



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ANA CAROLINA ARAÚJO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE FALHA NA PRODUÇÃO FABRIL UTILIZANDO FERRAMENTA DE
BUSINESS INTELLIGENCE

FORTALEZA

2021

ANA CAROLINA ARAÚJO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE FALHA NA PRODUÇÃO FABRIL UTILIZANDO FERRAMENTA DE
BUSINESS INTELLIGENCE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O45a Oliveira, Ana Carolina Araújo de.
Análise de falha na produção fabril utilizando ferramenta de Business Intelligence / Ana Carolina Araújo de Oliveira. – 2021.
54 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara.
1. Business Intelligence. 2. Sistema de Apoio à Decisão. 3. Data Warehouse. 4. Análise de caso com Power BI. 5. Dashboard. I. Título.

CDD 621.3

ANA CAROLINA ARAÚJO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE FALHA NA PRODUÇÃO FABRIL UTILIZANDO FERRAMENTA DE
BUSINESS INTELLIGENCE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Dalton de Araújo Honório
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Ismael Francisco Miranda Freire
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado saúde e força permitindo a conclusão deste trabalho.

À minha mãe, Lourdes, pelos cuidados e amor incondicional.

Ao meu pai, Agenor, pelo bom humor nas horas difíceis.

À minha irmã, Fernanda, por ser minha referência de vida, me apoiando em todos os momentos.

Ao meu irmão, Moisés, pelos cuidados e amor paternais.

Ao meu cunhado, Ismael, por ter possibilitado o conhecimento em novas áreas de atuação para um futuro Engenheiro.

Aos amigos Ana e Aaron Marques pelo carinho de sempre.

Aos colegas de trabalho, em especial, João Vitor, Mateus Castro e Gilmar Avelino por incentivarem o meu crescimento profissional.

Ao Departamento de Engenharia Elétrica por toda contribuição em meu crescimento acadêmico.

Aos colegas de faculdade, em especial Camila, Andresa, Felipe e Yasmin que muito contribuíram no meu aprendizado.

Ao professor Raphael pela oportunidade de ter sua orientação neste trabalho.

"Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota."

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

Com o passar dos anos, o conhecimento e tratamento dos dados de uma organização tem-se tornado algo indispensável para as empresas que procuram crescimento e melhores resultados. Independente do segmento industrial, a tratativa das informações referentes à sua rotina está intimamente ligado às melhorias dos resultados. Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso em ambiente industrial com suporte da ferramenta de *Business Intelligence*, a qual permite tratamento e análise de grande quantidade de dados e compartilhamento de forma clara e acessível. Este estudo exhibe um panorama geral sobre os sistemas de informação, suas integrações e utilização do *software Power BI* da *Microsoft* para solução de problema real, ressaltando que a aplicabilidade pode ser estendida à diversos setores de ramos industriais distintos. Ao final do trabalho, será apresentado o resultado da análise do problema exposto e como a ferramenta auxiliar na tomada de decisões.

Palavras-chave: *Business Intelligence*. Sistema de Apoio à Decisão. *Data Warehouse*. Análise de caso com *Power BI*. *Dashboard*

ABSTRACT

Over the past years, knowledge and processing data from organizations have become essential for those who are looking for growth and better results. Regardless of the sector of such organizations, the ability to extract information from the company's routine is directly associated with the improvement of their results. Keeping this in focus, this work has the objective to derive a case of study in an industrial environment applying Business Intelligence features, which allow a large amount of data process through a clear and accessible way. In order to do that, this study presents a general picture about the information systems, their integration allied with the software Power BI from Microsoft, in a real problem solution context, highlighting the independence of the company work field operation. At the end of this study, it will be presented the analysis of the target problem, and how the proposed approach helps in the its decision-making process.

Keywords: Business Intelligence. Decision Support System. Data Warehouse. Case Analysis with Power BI. Dashboard

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de Sistemas de Informação.	21
Figura 2 – Recursos de Sistema de Informação.	22
Figura 3 – Atividades do Sistema de Informação.	23
Figura 4 – Hierarquia dos SI no âmbito empresarial.	24
Figura 5 – Modelo de pressões – reações - decisões.	26
Figura 6 – Arquitetura de alto nível do BI.	28
Figura 7 – Arquitetura de um SAD	35
Figura 8 – Fluxo de produção considerando falhas.	37
Figura 9 – Composição de moagem de plástico	37
Figura 10 – Relação entre etapas e bancos de dados.	38
Figura 11 – Relacionamento entre banco de dados.	39
Figura 12 – Comparação do peso por mês.	42
Figura 13 – Percentual de perdas mês a mês.	42
Figura 14 – Residual consumido e gerado.	43
Figura 15 – Média anual.	43
Figura 16 – Percentual perdas e mat.bom.	44
Figura 17 – <i>Dashboard</i> para análise gerencial com principal ofensor de perda.	44
Figura 18 – Residual Gerado	50
Figura 19 – Percentual de residual gerado	50
Figura 20 – Residual Consumido	50
Figura 21 – Percentual de residual consumido	50
Figura 22 – Percentual de peso borra	51
Figura 23 – Percentual de peso de material bom	51
Figura 24 – Percentual de peso de falha de injeção	51
Figura 25 – Percentual de peso pré-ultrassom.	51
Figura 26 – Percentual de peso pós-ultrassom.	51
Figura 27 – <i>Dashboard</i> janeiro.	52
Figura 28 – <i>Dashboard</i> fevereiro.	53
Figura 29 – <i>Dashboard</i> março.	53
Figura 30 – <i>Dashboard</i> abril.	54
Figura 31 – <i>Dashboard</i> maio.	54

Figura 32 – <i>Dashboard</i> junho.	55
Figura 33 – <i>Dashboard</i> julho.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aplicações analíticas de <i>Business Intelligence</i>	28
Tabela 2 – Diferenças entre <i>data warehouse</i> e OLTP	31
Tabela 3 – Comparação entre aplicações OLAP e OLTP.	32
Tabela 4 – Descrição dos dados	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BI	<i>Business Intelligence</i>
SI	Sistema de Informação
OLTP	<i>On-line Transaction Process</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
DW	<i>Data Warehouse</i>
DM	<i>Data Mining</i>
EIS	<i>Executive Information Systems</i>
DSS	<i>Decision Support Systems</i>
BPM	<i>Business Performance Management</i>
OLAP	<i>On-line Analytical Processing</i>
ELT	<i>Extract, Load, Transform</i>
IA	Inteligência Artificial
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
DAX	<i>Data Analysis Expressions</i>
TI	Tecnologia da Informação

LISTA DE SÍMBOLOS

- PESO_INJECAO* Peso de peças com falhas detectadas no processo de injeção
- PESO_BORRA* Peso de galhos e borras detectados no processo de injeção
- PESO_PRE_ULTRAS.* Peso de peças com falhas detectadas no processo de montagem
- PESO_POS_ULTRAS.* Peso do produto final com falhas detectadas após o processo de soldagem
- PESO_MOIDO* Peso de peças e produtos finais moídos
- MOAGEM_TEORICA* Peso do total de material plástico moído considerando o residual gerado
- RESIDUAL_CONSU.* Peso de produtos moídos que foram gerados em períodos anteriores
- %RESIDUAL_CONSUM.* Percentual de residual consumido em relação à moagem teórica
- RESIDUAL_GERADO* Peso não moído no período o qual as falhas/perdas aconteceram - pendências de moagem no mês
- %RESIDUAL_GERADO* Percentual de residual gerado em relação à moagem teórica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Motivação	16
1.2	Objetivos	16
1.3	Organização do texto	16
2	PANORAMA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	18
2.1	Definição de Sistemas de Informação	18
2.2	Gestão da Informação	18
2.3	Importância e benefícios do Sistema de Informação	19
2.4	Tipos de Sistemas de Informação	20
2.5	Recursos e dados	22
2.6	Atividades do Sistema de Informação	23
2.7	Integração dos Sistemas	24
3	BUSINESS INTELLIGENCE E SUAS FERRAMENTAS	26
3.1	Definição de <i>Business Intelligence</i>	27
3.2	Tecnologias	29
3.2.1	<i>Data warehouse</i>	29
3.2.2	<i>Online Analytical Processing - OLAP</i>	31
3.2.3	<i>Data Mining</i>	32
3.3	Utilização das ferramentas de BI na indústria	33
3.4	Sistemas de apoio à decisões	34
4	ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA	36
4.1	Definição do problema	36
4.2	Levantamento de dados	36
4.3	Análise do problema	39
5	RESULTADOS	45
5.1	Sugestões de Melhoria	46
6	CONCLUSÕES	47
6.1	Trabalho Futuros	47
	REFERÊNCIAS	48
	APÊNDICES	49

APÊNDICE A–JUSTIFICATIVA DE FERRAMENTA ESCOLHIDA .	49
APÊNDICE B–LINGUAGEM DAX	50
APÊNDICE C–<i>DASHBOARDS</i> COM ANÁLISES MENSAIS	52

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será feita uma breve introdução sobre o trabalho, explicando a motivação e objetivos para sua realização, além de mostrar sua estrutura organizacional do texto.

1.1 Motivação

O crescimento industrial atrelado ao desenvolvimento tecnológico geraram uma imensa necessidade das corporações de se organizarem de forma a atingirem seus objetivos. A gestão de informação tornou-se algo necessário para o desenvolvimento industrial.

A motivação para este trabalho surgiu com a necessidade de dar celeridade às análises dos problemas e também na tratativa dos mesmos de acordo com a grande quantidade de insumos recebidos diariamente. Com isso, será mostrada um estudo de caso e nos resultados serão expostas soluções de acordo com análise do problema.

O que antes era analisado em ferramentas mais tradicionais, como o Excel, e demandavam muito tempo e trabalho repetitivo, passou a ser analisado com a ferramenta *Power BI* da *Microsoft*, garantindo análises mais precisas e eficazes. Além disso, a ferramenta mostrou-se essencial no auxílio de tomada à decisões

1.2 Objetivos

Dada a motivação de realização deste trabalho, o mesmo tem o objetivos, primeiramente, de elucidar quanto aos sistemas de informação e suas estruturas, sistemas de tomada de decisão, ferramentas de *Business Intelligence* (BI) e, por fim, realizar um estudo de caso em uma indústria.

Como base na literatura, serão apresentadas informações que foram significativas para a construção de ferramentas que atualmente auxiliam na gestão de informação, análise de dados e tomada de decisão. Outro objetivo deste trabalho é mostrar a importância da utilização de ferramentas de *Business Intelligence* na rotina industrial, independente do setor ou área de atuação.

1.3 Organização do texto

Este trabalho será dividido em 6 capítulos:

- Capítulo 1 - Introdução: capítulo introdutório, com explicações sobre motivação e objetivos para realização do mesmo, além da estrutura organizacional do texto;
- Capítulo 2 – Panorama sobre Sistema de Informação (SI): neste capítulo será feita uma breve explicação sobre os sistemas e gestão de informação, bem como a importância e benefícios. Além disso, serão apresentados tipos, recursos, atividades e integração dos sistemas de informação;
- Capítulo 3 – *Business Intelligence* e suas Ferramentas: dando continuidade ao capítulo 2, será feita uma introdução sobre *Business Intelligence*, suas tecnologias, a utilização da ferramenta no ambiente industrial e sua relação com o sistema de apoio à decisões;
- Capítulo 4 – Estudo de caso na Indústria: neste capítulo será apresentado um problema que foi detectado em ambiente industrial, em seguida será mostrado o processo de levantamento de dados e análise do problema;
- Capítulo 5 – Resultados: serão discutidos os resultados das análises mostradas no capítulo 4 e serão feitas propostas de melhoria;
- Capítulo 6 – Conclusões: por fim, será apresentada a conclusão do trabalho e serão propostos trabalhos futuros.

2 PANORAMA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Este capítulo tratará sobre Sistemas de Informação, onde será mostrado um panorama sobre o tema, explanando sobre sistemas de gestão de informação, a importância e benefícios, tipos, recursos, atividades e integração dos sistemas de informação.

2.1 Definição de Sistemas de Informação

Segundo o dicionário (SISTEMA; INFORMAÇÃO, 2021), pode-se definir Sistema e Informação como:

- Sistema: "1. Conjunto metódico de princípios interdependentes, sobre os quais se estabelece uma doutrina, uma crença ou uma teoria";
- Informação: "1. Ato ou efeito de informar(-se); 2. Conjunto de conhecimentos acumulados sobre certo tema por meio de pesquisa ou instrução".

Em sua obra, (O'BRIEN; MARAKAS, 2007) define que um sistema de informação pode ser qualquer combinação organizada de pessoas, hardware, software, redes de comunicação, recursos de dados e políticas e procedimentos que permeiam uma organização.

Baseando-se nessas definições, pode-se dizer que um Sistema de Informação é um conjunto de dados interligados e que têm por finalidade fornecer informações claras aos envolvidos. Aplicado ao ambiente industrial, pode-se definir como um conjunto de procedimentos organizados que, ao serem executados, dispõem informações para tomada de decisão e controle organizacional.

2.2 Gestão da Informação

A gestão da informação tem se tornado cada vez mais essencial para o desenvolvimento de grandes empresas. Em decorrência da grande quantidade de insumos gerados durante o processo produtivo, ter um sistema de informação robusto e redondo é de suma importância para crescimento empresarial.

Dentro das atividades industriais há diferentes subprocessos que variam de acordo com a atividade desenvolvida – compras, comercial, controladoria, PCP (Planejamento e Controle da Produção), produção entre outros, entretanto, para todas as atividades é necessário a utilização de um sistema de informação que consiga conectar todos os elementos fornecendo informações necessárias para o bom funcionamento de cada área.

Com o aumento da complexidade das atividades industriais, houve aumento da necessidade de tratar as informações de forma que elas atendessem à todas as partes envolvidas. A busca de melhoria contínua, procura por creditações e garantia de qualidade de produtos e/ou serviços fizeram com que grandes empresas se adaptassem para alcançar seus objetivos.

Desde o recebimento de matéria-prima à produção final do produto, são geradas inúmeras informações que compõem um sistema de informação. Entretanto, um dado que não recebe o devido tratamento passa a ser uma fraqueza para empresa. Dessa forma, os dados de produção passam a ser grandes aliados da empresa ou potenciais falhas para ela.

Uma das principais vantagens de um sistema de informação é o auxílio na tomada de decisões – que será tratado posteriormente. Para que se tenha um sistema integrado e bem organizado, é preciso que haja colaboração dos envolvidos com apontamentos dos dados conforme acontecem os fatos e bom gerenciamento dos dados provenientes de máquinas. Além do apoio na tomada de decisões, os sistemas também proporcionam uma melhor análise das falhas e problemas ocorridos.

2.3 Importância e benefícios do Sistema de Informação

Dentre as principais atividades dos sistemas de informação, pode-se citar:

- Processar dados;
- Monitorar o desempenho operacional;
- Promover aumento da eficiência.

Diariamente, a partir dos insumos gerados na organização, os sistemas de informação coletam esses dados formando um grande banco de informações que são úteis para o gerenciamento empresarial. A partir desses insumos, cada setor da empresa é capaz de moldá-los a fim de garantir melhores resultados.

Os sistemas de informação exercem grande importância por gerar insumos que auxiliam na execução de atividades, na análise de problemas diários e na tomada de decisões. Segundo (TURBAN *et al.*, 2009), quando se trata do sistema de informações, pode-se citar as seguintes fraquezas:

- Excesso de dados sem direcionamento e dados com muitos erros;
- Problemas de comunicação e coordenação de fornecimento;
- Incapacidade dos departamentos de compartilharem dados;
- Incapacidade da gerência de obter as informações necessárias para a tomada de decisões.

De frente aos riscos e fraquezas expostos, algumas ações podem ser tomadas pelos gerentes para saná-las, pode-se incluir:

- Planejamento estratégico;
- Uso de modelos de negócios inovadores;
- Reestruturação de processos de negócios;
- Aprimoramento dos sistemas de informações corporativos;
- Incentivo à inovação e à criatividade;
- Aprimoramento do serviço e relacionamentos com clientes;
- Uso de novas tecnologias de informação para melhorar a comunicação, o acesso aos dados;
- Automatização de tarefas do setor administrativo;
- Automatização de certos processos de decisão, principalmente os que envolvem clientes;
- Aprimoramento da tomada de decisões.

Entre os principais benefícios de um sistema de informação eficiente pode-se citar:

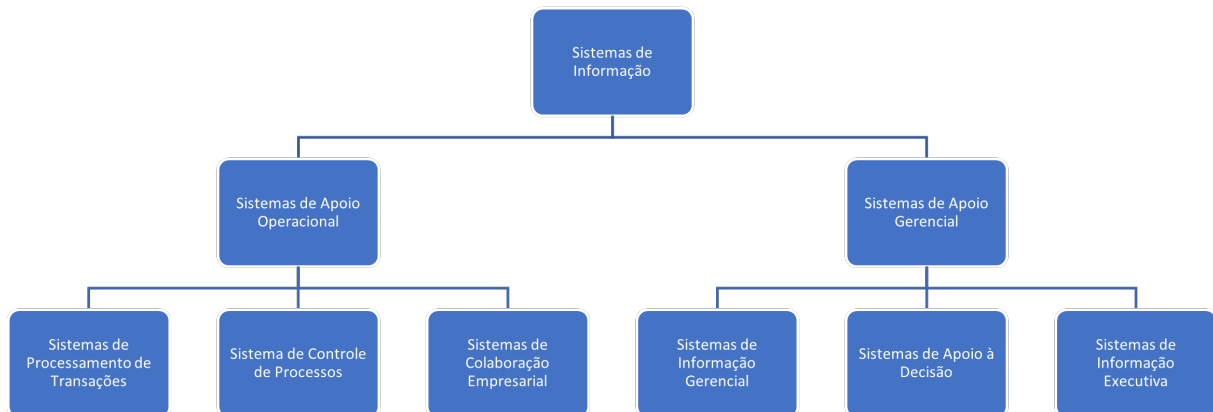
- Realização de operações com maior eficiência;
- Eficácia na administração;
- Melhor competitividade mercadológica;
- Melhor comunicação interempresarial;
- Aumento da produtividade;
- Redução de custos;
- Controle de operações;
- Auxílio na tomada de decisões.

2.4 Tipos de Sistemas de Informação

Segundo (O'BRIEN; MARAKAS, 2007), os sistemas de informação são classificados como sistemas operacionais ou sistemas gerenciais. Os sistemas de suporte às operações produzem grande variedade de informação para uso interno e externo, mas não enfatizam produzir resultados específicos que possam ser mais utilizados pelos gerentes. Conforme mostrado na Figura 1, os sistemas de apoio operacional são divididos em sistemas de processamento de transação, de controle de processo e de colaboração empresarial, já os apoio gerencial são divididos em sistemas de informação gerencial, de apoio à decisão e de informação executiva.

Os Sistemas de Apoio Operacional, ou seja, aqueles que dão apoio às operações empresariais são:

Figura 1 – Tipos de Sistemas de Informação.



Fonte: Adaptado de (O'BRIEN; MARAKAS, 2007)

- Sistemas de Processamento de Transações: processam os dados resultantes das transações de negócios, são informações rotineiras que normalmente alimentam o banco de dados para análises futuras;
- Sistemas de Controle de Processo: são aqueles que controlam e monitoram o processo industriais;
- Sistemas de Colaboração Empresarial: são sistemas que servem de apoio à comunicação e colaboração para a empresa.

Já os Sistemas de Apoio Gerencial, que ocorre quando as aplicações do sistema de informação se concentram em informar e dar suporte para a eficaz tomada de decisões, são:

- Sistema de Informação Gerencial: são aqueles que, a partir das informações coletadas, fornecem as informações em forma de relatórios que auxiliam na tomada de decisões;
- Sistemas de Apoio à Decisão: são sistemas que buscam promover suporte com finalidade interativa entre os processos de tomada de decisões de gerentes e outros envolvidos nos negócios;
- Sistemas de Informação Executiva: são sistemas que fornecem informações adaptadas às necessidades de informação dos executivos.

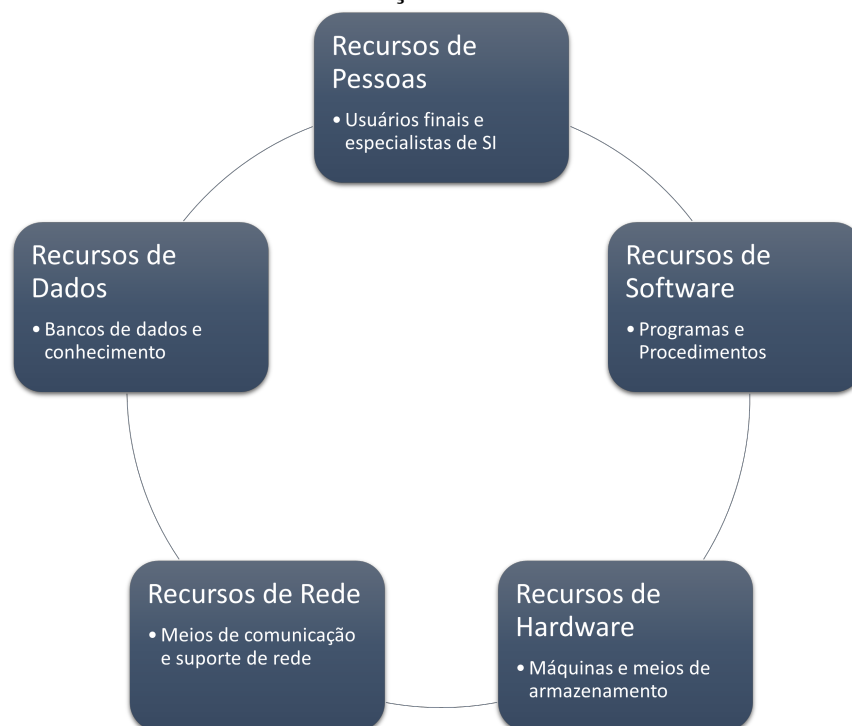
Os sistemas de Informação ainda se dividem em outras categorias como Sistemas Especialistas, Sistemas de Gestão de Conhecimento, Sistemas de Informação Estratégica e Sistemas Funcionais do Negócio, os quais podem dar suporte tanto para aplicações operacionais como gerenciais. Para este trabalho será dado ênfase aos sistemas de apoio gerencial com foco na tomada de decisões.

2.5 Recursos e dados

Segundo (O'BRIEN; MARAKAS, 2007), um sistema de informação depende de recursos de pessoas, *hardware*, *software*, dados e redes para realizar entrada, processamento, saída, armazenamento e controle de atividades que convertem os recursos de dados em produtos de informação.

A Figura 2 mostra um modelo de SI que expressa a estrutura fundamental para a maioria dos componentes e atividades dos sistemas de informação.

Figura 2 – Recursos de Sistema de Informação.



Fonte: Adaptado de (O'BRIEN; MARAKAS, 2007)

- Os recursos humanos – usuários finais e especialistas de SI: são necessários para operacionalizar os sistemas, sendo pessoas que produzem a informação ou utilizam um sistema de informação;
- Os recursos de software – programas e procedimentos: incluem os conjuntos de instruções de processamento da informação;
- Os recursos de hardware – máquinas e meios de armazenamento de dados: abrangem equipamentos e dispositivos utilizados para processar e armazenar os dados;
- Os recursos de rede – meios de comunicação e suporte de rede: o conceito de recursos de rede enfatiza que as tecnologias e as redes de comunicação são um componente fundamen-

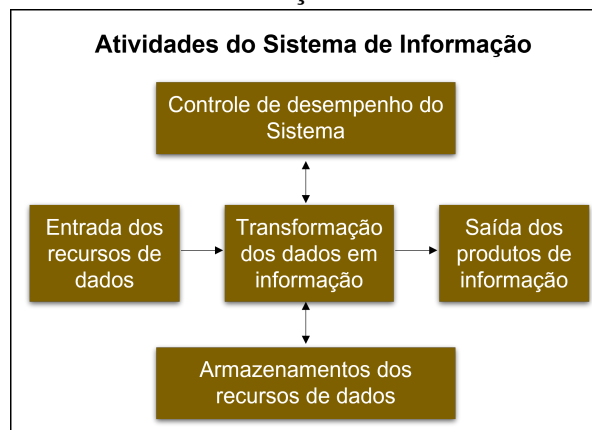
tal de todo sistema de informação; incluem meios de comunicação e a infraestrutura de rede;

- Por fim, os recursos de dados – base de dados e conhecimentos: normalmente são organizados em banco de dados, que armazenam dados organizados e processados, e banco de conhecimento, que guardam o conhecimento de diversas formas, como fatos, regras e exemplos de casos.

2.6 Atividades do Sistema de Informação

O processamento de dados que acontecem em um sistema de informação são: entrada, processamento, saída, armazenamento e controle, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Atividades do Sistema de Informação.



Fonte: Adaptado de (O'BRIEN; MARAKAS, 2007)

A entrada é caracterizada pela geração de dados, ou seja, assumem forma de atividade de registro de dados, como gravação e edição a respeito de transações realizadas em algum meio de armazenamento. Após a entrada dos dados, os mesmos podem ser transferidos para meio de armazenamento onde possam ser lidos por máquinas.

No processamento os dados são submetidos à atividades de processamento, como cálculo, comparação, ordenação e resumo. Os dados são organizados, analisados e manipulados para, em seguida, serem convertidos em informações para os usuários finais. Vale ressaltar que a qualidade dos dados armazenados em um SI também deve ser mantida por um processo contínuo de correções e atualizações.

A atividade de saída disponibiliza a informação aos usuários finais, o objetivo desta atividade é a obtenção de produtos de acordo com as necessidades do usuário.

O armazenamento dos recursos de dados é a atividade do sistema de informações

onde os dados são extraídos de maneira organizada para uso posterior.

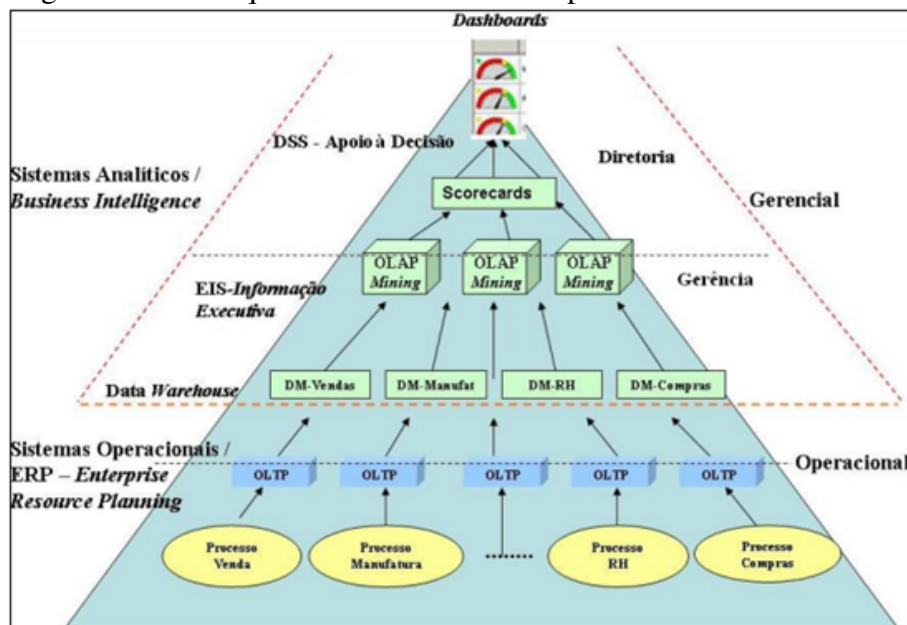
Por fim, e igualmente importante, tem-se a atividade de controle de desempenho. Um SI deve fornecer *feedbacks* a cerca das atividades de entrada, processamento, saída e armazenamento. Esses *feedbacks* devem ser analisados de modo que se determine se o sistema está atingindo os padrões de desempenho esperados.

2.7 Integração dos Sistemas

Segundo (FORTULAN, 2006), Integração é um processo de ligar as partes para produzir um todo, assim, ela pode ser entendida como um processo que produz consonância, e que a vantagem obtida pelo conjunto integrado é muito maior que a soma das vantagens obtidas por cada parte isolada. A integração significa ter todas as funções de um negócio agindo em conjunto e em direção a uma meta em comum usando objetivos claramente definidos, *benchmarks*, disciplinas, controles e sistemas de forma eficiente e efetiva, buscando maximizar o valor integrado e minimizar perdas.

Na Figura 4, os sistemas de informação são apresentados numa estrutura hierárquica de modo que se tenha uma visão geral da integração entre os sistemas.

Figura 4 – Hierarquia dos SI no âmbito empresarial.



Fonte: (ESCODEIRO, 2009)

Pode-se observar que a estrutura é dividida em duas grandes seções:

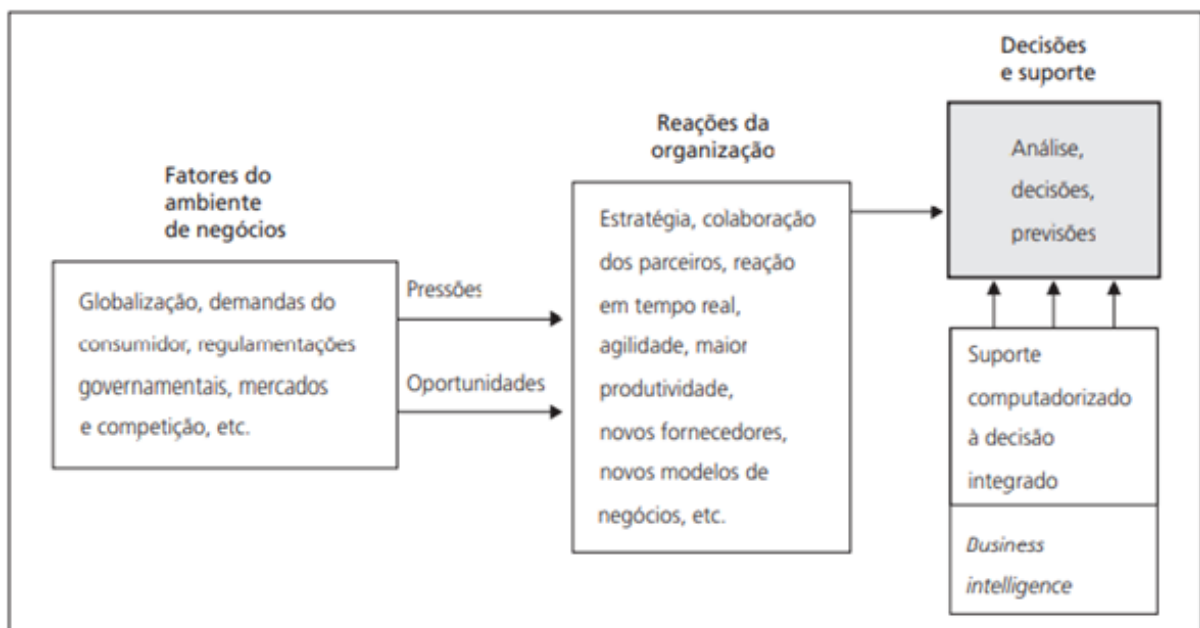
- A seção inferior é representada por sistemas operacionais onde se inicia o fluxo de

- informações com dados da rotina diária das empresas, executando tarefas de controle, tais como emissão de notas fiscais, programação de produção, processo de manufatura, movimentação de estoque, entre outros. Esses processos são suportados por um *On-line Transaction Process* (OLTP) ou Processo de Transação Online, comercialmente são conhecidos como *Enterprise Resource Planning* (ERP), ou planejamento de recursos empresariais. Os dados fornecidos nesta etapa serão utilizados para construção de *Data Warehouse* (DW), *Data Mining* (DM) e *Data Mart* (serão posteriormente explicados).
- Na seção superior estão os sistemas analíticos ou *Business Intelligence*. Esta camada é formada por diversas ferramentas, tais como *data warehouse*, *Data Mining*, *Data Mart*, *Executive Information Systems* (EIS) ou Sistema de Informação Executiva e *Decision Support Systems* (DSS) ou Sistema de Apoio à Decisão. Essas ferramentas são interligadas e quanto mais próximo ao topo, maior a incidência na tomada de decisões. Estas ferramentas serão explanadas no próximo capítulo.

3 BUSINESS INTELLIGENCE E SUAS FERRAMENTAS

Com o passar dos anos tem-se notado que para uma empresa se manter em destaque no seu ramo não basta apenas produzir, e sim procurar meios para se manter no mercado competitivo. Para saber melhor quais ações deverão ser tomadas os sistemas de uma empresa devem dar o suporte necessário na tomada de decisão, com informações claras e de fácil entendimento. Baseado nisso, (TURBAN *et al.*, 2009) sugere o modelo intitulado "pressões de negócios, reações organizacionais e suporte computadorizado", exibido na 5.

Figura 5 – Modelo de pressões – reações - decisões.



Fonte: (TURBAN *et al.*, 2009)

Como o próprio autor fala, este modelo é composto por três componentes:

- Pressões de negócios: refletem na atmosfera do negócio;
- Ações (reações): empresas tomam para responder a essas pressões ou aproveitar as oportunidades que surgem;
- Suporte computadorizado: facilita no monitoramento do ambiente e aprimora as ações de resposta realizadas pelas empresas.

No ambiente de negócios, os fatores externos podem gerar oportunidades no negócio, mas também serem um risco à sua existência. (TURBAN *et al.*, 2009) divide os fatores do ambiente de negócios em quatro grandes categorias: mercados, demandas do consumidor, tecnologia e sociedade. Cada fator pode ser resumido como:

- No fator mercado: concorrência, expansão dos mercados globais, necessidades de transa-

- ções em tempo real;
- No fator demandas do consumidor: customização por cliente, conciliar qualidade com agilidade na entrega;
 - No fator tecnologia: inovações no mercado, obsolescência;
 - No fator sociedade: responsabilidade social por parte das empresas, segurança nacional, aumento das regulamentações.

3.1 Definição de *Business Intelligence*

De acordo com (TURBAN *et al.*, 2009), *Business Intelligence* (BI) é um termo “guarda-chuva” que inclui arquiteturas, ferramentas, bancos de dados, aplicações e metodologias. Por ser uma expressão livre de conteúdo, significa coisas diferentes para públicos diferentes. Entre os principais objetivos do *Business Intelligence* pode-se citar o acesso interativo entre os dados e a manipulação destes e fornecer aos *stakeholders* (partes interessadas), principalmente aos gerentes, a possibilidade de realizar uma análise adequada. Ao analisar dados das situações atuais e históricas, os envolvidos na tomada de decisão terão mais insumos para realizar escolhas mais prudentes e assertivas.

(TURBAN *et al.*, 2009) cita que o BI tem quatro grandes componentes:

- Um *data warehouse* com seus dados-fonte para análise de negócios;
- Uma coleção de ferramentas para manipular e analisar os dados no *data warehouse*, incluindo *data mining*;
- *Business Performance Management* (BPM) para monitoria e análise do desempenho;
- Uma interface de usuário (como o *dashboard*).

Dessa forma, pode-se afirmar que os sistemas de *Business Intelligence* estão associados a três ferramentas: *Data Warehouses*, *On-line Analytical Processing* (OLAP) e *Data Mining*. De forma resumida, um *Data Warehouse*, como o próprio nome indica, é um armazém de dados, analisados por uma ferramenta OLAP e/ou ferramentas de Data Mining. Cabe à uma equipe técnica ser responsável pelo ambiente de *data warehouse*, bem como o ambiente de análise. Com isso, qualquer usuário pode se conectar aos sistemas de acordo com sua necessidade, sendo por meio de uma interface de usuário ou por meio de dashboard como utilizado pela alta direção.

Em seu trabalho, (TURBAN *et al.*, 2009) lista algumas aplicações do BI. Na Tabela 1 ele associa cada aplicação à uma pergunta de negócio associado à um valor para o mesmo.

De forma semelhante ao explicado no Capítulo 2, (TURBAN *et al.*, 2009) propõe

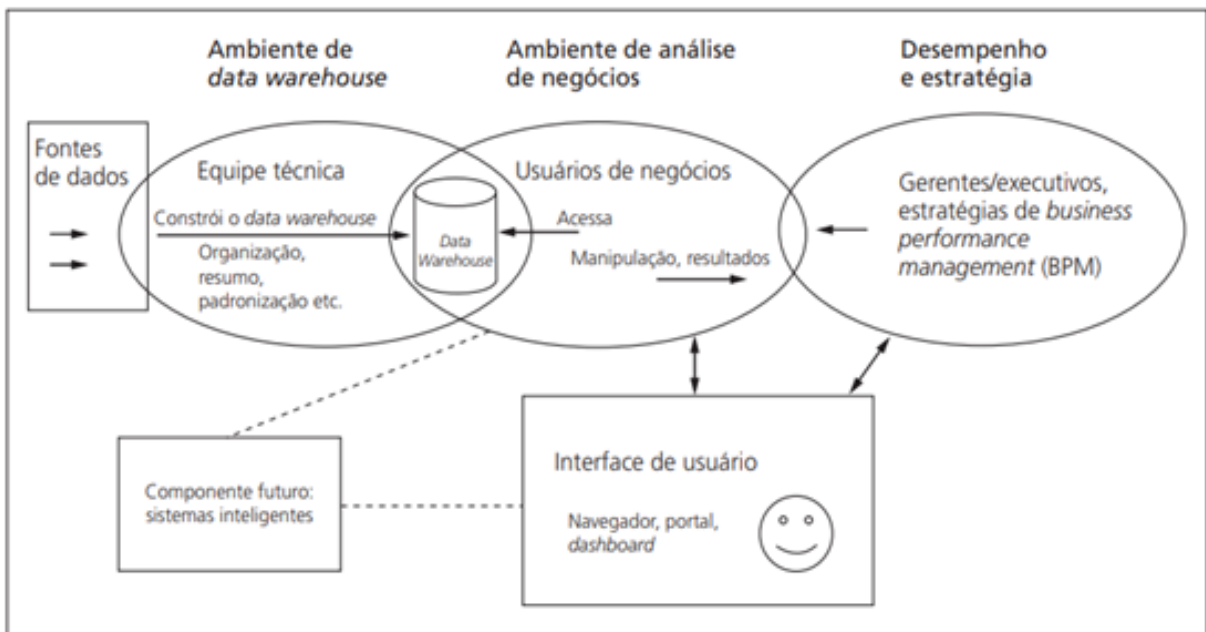
um modelo de arquitetura de alto nível do BI, conforme mostrado na Figura 6.

Tabela 1 – Aplicações analíticas de *Business Intelligence*

Aplicação Analítica	Pergunta de negócios	Valor para o negócio
Segmentação dos clientes	Em quais segmentos de mercado meus clientes se encaixam e quais são suas características	Personalizar os relacionamentos com clientes para obter maior satisfação e retenção destes.
Propensão à compra	Quais clientes são mais propensos a responderem minha promoção?	Visar os clientes com base nas necessidades que eles têm de aumentar a fidelidade à sua linha de produtos. Aumentar também a lucratividade da campanha enfocando quem tem mais possibilidades de comprar.
Lucratividade dos clientes	Qual a lucratividade vitalícia de meu cliente?	Tomar decisões individuais de interação de negócios com base na lucratividade geral dos clientes.
Deteção de fraudes	Como posso saber quais transações provavelmente são fraudulentas?	Determinar a fraude com rapidez e agir imediatamente para minimizar os custos.
Perda de clientes	Qual cliente está a ponto de sair?	Evitar a perda de clientes de grande valor e abandonar os de menor valor.
Otimização do canal	Qual é o melhor canal para chegar ao meu cliente em cada segmento?	Interagir com os clientes com base nas preferências deles e em sua necessidade de gerenciar custos.

Fonte: (TURBAN *et al.*, 2009)

Figura 6 – Arquitetura de alto nível do BI.



Fonte: (TURBAN *et al.*, 2009)

Nessa arquitetura, pode-se perceber o fluxo de entrada de dados do sistema operacional no ambiente de *data warehouse*, nesta etapa será realizada a construção de uma *data warehouse* por uma equipe técnica. Em seguida, no ambiente de análise, usuários de negócios acessam o *data warehouse*, realizam manipulações e geram resultados para a última etapa, a de

desempenho e estratégia, onde gerentes analisam os resultados produzidos anteriormente por meio de *dashboards* e relatórios, por exemplo.

3.2 Tecnologias

Os sistemas de *Business Intelligence* normalmente são associados à três tecnologias: *Data Warehouses*, *Online Analytical Processing* e *Data Mining*. Nas próximas subseções as será aprofundado sobre essas tecnologias. Essas tecnologias são ferramentas de apoio em um ambiente organizacional, sendo compostas por elementos que viabilizam a tomada de decisões.

3.2.1 *Data warehouse*

Segundo a (ORACLE, 2021), um *Data Warehouse* é um banco de dados projetado para permitir atividades de *business intelligence*: ele existe para ajudar os usuários a compreender e aprimorar o desempenho de sua organização. Ele é projetado para consulta e análise em vez de processamento de transações e geralmente contém dados históricos derivados de dados de transações, mas pode incluir dados de outras fontes. Os *data warehouses* separam os dados de análise dos dados de transação e permitem que uma organização consolide dados de várias fontes. Isso ajuda em:

- Manter registros históricos;
- Analisar os dados para obter uma melhor compreensão do negócio e para melhorar o negócio.

Um *data warehouse*, além de um banco de dados relacional, pode conter dados de *Extract, Load, Transform* (ELT) (ou extração, transformação e carregamento), análises estatísticas, relatórios, recursos de *data mining*, ferramentas de análise, entre outros, que permite o gerenciamento de dados e transformam em informações úteis ao usuário final.

De modo que se atinja o objetivo de gerenciamento de *business intelligence*, um *data warehouse* é alimentado com dados de diversas fontes. Estes dados podem ser originados de sistemas desenvolvidos internamente, aplicativos, transações intraempresariais, recursos humanos, produção e outros.

Grandes quantidades de dados de várias fontes são centralizadas em um *data warehouse*. Ele possui recursos analíticos permitindo que as organizações tenham disponíveis informações de negócios necessários para melhores tomadas de decisões. De posse desses dados,

um registro histórico é gerado com o passar do tempo, o que se torna um valioso banco de dados para análise do negócios. Uma fonte de dados consistente na qual todos os usuários possam realizar consultas, evita disputas e proporciona aumento da eficiência das tomadas de decisão.

Geralmente, um *data warehouse* armazena dados por grandes períodos, de forma que sirva de suporte para análise histórica. A (ORACLE, 2021) cita que um *data warehouse* típico geralmente inclui os seguintes elementos:

- Um banco de dados relacional para armazenar e gerenciar dados;
- Uma solução de extração, carregamento e transformação (ELT) para preparar os dados para análise;
- Análise estatística, relatórios e recursos de mineração de dados;
- Ferramentas de análise de clientes para visualizar e apresentar dados aos usuários de negócios;
- Outros aplicativos analíticos mais sofisticados que geram informações práticas aplicando ciência de dados e algoritmos de Inteligência Artificial (IA).

Frequentemente, os usuários de um *data warehouse* realizam análises de dados com base no tempo, como, por exemplo, comparando números obtidos em transações passadas, como vendas, indicadores de produção, entre outros.

Conforme (INMON, 2002), as principais características de um *data warehouse* são:

- Orientado para o assunto: *data warehouses* são projetados para auxiliar na análise dos dados. Por exemplo, pode-se citar o setor de vendas, caso se queira aprofundar no dados de vendas da empresa, sugere-se criar um *data warehouse* que concentre dados de vendas. Utilizando esse *data warehouse*, o analista de dados será capaz de responder perguntas como: "Quem foi nosso melhor cliente para este item no ano passado?" ou "Quem provavelmente será nosso melhor cliente no próximo ano?" Essa capacidade de definir um *data warehouse* por segmento, como citado no exemplo o caso de vendas, torna o *data warehouse* orientado para o assunto.
- Integrado: a característica integrada está altamente relacionada à orientação do assunto. Os *data warehouses* devem colocar dados de fontes distintas em um formato consistente. Eles devem resolver problemas como conflitos de nomenclatura e inconsistências entre unidades de medida. São ditos integrados quando conseguem ter essa característica.
- Variante de tempo: entende-se por variante no tempo o foco de um *data warehouse* na mudança ao longo do tempo. Para descobrir tendências e identificar padrões e relaciona-

mentos ocultos nos negócios, os analistas precisam de grandes quantidades de dados. Isso é muito diferente dos sistemas de processamento de transações online (OLTP), em que os requisitos de desempenho exigem que os dados históricos sejam movidos para um arquivo.

- Não volátil: uma característica não volátil significa que, uma vez inseridos no *data warehouse*, os dados não devem ser alterados. Esta característica deve ser intrínseca à um *data warehouse*, visto que um de seus propósitos é permitir que seja feita análise do que ocorreu em outros períodos.

Em algumas situações, um *data warehouse* pode ser confundido com Sistemas de OLTP. Apesar da semelhança, os *data warehouses* diferem desse tipo de sistema. Em um *data warehouse*, são separados as informações de trabalho de análise das informações, sendo, dessa forma, sistemas orientados para leitura.

Como supracitado, *data warehouses* são utilizados pelas empresas estabelecer relacionamentos e padrões entre os dados e o tempo. Em contrapartida, os sistemas OLTP são usados para processar informações transacionais de forma contínua, como dados de pedidos e transações financeiras, não sendo baseados em dados históricos – nos ambientes transacionais, os dados históricos normalmente são excluídos ou arquivados para melhor performance de sistema.

Dessa forma, a (ORACLE, 2021) resumiu as seguintes diferenças entre *data warehouses* e os sistemas de OLTP conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Diferenças entre *data warehouse* e OLTP

Critério	Data Warehouse	Sistema de OLTP
Carga de Trabalho	Acomoda consultas <i>ad hoc</i> e análise avançada de dados	Fornecer suporte a operações predefinidas
Modificações de dados	Atualiza de forma automática regularmente	Atualizações por usuários finais que emitem declarações individuais
Projeto de esquema	Utiliza esquemas parcialmente desnormalizados para otimizar o desempenho	Utiliza esquemas totalmente normalizados para garantir consistência dos dados
Digitalização de dados	Abrange milhares a milhões de linhas	Acessa apenas um grupo de registros de cada vez
Dados históricos	Armazena muitos meses ou anos de dados	Armazena dados por apenas semanas ou meses

Fonte: (ORACLE, 2021)

3.2.2 *Online Analytical Processing - OLAP*

O OLAP – *Online Analytical Processing*, ou Processamento Analítico Online permite que o usuários – analistas e gerentes executivos, visualizem os dados de uma forma dinâmica

e multidimensional, de forma que se obtenham respostas rápidas e com amplas possibilidades de visões.

Um *data warehouse* se destina exclusivamente a realizar consultas e análises avançadas, contendo grandes quantidades de dados históricos, mas sem foco em realizar cálculos complexos. Nesse caso, é utilizada o OLAP, que atua no processamento de dados.

Segundo (FORTULAN, 2006) , o grande diferencial do OLAP está principalmente, na capacidade de permitir consultas e análise de dados de forma consistente, interativa, rápida e com grande variedade de possíveis visões dos dados. A ferramenta auxilia os usuários a sintetizarem as informações sobre a empresa por meio de comparações, visões personalizadas e simulações, podendo ser utilizado em diversos departamentos de uma empresa.

Assim como acontece com *data warehouse*, um sistema OLAP também pode ser confundido com um OLTP. (TURBAN *et al.*, 2009) cita que OLTP é focado em processamento de transações repetitivas em grande quantidade e de manipulação simples, diferente do OLAP, que envolve uma análise de muitos itens de dados em relacionamentos complexos, buscando padrões, tendências e exceções, ou seja, é focado no suporte a decisão.

Em seu livro, (CECI, 2012) apresenta um quadro comparativo entre um OLTP e um OLAP levando em consideração características de operação, nível e idade dos dados, entre outros conforme a Tabela 3

Tabela 3 – Comparação entre aplicações OLAP e OLTP.

Características	OLTP	OLAP
Operação Típica	Atualização	Análise
Telas	Imutável	Definida pelo usuário
Nível de Dados	Atomizado	Altamente Sumarizado
Idade dos Dados	Presente	Histórico, atual e projetado
Orientação	Registro	Arrays
Modelagem	Processo	Assunto

Fonte: (CECI, 2012)

3.2.3 *Data Mining*

O termo *Data Mining*, como o próprio nome sugere, trata-se de uma mineração de dados, ou seja, é o ato de extrair informações necessárias a partir de grandes quantidades de dados que estão armazenados em um *data warehouse* ou em um OLTP.

De acordo com (TURBAN *et al.*, 2009), *data mining* é um modo de análise de informações, baseada em bancos de dados, onde se procuram padrões em um conjunto de dados

que podem servir de base para prever comportamentos futuros. Um verdadeiro software de *data mining* revela relações desconhecidas e utiliza este conhecimento para alcançar metas específicas. Por contar com grande montante de dados, dificilmente estes padrões seriam encontrados com métodos mais básicos. A principal utilização das ferramentas de *data mining* é a de substituir ou aprimorar a inteligência humana com sua capacidade de verificar grandes *data warehouses*.

Em resumo, as principais características e objetivos de um *data mining* pode-se citar as seguintes:

- Geralmente o ambiente é uma arquitetura cliente/servidor ou baseada na web;
- Suas ferramentas são fáceis de ser combinadas com planilhas e outras ferramentas para desenvolvimento de software, possibilitando análise e processamento de dados de forma mais fácil e rápida;
- Frequentemente, o “minerador” dos dados é o usuário final, sem grandes habilidades de programação.

Ferramentas de *data mining* e OLAP integram qualquer processo de suporte e tomada à decisões. Empresas que utilizam apenas ferramentas de OLAP sem utilização de um *data mining* tendem à destinar mais tempo realizando atividades que seriam mais facilmente realizadas por uma ferramenta de *data mining*.

Uma forma fácil de diferenciar um sistema OLAP de um *data mining* é que que um OLAP tem a capacidade de responder questionamentos conhecidos, quando se sabe o que perguntar, já um *data mining* sugere questionamentos não conhecidos, quando ainda não se sabe o que perguntar.

Para utilização de um *data mining* é necessário que sejam feitos investimentos caros e complexos. Inicialmente, é necessário que as empresas invistam em um *data warehouse* para gerenciar o grande volume da dados, um mal gerenciamento desses bancos de dados acarretam em necessidades de investimentos ainda maiores.

3.3 Utilização das ferramentas de BI na indústria

Como exposto anteriormente, com a atual dimensão de empresas e indústrias, a tratativa de dados tornou-se indispensável quando se procura aumento de desempenho e, consequentemente, de lucratividade.

Por meio dos sistemas de informação, atrelados aos elementos de tecnologia da informação, é possível acessar as informações geradas diariamente de forma clara e precisa, de

forma que se facilite a análise dos problemas.

De posse de tantos dados gerados diariamente, tratar essas informações deixou de ser alternativa e passou a ser necessidade das empresas. *Business Intelligence*, ou inteligência de negócio, é o recurso utilizado para lidar com a quantidade de informações geradas no processo produtivo. Além de fornecer recursos para análises de problemas corriqueiros, é base para tomadas de grandes decisões.

3.4 Sistemas de apoio à decisões

Conforme comentado no Capítulo 2, os sistemas de informação têm os papéis fundamentais de dar apoio em:

- Operações e processos de negócios;
- Tomada de decisão de negócios;
- Estratégias de vantagem competitiva.

Baseando-se nisso, esta seção focará nos sistemas de apoio à tomada de decisões, como os sistemas de informação e ferramentas de BI auxiliam nesse processo. A nível organizacional, os sistemas de informação são ferramentas aliadas para gestão de operações que ocorrem diariamente e para auxílio na tomada de decisões. Da mesma forma que os sistemas de informações de transações fazem parte do cotidiano de uma empresa, os Sistema de Apoio à Decisão (SAD) deverão estar cada vez mais presentes na rotina gerencial, como forma de resposta ágil aos questionamentos realizados. Os SADs procuram contribuir na solução de problemas mal estruturados e que possuem alto nível de complexidade.

Os sistemas de apoio à decisão são interativos que estão sob o controle do usuário, oferecendo dados e soluções para problemas semi-estruturados. Pode-se dizer também que é uma organização de procedimentos, pessoas e dispositivos com a finalidade de dar apoio da tomada de decisões específicas, sendo utilizado para problemas complexos. De forma geral, diversos autores definem esse tipo de sistema de forma semelhante, mantendo em comum a ideia de que esses sistemas são de suma relevância para apoio de decisões estruturadas ou não.

De acordo com (BARBOSA, 2003) , os SADs têm como principais objetivos:

- Dar assistência para solução de problemas semi-estruturados;
- Apoiar gerência;
- Contribuir para uma decisão efetiva e eficiente;
- Promover informações para tomadas de decisões com base em interatividade;

- Melhorar a comunicação interpessoal;
- Melhorar controle organizacional.

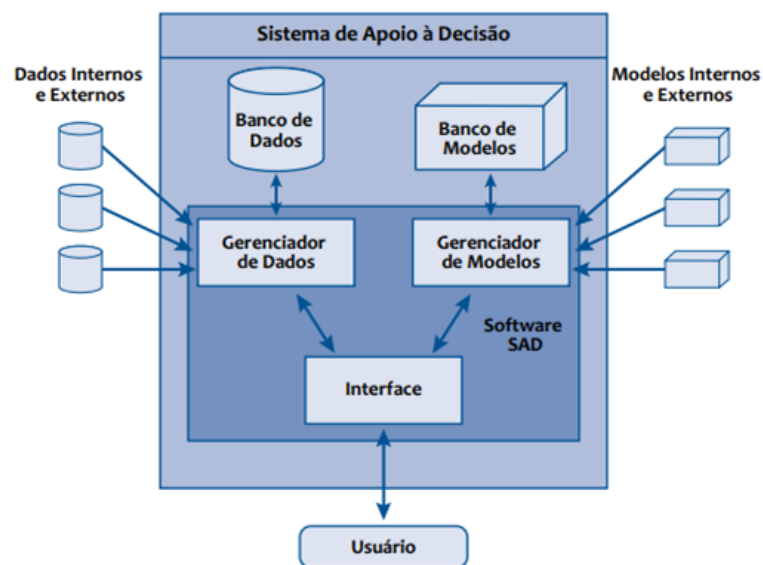
Diferente de alguns outros sistema, eles permitem:

- Flexibilidade para o usuário, com respostas rápidas;
- Início e controle dos processos de entrada e saída.
- Funcionamento com baixo suporte de programadores.

Em sua obra, (CECI, 2012) demonstra a arquitetura de um SAD conforme a Figura

7.

Figura 7 – Arquitetura de um SAD



Fonte: (CECI, 2012) - Adaptado de Sprague e Watson (1989) apud Heinzle (2010)

Analisando esta arquitetura, pode-se observar que são realizadas requisições a um subsistema de interface que acessa diretamente subsistemas de dados e modelos. A interação desses subsistemas permite aplicar um processo analítico sobre os dados e gerar informações de maior relevância no processo decisório.

4 ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA

De modo que seja demonstrada uma aplicação do que foi exposto nos capítulos anteriores, foi realizado uma implementação com base em uma situação real em uma indústria que envolve atividade de injeção de matéria-prima plástica e o processo de solda por ultrassom. Neste capítulo será exposto o problema detectado, o levantamento de dados e análise do problema.

4.1 Definição do problema

Durante acompanhamentos rotineiros do processo produtivo de determinado produto, observou-se que havia grande perda de matéria-prima durante produção. Entretanto, não havia parâmetro para análise real de perda. Dessa forma, para que se pudesse mensurar qual a perda no processo produtivo, esse caso específico foi escolhido para corroborar com o que foi exposto durante este trabalho.

Conforme dito anteriormente, o problema foi percebido quando se deparou que não havia acompanhamento referente à perda de material plástico durante o processo produtivo, dessa forma, não era possível realizar tomadas de decisões a fim de que a perda fosse reduzida.

NOTA: Por questões de confidencialidade os dados com nome da empresa (será referenciada como "Empresa.Modelo") não serão informados neste trabalho e as nomenclaturas das falhas serão informadas com pseudônimos.

4.2 Levantamento de dados

Após conhecido o problema, foi realizado uma análise preliminar e um levantamento de dados para que se pudesse trabalhar sobre eles.

O processo de produção conta com as seguintes etapas:

- Primeira etapa: Injeção de peças plásticas - nesta etapa ocorre a injeção de matéria-prima plástica - o policarbonato. O material produzido nessa fase será destinado para as linhas de produção - a montagem.
- Segunda etapa: Montagem: os materiais injetados na fase anterior são montados conforme especificação de cada produto final. Exemplo: produto X é formado por peças M1, M2 e M3.
- Terceira etapa: Solda por ultrassom - nesta etapa, as peças produzidas na primeira etapa e montadas na segunda são "coladas" por meio de solda por ultrassom, ou seja, não é possível

desmanchar este produto final sem quebrar as peças montadas.

Após as etapas de produção, outra informação necessária para quantificar as perdas de material é a moagem de material plástico. Dessa forma, a quarta etapa do processo será:

- Quarta etapa: Moagem de plástico: nesta etapa as peças injetadas com defeito, galhos (estruturas plásticas que ligam as peças injetadas conforme estrutura do molde), borras após *setup* da injetora, peças com falhas encontradas na montagem e produto concluído com falhas após processo de ultrassom serão moídos.

Dessa forma, o fluxo de produção - considerando as falhas - pode ser expresso conforme Figura 8.

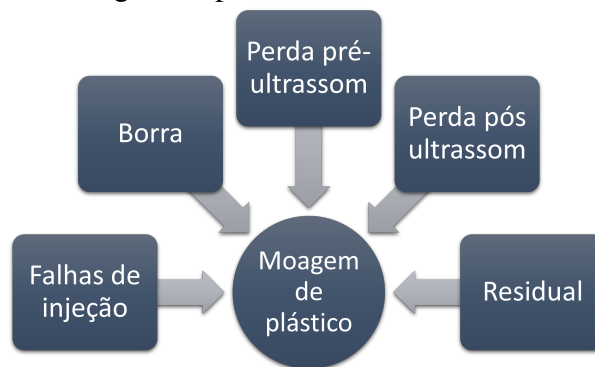
Figura 8 – Fluxo de produção considerando falhas.



Fonte: O próprio autor.

Após explanado sobre as etapas de produção, pode-se resumir que a moagem de material será composta conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Composição de moagem de plástico



Fonte: O próprio autor.

Além dos insumos gerados em cada etapa, um novo componente entra para formação do peso total de material plástico moído: o Residual.

Este material residual trata-se de, como o próprio nome sugere, uma certa quantidade de material que não foi gerado no período (para fins de cálculo serão utilizados períodos mensais) no qual está sendo produzido, além disso, não se pode afirmar de quando são esses resíduos, ou seja, podem ser materiais acabados que apresentaram falha após ultrassom no mês anterior ao de

análise ou podem ser de n meses anteriores. Dessa forma, a quantidade residual será o resultado da subtração do peso de moagem de plásticos pelo somatório das perdas dos demais processos que foram ditos anteriormente. Vale ressaltar que, este residual pode assumir valores positivos e negativos:

- Residual positivo: será chamado se residual consumido, ou seja, foram moídos materiais dos meses anteriores;
- Residual negativo: será chamado de residual gerado. Este residual significa que nem todo material com defeito foi moído, gerando um residual que deverá ser processado (moído) nos meses subsequentes.

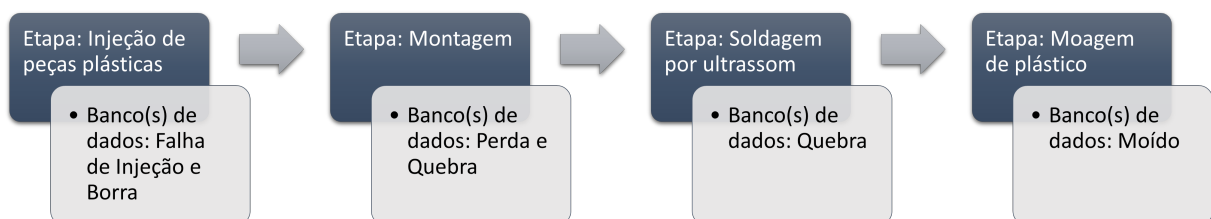
Após conhecido o processo produtivo com as falhas de cada etapa, é necessário que se tenha informações de perdas / falhas de cada uma dessas etapas.

Tanto para o processo produtivo de injeção quanto para o de montagem, a Empresa.Modelo conta com bancos de dados que são alimentados em cada etapa da produção. Estes bancos de dados são exportados de sistema próprio da empresa no formato *xlms* - Excel.

Para análise desse problema, foram utilizados 6 bancos de dados - cinco tabelas com dados exportadas do sistema da empresa e uma tabela criada no *software* - a tabela com função *Calendar*.

Dito isso, pode-se expressar as relações entre etapas e bancos de dados, conforme a Figura 10.

Figura 10 – Relação entre etapas e bancos de dados.



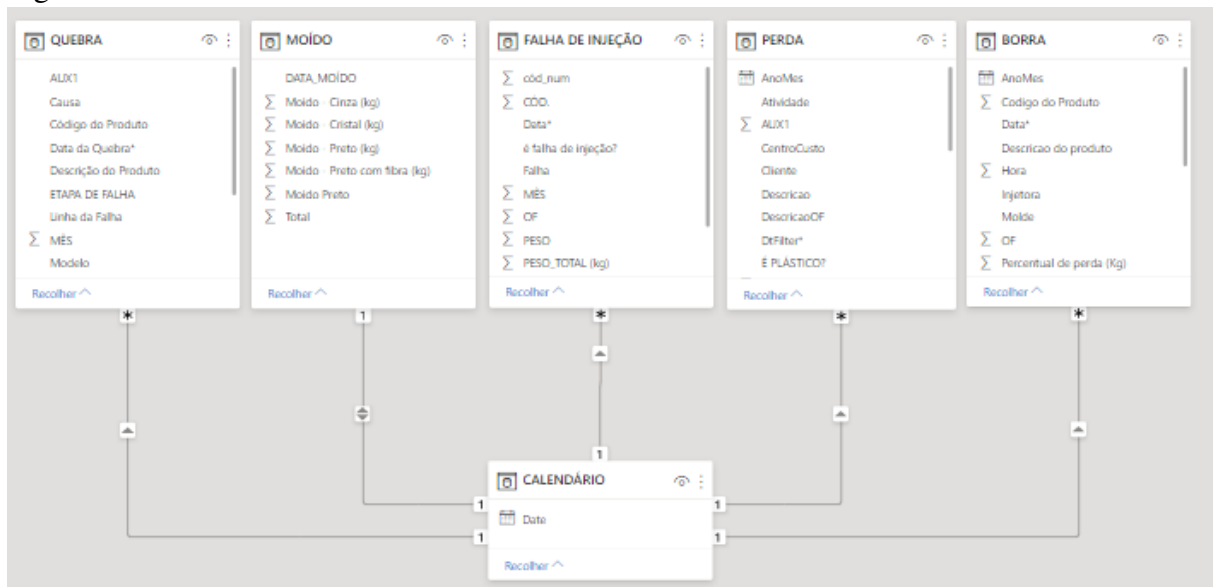
Fonte: O próprio autor.

A tabela com *Calendar* criada no *software* serve de base para as outras tabelas e as informações foram trabalhadas com base nos dados da mesma.

Escolhida a ferramenta para análise de dados (ver Apêndice A) e definida a tabela dimensão (função *Calendar*), foi realizado um relacionamento - método para inter-relacionar os bancos de dados - entre as planilhas que serão utilizadas. Na figura 11 tem-se as relações

estabelecidas.

Figura 11 – Relacionamento entre banco de dados.



Fonte: O próprio autor.

4.3 Análise do problema

De posse de todos os dados informados, bancos de dados exportados e relações estabelecidas, foi feita a análise de ofensores de acordo com produção (material injetado) e material moído. Para fins de cálculos, foi considerado que toda peça que injetada em determinado mês é utilizada no mesmo.

Para obter os dados e perdas de cada etapa, foi necessário a realização de alguns cálculos entre os dados das planilhas. Dessa forma, na Tabela 4 tem-se um resumo dos dados que foram calculados e/ou foram utilizados no decorrer da análise.

Para os dados utilizados, foram realizados os seguintes cálculos:

- PESO_INJEÇÃO: Os valores apresentados são uma soma de acordo com o outro eixo. Exemplo: peso por período; peso por falha;
- PESO_BORRA: É calculado subtraindo-se o peso das falhas de injeção (PESO_INJEÇÃO) do peso total de falhas / perdas plásticas;
- PESO_PRÉ_ULTRAS.: É calculado subtraindo-se o peso da planilha de quebra (PESO_PÓS_ULTRAS.) do peso total de perdas;
- PESO_PÓS_ULTRAS.: Os valores apresentados são uma soma de acordo com o outro eixo. Exemplo: peso por período; peso por falha;

- PESO_MOÍDO: Os valores apresentados são uma soma de acordo com o outro eixo.
Exemplo: peso por período;
- MOAGEM_TEÓRICA: Caso tenha sido gerado residual, a moagem teórica será calculada como peso total do moído mais o peso residual gerado: PESO_MOÍDO + RESIDUAL_GERADO;
- RESIDUAL_CONSU: Calculado com um condicional:
 - Caso o resultado da subtração de material moído (PESO_MOÍDO) pelo somatório das perdas dos processos anteriores (PESO_INJEÇÃO + PESO_BORRA + PESO_PRÉ_ULTRAS. + PESO_PÓS_ULTRAS.) seja maior que zero, este será o valor que residual consumido;
 - Caso o resultado anterior seja menor que 0, o valor de residual consumido será entendido como zero.
- %RESIDUAL_CONSUM: Calculado como a razão entre residual consumido e moagem teórica: (RESIDUAL_CONSUMIDO)/(MOAGEM_TEÓRICA);
- RESIDUAL_GERADO: Calculado com um condicional:
 - Caso o resultado da subtração de material moído (PESO_MOÍDO) pelo somatório das perdas dos processos anteriores (PESO_INJEÇÃO + PESO_BORRA + PESO_PRÉ_ULTRAS. + PESO_PÓS_ULTRAS.) seja menor que zero, a programação no programa torna o valor positivo, significando que gerou um residual;
 - Caso o resultado anterior seja maior que zero, o valor de residual gerado será entendido como zero.
- %RESIDUAL_GERADO: Calculado como a razão entre residual gerado e moagem teórica: (RESIDUAL_GERADO)/(MOAGEM_TEÓRICA).

Além do resumo dos dados, na Tabela 4 tem-se os bancos de dados os quais foram utilizados para realização dos cálculos.

Após a construção das variáveis que foram utilizadas para análise, foi montado o gráfico da Figura 12, com resumo dos valores dos dados por mês. O gráfico já permite que seja realizada uma análise preliminar sobre qual etapa é principal ofensor na geração de material moído. Entretanto, como a informação deve chegar clara e de fácil entendimento ao nível gerencial, esses dados passam a ser mais explorados, conforme Figura 13.

Na Figura 13 pode-se observar que foram calculados os valores percentuais de peso em cada etapa. Estes valores foram calculados conforme a Equação 4.1.

$$\%PESO = \frac{PESO}{PESO_INJETADO} \quad (4.1)$$

Tabela 4 – Descrição dos dados

DADO	DESCRIÇÃO	BANCO(S) DE DADOS
PESO_INJEÇÃO	Peso de peças com falhas detectadas no processo de injeção	FALHA DE INJEÇÃO
PESO_BORRA	Peso de galhos e borras detectados no processo de injeção	BORRA; FALHA DE INJEÇÃO
PESO_PRÉ_ULTRAS.	Peso de peças com falhas detectadas no processo de montagem	PERDA; QUEBRA
PESO_PÓS_ULTRAS.	Peso do produto final com falhas detectadas após o processo de soldagem	QUEBRA
PESO_MOÍDO	Peso de peças e produtos finais moídos	MOÍDO
MOAGEM_TEÓRICA	Peso do total de material plástico moído considerando o residual gerado	FALHA DE INJEÇÃO; BORRA; PERDA; MOÍDO; QUEBRA
RESIDUAL_CONSU.	Peso de produtos moídos que foram gerados em períodos anteriores	FALHA DE INJEÇÃO; BORRA; PERDA; MOÍDO; QUEBRA
%RESIDUAL_CONSUM.	Percentual de residual consumido em relação à moagem teórica	FALHA DE INJEÇÃO; BORRA; PERDA; MOÍDO; QUEBRA
RESIDUAL_GERADO	Peso não moído no período o qual as falhas/perdas aconteceram - pendências de moagem no mês	FALHA DE INJEÇÃO; BORRA; PERDA; MOÍDO; QUEBRA
%RESIDUAL_GERADO	Percentual de residual gerado em relação à moagem teórica	FALHA DE INJEÇÃO; BORRA; PERDA; MOÍDO; QUEBRA

Fonte: O próprio autor.

Onde a variável "PESO" assume valores de peso da borra, peso de falha de injeção, peso pré-ultrassom e peso pós-ultrassom.

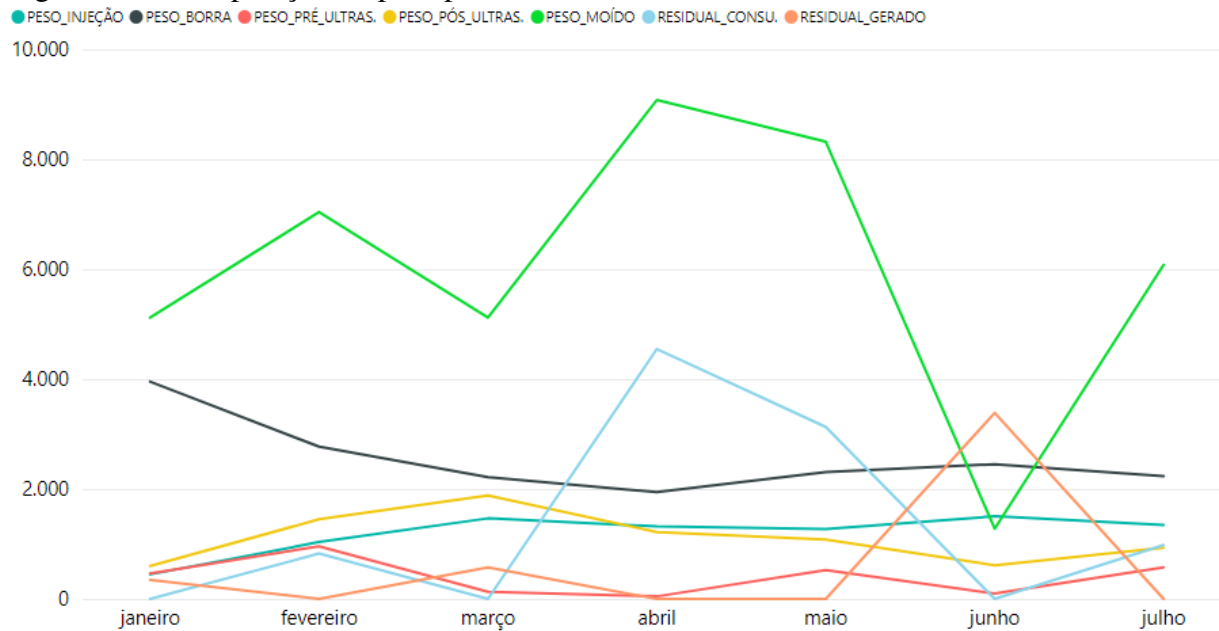
Todas as variáveis foram calculadas via software, por meio de funções *Data Analysis Expressions* (DAX) (ver Apêndice B), garantindo agilidade e confiança na informação recebida.

Após calculado as taxas de perdas, já pode-se chegar a conclusão de qual das entradas é o principal ofensor: o peso da borra. Em todo período analisado, o percentual de borra, em comparação aos outros percentuais de perda, foi maior.

A fim de que seja feita uma análise mais profunda, outros fatores que podem ser analisados com base nos bancos de dados dispostos, tais como: percentual de residual consumido e gerado, média mensal de perdas e análise detalhada para tomada de decisão.

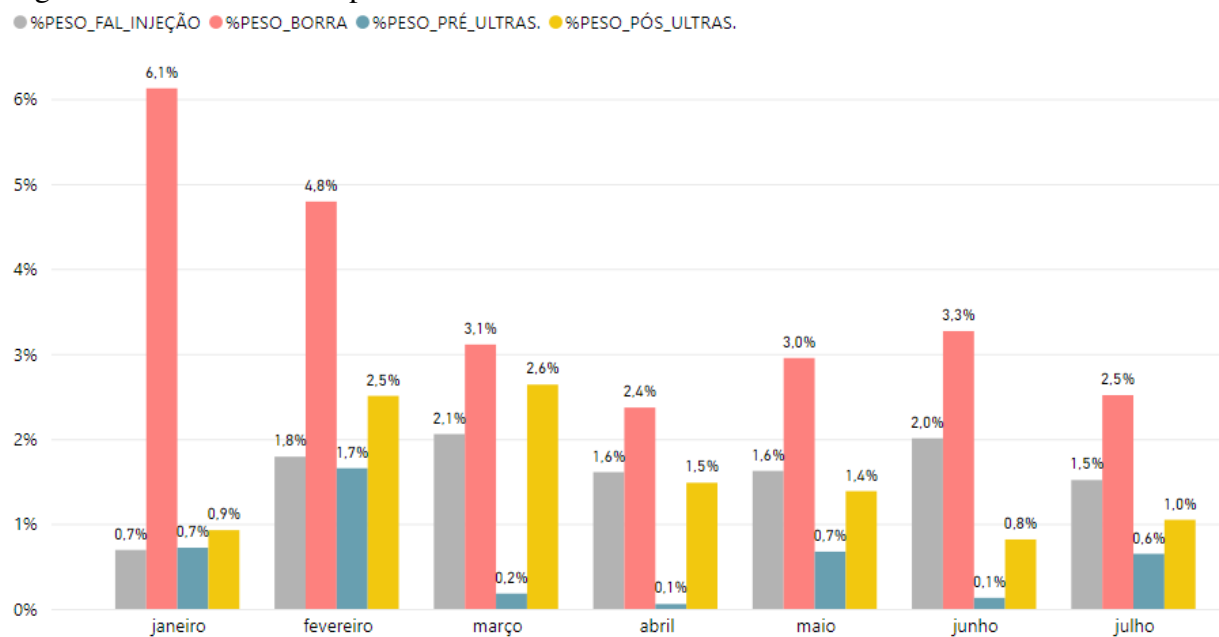
- Percentual de residual consumido e gerado: com base nos resultados expostos, observou-se que o residual gerado e consumido também é uma fator que pode ser explorado. Na Figura 14 tem-se o percentual dessas duas variáveis no decorrer dos meses.
- Média mensal de perdas: sendo conhecida a taxa de perda em cada mês, de maneira simples pode-se traçar uma linha média de análise (funcionalidade da ferramenta utilizada).

Figura 12 – Comparação do peso por mês.



Fonte: O próprio autor.

Figura 13 – Percentual de perdas mês a mês.



Fonte: O próprio autor.

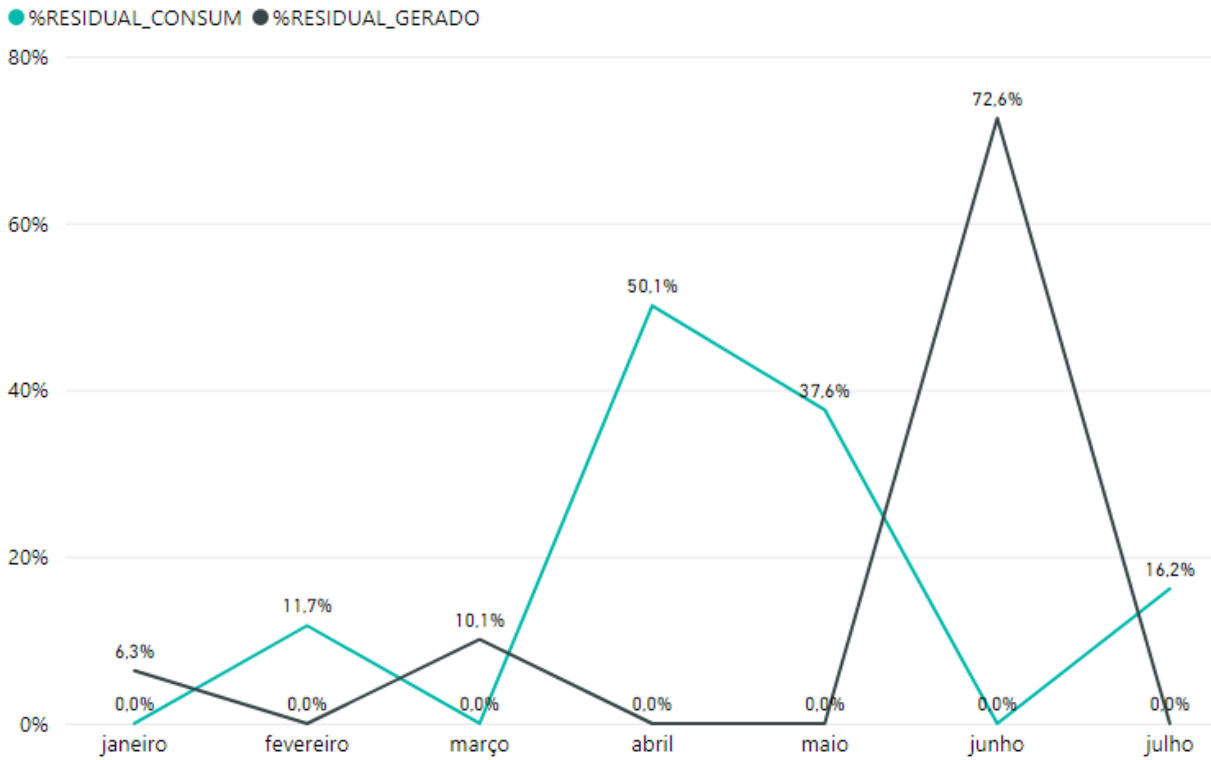
Conforme mostrado na Figura 15, foi calculado o valor da média anual.

Na Figura 16 foi traçado o percentual de aproveitamento de material em cada mês.

- Análise detalhada para tomada de decisão: depois dos questionamentos iniciais sanados, abre-se espaço para análises mais profundas, como estudo de máquinas injetoras, turno de injeção, perda por tipo de peça injetada, entre outros. Uma forma de análise de acompanhamento contínuo é a criação de um *dashboard*, conforme a Figura 17.

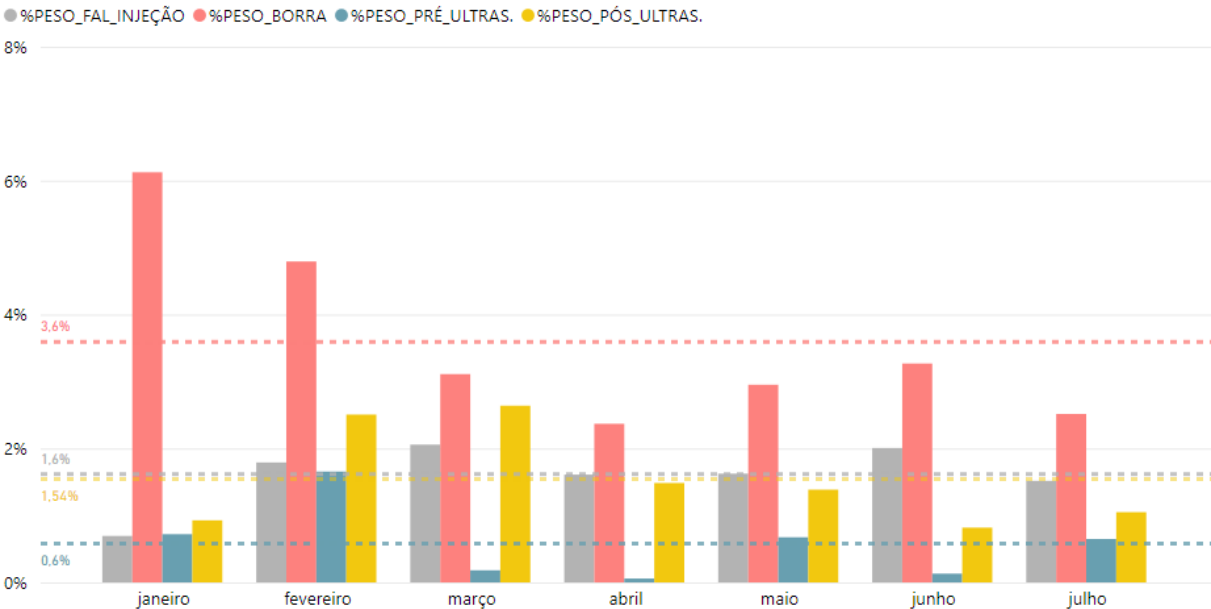
Como explicado nos capítulos anteriores, um banco de dados completo e bem

Figura 14 – Residual consumido e gerado.



Fonte: O próprio autor.

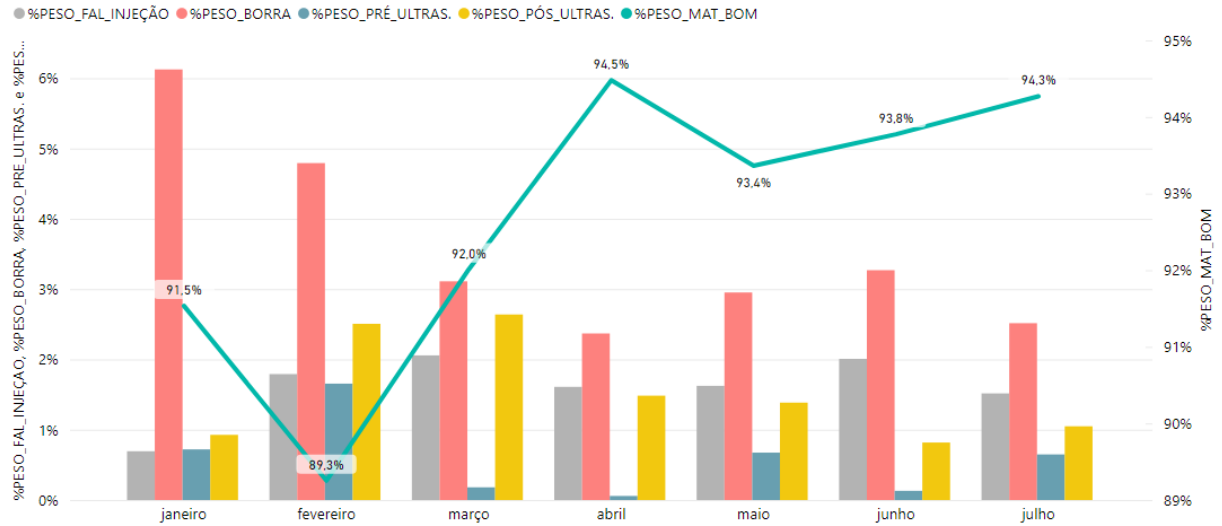
Figura 15 – Média anual.



Fonte: O próprio autor.

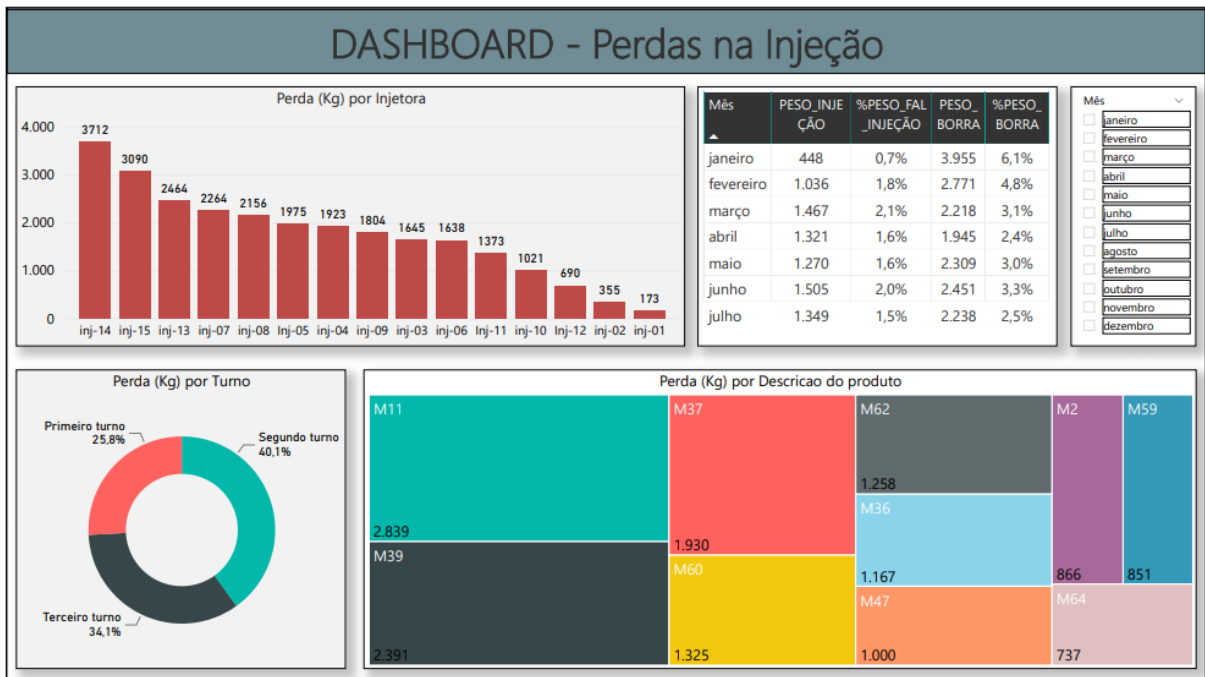
explorado resulta em análises mais rápidas e precisas. Com equações simples e rápidas, um conjunto de informações onde antes não se tinha como chegar à conclusões tornou-se um em informações claras e que permitem à tomada de decisões em nível gerencial.

Figura 16 – Percentual perdas e mat.bom.



Fonte: O próprio autor.

Figura 17 – Dashboard para análise gerencial com principal ofensor de perda.



Fonte: O próprio autor.

5 RESULTADOS

Inicialmente, a problemática central da Empresa.Modelo era ter uma grande quantidade de material moído no final do mês e, por não ser realizada à devida tratativa em seus bancos se dados, não se sabia qual o principal ofensor e, dessa forma, não tinha como realizar ação alguma para sanar esse problema.

Além de não saber qual fator mais afetava às perdas plásticas, a empresa ainda dispunha de grandes bancos de dados com informações brutas e desconexas.

Com os conhecimentos aqui expostos, os dados receberam a devida tratativa e foi possível chegar aos seguintes resultados:

- O fator que mais impacta na perda plástica são as borras e galhos, que são gerados durante o processo de injeção;
- Aprofundando a análise, foi possível analisar outros fatores que impactam as perdas:
 - Percentual de residual consumido e gerado: com base na Figura 14, pode-se chegar às seguintes conclusões:
 1. Os meses com percentual de residual gerado maior que zero requerem mais atenção. O essencial é que esse valor seja sempre zero, dessa forma, não ficarão residuais para os meses posteriores;
 2. Os meses com percentual residual consumido maior que zero indicam que estão sendo consumidos residuais gerados em meses anteriores, dessa forma, para melhor gestão de perdas plásticas, é importante que esses resíduos sejam logos moídos de forma que esse percentual irá tender à zero com o tempo.
 3. Os meses com percentual de residual gerado maior que zero requerem mais atenção. O essencial é que esse valor seja sempre zero, dessa forma, não ficarão residuais para os meses posteriores;
 4. Os meses com percentual residual consumido maior que zero indicam que estão sendo consumidos residuais gerados em meses anteriores, dessa forma, para melhor gestão de perdas plásticas, é importante que esses resíduos sejam logos moídos de forma que esse percentual irá tender à zero com o tempo.
- Média mensal de perdas: De posse dessa média, pode-se estender esse valor para meses anteriores (conforme explicado anteriormente, um *data warehouse* acumula dados históricos) e criar um indicador para cada tipo de perda. Além de realizar acompanhamento do percentual de perda de cada etapa, sugere-se também que seja

criado indicador de percentual de perda do processo de injeção. Ou seja, estabelecer o percentual tolerável de perda de material. Dessa forma, sugere-se criar um indicador de injeção plástica visando diminuição de perdas e consequente aumento de produtividade.

- Análise detalhada para tomada de decisão: Na Figura 17 pode-se observar que foi criado um *dashboard* que permitem maior dinamismo na análise, na qual há opção de escolha de período para análise de comportamento das informações. Além disso, com essa proposta de *dashboard*, as possibilidades de análise são amplas, podendo ser mudada de acordo com a necessidade do tomador de decisões.

No que tange à falhas de injeção plásticas, pode-se realizar uma análise retroativa mês a mês com base no *dashboard* apresentado anteriormente.

Conforme os *dashboards* mensais apresentados no Apêndice C pode-se chegar às seguintes conclusões:

1. Em todos os meses entre janeiro e junho, o produto M11 esteve entre o TOP 10 de perda. Dessa forma, caberia um aprofundamento para calcular o percentual entre perda de material e produção do mesmo;
2. De forma similar, a injetora 14 apareceu com maiores índices de perda. Da mesma forma, cabe aprofundamento sobre qual material é injetado na máquina e qual a razão entre falha e produção.

5.1 Sugestões de Melhoria

Ao longo da execução de tratamento e análise dos dados foram observadas algumas oportunidades de melhoria em relação aos dados da empresa. São elas:

- Apontamento de falha: em conversa com responsáveis por apontamentos dos dados foi informado que poderia haver *delay* de aproximadamente 2 dias no apontamento de falha. Como o dado está sendo tratado mensalmente, o impacto não foi grande nos cálculos, mas em um acompanhamento diário ou semanal, os *dashboards* e informações repassados estariam incorretos;
- Extração de dados do sistema: em conjunto com o time de Tecnologia da Informação (TI), sugere-se que seja feita uma integração com o *Power BI* de forma que as etapas de extração de dados do sistema via planilha e compilação no *Power BI* sejam mitigadas, aumentando a agilidade das informações.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho teve, como principal objetivo, realizar estudo de caso de determinado problema ocorrido em ambiente industrial e, a partir disso, mostrar a importância da ferramenta utilizada para análise de causa e tomada de decisão.

Após explanado a construção dos sistemas de informação e das ferramentas de *Business Intelligence*, foi utilizado a ferramenta *Power BI* para análise de perda em produção industrial. Após análise e tratativa dos dados, a ferramenta mostrou-se essencial para realizar análises que antes demandariam bastante tempo e atenção e seriam mais suscetíveis à erros, como o Excel.

Além de descoberto o principal ofensor para o problema apresentado, foi construído uma estrutura - *dashboard*, que permite ampliar visões de análise. Dessa forma, independente de qual seja o ambiente industrial, a ferramenta e a solução são aplicáveis para análise e futura tomada de decisões.

Aplicados planos de ações necessários de acordo com a necessidade da empresa, o modelo apresentado poderá ser utilizado para acompanhamento de falhas e verificação de tendência das mesma. Com melhorias, o modelo poderá ser utilizado para realizar previsões de falhas.

6.1 Trabalho Futuros

A partir do que foi mostrado e concluído, sugere-se os seguintes tópicos para trabalhos futuros:

- Utilização de programas como *Python*, que é uma linguagem de programação que permite trabalhar rapidamente e integrar sistemas de forma mais eficaz (PYTHON, 2021), sem que seja necessário exportar os dados de um sistema. Esta proposta visa redução de tempo na compilação de dados;
- Utilização da ferramenta *Power BI* também na versão *mobile* buscando agilidade no compartilhamento da informação.
- Realização de análises preditivas - *data mining* e, futuramente, Inteligência Artificial como modo de análise para futuros falhas.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, G. R. **SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO SOB O ENFOQUE DE PROFISSIONAIS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E DECISORES**. 2003. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Recife, 2003.
- BI, M. P. **Microsoft Power BI**. 2021. Utilização de Funções DAX. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/transform-model/desktop-quickstart-learn-dax-basics>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- CECI, F. **Business Intelligence: Livro Digital**. [S. l.]: Palhoça UnisulVirtual, 2012. v. 2012.
- ESCODEIRO, J. R. **DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES DA MANUFATURA ENXUTA UTILIZANDO FERRAMENTAS DE BUSINESS INTELLIGENCE: UMA APLICAÇÃO NA MANUFATURA DE CALÇADOS**. 2009. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, São Carlos, 2009.
- FORTULAN, M. R. **O uso de Business Intelligence para gerar indicadores de desempenho no chão-de-fábrica: um a proposta de aplicação em uma empresa de manufatura**. 2006. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos , Universidade de São Paulo , Departamento de Engenharia Mecânica, São Carlos, 2006.
- INMON, W. H. **Building the Data Warehouse**. [S. l.]: Wiley Computer Publishing, 2002. v. 2002.
- MICROSOFT. **Microsoft Power BI**. 2021. Apresentação da Ferramenta Power BI para Desktop. Disponível em: <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/desktop/>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- O'BRIEN, J. A.; MARAKAS, G. M. **Administração de Sistemas de Informação: uma introdução**. [S. l.]: Mcgraw Hill Artmed, 2007. v. 2007.
- ORACLE. **Database Documentation**. 2021. What Is a Data Warehouse? Disponível em: <https://docs.oracle.com/en/database/>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- PYTHON. **Welcome to Python**. 2021. Welcome to Python. Disponível em: <https://www.python.org/>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- SISTEMA; INFORMAÇÃO. **Dicionário Online**. 2021. Significados de Sistema e Informação. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- TURBAN, E.; SHARDA, R.; ARONSON, J. E.; KING, D. **BUSINESS INTELLIGENCE: UM ENFOQUE GERENCIAL PARA A INTELIGÊNCIA DO NEGÓCIO**. [S. l.]: BOOKMAN® COMPANHIA EDITORA, 2009. v. 2009.

APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DE FERRAMENTA ESCOLHIDA

Atualmente a Empresa.Modelo consta com diversos bancos de dados que são diariamente gerados em suas atividades de produção, movimento de estoque, transações financeiras e fiscais, entre outros.

Visando atingir o maior número de usuários em diferentes níveis de conhecimento, para realizar a análise básica dos dados, a empresa escolheu utilizar a ferramenta *Microsoft Power BI*.

Foram listados alguns benefícios que influenciaram na escolha na ferramenta. As informações foram retiradas do site (MICROSOFT, 2021):

- O *Power BI Desktop* é gratuito e o *Power BI Pro* está disponível a uma pequena mensalidade por usuário, dessa forma, pode-se utilizar as funcionalidades de análise e BI com um bom custo-benefício a todos, gerando uma cultura de dados na organização;
- Os dados podem ser acessados de diversas fontes diferentes, tais como: *Dynamics 365*, *Salesforce*, Banco de Dados SQL do Azure, Excel e *SharePoint*;
- A ferramenta permite o desenvolvimento de *insights* profundos e práticos para uma grande variedade de cenários;
- O *Power BI* tem funcionalidades internas de IA, integração com o Excel e conectores de dados personalizados e pré-criados.

Como citado no capítulo 4, a Empresa.Modelo dispõe de seus bancos de dados em arquivos xlms - Excel. Devido a quantidade de dados que diariamente são gerados e também aos dados históricos, a ferramenta Excel não estava dando o suporte necessário à análise dos problemas e tomadas de decisões em tempo hábil. Com o *Power BI*, foi possível interligar as informações e agilizar as análises e ações para soluções dos problemas.

Além da agilidade, a ferramenta possibilita explorar diversas visões diferentes de determinado problema. No Apêndice C é possível verificar os diferentes resultados mensais que são rapidamente calculados de acordo com a escolha do usuário.

Dessa forma, visando conquistar as melhorias propostas pela ferramenta, atrelado ao aumento de produtividade, diminuição de perdas de matéria-prima, aumento da qualidade de análises, organização empresarial e entre outros, a ferramenta foi escolhida para ser empregada em alguns ramos da empresa.

APÊNDICE B – LINGUAGEM DAX

De acordo com (BI, 2021), DAX - *Data Analysis Expressions* (Expressões de Análise de Dados) é uma coleção de funções que podem ser utilizadas em fórmulas ou expressões para calcular e retornar valores de acordo com a necessidade do usuário. Ou seja, ajudam a criar novas informações a partir dos dados já utilizados.

A partir das diferentes funções que a ferramenta disponibiliza, os cálculos utilizados na análise do problema exposto foram realizados conforme Figuras 18 a 26.

Figura 18 – Residual Gerado

```
1 RESIDUAL_GERADO = IF(SUM('MOÍDO'[Total]) - SUM('FALHA DE INJEÇÃO'[PESO_TOTAL (kg)]) - SUM('PERDA'[PESO_TOTAL (kg)]) - 'BORRA'[PESO_BORRA] < 0, -(SUM('MOÍDO'[Total]) - SUM('FALHA DE INJEÇÃO'[PESO_TOTAL (kg)]) - SUM('PERDA'[PESO_TOTAL (kg)]) - 'BORRA'[PESO_BORRA]), 0)
```

Fonte: O próprio autor.

Figura 19 – Percentual de residual gerado

```
1 %RESIDUAL_GERADO = 'PERDA'[RESIDUAL_GERADO]/'PERDA'[MOAGEM_TEÓRICA]
```

Fonte: O próprio autor.

Figura 20 – Residual Consumido

```
1 RESIDUAL_CONSU. = IF(SUM('MOÍDO'[Total]) - SUM('FALHA DE INJEÇÃO'[PESO_TOTAL (kg)]) - SUM('PERDA'[PESO_TOTAL (kg)]) - 'BORRA'[PESO_BORRA] > 0, SUM('MOÍDO'[Total]) - SUM('FALHA DE INJEÇÃO'[PESO_TOTAL (kg)]) - SUM('PERDA'[PESO_TOTAL (kg)]) - 'BORRA'[PESO_BORRA], 0)
```

Fonte: O próprio autor.

Figura 21 – Percentual de residual consumido

```
1 %RESIDUAL_CONSUM = 'PERDA'[RESIDUAL_CONSU.]/'PERDA'[MOAGEM_TEÓRICA]
```

Fonte: O próprio autor.

Figura 22 – Percentual de peso borra

```
1 %PESO_BORRA = 'BORRA'[PESO_BORRA]/SUM(BORRA[Quantidade (Kg)])
```

Fonte: O próprio autor.

Figura 23 – Percentual de peso de material bom

```
1 %PESO_MAT_BOM = 'BORRA'[PESO_MAT_BOM]/SUM(BORRA[Quantidade (Kg)])
```

Fonte: O próprio autor.

Figura 24 – Percentual de peso de falha de injeção

```
1 %PESO_FAL_INJEÇÃO = SUM('FALHA DE INJEÇÃO'[PESO_TOTAL (kg)])/SUM(BORRA[Quantidade (Kg)])
```

Fonte: O próprio autor.

Figura 25 – Percentual de peso pré-ultrassom.

```
1 %PESO_PRÉ_ULTRAS. = 'PERDA'[PESO_PRE_ULTRAS.]/SUM(BORRA[Quantidade (Kg)])
```

Fonte: O próprio autor.

Figura 26 – Percentual de peso pós-ultrassom.

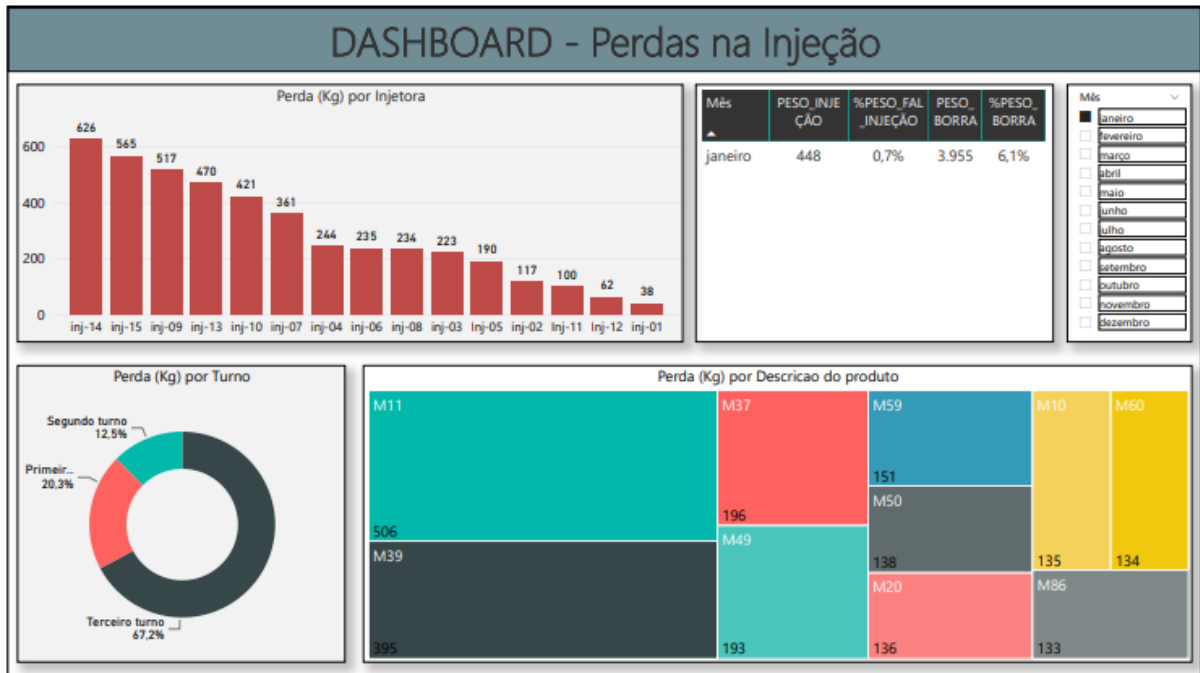
```
1 %PESO_PÓS_ULTRAS. = SUM(QUEBRA[PESO])/SUM(BORRA[Quantidade (Kg)])
```

Fonte: O próprio autor.

APÊNDICE C – DASHBOARDS COM ANÁLISES MENSAIS

Para que seja realizada uma comparação mensal e mais minuciosa dos problemas referentes à falha de injeção, sugere-se que seja analisado os *dashboards* mês a mês, conforme Figuras 27 a 33.

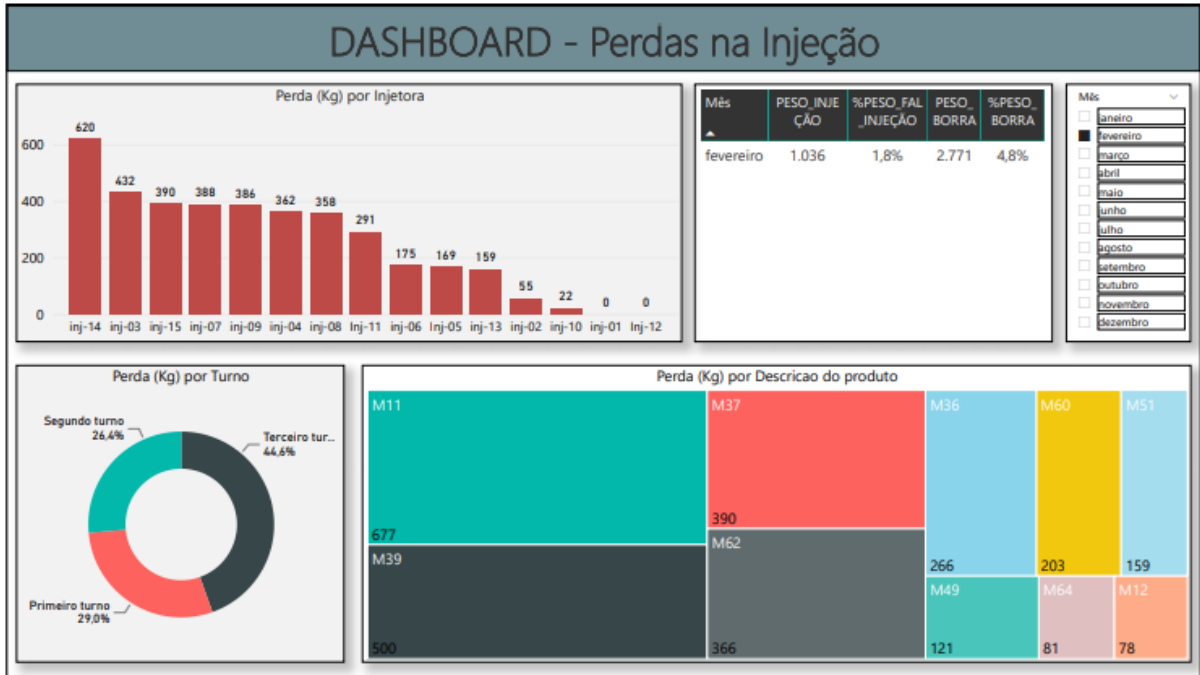
Figura 27 – Dashboard janeiro.



Fonte: O próprio autor.

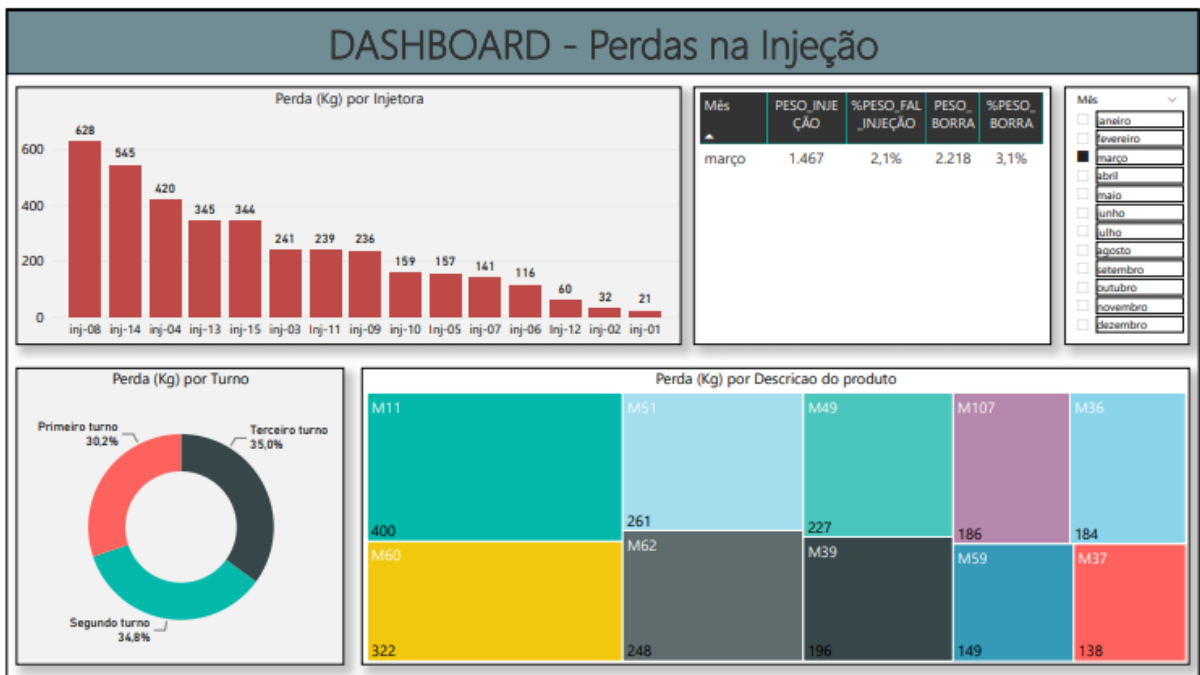
Conforme mostrado nas Figuras 27 a 33 é possível analisar os fatores contidos no *dashboard* mês a mês, como explicado no Capítulo 5.

Figura 28 – Dashboard fevereiro.



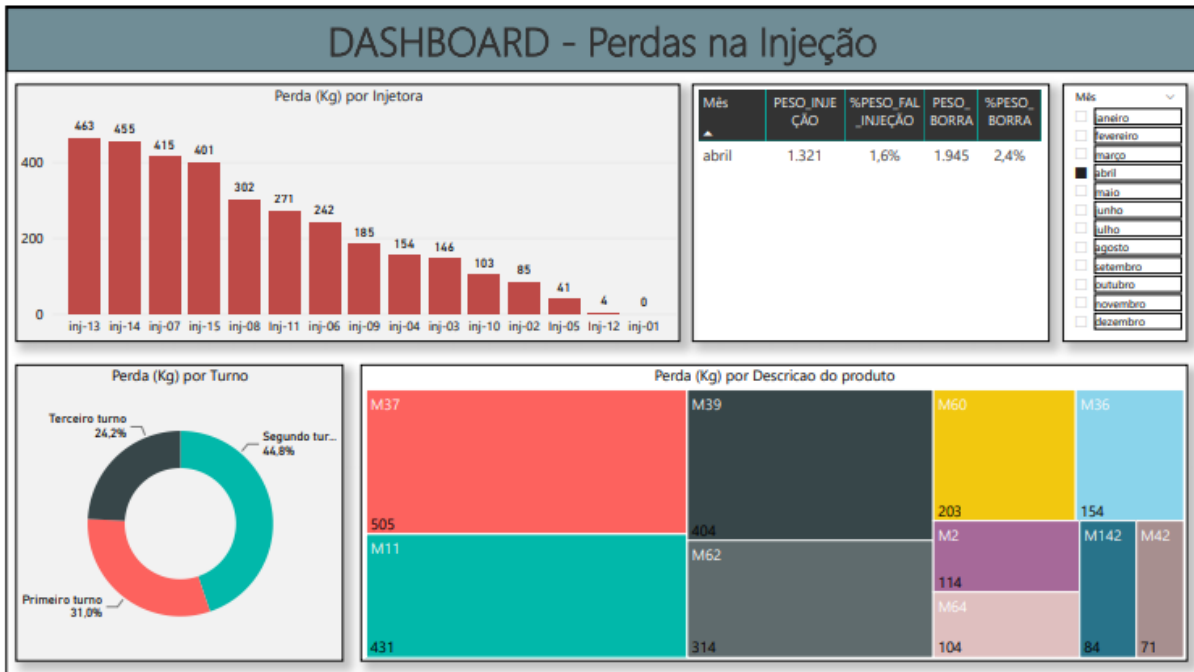
Fonte: O próprio autor.

Figura 29 – Dashboard março.



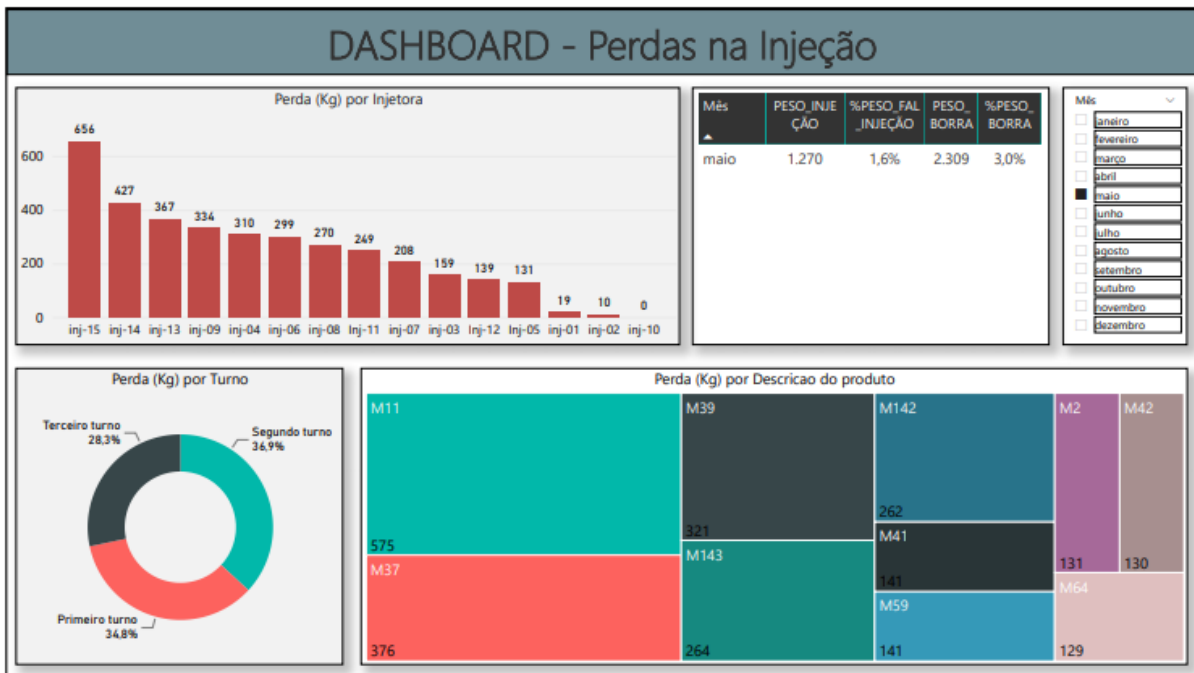
Fonte: O próprio autor.

Figura 30 – Dashboard abril.



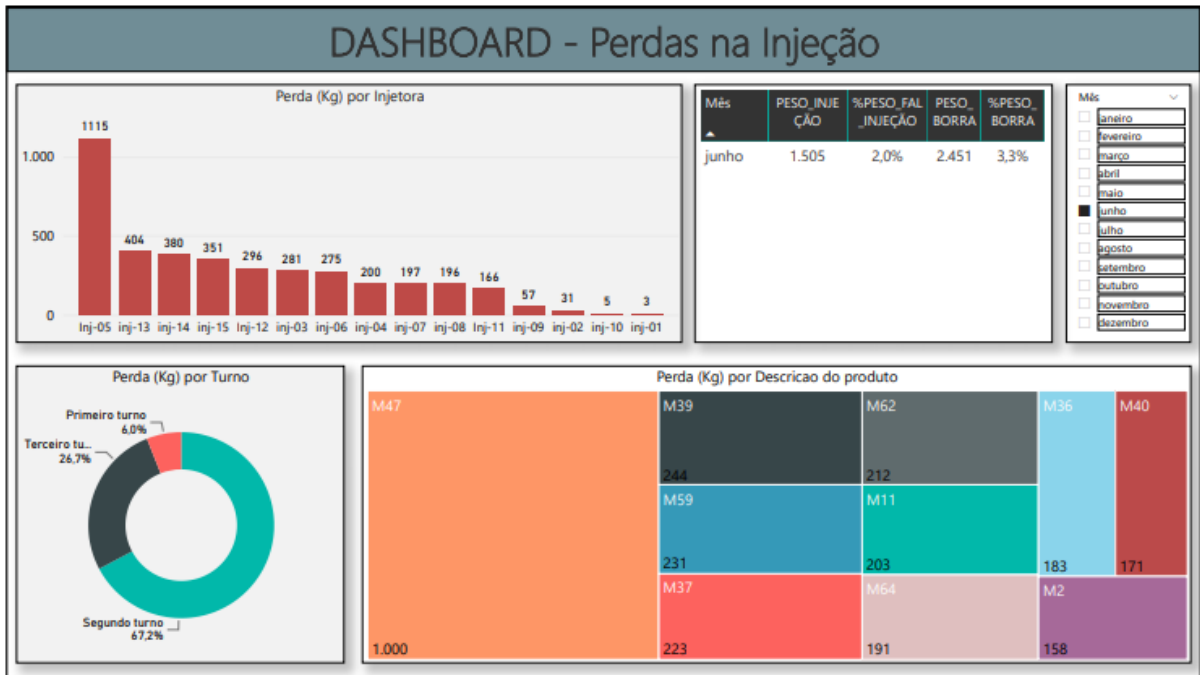
Fonte: O próprio autor.

Figura 31 – Dashboard maio.



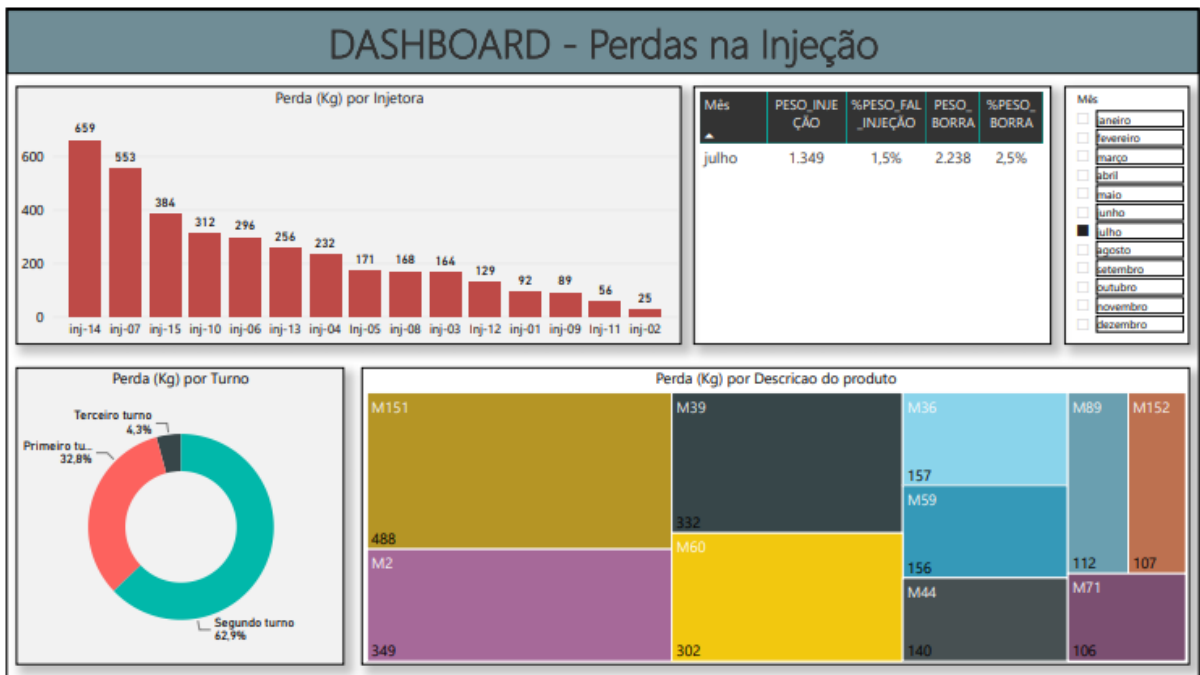
Fonte: O próprio autor.

Figura 32 – Dashboard junho.



Fonte: O próprio autor.

Figura 33 – Dashboard julho.



Fonte: O próprio autor.