos fluxos de *input*;
7. Uma sub-rotina, responsável pelo cruzamento de dados entre todas as bases dados, executa as seguintes tarefas:
 - a. Processamento dos *inputs* através da construção de um módulo de classe dedicado, gerando um objeto de cada fluxo para preencher com a sua informação e colocar numa lista referenciada (Dicionário⁵). Os *inputs* com fluxos alternativos são processados primeiro e colocados numa lista à parte;
 - b. O passo anterior é repetido para as linhas existentes na ferramenta;
 - c. Cada tarefa dos registos da lista de fluxos é associada com um registo de uma linha, executando simultaneamente:
 - i. A conversão de unidades do rendimento, através de uma *macro* de função, caso seja necessário;
 - ii. Somatório das horas necessárias de processamento de cada tarefa;
 - iii. Somatório de horas de paragem equivalentes à partilha de turnos, caso existam;
 - iv. Registo dos cálculos efetuados para apresentação na folha de “Cálculos” (Figura 30).
 - d. Aglomeração das linhas de laminagens e guilhotinas para formar um único registo de “Laminagens de decorativos” (Laminagens 1, 2, 3, 9), “Laminagens de bases” (4, 5, 6, 7) e “Guilhotinas” (Guilhotinas 1 e 2).
 - e. Remoção de todas as linhas que não participaram na simulação da lista dicionário.
8. Cálculo, formatação dos diferentes parâmetros de cada linha (Ocupação, horas e turnos disponíveis e necessários) e determinação de valores em falta;
9. Preenchimento e formatação das páginas do relatório;
10. Eliminação de todos os dicionários para limpar espaço de memória;
11. Apresentação da folha de relatório.

⁵ Dicionário – Objeto de VBA equivalente a um *array* associativo. Cada item possui uma referência que possibilita a sua consulta imediata sem necessitar de iterar a toda a lista.

O segundo módulo possui uma sub-rotina responsável pela gestão da folha de “Inatividade”, utilizada pelo módulo de simulação, para o cálculo do número de dias úteis quando o prazo é selecionado como o período entre duas datas. O terceiro módulo guarda as coordenadas de todas as colunas da ferramenta, auxiliando a programação e permitindo a troca da ordem das colunas nas diferentes folhas sem desconfigurar o *layout*. O último módulo funciona como repositório de comandos para ativar diferentes módulos e formulários. Maior parte dos botões da interface da ferramenta recorrem a estas rotinas.

4.4. OUTPUT

4.4.1. SIMULAÇÃO

O primeiro passo a efetuar para correr o programa consiste em introduzir a carga de trabalho da fábrica a simular. Esta é representada por quantidades, em m², de material de diversos artigos, agrupados por fluxos de produção. A respetiva operação é efetuada na folha de *Inputs* (Figura 28), através do formulário de pesquisa descrito no subcapítulo 4.3.3. Na Tabela 8 encontra-se a descrição dos parâmetros, divididos por colunas, dos dados introduzidos pelo utilizador.

The screenshot shows a spreadsheet titled "Prazo de produção" with a sub-header "Fluxos". The spreadsheet contains columns for ID, Família, Dimensões, Superfície, Acabamento, Bisel, Encaixe, Artigos, Proporção, and Quantidade. The data is organized into rows for different families and their associated fluxes. Callouts point to specific features: "Menu de Simulação" points to a "+" icon; "Período de simulação" points to "Dias úteis: 5"; "Friso do período de produção" points to "Período de 5 Dias"; "Período de apresentação de resultados" points to "Display: Semanal"; "Início da secção de fluxos inseridos" points to the start of the "Fluxos" section; "Lista de fluxos identificado por família e número do fluxo" points to the "Família" column; and "Número da linha em que o fluxo se encontra na folha de “Fluxos”" points to the "ID" column.

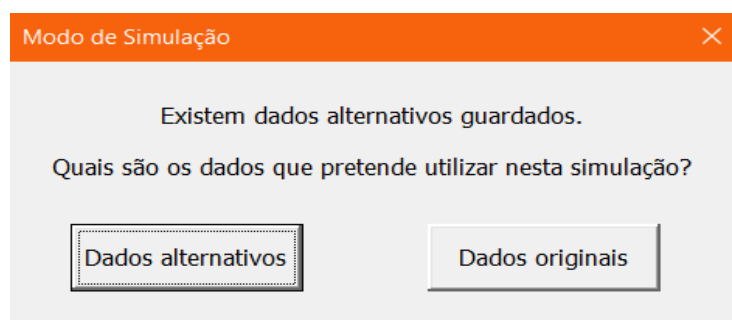
ID	Família	Dimensões	Superfície	Acabamento	Bisel	Encaixe	Artigos	Proporção	Quantidade
5	Cork Design(1)	905x295x10.5	Impressao	PUR-Liso	S/Bisel.	Enc. LOC	3	67%	1 333,33 m ²
9	Cork Design(5)	905x295x10.5	Impressao	PUR-Liso	S/Bisel.	Enc. LOC	1	33%	666,67 m ²
-	SUBTOTAL						4	100%	2 000,00 m ²
246	LVT Floating(1)	1220x185x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.2	S/Bisel.	Enc. LOC	84	56%	4 225,21 m ²
246	LVT Floating(1)	1220x185x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.3	S/Bisel.	Enc. LOC	47	33%	2 475,49 m ²
246	LVT Floating(1)	1220x185x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.5	S/Bisel.	Enc. LOC	2	1%	61,89 m ²
247	LVT Floating(2)	905x295x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.2	S/Bisel.	Enc. LOC			
247	LVT Floating(2)	905x295x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.5	S/Bisel.	Enc. LOC			
248	LVT Floating(3)	1220x185x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.2	S/Bisel.	Enc. LOC			
-	SUBTOTAL						1		
188	Corkstyle(1)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC			
199	Corkstyle(12)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	4	0%	0 m ²
200	Corkstyle(13)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	14	17%	1 678 m ²
189	Corkstyle(2)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	6	4%	447 m ²
236	Corkstyle(49)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	10	8%	758 m ²
192	Corkstyle(5)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	28	33%	3 297 m ²
195	Corkstyle(8)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	15	18%	1 840 m ²
249	Multifloors(1)	905x295x9.2	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	4	5%	503 m ²
250	Multifloors(2)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	6	8%	808 m ²
-	SUBTOTAL						94	100%	10 000 m ²

Figura 28 – Folha de *Inputs*.

Tabela 8 – Estrutura da folha de *Inputs*.

Coluna	Descrição
<i>ID</i> ⁶	O número da linha onde se encontra o registo do fluxo introduzido na base de dados (folha “Fluxos”).
<i>Família</i>	Cada família possui diversos artigos com fluxos diferentes. Nesta coluna é identificada a família de artigos que possuem o fluxo em comum e um número atribuído ao mesmo para efeitos de distinção.
<i>Dimensões</i>	Comprimento, largura e espessura dos artigos.
<i>Superfície</i>	Nome do componente que se coloca na superfície do artigo (Ex: Impresso, <i>DecorVynil</i> , etc.).
<i>Acabamento</i>	Acabamento do artigo (Ex: Lixado, Cera, PUR, PVC, Verniz, etc.).
<i>Bisel</i>	Tipo de biselamento que leva o artigo.
<i>Encaixe</i>	Tipo de encaixe das placas na pavimentação.
<i>Artigos</i>	Número de artigos do fluxo selecionado ou código do artigo selecionado.
<i>Proporção</i>	Peso atribuído a cada fluxo quando são selecionados mais do que um fluxo. A proporção é calculada através da média das ordens de produção no passado.
<i>Quantidade</i>	Carga, em m ² , da quantidade do fluxo a simular, definido pelo utilizador.

Ao correr a simulação, se não existirem dados na folha de *Inputs*, *Artigos*, *Fluxos*, *Linhas* ou qualquer outro local que comprometa o normal processamento da mesma, esta não será efetuada. Caso o utilizador pretenda realizar uma simulação de um cenário com propriedades das linhas e/ou rotas personalizadas, poderá fazê-lo imediatamente a seguir a premir o botão para simular, onde aparecerá a janela ilustrada na Figura 29.



⁶ Abreviatura de identificação

Figura 29 – Seleção da base de dados a utilizar para a simulação.

Efetuosos os cálculos, a folha de *Relatório* será aberta automaticamente. Simultaneamente, é gerada uma folha com todos os cálculos efetuados na simulação, presente na folha *Cálculos* (Figura 30). Na coluna da direita está identificado a linha cujo a informação pertence. Na coluna da esquerda, no início do registo é apresentado os recursos disponíveis da linha, de seguida aparece uma lista de todas as tarefas efetuadas na mesma ou em linhas que partilhem turnos de pessoas (se duas linhas partilham a mesma equipa de colaboradores, o tempo necessário para a execução das tarefas é cumulativo entre as duas) (Rodrigues, 2019).

Linhas	Calculos
Aglomeracão I	RECURSOS DA LINHA:
Aglomeracão I	- OEE: 77,7%
Aglomeracão I	- Total horas disponíveis: 120 = 3 Turnos/dia x 1 Colaboradores/turno x 5 Dias úteis
Aglomeracão I	- Total horas disponíveis = 3 Turnos/dia x 1 Colaboradores/turno x 5 Dias úteis x 8 Horas <=> 3 x 1 x 5 x 8h = 120h
Aglomeracão I	- Partilhado com: K052
Aglomeracão I	
Aglomeracão I	TAREFAS:
Aglomeracão I	- Cork Design(1): Formar Blocos (3B011.Nº10) Rendimento: 30
Aglomeracão I	- Conversão: 30 x 40,5 = 1215 (Dimensões do Semiacabado: 900x600x1,2)
Aglomeracão I	- Taxa de conversão: 1220;0,54;165;+1 900;0,54;165;+1 1830;0,54;165;+1
Aglomeracão I	- Partilhado com Aglomeracão II (A carga de horas passou de 0h para 5h)
Aglomeracão I	- Horas necessárias: 0h + (4755m2 / (1215m2/h * 80%)) = 5h <=> 0h + 5h = 5h
Aglomeracão I	
Aglomeracão I	- Recebeu carga de Aglomeracão II (A carga de horas passou de 5h para 130h)
Aglomeracão I	
Aglomeracão I	- Recebeu carga de Aglomeracão II (A carga de horas passou de 130h para 140,9h)
Aglomeracão I	
Aglomeracão I	- Cork Design(3): Formar Blocos (3B011.Nº10) Rendimento: 30
Aglomeracão I	- Conversão: 30 x 40,5 = 1215 (Dimensões do Semiacabado: 1220x600x1,2)
Aglomeracão I	- Taxa de conversão: 1220;0,54;165;+1 900;0,54;165;+1 1830;0,54;165;+1
Aglomeracão I	- Partilhado com Aglomeracão II (A carga de horas passou de 140,9h para 192,9h)
Aglomeracão I	- Horas necessárias: 140,9h + (49137,8m2 / (1215m2/h * 80%)) = 192,9h <=> 140,9h + 52h = 192,9h

Figura 30 – Folha de *Cálculos*.

4.4.2. RELATÓRIO

A folha de relatório é constituída por cinco páginas, seguindo-se a lista transcrita do manual de utilização (Rodrigues, 2019):

- **Tabela de conteúdos** – Página introdutória com a lista de conteúdos do relatório;



Amorim Revestimentos S.A.

ARSimTool_v5.0.0.xlsm

Relatório de simulação

Tabela de Conteúdos
Inputs da simulação
Relatório simplificado de ocupação das linhas
Relatório detalhado dos recursos laborais associados às linhas
Mapeamento dos fluxos

Figura 31 – Tabela de conteúdos do relatório de simulação.

- **Dados utilizados na simulação** – Cópia formatada da página de *Inputs* (Figura 32). A lista de fluxos é numerada por ordem de introdução do fluxo, onde este número é utilizado para identificar o mesmo na folha de *Roteiros*;

DADOS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO									
Prazo de produção									
Dias úteis: 5			Período de 5 Dias				Display: Semanal		
ID	Família	Dimensões	Fluxos				Produção (m2)		
			Superfície	Acabamento	Bisel	Encaixe	Amostra	Peso	Quantidade
1	CorkParquet(1)	600x600x4.0	Natural	Lixado	4 lados 1mm	N/A	2	0%	535 m ²
2	CorkParquet(10)	600x300x4.0	Velat	V. Aquoso Acabado	4 lados 1mm	N/A	2	1%	1 434 m ²
3	CorkParquet(10)	600x300x4.0	Velat	V. Aquoso-P.F.	4 lados 1mm	N/A	1	1%	788 m ²
4	CorkParquet(100)	300x300x4.8	Natural	V. Aveludado	S/Bisel.	N/A	1	1%	1 290 m ²
5	CorkParquet(101)	900x600x4.8	Natural	V. Mate	S/Bisel.	N/A	1	0%	0 m ²
6	CorkParquet(102)	300x300x4.8	Natural	Óleo (aplic.50% qt)	S/Bisel.	N/A	1	1%	1 290 m ²
7	CorkParquet(102)	300x300x4.8	Natural	Óleo	S/Bisel.	N/A	1	0%	0 m ²
8	CorkParquet(103)	300x300x6.0	Natural	Lixado	4 lados 1mm	N/A	1	1%	1 075 m ²
9	CorkParquet(104)	600x300x6.0	Natural	Lixado	S/Bisel.	N/A	1	0%	473 m ²
10	CorkParquet(105)	600x300x6.0	Natural	V. Aquoso-P.F.	S/Bisel.	N/A	1	0%	473 m ²

Figura 32 – Folha de relatório com os dados utilizados na simulação.

- **Relatório simplificado** – Página com a lista de todas as linhas intervenientes nos fluxos inseridos, divididos pelo setor de *Componentes* e *Acabamentos*. Este último é subdividido em linhas abaixo da capacidade máxima, linhas com dados em falta (caso existam) e linhas em *bottleneck* (linhas com excesso de carga de trabalho). À direita, são apresentados os valores de *OEE*, ocupação, *bottlenecks* e a quantidade de turnos e horas em falta, por dia, caso se verifique uma ocupação acima de 100% (Figura 33);

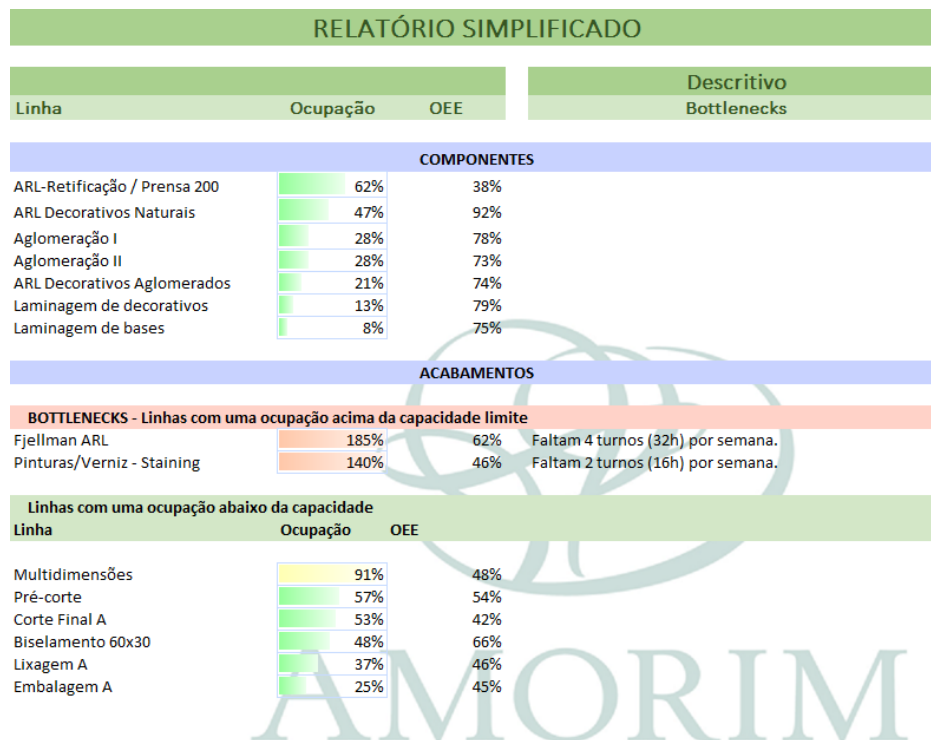


Figura 33 – Folha de Relatório Simplificado.

- Relatório detalhado de horas e turnos** – Página de relatório completo com a capacidade disponível das linhas (Figura 34) em turnos e horas (T.D. – Turnos Disponíveis, H.D. – Horas Disponíveis), necessário (T.N. – Turnos Necessários, H.N. – Horas Necessárias) e a margem, excedente ou remanescente, da diferença entre o disponível e o necessário (Dif.T. – Diferença em Turnos, Dif.H. – Diferença em Horas). As linhas estão dispostas em ordem alfabética. O registo da linha em *bottleneck* são preenchidas a vermelho e, as linhas com dados em falta são preenchidas a amarelo. Nesta página, os valores de horas e turnos aparecem em função ao *Display* temporal escolhido, Ex: Se o período escolhido for *diário*, os resultados aparecem em falta ou excesso de turnos e horas por dia.

RELATÓRIO DETALHADO DE HORAS E TURNOS						
Linhas	Capacidade		Necessário		Diferença	
	T.D.	H.D.	T.N.	H.N.	Dif.T.	Dif.H.
Aglomeração I	15	120h	5	33h	11	87h
Aglomeração II	15	120h	5	33h	11	87h
ARL Decorativos Aglomerados	5	40h	2	8h	4	32h
ARL Decorativos Naturais	5	40h	3	19h	3	21h
ARL-Retificação / Prensa 200	5	40h	4	25h	2	15h
Biselamento 60x30	5	40h	3	19h	3	21h
Corte Final A	5	40h	3	21h	2	19h
Embalagem A	5	40h	2	10h	4	30h
Fjellman ARL	5	40h	10	74h	-4	-34h
Laminagem de bases	60	480h	5	38h	55	442h
Laminagem de decorativos	30	240h	5	32h	26	208h
Lixagem A	5	40h	2	15h	3	25h
Multidimensões	5	40h	5	36h	0	4h
Pinturas/Verniz - Staining	5	40h	7	56h	-2	-16h
Pré-corte	5	40h	3	23h	2	17h

Figura 34 – Folha de Relatório Detalhado.

- **Roteiros** – Página de rotas dos fluxos onde, as linhas da coluna à direita são associadas aos fluxos, no topo da página, identificados por um número de *ID* presente na segunda página dos dados utilizados para a simulação. Na grelha do mapa, as células coloridas representam a passagem do fluxo no topo pela respetiva linha à esquerda (Figura 35).

ROTEIROS												
Linhas	Mapa de Fluxos											
	Linha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aglomeração I												
Aglomeração II												
ARL Decorativos Aglomerados												
ARL Decorativos Naturais												
ARL-Retificação / Prensa 200												
Biselamento 60x30												
Corte Final A												
Embalagem A												
Fjellman ARL												
Lixagem A												
Multidimensões												
Pinturas/Verniz - Staining												
Pré-corte												
Laminagem de decorativos												
Laminagem de bases												

Figura 35 – Folha de mapeamento de fluxos.

5. VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA *ARSIMTOOL*

Múltiplos testes foram realizados ao longo do desenvolvimento da ferramenta, através da comparação dos seus resultados com o *output* da ferramenta de análise de capacidade v2.6 (F.A.C.) e da fábrica. Estes testes intermédios serviram para aplicar correções ou realizar reconstruções no programa e nos métodos de extração de dados para alimentar este.

No final do mês de julho de 2019, foram realizados vários testes de validação entre as duas ferramentas. Foram realizadas diversas simulações da produção de múltiplos fluxos, comuns entre as duas, e os resultados, em turnos, foram comparados. Denotou-se que as linhas do setor de componentes possuem uma divergência de resultados significativa. A maioria das linhas do setor de acabamentos possuem diferenças de pelo menos um turno. Em algumas exceções, a margem chegava aos 3 turnos. A F.A.C. (Ferramenta de análise de capacidade) não permite a alteração do prazo ou *display* temporal de produção. Por essa razão, todos os testes foram executados num período de 20 dias úteis, com a demonstração de resultados como o número total de turnos, num mês, para efetuar a produção. A comparação é efetuada através do valor absoluto da diferença entre os resultados das duas ferramentas, para cada linha, e a média de todos estes.

O primeiro teste foi efetuado com um par de fluxos da família Autêntica (Tabela 9). foi inserida uma carga de 10 000 m² cada. A linha que apresenta a maior diferença é a Lixagem 3 (do setor de componentes). Todas as outras possuem uma diferença inferior a um turno.

Tabela 9 – Teste de validação com fluxos Autêntica.

DADOS DE ENTRADA			
Fluxo	Carga	Prazo	Display
Autêntica 905x295	10 000 m ²	20 dias úteis	Mensal
Autêntica 1220x185	10 000 m ²		
RESULTADOS (turnos necessários por mês)			
Linhas	ARSimTool	F.A.C.	Diferença
Aglomerção I	2,3	1,4	0,9
Colagem 6	1,9	2,2	0,3
Colagem de Blocos	0,5	0,6	0,1
Colagem MDF	2,0	2,3	0,3
Corte Final 4	1,9	2,7	0,8
Corte Final 5	2,3	2,6	0,3
Dieffen	14,6	13,9	0,7
Envernizamento 4	2,6	3,2	0,6
Imeas 1	4,0	3,8	0,2
Laminagem de bases	5,0	5,8	0,8
Lixagem 3	5,0	2,3	2,7
Prensa Hymmen	7,1	6,2	0,9
Verniz HRV	2,1	2,3	0,2
Média			0,7

Foram realizados mais dois testes de pares de fluxos, escolhidos aleatoriamente, da família *LVT* (Tabela 10) e *Cork Parquet* (Tabela 11). Novamente as linhas de componentes (Aglomerção, Laminagens, etc.) apresentam os maiores desvios, à exceção da linha Corte final A, de acabamentos.

Tabela 10 – Teste de validação com fluxos LVT.

DADOS DE ENTRADA			
Fluxo	Carga	Prazo	Display
LVT Biselado 1200x185	15 000 m ²	20 dias úteis	Mensal
LVT Sem Biselado 1200x185	15 000 m ²		
RESULTADOS (turnos necessários por mês)			
Linhas	ARSimTool	F.A.C.	Diferença
Aglomeração I	7,8	2,4	5,4
Aglomeração II	7,8	2,1	5,7
Colagem 6	5,8	5,7	0,1
Colagem 7	5,4	5,9	0,5
Colagem de Blocos	3,3	3,7	0,4
Corte Final 5	6,1	5,7	0,4
Laminagem de bases	17,8	19,8	2
Média			2,1

Tabela 11 – Teste de validação com fluxos Cork Parquet.

DADOS DE ENTRADA			
Fluxo	Carga	Prazo	Display
Cork Parquet 300x300 Lixado	9 000 m ²	20 dias úteis	Mensal
Cork Parquet 600x300 Lixado	30 000 m ²		
RESULTADOS (turnos necessários por mês)			
Linhas	ARSimTool	F.A.C.	Diferença
Aglomeração I	13,5	12,4	1,1
Corte Final A	8,9	17,7	8,8
Laminagem de bases	14,7	17,5	2,8
Laminagem de decorativos	11,2	10,2	1
Média			3,4

De seguida realizou-se um teste com diversos fluxos de famílias diferentes e maior carga (Tabela 12).

Tabela 12 – Teste de validação com múltiplos fluxos.

DADOS DE ENTRADA			
Fluxo	Carga	Prazo	Display
LVT Bisel 1200x185	17 000 m ²	20 dias úteis	Mensal
CorkStyle 910x300	7 000 m ²		
Autêntica 905x295	15 000 m ²		
Cork Parquet 600x300 Lixado	20 000 m ²		
Cork Parquet 900x150 Bisel Lixado	3 000 m ²		
RESULTADOS (turnos necessários por mês)			
Linhas	ARSimTool	F.A.C.	Diferença
Aglomeração I	7,5	8,7	1,2
Aglomeração II	9,7	2,7	7,0
Biselamento 60x15	2,5	5,9	3,4
Biselamento 60x30	9,4	16,4	7,0
Colagem 6	3,3	3,2	0,1
Colagem 7	3,1	3,3	0,2
Colagem de Blocos	1,9	2,1	0,2
Colagem MDF	4,4	4,9	0,5
Corte Final 4	4,1	5,3	1,2
Corte Final 5	3,5	3,4	0,1
Dieffen	10,6	10,4	0,2
Embalagem A	4,9	5,5	0,6
Imeas 1	3,7	3,8	0,1
Laminagem de bases	24,4	26,8	2,4
Laminagem de decorativos	8,6	7,8	0,8
Lixagem 3	4,3	2,7	1,6
Pinturas/Verniz - Staining	13,4	10,8	2,6
Prensa Hymmen	5,9	5,9	0,0
Verniz HRV	4,7	4,9	0,2
Média			1,5

Na Tabela 12 embora não tenha surgido nenhum *bottleneck*, os resultados foram bastante satisfatórios, com uma média de erro de 1,5 turnos. De seguida fez-se mais um teste onde foram acrescentados mais fluxos para forçar a sobreocupação de uma linha. Incrementaram-se dois fluxos com uma carga de 40 000 e 27 000 m² (Tabela 13).

Ambas as ferramentas apontaram para um *bottleneck* na linha de Pinturas/Verniz – *Staining*, onde a *ARSimTool* registou uma ocupação de 146% (faltaram 9,1 turnos para concluir a produção). A F.A.C. também indicou a falta de 6 turnos na linha Embalagem A, contrariamente à *ARSimTool* que indicou uma margem excedente de 15 fluxos.

Com estes testes conclui-se que a nova ferramenta apresenta um algoritmo de simulação aceitável, mas que requer ainda algumas afinações. Simultaneamente, os resultados das ferramentas foram condicionados pela forma como os dados foram registados. Enquanto que a *ARSimTool* utiliza informação disponibilizada pela *ERP* da empresa, a F.A.C. possui todos os dados relativos aos roteiros, rendimentos das linhas, OEE e turnos recolhidos à mão, gerando diferentes erros de medição (relativos à pessoa que executou as medições, aos métodos e instrumentos utilizados).

Tabela 13 – Teste de simulação de múltiplos fluxos com indicação de *bottlenecks*

DADOS DE ENTRADA			
Fluxo	Carga	Prazo	Display
LVT Bisel 1200x185	17000	20 dias úteis	Mensal
CorkStyle 910x300	7000		
Autentica 900x295	15000		
Cork Parquet 600x300 Sem Bisel Lixado	20000		
Cork Parquet 900x150 Bisel Lixado	3000		
Dekwall 600x300 Verniz Aquoso	40000		
Subertech PET 1225x190	27000		

RESULTADOS (turnos necessários por mês)			
Linhas	ARSimTool	F.A.C.	Diferença
Aglomeração I	7,5	8,7	1,2
Aglomeração II	26,6	11,3	15,3
Biselamento 60x15	2,5	5,9	3,4
Biselamento 60x30	9,4	16,4	7,0
Colagem 6	8,5	8,4	0,1
Colagem 7	3,1	3,3	0,2
Colagem 9	5,6	8,9	3,3
Colagem de Blocos	4,8	2,1	2,7
Colagem Dekwall	10,8	15,0	4,2
Colagem MDF	4,4	10,4	6,0
Corte final 1	21,0	14,0	7,0
Corte Final 4	4,1	10,5	6,4
Corte Final 5	3,5	3,4	0,1
Corte Final A	7,2	10,7	3,5
Dieffen	10,6	10,4	0,2
Embalagem 1	8,1	9,3	1,2
Embalagem A	4,9	5,5	0,6
Imeas 1	3,7	3,2	0,5
Laminagem de bases	52,2	49,4	2,8
Laminagem de decorativos	23,6	21,4	2,2
Lixagem 3	10,2	11,8	1,6
Pinturas/Verniz - Staining	29,1	20,3	8,8
Pré-corte	9,9	9,3	0,6
Prensa Hymmen	5,9	5,9	0,0
Verniz HRV	4,7	10,4	5,7
Média			3,4

6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

6.1. POTENCIAL DA FERRAMENTA *ARSIMTOOL*

O presente projeto, elaborado no âmbito de um estágio curricular, consistiu no desenvolvimento da ferramenta *ARSimTool* para o departamento de Engenharia de Processo, da empresa Amorim Revestimentos S.A., onde contribuirá com os seguintes aspetos para a gestão de fluxos e análise da capacidade das linhas de produção:

- A contagem e organização de todos os fluxos, tal como todas as tarefas e valores de rendimento envolvidos, obtidos através do processamento dos dados existentes na estrutura de materiais da ERP Baan, para o departamento de Engenharia de Processos da unidade de Oleiros;
- Atualização automática de dados e interfaces e formulários para auxiliar o utilizador na pesquisa de informação, facilitando a formação para o uso da mesma;
- Cálculo da ocupação das linhas e deteção de Bottlenecks, com a indicação das margens mão de obra em falta ou excedentes, numa folha de relatório simples para colaboradores da área de marketing, gestão e outros;
- Cálculo de todos os valores de turnos e horas, necessários e disponíveis numa folha de relatório detalhada para colaboradores na área de engenharia de processo e outros;

- Funcionalidades de edição que permitem o estudo de cenários alternativos para auxiliar na implementação de mudanças que proporcionem as melhorias mais significativas;

6.2. CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS ESTABELECIDOS

O objetivo primário da ferramenta foi definido como a simulação da produção das linhas para análise da sua capacidade. As outras componentes foram acrescentadas mais tarde, onde o trabalho dedicado na sua implementação não foi prioritário. Esta situação, cumulativa com as constantes alterações nas estruturas de materiais, fluxos e fontes de dados da empresa, resultaram na operacionalidade abaixo do ideal de algumas funcionalidades (Tabela 14).

Em algumas situações, a função de simulação não apresentou resultados correspondentes à ferramenta de análise de capacidade e, descabidos em relação à produção real da fábrica. Esta situação deveu-se a múltiplos fatores. Entre eles encontra-se o facto de que durante o período de desenvolvimento, a empresa sofreu diversas alterações nos artigos que produzia, onde uns foram descontinuados e uma nova família foi introduzida (*Wise*). Consequentemente, os fluxos de produção foram alterados. Adicionalmente, os resultados obtidos para a capacidade das linhas do setor de componentes não são coerentes, pois estas trabalham antecipadamente (fora dos prazos estabelecidos na ferramenta), onde os seus produtos são armazenados em “supermercados” para utilização futura. Por este motivo, na folha de relatório simplificada, as linhas de ambos os setores são separados e a função de deteção de *bottlenecks* só é aplicada para acabamentos.

Tabela 14 – Estado do cumprimento dos requisitos definidos.

OBJETIVOS	ESTADO
Análise de desempenho	Operacional nas linhas do setor de acabamentos. Necessita de aperfeiçoamento nas linhas de componentes
Apresentação intuitiva	Operacional
Atualização de dados automática	Apenas existente nos dados encontrados na ERP
Deteção de <i>bottlenecks</i>	Operacional (em função do primeiro parâmetro)
Interface e utilização simples	Operacional exceto na gestão de fluxos, onde a quantidade de dados dificulta a sua visualização.
Mapeamento de fluxos	Operacional

6.3. TRABALHO FUTURO

É necessária uma atualização frequente da ferramenta e a afinação dos valores relativos as linhas de produção que apresentam resultados muito divergentes. Na sequência deste trabalho, será efetuada a divulgação e formação do sistema de apoio à decisão, *ARSimTool*, para iniciar a sua utilização, não só no departamento de Engenharia de Processo onde foi desenvolvida, mas por outros setores como *marketing*, gestão, logística, etc. Algumas das funcionalidades implementadas, juntamente com a experiência adquirida na programação em *VBA*, serão de extrema importância no desenvolvimento de outras ferramentas em tarefas semelhantes.

Este projeto também procurou realçar a importância que os sistemas de apoio à decisão e ferramentas de simulação trazem para a melhoria de processos produtivos e, no futuro, na implementação da indústria 4.0.

Referências bibliográficas

- Afonso, A. P. (2002). Excel-VBA Macro comandos (Macros). Obtido a 30 de agosto de 2019, em <http://www3.dsi.uminho.pt/iiee/repos/i2-vba0102.pdf>
- Alemanya, M. M. E., Ortiz, A., & Fuertes-Miquel, V. S. (2018). A decision support tool for the order promising process with product homogeneity requirements in hybrid Make-To-Stock and Make-To-Order environments. Application to a ceramic tile company. *Computers and Industrial Engineering*, 122, 219–234. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.05.040>
- Al-Jumeily, D., Hussain, A., Mallucci, C., & Oliver, C. (Eds.). (2016). Introduction. Em *Applied Computing in Medicine and Health* (pp. xxxvii–xlvi). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803468-2.02001-4>
- Amorim. (2019). Unidades de Negócio Amorim. Obtido a 15 de setembro de 2019, em <https://www.amorim.com/unidades-de-negocio/revestimentos/>
- Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* (1998 John Wiley & Sons, Ed.). Wiley, 1-30. <https://doi.org/10.1002/9780470172445.ch1>
- Belaïd, R., T'Kindt, V., & Esswein, C. (2012). Scheduling batches in flowshop with limited buffers in the shampoo industry. *European Journal of Operational Research*, 560-572. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.06.035>
- Bennett, D. (2015). Process Layout. *Wiley Encyclopedia of Management*, 1–2. <https://doi.org/10.1002/9781118785317.weom100059>
- Carvalho, D. (2008). Introdução aos Sistemas de Produção. Obtido em 14 de junho de 2019, em Departamento de Produção e Sistemas - Universidade do Minho website: <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/IntrodSistProd.pdf>
- Chan, F. T. S., Au, K. C., & Chan, P. L. Y. (2006). A decision support system for production scheduling in an ion plating cell. *Expert Systems with Applications*, 30(4), 727-738. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.07.032>

- Chan, V. K., Chan, C. W., & Torabi, F. (2015). Data availability and development of a decision support system for heavy oil production prediction. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 132, 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2015.05.015>
- Choy, K. L., Leung, Y. K., Chow, H. K. H., Poon, T. C., Kwong, C. K., Ho, G. T. S., & Kwok, S. K. (2011). A hybrid scheduling decision support model for minimizing job tardiness in a make-to-order based mould manufacturing environment. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1931-1941. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.125>
- Corticeira Amorim. (2013). Apresentação. Obtido em 3 maio de 2019 <https://doi.org/https://www.amorim.com/corticeira-amorim/apresentacao/>
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J. R. C., & Vieira, S. R. (2009, dezembro). Investigação-ação: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Revista Psicologia, Educação e Cultura*, 355-379. <https://doi.org/https://doi.org/49418854>
- Cristina, A., & Fortes, M. (2006). *Implementação do ERP Baan IV numa Empresa Industrial na ID6-Consultoria e Gestão*. Obtido em 7 de maio de 2019, em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57678/1/000076388.pdf>
- D'Antonio, G., Saja, A., Ascheri, A., Mascolo, J., & Chiabert, P. (2018). An integrated mathematical model for the optimization of hybrid product-process layouts. *Journal of Manufacturing Systems*, 46, 179-192. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.12.003>
- Davis, J. (2017). Smart Manufacturing. *Encyclopedia of Sustainable Technologies*. 417-427. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10212-X>
- Dekier, Ł. (2012). The Origins and Evolution of Lean Management System. *Journal of International Studies*, 46-51. DOI: 10.14254/2071-8330.2012/5-1/6
- Denkena, B., Dittrich, M.-A., & Wilmsmeier, S. (2019). Automated production data feedback for adaptive work planning and production control. *Procedia Manufacturing*, 28, 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.12.004>
- Drira, A., Pierreval, H., & Hajri-Gabouj, S. (2007). Facility layout problems: A survey. *Annual Reviews in Control*, 31(2), 255-267. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2007.04.001>

- Erozan, İ. (2019). A fuzzy decision support system for managing maintenance activities of critical components in manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 52, 110-120. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.06.002>
- Ferreira Martins & Filhos - Madeiras e Derivados, S. (n.d.). Derivados de Madeira - MDF. Obtido a 12 de junho de 2019, em <http://www.ferreiramartins.pt/pt/produtos/derivados-de-madeira/mdf>
- Figueira, G., Amorim, P., Guimarães, L., Amorim-Lopes, M., Neves-Moreira, F., & Almada-Lobo, B. (2015). A decision support system for the operational production planning and scheduling of an integrated pulp and paper mill. *Computers and Chemical Engineering*, 77, 85–104. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2015.03.017>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Gomes da Silva, C., Figueira, J., Lisboa, J., & Barman, S. (2006). An interactive decision support system for an aggregate production planning model based on multiple criteria mixed integer linear programming. *Omega*, 34(2), 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.08.007>
- Groenevelt, H., & Sirnon, W. E. (1993). The Just-in-Time System. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Volume 4, 12, 629-670. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(05\)80192-6](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(05)80192-6)
- Guo, Z. X., Wong, W. K., Leung, S. Y. S., & Fan, J. T. (2009). Intelligent production control decision support system for flexible assembly lines. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4268-4277. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.03.023>
- Kiran, D. R. (2016). Kaizen and Continuous Improvement. *Total Quality Management*, 22, 313–332. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811035-5.00022-2>
- Longo, F., Nicoletti, L., & Padovano, A. (2017). Smart operators in industry 4.0: A human-centered approach to enhance operators' capabilities and competencies within the new smart factory context. *Computers and Industrial Engineering*, 113, 144-159. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.09.016>

- Lorenzer, T., Weikert, S., Bossoni, S., & Wegener, K. (2007). Modeling and evaluation tool for supporting decisions on the design of reconfigurable machine tools. *Journal of Manufacturing Systems*, 26(3-4), 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2008.01.002>
- McLean, C., & Leong, S. (2001). The Role of Simulation in Strategic Manufacturing. *Proceedings of the 2001 International Working Conference on Strategic Manufacturing*, 1-12. https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821605
- Melouk, S. H., Freeman, N. K., Miller, D., & Dunning, M. (2013). Simulation optimization-based decision support tool for steel manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 141(1), 269–276. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.08.001>
- Miller, S. W., Finke, D. A., Kupinski, M., & Ligetti, C. B. (2019). WeldANA: Welding decision support tool for conceptual design. *Journal of Manufacturing Systems*, 51, 120–131. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.04.007>
- Opacic, L., Sowlati, T., & Mobini, M. (2018). Design and development of a simulation-based decision support tool to improve the production process at an engineered wood products mill. *International Journal of Production Economics*, 199, 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.010>
- Opritescu, D., Hartmann, C., Riedl, W., Ritter, M., & Volk, W. (2019). Low-risk bypassing of machine failure scenarios in automotive industry press shops by releasing overall capacity of the production networks. *Journal of Manufacturing Systems*, 52, 121-130. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.05.007>
- Pielmeier, J., Theumer, P., Schutte, C. S. L., Snyman, S., Bessdo, O., Braunreuther, S., & Reinhart, G. (2019). Method for event-based production control. *Procedia CIRP*, Volume 79, 373-378. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.094>
- Pinto Ferreira, L., Pereira, G., & Machado, R.-J. (2003). A simulação como ferramenta de apoio à decisão na engenharia da produção – O sistema GAMS. *VI Congreso Galego de Estatística e Investigación de Operacións*.
- Poon, T. C., Choy, K. L., Chan, F. T. S., & Lau, H. C. W. (2011). A real-time production operations decision support system for solving stochastic production material

- demand problems. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 4829-4838. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.162>
- Prasad, D., & Ratna, S. (2018). Decision support systems in the metal casting industry: An academic review of research articles. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 1298-1312. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.215>
- Riis, J. O., & Johansen, J. (2007). A Strategic Approach to Develop Agile Manufacturing. In *Agile Manufacturing: The 21st Century Competitive Strategy*, 53–72. <https://doi.org/10.1016/b978-008043567-1/50003-6>
- Rodrigues, L. (2019). *ARSimTool V5.0. Manual de utilização*. Amorim Revestimentos S.A.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Obtido a 9 de maio de 2019, em https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- Sakalli, U. S., & Birgoren, B. (2009). A spreadsheet-based decision support tool for blending problems in brass casting industry. *Computers and Industrial Engineering*, 56(2), 724–735. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.05.009>
- Schrage, M. (1999). *Serious Play: How the World's Best Companies Simulate to Innovate*.
- Slotina, L., & Dace, E. (2016). Decision Support Tool for Implementation of Remanufacturing in an Enterprise. *Energy Procedia*, 95, 451–458. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.062>
- Taha, Z., & Rostam, S. (2012). A hybrid fuzzy AHP-PROMETHEE decision support system for machine tool selection in flexible manufacturing cell. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(6), 2137–2149. <https://doi.org/10.1007/s10845-011-0560-2>
- Vorne. (n.d.). WHAT IS OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS? Obtido em 7 de maio de 2019. <https://www.oee.com/>

Anexo A – Sistemas de produção

Tabela 15 – Classificação de sistemas de produção (Carvalho, 2008).

CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

PRODUÇÃO UNITÁRIA	Artigos com características e propriedades únicas. Ex: Projetos.
PRODUÇÃO EM LOTES	Grande variedade de artigos produzidos em lotes de dezenas ou centenas de unidades.
PRODUÇÃO EM SÉRIE	Pequena variedade artigos, produção em grandes quantidades.
PRODUÇÃO EM MASSA	Produto único e contínua, sem variedade. Ex: Distribuição de água, energia elétrica, gás natural, etc.

Anexo B – Linhas de produção

Tabela 16 – Lista de linhas ARL.

SECTOR	LINHA
Acabamentos Finais	Biselamento 45x45
	Biselamento 60x15
	Biselamento 60x30
	Biselamento 60x60
	Cera
	Colagem <i>Dekwall</i>
	Corte Final A
	Corte Final B
	Corte Final C
	Embalagem A
	Embalagem pinturas
	Envernizamento
	<i>Fjellman</i> ARL
	Lixagem A
	Multidimensões
	Pinturas/Verniz - <i>Staining</i>
	Pré-corte
Pré-Lixagem	
Fábrica de blocos	ARL Decorativos Aglomerados
	ARL Decorativos Naturais
Produtos Base	Aglomeracão I
	Aglomeracão II
	ARL-Retificacão / Prensa 200
	Colagem Blocos
	Laminagem 1
	Laminagem 4
	Laminagem 5
	Laminagem 8
	Pantógrafo
	Pré Trituracão
Trituracão 1	

Tabela 17 – Lista de Linhas ARO.

SECTOR	LINHA
Acabamentos Finais 1	Colagem 9
	Corte final 1
	Corte final 2
	Embalagem 1
	Envernizamento 1
Acabamentos Finais 2	Colagem 10
	Colagem MDF
	Corte Final 4
Acabamentos Finais 3	Verniz HRV
	Colagem 6
	Colagem 7
	Colagem 8
	Corte Final 5
	Envernizamento 4
	Pintura 2
Pintura 3	
AFSIC	Sico 1
Componentes	Corte bases 1200
	<i>Dieffen</i>
	Estabilização de bases
	Fábrica de Tintas
	Guilhotina 1
	Guilhotina 2
	Pré-trituração
	Sico 2
	Trituração
	Corte bases
	Estufa
	<i>Fjellman</i>
	<i>Imeas 1</i>
	Lixagem 3
	Pintura 1
Prensa <i>Hymmen</i>	

Anexo C – Manual de utilização *ARSimTool*

ARSimTool V5.0

MANUAL DE UTILIZAÇÃO

Luís Miguel Nogueira Rodrigues

AMORIM REVESTIMENTOS S.A. | RUA RIBEIRINHO 202, 4535-907

Conteúdo

1. Introdução.....	2
1.1. Inputs.....	2
1.2. Output.....	2
2. Antes de Utilizar a Ferramenta.....	3
3. Conteúdo e navegação	5
3.1. Estrutura	5
3.2. Navegação.....	5
4. Introdução de Dados para a Simulação	7
4.1. Folha de <i>Inputs</i>	7
4.2. Introdução de fluxos	8
4.3. Eliminar dados introduzidos	10
4.4. Definição temporal.....	11
4.1. Período de Inatividade.....	12
5. Simulação e Relatório	13
5.1. Simulação	13
5.2. Relatório	14
6. Base de dados.....	15
6.1. Dados originais.....	15
6.2. Dados Alternativos	16
7. Edição de Dados	17
7.1. Edição de linhas	17
7.2. Edição de fluxos	18

1. Introdução

A ferramenta *ARSimTool* foi desenvolvida pelo estudante Luís Miguel Nogueira Rodrigues, no âmbito de um estágio curricular e dissertação de mestrado de Sistemas e Planeamento Industrial, do curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, do Instituto Politécnico de Engenharia do Porto.

Este ficheiro, tem como principal objetivo, servir de ferramenta de apoio à decisão para o Setor de Engenharia de Processos, da unidade de Oleiros da empresa Revestimentos Amorim S.A., através da simulação da capacidade fabril, dado um número determinado de fluxos e quantidades de produção de artigos, num período de dias úteis pré-definido.

1.1. Inputs

Os dados utilizados para realizar as simulações são divididos em 3 categorias:

- **Dados de raiz** – Os dados de raiz correspondem à aquelas que foram recolhidos da fábrica. Na ferramenta, estes encontram-se nas folhas de Artigos, Fluxos e Linhas:
- Linhas de produção;
- Lista de Artigos (Produtos acabados);
- Fluxos de produção;
- Calendário de inatividade.
- **Dados introduzidos pelo utilizador** – Dados temporários, definidos pelo utilizar, para simular ordens de produção, presentes nas folhas de Inputs e Inatividade:
- Número e quantidade de fluxos;
- Período de produção;
- *Display* temporário de apresentação dos resultados;
- **Dados alternativos** – Informação temporária, inserida pelo utilizador, que substitui os dados de raiz. Normalmente utilizado para realizar simulações de teste de diferentes características das linhas ou componentes dos fluxos. Estes são guardados nas folhas de Fluxos Alternativos e Linhas Alternativas.

1.2. Output

Após a execução da simulação, a informação é apresentada em formato de relatório, indicando os recursos disponíveis e as necessidades, em horas, das linhas. O valor de ocupação destas determina a existência de *bottlenecks* e as margens de horas de sobra ou necessárias para completar a produção. Toda a informação gerada é apresentada na folha de Relatório.

2. Antes de Utilizar a Ferramenta

Esta ferramenta foi desenvolvida na plataforma *Microsoft Excel Macro-Enabled Worksheet*, com recurso à linguagem de programação *Visual Basic for Application* (VBA).

Para a correta utilização deste ficheiro, a primeira vez que este é aberto num novo dispositivo, é necessário executar os seguintes passos:

1. Esta ferramenta foi desenvolvida em *Microsoft Office Professional Plus 2016*. As versões recomendadas para a utilização do mesmo correspondem a 2016 ou acima.
2. O ficheiro deve ser utilizado em formato *Microsoft Excel Macro-Enabled Worksheet*, uma extensão da ferramenta normal *Microsoft Excel*:
 - 2.1 No friso superior, clique em “**Ficheiro**” (*File* na versão em inglês);
 - 2.2 No friso à esquerda da janela, clique em “**Guardar como**” (*Save As*);
 - 2.3 Depois de escolher o local onde pretende guardar o ficheiro, guardar o ficheiro com a extensão “.*xlsm*”, ou do menu de seleção “**Livro com permissão para Macros do Excel**”;
3. Ativar a aba de “**Programador**” (*Developer*), onde serão ativadas algumas funcionalidades:
 - 3.1 No friso superior, clique em “**Ficheiro**” (*File* na versão em inglês);
 - 3.2 No friso à esquerda da janela, clique na última entrada “**Opções**” (*Options*);
 - 3.3 Na janela, à esquerda, prima “**Personalizar Friso**” (*Customize Ribbon*);
 - 3.4 No menu à direita, clique na *checkbox* de “**Programador**” (*Developer*);
4. O ficheiro necessita de permitir o uso de macros. Caso isto não seja ativado automaticamente no passo anterior, execute os seguintes passos:
 - 4.1 No friso, clique na aba previamente desbloqueada, “**Programador**” (*Developer*);
 - 4.2 Na primeira secção “**Código**” (*Code*), clique em “**Segurança de Macros**” (*Macro Safety*);
 - 4.3 Em “**Definições das Macros**”, clique “**Ativar todas as macros**” (*Enable all macros*) (Figura 1).

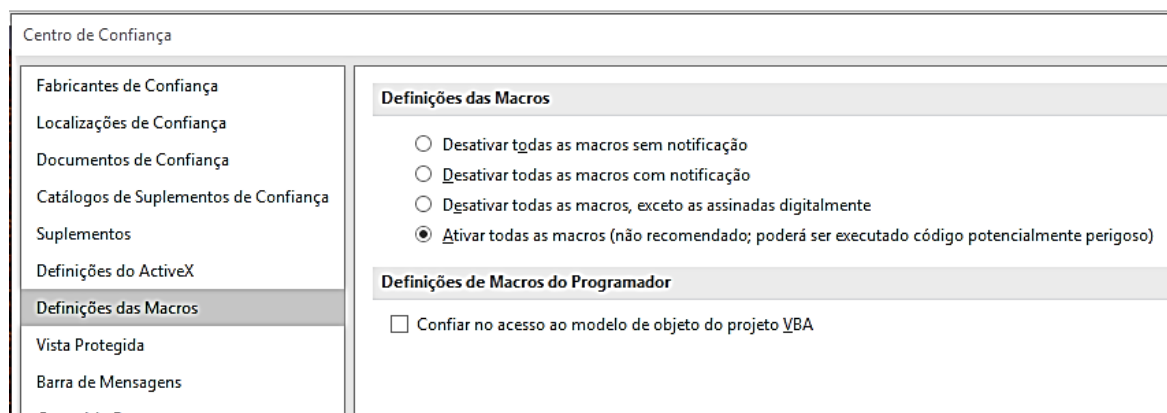


Figura 1 - Ativação das macros da ferramenta.

5. Ativação dos *scripts* (algoritmos) da ferramenta:
 - 5.1 No friso, clique na aba previamente desbloqueada, “**Programador**” (*Developer*);
 - 5.2 Na primeira secção “**Código**” (*Code*), clique em “**Visual Basic**”;
 - 5.3 Na janela de “**VBA**”, no friso, clique em “**Ferramentas**” (*Tools*)
 - 5.4 No menu, clique na primeira entrada “**Referências**” (*References*);
 - 5.5 Na janela de **Referências**, na lista, procure “**Microsoft Scripting Runtime**” e clique na *checkbox* (Figura 2);

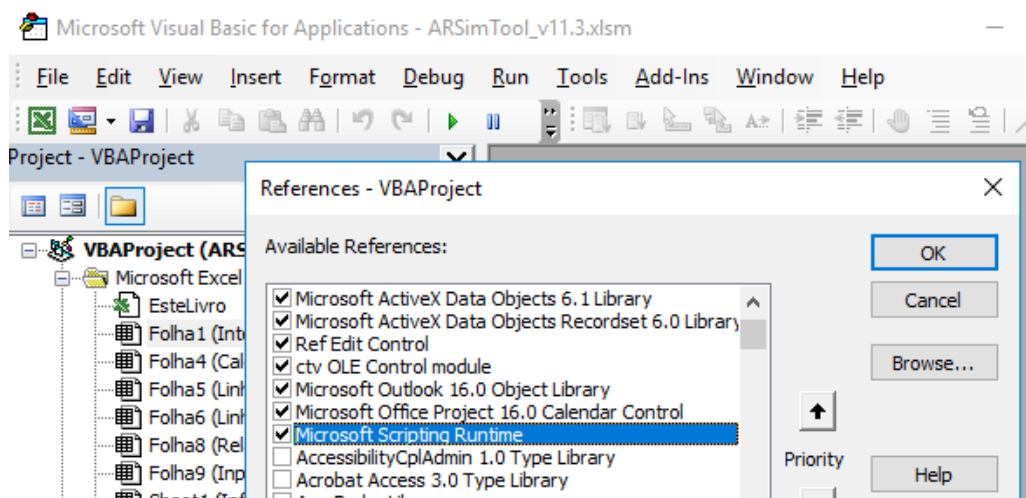


Figura 2 - Ativação de "Microsoft Scripting Runtime".

6. O último passo depende da versão do programa *Excel*. No mesmo menu, descrito no ponto 5.5 (Figura 2), poderão surgir algumas referências, ativadas no topo, com a palavra “**Missing**”. Desative clicando na *checkbox* respetiva.

Concluindo estas instruções, feche e abra o ficheiro (se o *Microsoft Office* notificar que é necessário reiniciar o mesmo ou o computador, execute os respetivos procedimentos). A ferramenta encontra-se pronta para utilizar.

3. Conteúdo e navegação

3.1. Estrutura

A estrutura do ficheiro é composta por 12 folhas distribuídas por 6 componentes (ver Tabela 1).

Tabela 1 - Estrutura do ficheiro.

Componente	Descrição
Página Inicial	Folha de apresentação e descrição de requisitos.
Introdução de dados	Folha de introdução de dados de simulação.
Relatório	Apresentação do resultado da simulação.
Base de Dados	Conjunto de folhas com dados relativos a linhas, fluxos, artigos, etc.
Base de Dados Alternativa	Depósito de dados alternativos temporários inseridos pelo utilizador.
Informações	Informações relativos aos cálculos efetuados nas simulações.

Estes componentes integram 3 módulos principais da ferramenta que são descritos nos próximos capítulos: Simulação, Edição de dados e Atualização da ferramenta.

3.2. Navegação

A navegação da ferramenta é executada através de janelas de formulário, **não** é recomendado a edição manual de células.

Ao iniciar a ferramenta, esta automaticamente se redireciona para a folha Início, onde se encontra, do lado esquerdo, uma lista de requisitos, correspondentes aos descritos no capítulo anterior. No centro do ecrã aparece uma janela correspondente ao Menu Principal para o utilizador escolher qual dos módulos pretende utilizar (Figura 3).

O botão de “Simulação” redireciona para a folha de introdução de dados, descrito no capítulo 4 *Inputs*.

O botão de “Edição” abre a janela de edição de linhas e fluxos, descrito no capítulo 7.



Figura 3 - Menu Principal.

A janela de formulário “Menu de Simulação” permite utilizar as diferentes funções desta ferramenta. Esta janela é chamada, automaticamente, ao entrar na folha de *Inputs* ou ao clicar no botão no canto superior esquerdo da mesma (Figura 4).

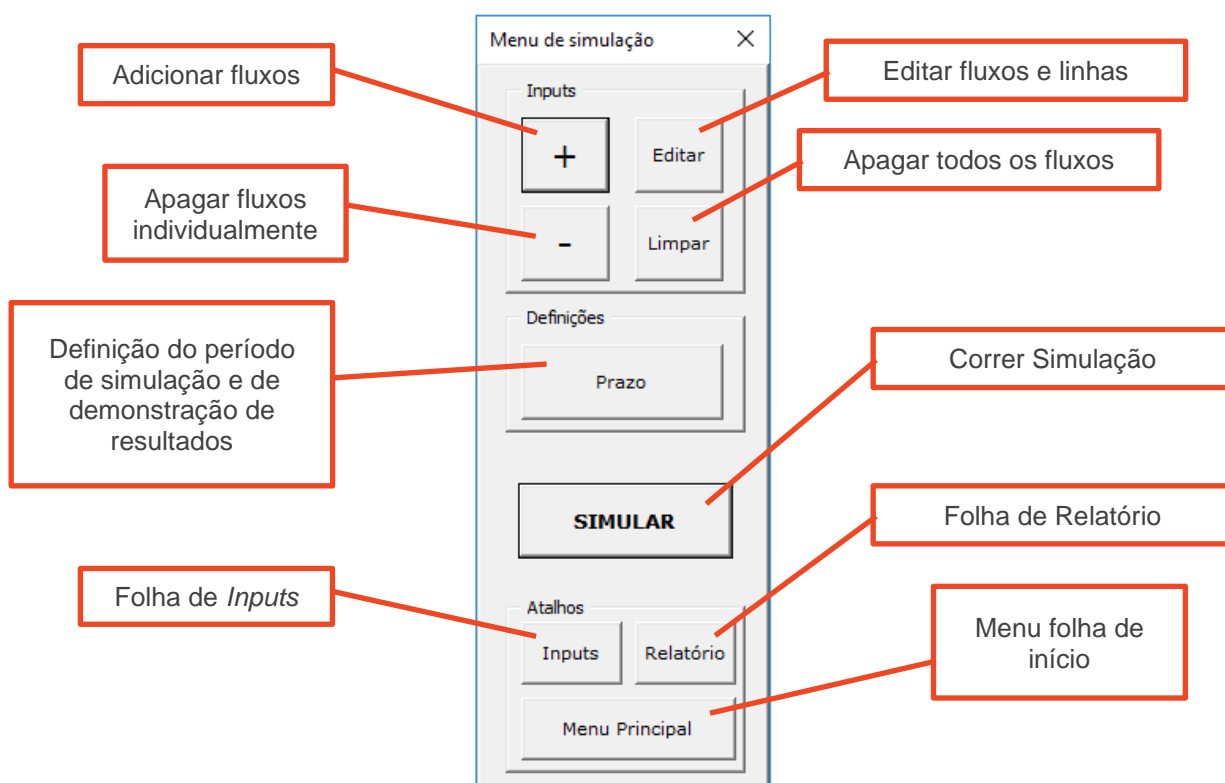


Figura 4 - Menu de Simulação.

Também é possível aceder às diferentes funções da ferramenta através do friso superior da janela *Excel* (Figura 5).

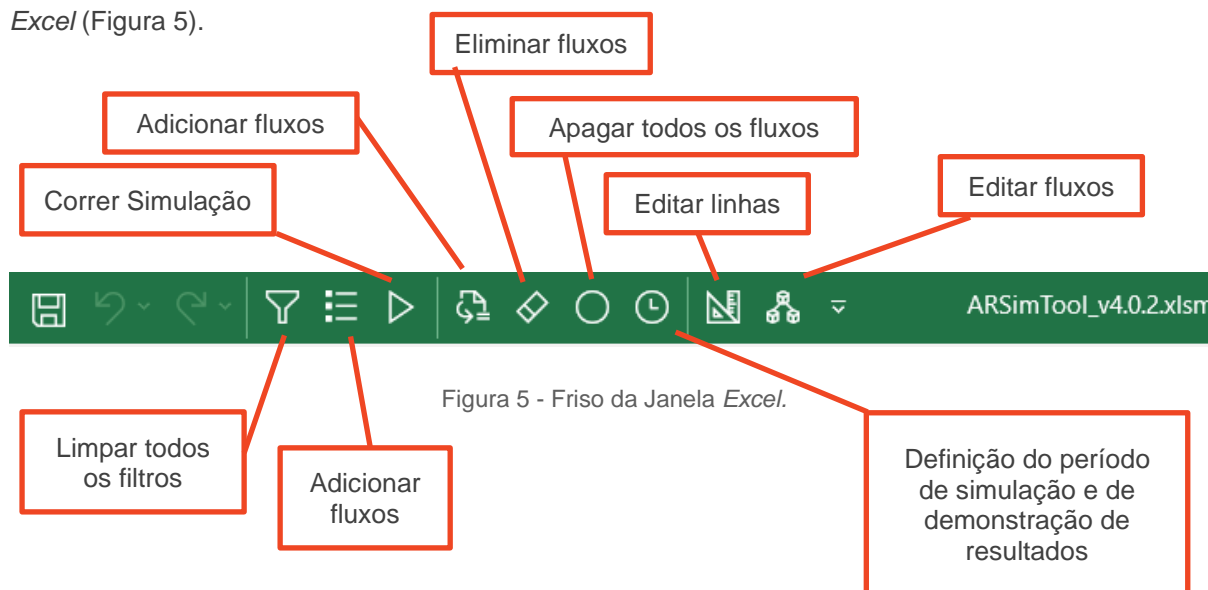


Figura 5 - Friso da Janela Excel.

4. Introdução de Dados para a Simulação

4.1. Folha de Inputs

Na folha de *Inputs* encontra-se o depósito de dados a utilizar na simulação (Figura 6).

Menu de Simulação

Período de simulação

Friso do período de produção

Período de apresentação de resultados

Prazo de produção									
Dias úteis: 5		Período de 5 Dias				Display: Semanal			
Fluxos									
ID	Família	Dimensões	Superfície	Acabamento	Bisel	Encaixe	Artigos	Proporção	Quantidade
5	Cork Design(1)	905x295x10.5	Impressao	PUR-Liso	S/Bisel.	Enc. LOC	3	67%	1 333,33 m ²
9	Cork Design(5)	905x295x10.5	Impressao	PUR-Liso	S/Bisel.	Enc. LOC	1	33%	666,67 m ²
-	SUBTOTAL						4	100%	2 000,00 m ²
246	LVT Floating(1)	1220x185x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.2	S/Bisel.	Enc. LOC	84	56%	4 225,21 m ²
246	LVT Floating(1)	1220x185x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.3	S/Bisel.	Enc. LOC	47	33%	2 475,49 m ²
246	LVT Floating(1)	1220x185x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.5	S/Bisel.	Enc. LOC	2	1%	61,89 m ²
247	LVT Floating(2)	905x295x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.2	S/Bisel.	Enc. LOC	1	1%	73 m ²
247	LVT Floating(2)	905x295x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.5	S/Bisel.	Enc. LOC	6	6%	439 m ²
248	LVT Floating(3)	1220x185x10.5	LVT	LVT 1.8 - PVC 0.2	S/Bisel.	Enc. LOC	4	3%	225 m ²
-	SUBTOTAL						144	100%	7 500 m ²
188	Corkstyle(1)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	7	7%	668 m ²
199	Corkstyle(12)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	4	0%	0 m ²
200	Corkstyle(13)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	14	17%	1 678 m ²
189	Corkstyle(2)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	6	4%	447 m ²
236	Corkstyle(49)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	10	8%	758 m ²
192	Corkstyle(5)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	28	33%	3 297 m ²
195	Corkstyle(8)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	15	18%	1 840 m ²
249	Multifloors(1)	905x295x9.2	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	4	5%	503 m ²
250	Multifloors(2)	905x295x10.5	Velat	V. Mate10R2	S/Bisel.	Enc. LOC	6	8%	808 m ²
-	SUBTOTAL						94	100%	10 000 m ²

Número da linha em que o fluxo se encontra na folha de "Fluxos"

Lista de fluxos identificado por família e número do fluxo

Início da secção de fluxos inseridos

Figura 6 - Folha de Inputs.

A folha contém um friso superior onde se encontra a informação relativa ao **período de produção** (do lado esquerdo) e ao **display temporal** (do lado direito) em que são apresentados os resultados no relatório. Abaixo é apresentada a lista de fluxos que foram introduzidos para a simulação. Na Tabela 2 encontra-se a descrição da tabela de dados introduzidos pelo utilizador.

Tabela 2 - Estrutura da folha de *Inputs*.

Coluna	Descrição
ID	O número da linha onde se encontra o registo do fluxo introduzido na base de dados (folha "Fluxos").
Família	Cada família possui diversos artigos com fluxos diferentes. Nesta coluna é identificada a família de artigos que possuem o fluxo em comum e um número atribuído ao mesmo para efeitos de distinção.
Dimensões	Comprimento, largura e espessura dos artigos.
Superfície	Nome do componente que se coloca na superfície do artigo (Ex: Impresso, DecorVynil, etc.).
Acabamento	Acabamento do artigo (Ex: Lixado, Cera, PUR, PVC, Verniz, etc.).
Bisel	Tipo de biselamento que leva o artigo.
Encaixe	Tipo de encaixe das placas na pavimentação.
Artigos	Número de artigos do fluxo selecionado ou código do artigo selecionado.
Proporção	Peso atribuído a cada fluxo quando são selecionados mais do que um fluxo. A proporção é calculada através da média das ordens de produção no passado.
Quantidade	Carga, em m ² , da quantidade do fluxo a simular, definido pelo utilizador.

4.2. Introdução de fluxos

Para introdução de fluxos a simular, clique no botão de "+" no canto superior esquerdo da folha de *inputs* (Menu de simulação na Figura 6, página 7). Ao abrir o menu de simulação, clique em adicionar fluxos (botão "+", Figura 4, página 6). Será aberta uma janela como a Figura 7. A pesquisa de fluxos pode ser efetuada das seguintes formas:

- Pesquisa pela base de dados (seção superior):
 - **Por Artigo** – Seleção de um artigo específico através da lista de artigos. Cada registo de artigo é identificado pelo seu código e nome;
 - **Por Fluxo** – Seleção de um fluxo específico através da lista de fluxos. Aqui também se encontra a opção de selecionar **todos** os fluxos existentes. Os fluxos são identificados pela família e outras características comuns dos artigos que os constituem, tal como um número distintivo do fluxo dentro da mesma dessa família;
- **Pesquisa por características** (seção central do lado direito) – é possível selecionar conjuntos de fluxos através da filtragem das características dos seus artigos, exemplo: Na Figura 7 foram selecionados todos os fluxos da família *CorkParquet*, com dimensões 600x300x6, sem dispositivo de encaixe e biselado. É possível focar em apenas um dos fluxos encontrados, fazendo **duplo clique** sobre este. Para remover os filtros, selecione o primeiro espaço em branco do filtro ou clique no botão "Limpar" para reiniciar a janela.

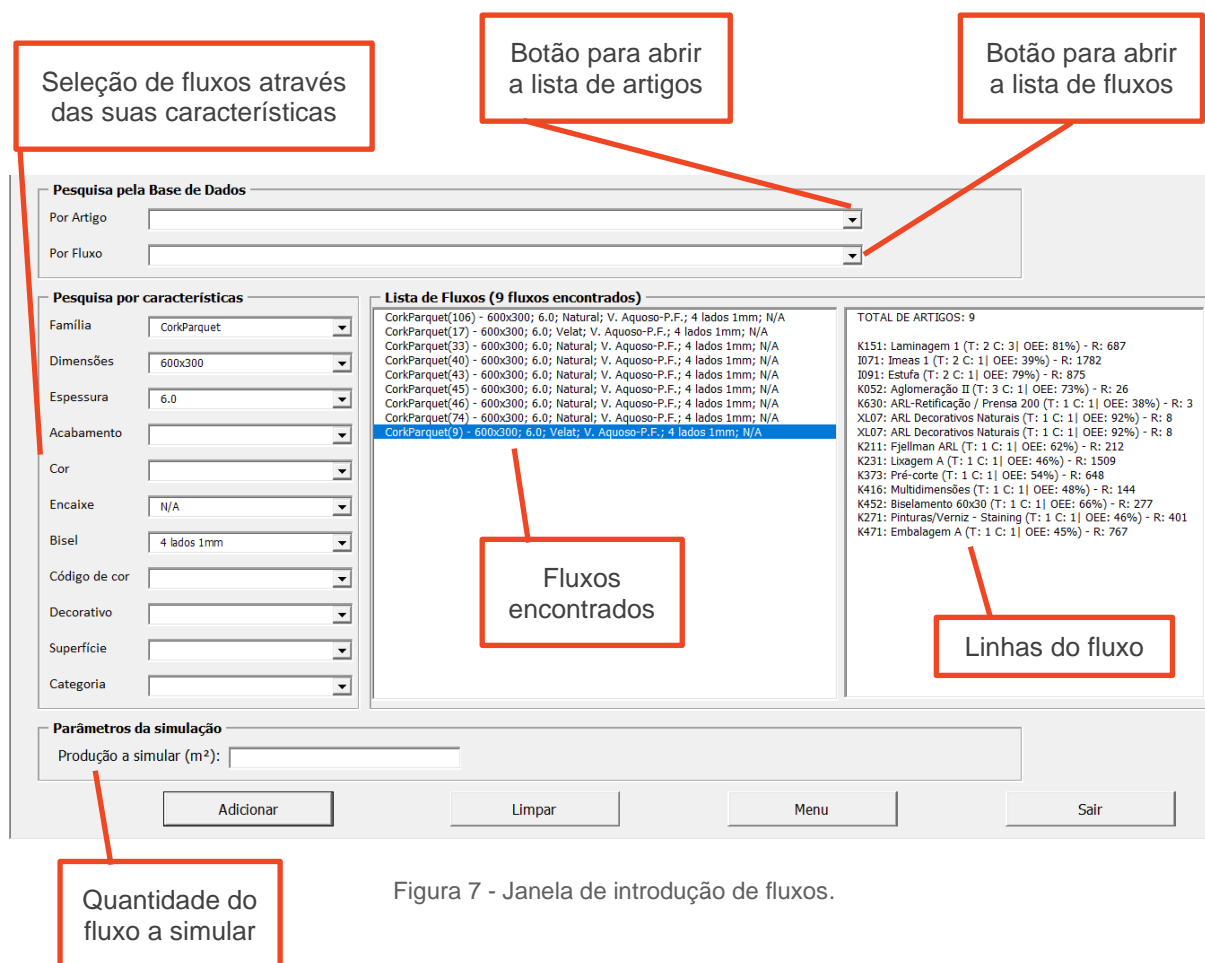


Figura 7 - Janela de introdução de fluxos.

Após encontrar os fluxos pretendidos, é possível visualizar o percurso dos mesmos na lista de linhas do lado direito da janela, clicando no registo respetivo da lista de fluxos encontrados. Na Figura 8 é apresentado o exemplo de um registo de uma linha.

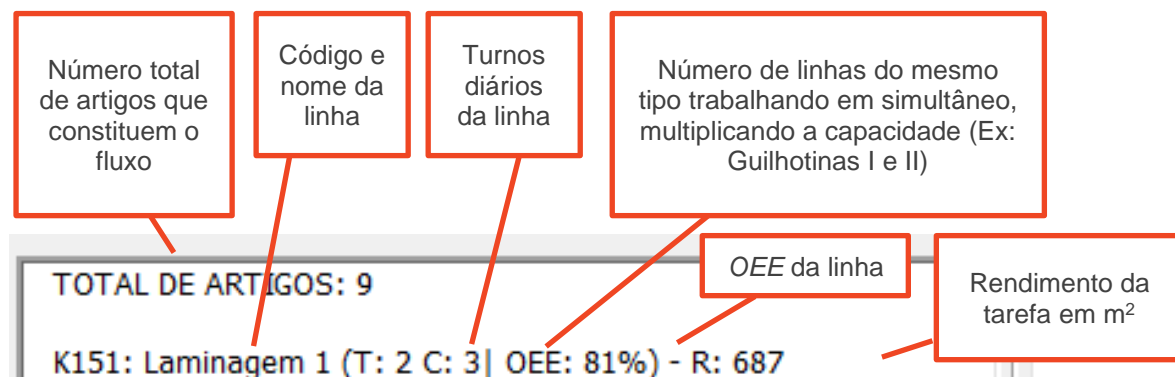


Figura 8 - Exemplo de um registo da lista de linhas do fluxo.

De seguida, introduza a quantidade que pretende simular. Se forem seleccionados mais do que um fluxo, a quantidade será distribuída por estes com um peso estimado nas ordens de produção passada.

Quanto menor for o número de fluxos seleccionados, maior será a precisão da simulação.

No fundo da janela encontram-se os comandos que permitem fazer as seguintes operações

- **Adicionar** – Seleccionados os fluxos pretendidos e definida a sua carga, prima este botão para os adicionar à folha de *Inputs*;
- **Limpar** – Reinicia a janela de pesquisa, colocando todos os campos em branco para efetuar uma nova pesquisa;
- **Menu** – Fechar a janela atual e abrir o menu de simulação;
- **Sair** – Fechar a janela.

4.3. Eliminar dados introduzidos

A eliminação de dados é efetuada através do menu de simulação. O botão “Limpar” elimina todos os dados da folha. O botão “-“ abre a janela (Figura 9) que permite a eliminação dos fluxos pretendidos.

No menu de remoção de dados, é possível remover fluxos seleccionando os registos com o rato (é possível seleccionar múltiplos registos premindo a tecla *Shift* ou *Ctrl* enquanto clica com o rato) e depois premir o botão “Apagar”.

O botão “Apagar Todos” elimina todos os dados da folha.

The screenshot shows a window titled "Apagar dados" with a close button (X) in the top right corner. Inside the window, there is a table titled "Lista de fluxos:" with the following columns: ID, Fluxo, Descrição, Artigos, Peso, and Quantidade. The table contains 17 rows of data, with several rows highlighted in blue. To the right of the table, there are five buttons: "Apagar", "Apagar Todos", "Pesquisa", "Menu", and "Sair".

ID	Fluxo	Descrição	Artigos	Peso	Quantidade
5	Cork Design(1)	905x295x10.5 Impressao PUR-Liso S/Bisel. Enc. LOC	3	2%	4 754,98
6	Cork Design(2)	1830x185x11.5 Impressao PURv2-Linear 4 lados 1mm Enc. LOC	50	45%	95 511,22
6	Cork Design(2)	1830x185x11.5 Impressao PURv2-Liso 4 lados 1mm Enc. LOC	3	4%	8 288,94
7	Cork Design(3)	1220x185x10.5 Impressao PURv2-Linear S/Bisel. Enc. LOC	22	23%	49 137,79
8	Cork Design(4)	1220x185x10.5 Impressao PUR-Rolo2 S/Bisel. Enc. LOC	31	25%	54 051,57
8	Cork Design(4)	1220x185x10.5 Impressao PURv2-Linear S/Bisel. Enc. LOC	4	0%	0,00
9	Cork Design(5)	905x295x10.5 Impressao PUR-Liso S/Bisel. Enc. LOC	1	1%	2 377,49
-	SUBTOTAL		114	100%	214 122,00
8	Cork Design(4)	1220x185x10.5 Impressao PUR-Rolo2 S/Bisel. Enc. LOC	31	100%	2 122,00
-	SUBTOTAL		31	100%	2 122,00
27	Cork Wall Cover. AR Prod.(18)	600x300x3.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	9502A0i	100%	5 000,00
-	SUBTOTAL		1	100%	5 000,00
25	Cork Wall Cover. AR Prod.(16)	600x300x3.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	3	16%	1 551,38
27	Cork Wall Cover. AR Prod.(18)	600x300x3.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	1	5%	517,13
35	Cork Wall Cover. AR Prod.(26)	600x300x3.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	1	0%	0,00
36	Cork Wall Cover. AR Prod.(27)	600x300x3.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	1	5%	517,13
18	Cork Wall Cover. AR Prod.(9)	600x300x3.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	2	5%	502,76
166	CorkParquet(104)	600x300x6.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	1	1%	147,75
170	CorkParquet(108)	600x300x8.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	1	1%	134,32
96	CorkParquet(34)	600x300x4.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	6	10%	1 022,31
99	CorkParquet(37)	600x300x6.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	1	1%	147,75
104	CorkParquet(42)	600x300x6.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	1	2%	179,09
109	CorkParquet(47)	600x300x4.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	6	10%	954,59
116	CorkParquet(54)	600x300x4.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	4	6%	566,38
118	CorkParquet(56)	600x300x4.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	2	4%	361,17
123	CorkParquet(61)	600x300x4.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	11	16%	1 627,30
124	CorkParquet(62)	600x300x4.0 Natural Lixado 4 lados 1mm N/A	2	5%	451,46
132	CorkParquet(70)	600x300x4.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	1	0%	0,00
134	CorkParquet(72)	600x300x6.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	1	1%	147,75
137	CorkParquet(75)	600x300x4.0 Natural Lixado S/Bisel. N/A	1	3%	344,75

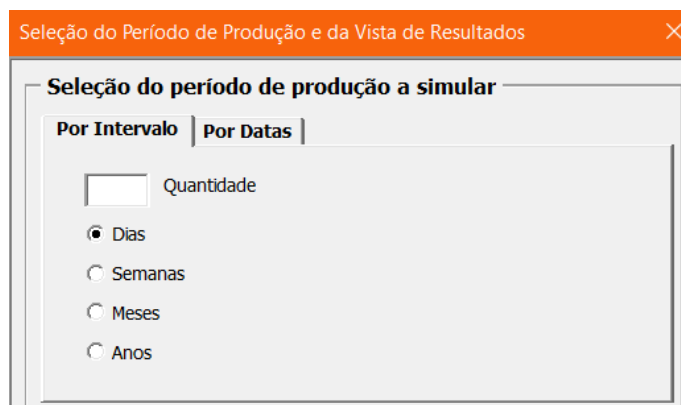
Figura 9 - Janela de remoção de dados.

4.4. Definição temporal

No botão “Prazo”, do menu de simulação, permite aceder à janela de seleção dos períodos de produção e vista de resultados:

Na seção superior é definido o período de produção a simular por:

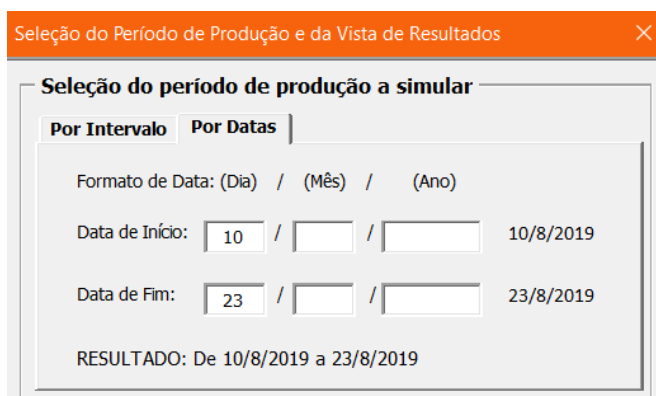
- **Intervalo** – Define-se a unidade (Dias, Semanas, etc.) e a quantidade, Ex: 10 Dias, 5 Semanas, 3 Meses, etc. Este método estima o número de dias úteis dentro do período estipulado, possuindo menor precisão (Figura 10);



A imagem mostra a janela de diálogo "Seleção do Período de Produção e da Vista de Resultados". No topo, há uma barra de título laranja com o texto "Seleção do Período de Produção e da Vista de Resultados" e um ícone de fechar. Abaixo, o título da janela é "Seleção do período de produção a simular". Há duas abas: "Por Intervalo" (selecionada) e "Por Datas". Sob a aba "Por Intervalo", há um campo de entrada rotulado "Quantidade" e quatro opções de unidade com botões de rádio: "Dias" (selecionado), "Semanas", "Meses" e "Anos".

Figura 10 - Seleção do período de simulação por intervalo.

- **Por Datas** – Definição das datas de início e fim da produção. À medida que os campos de Dia, Mês e Ano são preenchidos, aparece uma previsualização do resultado à direita. Se algum campo for deixado em branco, estes são preenchidos automaticamente pelos valores da data atual, exemplificado na figura abaixo (Figura 11). Este método leva em consideração o calendário de *Inatividade*, sendo o método mais preciso de simulação.



A imagem mostra a mesma janela de diálogo, mas com a aba "Por Datas" selecionada. O formato de data é definido como "(Dia) / (Mês) / (Ano)". Os campos "Data de Início" e "Data de Fim" são preenchidos com "10" e "23" no campo de dia, e "8" e "8" no campo de mês, resultando nas datas "10/8/2019" e "23/8/2019". Abaixo, há uma linha de texto que diz "RESULTADO: De 10/8/2019 a 23/8/2019".

Figura 11 - Seleção do período de simulação por datas.

Na seção inferior da janela, é definido o período de visualização de resultados. Este período determina se os resultados na folha de relatório são expressos em totais diários, semanais, mensais, anuais ou no período total definido na seção superior (Figura 12).

Figura 12 - Seção de seleção do período de visualização de resultados.

4.1. Período de Inatividade

Os dias de inatividade, feriados ou férias, são registrados na folha de *Inatividade* (Figura 13).

Feriados

01/jan
25/abr
01/mai
10/jun
20/jun
15/ago
05/out
01/nov
01/dez
08/dez
25/dez

Férias anuais

Ano	Início	Fim
2019	02/01/2019	
	04/03/2019	05/03/2019
	19/04/2019	22/04/2019
	12/08/2019	30/08/2019
	23/12/2019	31/12/2019
2020		
2021		
2022		

Para inserir novos feriados, insira as datas na tabela de Feriados (à esquerda) sem deixar células em branco entre registros. O programa lê a coluna de cima para baixo, ao encontrar uma célula em branco para e ignora qualquer registro após essa falha.

O preenchimento da lista de período de férias (à direita) funciona da mesma forma, à exceção que é necessário preencher a data de início e de fim desse período na mesma linha. A primeira coluna desta linha (Anos) não é considerada pelo programa, exemplo, caso não exista mais espaço para preencher registros no ano de 2019, pode continuar a escrever nas células abaixo, indicando o ano no registro (25/12/2019).

Figura 13 - Folha de Inatividade.

5. Simulação e Relatório

5.1. Simulação

A simulação pode ser efetuada premindo o respetivo botão no menu de simulação ou no friso superior do programa. Se não existirem dados na folha de *Inputs*, *Artigos*, *Fluxos* ou *Linhas*, a simulação não será efetuada. Ao premir o botão, caso tenham sido introduzidos dados alternativos, através das janelas de edição, aparecerá uma mensagem a perguntar quais as bases de dados que pretende utilizar na simulação (Figura 14).

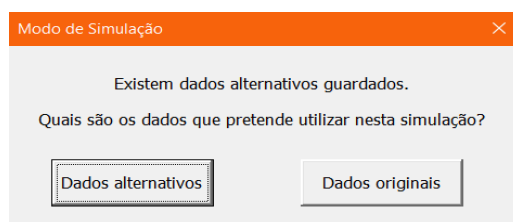


Figura 14 - Seleção da base de dados a utilizar para a simulação.

Efetuada os cálculos, a folha de *Relatório* será aberta automaticamente. Simultaneamente, é gerada uma folha com todos os cálculos efetuados na simulação, presente na folha *Cálculos* (Figura 15). Na coluna da direita está identificado a linha cujo a informação pertence. Na coluna da esquerda, no início do registo é apresentado os recursos disponíveis da linha, de seguida aparece uma lista de todas as tarefas efetuadas na mesma ou em linhas que partilhem turnos de pessoas (se duas linhas partilham a mesma equipa de colaboradores, o tempo necessário para a execução das tarefas é cumulativo entre as duas).

Linhas	Calculos
Aglomerção I	RECURSOS DA LINHA:
Aglomerção I	- OEE: 77,7%
Aglomerção I	- Total horas disponíveis: 120 = 3 Turnos/dia x 1 Colaboradores/turno x 5 Dias úteis
Aglomerção I	- Total horas disponíveis = 3 Turnos/dia x 1 Colaboradores/turno x 5 Dias úteis x 8 Horas <=> 3 x 1 x 5 x 8h = 120h
Aglomerção I	- Partilhado com: K052
Aglomerção I	
Aglomerção I	TAREFAS:
Aglomerção I	- Cork Design(1): Formar Blocos (3B011.Nº10) Rendimento: 30
Aglomerção I	- Conversão: 30 x 40,5 = 1215 (Dimensões do Semiacabado: 900x600x1,2)
Aglomerção I	- Taxa de conversão: 1220;0,54;165;+1 900;0,54;165;+1 1830;0,54;165;+1
Aglomerção I	- Partilhado com Aglomerção II (A carga de horas passou de 0h para 5h)
Aglomerção I	- Horas necessárias: 0h + (4755m ² / (1215m ² /h * 80%)) = 5h <=> 0h + 5h = 5h
Aglomerção I	
Aglomerção I	- Recebeu carga de Aglomerção II (A carga de horas passou de 5h para 130h)
Aglomerção I	
Aglomerção I	- Recebeu carga de Aglomerção II (A carga de horas passou de 130h para 140,9h)
Aglomerção I	
Aglomerção I	- Cork Design(3): Formar Blocos (3B011.Nº10) Rendimento: 30
Aglomerção I	- Conversão: 30 x 40,5 = 1215 (Dimensões do Semiacabado: 1220x600x1,2)
Aglomerção I	- Taxa de conversão: 1220;0,54;165;+1 900;0,54;165;+1 1830;0,54;165;+1
Aglomerção I	- Partilhado com Aglomerção II (A carga de horas passou de 140,9h para 192,9h)
Aglomerção I	- Horas necessárias: 140,9h + (49137,8m ² / (1215m ² /h * 80%)) = 192,9h <=> 140,9h + 52h = 192,9h

Figura 15 - Folha de *Cálculos*.

5.2. Relatório

A folha de relatório é constituída pelas seguintes páginas:

TABELA DE CONTEÚDOS – Página introdutória com a lista de conteúdos do relatório;

DADOS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO – Cópia formatada da página de *Inputs*. A lista de fluxos é numerada por ordem de introdução do fluxo, onde este número é utilizado para identificar o mesmo na folha de *Roteiros*;

RELATÓRIO SIMPLIFICADO – Página com a lista de todas as linhas intervenientes nos fluxos inseridos, divididos por *Componentes*, *Acabamentos*, linhas abaixo da capacidade máxima, linhas com dados em falta (caso existam) e linhas em *bottleneck* (linhas com excesso de carga de trabalho. À direita, são apresentados os valores de *OEE*, ocupação, *bottlenecks* e a quantidade de turnos e horas em falta, por dia, caso se verifique uma ocupação acima de 100%;

RELATÓRIO DETALHADO DE HORAS E TURNOS – Página de relatório completo com a capacidade disponível das linhas em turnos e horas (T.D. – Turnos Disponíveis, H.D. – Horas Disponíveis), necessário (T.N. – Turnos Necessários, H.N. – Horas Necessárias) e a margem, excedente ou remanescente, da diferença entre o disponível e o necessário (Dif.T. – Diferença em Turnos, Dif.H. - Diferença em Horas). As linhas estão dispostas em ordem alfabética. O registo da linha em *bottleneck* são preenchidas a vermelho e, as linhas com dados em falta são preenchidas a amarelo. Nesta página, os valores de horas e turnos aparecem em função ao *Display* temporal escolhido, Ex: Se o período escolhido for *Diário*, os resultados aparecem em falta ou excesso de turnos e horas por dia.

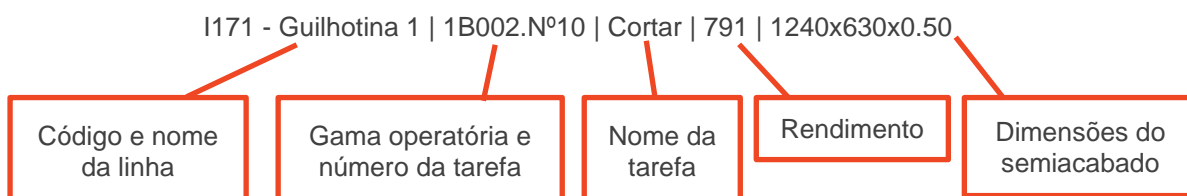
ROTEIROS – Página de mapeamento dos fluxos onde, as linhas da coluna à direita são associadas aos fluxos, no topo da página, identificados por um número de *ID* presente na segunda página dos dados utilizados para a simulação. Na grelha do mapa, as células coloridas representam a passagem do fluxo no topo pela respetiva linha à esquerda.

6. Base de dados

6.1. Dados originais

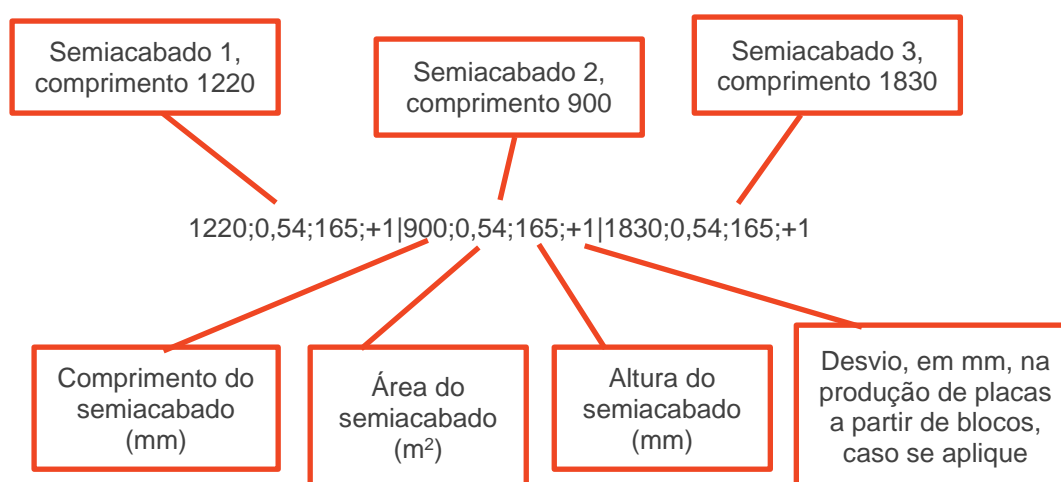
A base de dados com a informação de raiz está dividida em três folhas:

- Artigos
 - Código identificativo do artigo;
 - Identificação do fluxo que contem o artigo. A família e número no início do identificador do fluxo liga este a um registo da folha de fluxos. A descrição posterior descreve as características comuns de todos os artigos deste fluxo;
 - Quantidade do artigo presente nas ordens de fabrico passadas. Esta informação é utilizada para ponderar a carga de trabalho atribuído a cada fluxo quando são selecionados mais do que um registo na janela de introdução de dados;
 - A coluna de descrição contém o nome representativo do produto;
 - As colunas seguintes descrevem as características mais importantes dos artigos.
- Fluxos
 - A primeira coluna contém o identificador do fluxo (por família e numeração do fluxo dentro da mesma);
 - A segunda coluna lista todas as gamas operatórias do fluxo;
 - As colunas seguintes listam todas as tarefas intervenientes do fluxo, ex.:



- Linhas
 - As colunas A, B e C identificam o setor da linha (Local, Tipo, Setor);
 - As colunas D e E identificam o código e nome da linha;
 - A coluna **OEE** contém o valor da eficiência total (Disponibilidade, Velocidade de produção e taxa de produtos não conformes) da linha;
 - A coluna de **Turnos** representa o número de turnos diários afetivos a cada linha;
 - A coluna de **Capacidade** descreve as situações em que mais de uma linha trabalham simultaneamente, dividindo a carga entre si (ex.: as linhas de guilhotinas);
 - A coluna de **Partilhado** indica as linhas que partilham turnos. Utilize apenas o código das linhas e o símbolo “;”, seguido de um espaço, para numerar mais do que uma linha;

- A coluna Taxa é utilizada no caso das linhas onde o rendimento não é medido em m². O registo de uma taxa de conversão requer diversos parâmetros, no exemplo que se segue, existe uma taxa de conversão diferente para cada semiacabado com dimensões diferentes. A divisória dos parâmetros de um semiacabado é marcada com o símbolo “;”. A divisória entre taxas de diferentes semiacabados é marca com o símbolo “|”. Na folha *Exceções*, encontra-se uma lista detalhada sobre as taxas de conversão:



- A última coluna serve para registar notas de informação extra relativo as linhas.

6.2. Dados Alternativos

A base de dados alternativa tem o objetivo de guardar toda a informação que o utilizador inserir através dos menus de edição que não foi guardada de forma permanente. Esta informação encontra-se em duas folhas, *Fluxos Alternativos* e *Linhas Alternativas*. Estas folhas são exatamente iguais, em estrutura, às folhas de *Fluxos* e *Linhas*, mas são preenchidas pelo utilizador, através dos menus de edição, descritos no capítulo 7.

7. Edição de Dados

7.1. Edição de linhas

A edição de linhas é efetuada através da janela apresentada na Figura 16. Esta janela pode ser acedida através do menu de simulação, do friso superior da folha de *Excel* ou pelo menu de edição de fluxos.

Esta função permite a alteração dos turnos afetivos à linha, o seu valor de *OEE* e a capacidade. Nesta situação, o valor atribuído à capacidade corresponde a um multiplicador do rendimento da linha (por exemplo, o valor 1 representa um rendimento de 100%, 2 representa o dobro, ou 200%, etc.). Este parâmetro é utilizado, na maioria das situações, quando múltiplas linhas desempenham a mesma tarefa em paralelo.

Secção com as linhas editadas

Secção com as linhas originais

Secção de edição

Editor de linhas

Lista de Linhas originais e alternativas

Filtro de pesquisa:

Código	Nome da linha	OEE	Tur.	Col.	Partilha de turnos
LINHAS ALTERNATIVAS					
I511	Corte final 1	100,0	3		
K451	Biselamento 45x45	57,1	1		
LINHAS ORIGINAIS					
K051	Aglomeração I	77,7	3		
K052	Aglomeração II	72,6	3	1	K051
XL06	ARL Decorativos Aglomerados	73,9	1	1	
XL07	ARL Decorativos Naturais	91,7	1		
K630	ARL-Retificação / Prensa 200	37,8	1		
K451	Biselamento 45x45	57,1	1		
K453	Biselamento 60x15	37,9	1	1	
K452	Biselamento 60x30				
K455	Biselamento 60x60				
K351	Cera				
I258	Colagem 10				
I254	Colagem 6				
I255	Colagem 7				
I256	Colagem 8				
I257	Colagem 9				
K100	Colagem de Blocos				
K251	Colagem Dekwall				

Edição de dados:

Biselamento 45x45

Turnos:

Capacidade:

OEE (%):

Confirmar alterações

Atualizar

Restaurar Linha

Restaurar Todas

Sob repor dados existentes

Menu

Editar Fluxos

Sair

Guardar as alterações efetuadas na base de dados alternativa

Reiniciar a janela

Restaurar os valores iniciais da linha selecionada

Restaurar os valores iniciais de todas as linhas

Sob repor dados existentes

Guardar as linhas alternativas sobre as linhas originais (é aconselhável guardar o ficheiro antes de efetuar este passo pois é impossível retroceder)

Figura 16 - Janela de edição de linhas.

7.2. Edição de fluxos

A edição de fluxos é efetuada através da janela apresentada na. Esta janela pode ser acedida através do menu de simulação, do friso superior da folha de *Excel* ou pelo menu de edição de linhas (Figura 17).

Esta função permite a alteração das linhas por onde passam os fluxos e do rendimento das tarefas desempenhadas. O método de pesquisa é igual à janela de introdução de fluxos (Figura 7).

The screenshot shows the 'Editor de fluxos' window with several annotated sections:

- Secção com os fluxos editados:** Points to the search filters on the left.
- Lista de linhas por onde passa o fluxo seleccionado. Se nenhum fluxo for seleccionado, serão apresentadas todas as linhas e tarefas afetivas a todos os fluxos apresentados na lista:** Points to the 'Lista de Fluxos (339 fluxos)' list.
- Secção de edição:** Points to the 'Edição de dados' panel on the right.
- Secção com as linhas alternativas:** Points to the 'Lista de linhas e tarefas' panel, specifically the 'LINHAS COM TAREFAS ALTERNATIVAS' section.
- Secção com as linhas originais:** Points to the 'LINHAS/TAREFAS ORIGINAIS' section in the 'Lista de linhas e tarefas' panel.
- Guardar as alterações efetuadas na base de dados alternativa:** Points to the 'Atualizar' button at the bottom.
- Secção de tarefas:** Points to the 'Tarefa' table at the bottom right.
- Secção com os fluxos originais:** Points to the 'FLUXOS ORIGINAIS' section in the main list.
- Desseleccionar o fluxo sombreado a azul:** Points to the 'Remover seleção' button.
- Reiniciar a janela:** Points to the 'Menu' button.
- Guardar os fluxos alternativos sobre os fluxos originais (é aconselhável guardar o ficheiro antes de efetuar este passo pois é impossível retroceder):** Points to the 'Guardar' button.
- Apagar todos os fluxos alternativos:** Points to the 'Restaurar Tudo' button.

Figura 17 - Janela de edição de fluxos