



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Bruno Sanches

Desenvolvimento de um modelo de sistema BI para o acompanhamento do desempenho do setor industrial e monitoramento ergonômico do ambiente laboral em uma empresa do ramo de telecomunicação

Florianópolis
2022

Bruno Sanches

Desenvolvimento de um modelo de sistema BI para o acompanhamento do desempenho do setor industrial e monitoramento ergonômico do ambiente laboral em uma empresa do ramo de telecomunicação

Relatório final da disciplina DAS5511 (Projeto de Fim de Curso) como Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis.

Orientador: Prof. Carlos Montez, Dr.

Supervisor: Robson Truppel, Eng.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra

A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor.

Orientações em:

<http://portalbu.ufsc.br/ficha>

Bruno Sanches

Desenvolvimento de um modelo de sistema BI para o acompanhamento do desempenho do setor industrial e monitoramento ergonômico do ambiente laboral em uma empresa do ramo de telecomunicação

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina DAS5511 (Projeto de Fim de Curso) e aprovada em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

Florianópolis, 1 de agosto de 2022.

Prof. Hector Bessa Silveira, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Carlos Montez, Dr.
Orientador
UFSC/CTC/DAS

Robson Truppel, Eng.
Supervisor
Khomp

Prof. João Carlos Espindola Ferreira, Dr.
Avaliador
UFSC/CTC/EMC

Prof. Eduardo Camponogara, Dr.
Presidente da Banca
UFSC/CTC/DAS

Este trabalho é dedicado aos meus pais que sempre me apoiaram e aos meus colegas de curso que tornaram essa etapa muito mais marcante.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer minha família, em especial, meus pais e minha irmã, além da minha companheira, Maria Luiza Oldra, por sempre estarem presentes e dando suporte às minhas decisões.

Agradeço a empresa Khomp pela oportunidade e por todo o suporte disponibilizado nesse período de estágio. Estendo o agradecimento à toda equipe da Khomp, a qual me acolheu com muito respeito e carinho. Cito em especial Robson Truppel (gestor da área industrial e meu supervisor) e Júlia de Souza Jorge (ex-colega de setor). Profissionais de alta qualidade que acrescentaram muito na minha formação profissional.

Um agradecimento especial à Universidade Federal de Santa Catarina por proporcionar um ambiente de ensino e aprendizagem muito eficaz. Estendo esse agradecimento para todo o corpo docente do curso de Engenharia de Controle e Automação e para professores de outros departamentos que fizeram parte da minha trajetória acadêmica.

*"Se pude enxergar mais longe,
foi porque me apoiei em ombros
de gigantes"
(NEWTON Isaac, 1675)*

RESUMO

A Khomp é uma empresa que atua no ramo de telecomunicações há 26 anos e acumula experiência de mercado. Com o avanço notório da quarta revolução industrial, já é perceptível as oportunidades de aplicação das tecnologias do meio da Indústria 4.0. A utilização de sensores, redes de comunicação e da internet associadas a processos de integração de sistemas geram quantidades significativas de dados que podem e devem ser analisados com o intuito de obter informações relevantes para tomadas de decisões estratégicas. O objetivo principal do projeto é o desenvolvimento de um modelo de sistema *BI* para o acompanhamento do desempenho do setor industrial e monitoramento ergonômico do ambiente laboral da empresa (restrito ao setor industrial). Por meio do desenvolvimento de códigos de automação de processos e tratamento de dados, aliados a interfaces gráficas auxiliares, foi automatizado o processo de extração e transformação de dados referentes ao estudo da produtividade do setor. Acerca dos dados ergonômicos, oriundos de produtos da linha *IoT* instalados em uma bancada de testes, foi realizada apenas a automação do tratamento dos dados por meio do desenvolvimento de códigos específicos. Com isso, foi possível gerar bases de dados otimizadas. Utilizando o *software Power BI* e carregando as bases no *software*, foi possível realizar a modelagem dos relacionamentos dos dados. No desenvolvimento do trabalho, foi necessário o estudo da linguagem *DAX* para a manipulação de dados nas bases inseridas no *software* e o desenvolvimento de *dashboards*, que se tratam de painéis interativos que expõem dados relevantes para os usuários finais. Os principais resultados obtidos foram uma melhor forma de visualizar indicadores de desempenho (individual e global), agilidade na manutenção e atualização do sistema em comparação com o sistema atual, ganhos operacionais e escalabilidade para os demais processos.

Palavras-chave: *Dashboard*. Ergonomia. Dados. Automação. Processo. Indicador de desempenho.

ABSTRACT

Khomp is a company that has been operating in the telecommunications industry for 26 years and has accumulated market experience. With the notable advance of the fourth industrial revolution, the opportunities for applying technologies in the middle of Industry 4.0 are already perceptible. The use of sensors, communication networks and the internet associated with systems integration processes generate significant amounts of data that can and should be analyzed in order to obtain relevant information for strategic decision making. The main objective of the project is the development of a BI system model for monitoring the performance of the industrial sector and ergonomic monitoring of the company's working environment (restricted to the industrial sector). Through the development of process automation codes and data treatment, combined with auxiliary graphical interfaces, the process of extracting and transforming data referring to the study of the productivity of the sector was automated. Regarding the ergonomic data, from products of the IoT line installed on a test bench, only the automation of data processing was performed through the development of specific codes. With this, it was possible to generate optimized databases. Using the Power BI software and loading the bases into the software, it was possible to model the data relationships. In the development of the work, it was necessary to study the DAX language for the manipulation of data in the bases inserted in the software and the development of dashboards, which are interactive panels that expose relevant data to end users. The major results obtained were a better way to visualize performance indicators (individual and global), agility in maintaining and updating the system compared to the current system, operational gains and scalability for the other processes.

Keywords: Dashboard. Ergonomics. Data. Automation. Process. Performance indicator.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Painel inicial do <i>Microsoft Power BI Desktop</i>	21
Figura 2 – Painel de Dados	21
Figura 3 – Painel de Modelo	22
Figura 4 – Tela de registros de movimentação diário (apontamento)	27
Figura 5 – Planilha com informações do formulário de tempo indisponível	27
Figura 6 – Diagrama de Classes representando o sistema atual	29
Figura 7 – Diagrama de Classes representando o sistema proposto	29
Figura 8 – Elementos do Diagrama de Casos de Uso	30
Figura 9 – Diagrama de Casos de Uso	31
Figura 10 – Diagrama de entidades, relacionamentos e atributos	35
Figura 11 – Modelo genérico de modelo relacional	36
Figura 12 – Ecossistema BI	38
Figura 13 – Arquitetura genérica de sistema BI	39
Figura 14 – Visão geral de arquitetura de sistema BI	40
Figura 15 – Visão sistêmica de um processo	40
Figura 16 – Hierarquia de Processos	41
Figura 17 – Sensor de presença instalado na cadeira	46
Figura 18 – Interface auxiliar - Ergonomia	48
Figura 19 – Interface auxiliar - Produtividade	49
Figura 20 – Recorte do código de desenvolvimento de interface gráfica	50
Figura 21 – Recorte do código de automação de processos desenvolvido	54
Figura 22 – Recorte do código de tratamento de dados desenvolvido	55
Figura 23 – Botões para direcionar aos <i>dashboards</i> de acompanhamento do setor industrial	57
Figura 24 – Botões para direcionar aos <i>dashboards</i> de acompanhamento ergonômico e energético da bancada	57
Figura 25 – Elementos referentes aos indicadores	58
Figura 26 – Painel de acompanhamento de desempenho	59
Figura 27 – Painel de acompanhamento de desempenho	59
Figura 28 – Painel de acompanhamento ergonômico (temperatura)	60
Figura 29 – Painel de acompanhamento energético	61
Figura 30 – Painel de acompanhamento de presença	61
Figura 31 – Painel de acompanhamento de indicadores	62
Figura 32 – <i>Endpoint LoRa</i>	77
Figura 33 – Extensão IoT EM THW 200	77
Figura 34 – EM THW 100 - Sonda com sensor de temperatura e umidade	77
Figura 35 – EM THW 100 acoplada no <i>Endpoint LoRa</i>	78

Figura 36 – Medidor de Energia com TC	79
Figura 37 – ITG 200 <i>Indoor</i>	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caso de Uso - Adiciona Informação	31
Tabela 2 – Caso de Uso - Atualiza Sistema	32
Tabela 3 – Caso de Uso - Consulta Sistema	32
Tabela 4 – Caso de Uso - Acessa <i>ERP</i>	33
Tabela 5 – Caso de Uso - Visualiza <i>Dashboards</i>	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Principal	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	15
2	EMPRESA	17
2.1	HISTÓRIA	17
2.2	MISSÃO, VISÃO E POLÍTICA DE QUALIDADE DA EMPRESA	18
2.3	SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	<i>SOFTWARE MICROSOFT POWER BI</i>	20
3.1.1	Estrutura de Navegação do <i>Microsoft Power BI Desktop</i>	20
3.1.2	Tratamento e Modelagem de Dados	22
3.2	LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO <i>PYTHON</i>	23
3.2.1	Bibliotecas	23
3.3	METODOLOGIA	24
3.3.1	Cenário e Processos	25
3.3.1.1	Cenário	25
3.3.1.2	Processos	26
3.3.2	UML - <i>Unified Modeling Language</i>	28
3.3.3	Diagrama de Classes	28
3.3.4	Diagrama de Casos de Uso	30
3.3.4.1	Casos de Uso expandidos	30
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	34
4.1	BANCO DE DADOS RELACIONAL	34
4.1.1	Entidades, Relacionamentos, Atributos e Cardinalidades	35
4.2	CIÊNCIA DE DADOS	36
4.3	<i>BUSINESS INTELLIGENCE</i>	37
4.3.1	Arquitetura de Sistema BI	38
4.4	PROCESSO	39
4.4.0.1	Classificação e Tipo de Processos	41
4.5	AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS	41
4.6	INDICADORES DE DESEMPENHO	42
4.6.1	<i>OEE - Overall Equipment Effectiveness</i>	43
5	DESENVOLVIMENTO	45
5.1	ETAPA 1 - MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO ERGONÔMICA	45
5.2	ETAPA 2 - DESENVOLVIMENTO DE CÓDIGOS	46

5.2.1	Código das interfaces gráficas de auxílio	47
5.2.2	Código de automação de processos	49
5.2.3	Código de tratamento de dados	54
5.3	ETAPA 3 - DESENVOLVIMENTO DOS <i>DASHBOARDS</i> DE ACOMPANHAMENTO	55
5.3.1	<i>Dashboards</i> de Acompanhamento	56
6	RESULTADOS	63
6.1	<i>DASHBOARDS</i>	63
6.2	CÓDIGOS DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS	64
6.3	OBJETIVOS ATINGIDOS	65
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
7.1	SITUAÇÕES ENFRENTADAS	66
7.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	67
7.3	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS	70
	APÊNDICE A – DESCRIÇÃO 1	75
A.0.1	Endpoint LoRa	75
A.0.2	Extensor IoT de umidade, luminosidade, ruído e temperatura	75
A.0.3	Extensor sonda com sensor de temperatura e umidade	76
A.0.4	Medidor de Energia LoRa com TC - ITE 11 LI	78
A.0.5	ITG 200 Indoor - Módulo IEEE 802.15.4	78

1 INTRODUÇÃO

Em pleno desenvolvimento da quarta revolução industrial, popularmente chamada de Indústria 4.0, já são notáveis os resultados de aplicações dos seus conceitos. A integração e controle de produção, uso de sensores, redes de comunicação e da internet geram uma quantidade elevada de dados constantemente. Dessa forma, análises criteriosas e assertivas devem ser realizadas a fim de gerar insumos para tomadas de decisões mais precisas.

Tendo em vista o elevado volume de dados gerados, análises e estudos aplicados sobre dados se tornam grandes aliados de gestores e coordenadores no trabalho de identificar falhas e pontos de melhorias. Uma forte alternativa presente no mercado que associa a ciência dos dados com a visualização dos resultados pode ser encontrada no *Business Intelligence* (BI, sigla em inglês). Por meio dessa tecnologia, é possível a obtenção de informações consideráveis para tomadas de decisão estratégicas envolvendo lucros e despesas da empresa. Assim, é importante entender que a análise de dados possibilita uma compreensão ampla e uma visão detalhada do desempenho e desenvolvimento de setores industriais (SOARES, 2017).

Turban e Volonino (2013) ressaltam que as empresas estão sobrecarregadas de informações que ainda assim não são o suficiente para que os gerentes possam interpretar os dados de maneira efetiva e gerarem relatórios no tempo hábil, as vezes chega até distorcer as informações finais. Uma das soluções para sanar os problemas citados, é a utilização de *softwares* específicos. Existem softwares que pertencem ao conjunto de *Business Intelligence*, referentes à coleção de sistemas de informação (SI) e de tecnologias que dão suporte à tomada de decisão gerencial ou operacional (DUARTE JÚNIOR; MESQUITA, 2019) e (TURBAN; VOLONINO, 2013).

Outro aspecto presente na Indústria 4.0 é a ampla utilização de robôs e mecanismos de automação. A automação de processos é um assunto de relevância diante as atividades laborais presente em setores industriais e gerenciais. Por meio da automação de processos é possível aumentar a produtividade, elevar a precisão e reduzir gastos de tempo e dinheiro. Sendo assim, a automação de processos tem alterado significativamente o meio produtivo.

Automatizar processos é racionalizar e otimizar as atividades que geram os resultados de uma organização. Seu principal objetivo é reduzir o trabalho e o tempo utilizado para a execução, diminuir custos e substituir tarefas manuais por aplicações de software (JARDIM FILHO, 2018).

Sendo assim, este projeto tem como propósito desenvolver um sistema BI para analisar o desempenho do setor industrial da empresa Khomp e monitorar a ergonomia do ambiente laboral. São utilizados conceitos da Indústria 4.0 e automação de processos na obtenção e no tratamento dos dados. A demanda do projeto teve sua

origem na necessidade de aprimorar a forma de avaliação do desempenho da empresa visto o crescimento da mesma, além de monitorar o as características ergonômicas do ambiente laboral. Dessa forma, a obtenção das bases de dados são realizadas de forma automatizada que, por sua vez, representam os insumos para o sistema BI de análise de desempenho.

1.1 OBJETIVOS

Esta seção tem como intuito apresentar o objetivo principal e objetivos específicos. Está segmentada em duas subseções para melhor entendimento do leitor.

1.1.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste projeto é desenvolver um modelo de sistema *BI* para analisar o desempenho do setor industrial da empresa e monitorar a ergonomia do ambiente laboral.

1.1.2 Objetivos Específicos

São listados seis objetivos específicos para este projeto. Esses objetivos são resultados que buscam complementar a realização do objetivo principal e são listados abaixo:

- Definir as bases de dados e variáveis de estudo;
- Criar *dashboards* com informações gerais sobre a produtividade;
- Criar *dashboards* específicos para as variáveis ergonômicas em estudo;
- Desenvolver um código de automação de processos;
- Desenvolver uma interface gráfica para a automação do tratamento de dados;
- Empregar o *software Microsoft PowerBI* na solução.

1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Esta seção tem como objetivo expor a macro estrutura do documento. O documento presente está segmentado em 7 capítulos que descrevem de forma aprofundada detalhes da concepção do projeto, passando pela seu desenvolvimento e finalizando com os resultados.

No Capítulo 2 é feita uma breve descrição da empresa Khomp. São abordados pontos históricos, produtos e posicionamentos da empresa. Além disso, também são

descritos a missão, visão, política de qualidade da empresa e sistema de gestão de qualidade.

No Capítulo 3 são descritos os materiais e métodos. No tópico "Materiais" são expostas as ferramentas utilizadas no desenvolvimento do projeto. São citadas *softwares*, linguagem de programação e sistemas de *Business Intelligence*. Por sua vez, o tópico de "Métodos" expõe a metodologia utilizada para desenvolvimento do projeto. São abordadas questões acerca das tomadas de decisões e escolhas dos materiais.

No Capítulo 4 é realizada a apresentação da fundamentação teórica. São expostos conceitos e informações relevantes para o entendimento do projeto, em sua plenitude, por parte do leitor. Também são assuntos que embasam a solução proposta e dão suporte à metodologia utilizada.

No Capítulo 5 é descrito de forma detalhada o desenvolvimento do projeto. São abordadas as tomadas de decisão e os passos do desenvolvimento de forma sequencial. Também são apresentadas representações gráficas e tabelas acerca do desenvolvimento.

No Capítulo 6 é exposta uma análise de resultados obtidos. São descritos os pontos positivos e negativos, além dos impactos no processo relativo ao desenvolvimento do projeto.

No último capítulo são feitas as considerações finais. São mencionados pontos de melhorias, limitações do projeto e sugestões de aprimoramentos futuros. Por fim, a conclusão, um breve relato acerca dos objetivos e resultados obtidos.

2 EMPRESA

2.1 HISTÓRIA

A empresa Khomp teve sua fundação no ano de 1996 com foco principal para a área de centrais de comutação telefônica, tanto pública como privada. Com o intuito de proporcionar maior longevidade aos equipamentos existentes por meio de incorporações de novas facilidades, tornando-os mais competitivos e tecnologicamente atualizados. Com uma equipe técnica treinada e especializada em processamento digital de sinais, a Khomp passou a atuar no mercado desenvolvendo projetos personalizados em hardware e software, que resultaram em produtos de alto desempenho.

No ano de 2001, a Khomp iniciou o desenvolvimento de produtos voltados ao mercado CTI (*Computer Telephony Integration*). Já no ano de 2007, a Khomp entrou em uma nova área do mercado, a de aplicações que passaram a usar software livre, como o *Asterisk* e o *FreeSWITCH*, o mercado *Soft PBX*. Em 2008, a Khomp lançou as placas SPX para aplicações *open source*.

Em 2009 a Khomp passa a integrar media *gateways* com a mais alta densidade do mercado em seu portfólio, os chamados Kmedias e, posteriormente em 2012, amplia essa família de produtos com os KMG, media *gateways* de baixa densidade. O ano de 2009 também trouxe o primeiro Escritório Regional da Khomp na cidade de Buenos Aires, Argentina, marcando o início de sua trajetória no exterior.

Em em 2011 a Khomp lançou uma nova linha de produtos chamada *External Board Series (EBS)*. Os EBS são módulos compactos para todas as interfaces de telefonia trabalhando fora do servidor, o que permite fácil ampliação de cenários, criação de sistemas redundantes, entre outras facilidades, mantendo o padrão e a qualidade das placas Khomp. Os EBS da Khomp trouxeram um novo conceito de hardware para o mercado de telecomunicações.

Em paralelo ao lançamento de sua linha de *gateways*, a Khomp lança o EBS Server, um *appliance* que permite o integrador desenvolver um produto único com aplicativo, processamento e conexão de interfaces. Soma-se a isso, outras duas novidades em seu portfólio: uma família de intercomunicadores de acesso via rede IP e uma linha de telefones IP.

Ampliando sua atuação no mercado internacional, em 2013 a Khomp inaugura outro Escritório Regional, desta vez na Cidade do México. A linha *Appliance* ganha novos membros, como o EBS Server GSM para soluções celular e o *EBS Server Light*, uma versão compacta de seu predecessor. Em 2014, a Khomp ampliou seu portfólio de dispositivos IP com a linha *Endpoints SIP*, agregando valor às soluções de telefonia destes através da integração com sistemas de segurança e controle de acesso.

Em 2018, um novo propósito de negócio surge. Por meio do lançamento da Khomp *Academy*, um laboratório de treinamentos presenciais focado na capacitação

técnica de parceiros, a Khomp se vê diante de um novo cenário: sem mentes criativas, a tecnologia não funciona, e que tecnologia desconectada da sociedade é puramente estéril. Dessa forma, a Khomp assumiu esse novo propósito, denominado *Enabling Technology*, ou Viabilizar Tecnologia, em tradução livre.

Também em 2018, a Khomp inicia a liberação de sua linha de produtos IoT. Tais produtos foram pensados para o mercado nacional, sendo competitivos tecnologicamente e em preço, com desenvolvimento totalmente nacional. Nesse setor, são desenvolvidos os *Gateways* e *Endpoints IEEE 802.15.4* e *LoRa*, suportando diferentes cenários de aplicações com essas tecnologias.

2.2 MISSÃO, VISÃO E POLÍTICA DE QUALIDADE DA EMPRESA

A Khomp tem como missão obter relacionamentos capazes de orgulharem tanto parceiros como colaboradores, através de resultado duradouros e perenes, ações criativas e inovadoras em seus serviços e produtos com tecnologia de comunicação e informação.

A Visão da Empresa é: "Ser reconhecida como referência por seus resultados, inovação, ambiente único e projeção global".

Por fim, como Política de Qualidade, a Khomp se compromete com a "Busca da satisfação de seus clientes, colaboradores, fornecedores e acionistas mediante:

- flexibilidade e comprometimento na parceria com seus clientes e fornecedores;
- desenvolvimento de produtos de qualidade evoluindo continuamente seus processos;
- capacitação e motivação de sua equipe;
- transparência e rentabilidade.

2.3 SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE

A Khomp apresenta um Sistema de Gestão de Qualidade muito bem definido e de fácil acesso para todos os colaboradores de empresa. Essas informações podem ser encontradas em um site interno. Dessa forma, os Valores, a Missão, a Visão e a Política de Qualidade da empresa se fazem presente na mentalidade dos colaboradores e na cultura interna da empresa.

Em busca de comprovação de qualidade do trabalho, padronização de processos e benefícios fiscais, a Khomp possui a Certificação ISO 9001. A ISO 9001 é um sistema de gestão que objetiva a garantia de uma série requisitos em uma organização. Alguns requisitos são:

1. otimização de processos;
2. agilidade no desenvolvimento de produto;
3. agilidade na produção.

O objetivo dessa certificação é manter os processos otimizados. Com isso, os ganhos na agilidade no desenvolvimento e produção são notáveis. Também há um ganho no que tange a qualidade e nas entregas finais dos produtos. Dessa forma, a satisfação do cliente é alcançada com sucesso de forma mais assertiva.

Assim como todas as empresas, a Khomp é subdividida em uma série de setores e áreas distintas. Cada uma dessas áreas têm seus coordenadores e líderes, funções e processos específicos. Dessa forma, cada área atua de uma forma diferente, porém seguem as mesmas diretrizes organizacionais da empresa.

Cada setor da Khomp contribui para o sucesso do produto/serviço final. Os setores e contribuições são:

- a equipe de Documentação: Assegura a disponibilidade do produto e adequação da documentação referente ao mesmo;
- a equipe de Engenharia de Produto: Projeta os detalhes da produção dos lotes dos produtos;
- a equipe de Marketing: Criar material de divulgação e estratégias de marketing;
- a equipe Comercial: Prospectar os clientes em potencial, oriundos das estratégias de marketing e vender os produtos;
- a equipe de Suporte: Sanar dúvidas e questionamentos dos clientes referentes a algum produto.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo tem como objetivo descrever os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento do projeto. Na seção 3.1 há uma descrição sobre o *software Power BI* da *Microsoft*. São descritas características e funcionalidades do *software* que foram essenciais no desenvolvimento do projeto. Na seção 3.2 é apresentada a linguagem de programação *Python*. São descritas características e funcionalidades da linguagem que foram essenciais no desenvolvimento do projeto. Na seção 3.3 apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto. É descrita, em detalhes, a elaboração de uma solução e arquitetura de sistema de *Business Intelligence*.

3.1 SOFTWARE MICROSOFT POWER BI

Power BI é um *software* formado por um conjunto de serviços de softwares, conectores e aplicativos que trabalham de forma conjunta para realizar análises de negócios, permitindo que gestores tenham *insights* baseados em dados e tomando decisões assertivas de forma mais ágil. Esse *software* é disponibilizado de 3 formas pela sua desenvolvedora *Microsoft*, sendo elas:

- **Power BI Desktop:** Trata-se de um aplicativo, gratuito, destinado para computadores;
- **Serviço do Power BI:** Trata-se de um serviço *cloud*;
- **Power BI Premium:** Trata-se uma versão mais robusta do *Power BI*, destinadas para empresas grandes, que tenham um elevado fluxo de dados e relatórios.

Para este trabalho foi utilizado o *Power BI Desktop*, pois possui características suficientes para criar um modelo de sistema BI que realize o acompanhamento do desempenho de um setor da empresa e o monitoramento de variáveis ergonômicas específicas.

3.1.1 Estrutura de Navegação do *Microsoft Power BI Desktop*

Na página inicial do *Microsoft Power BI Desktop* há uma aba lateral com 3 ícones distintos. Cada um desses ícones direciona o usuário para painéis distintos, sendo eles Relatório, Dados e Modelo. Com base nesses 3 painéis é possível realizar a importação e modelagem de dados, criação de relacionamentos entre as bases de dados e o desenvolvimento dos relatórios (*Dashboards*). A seguir são descritos, com mais detalhes, os 3 painéis.

- **Relatório**



Figura 1 – Painel inicial do *Microsoft Power BI Desktop*
 Fonte: Autoral

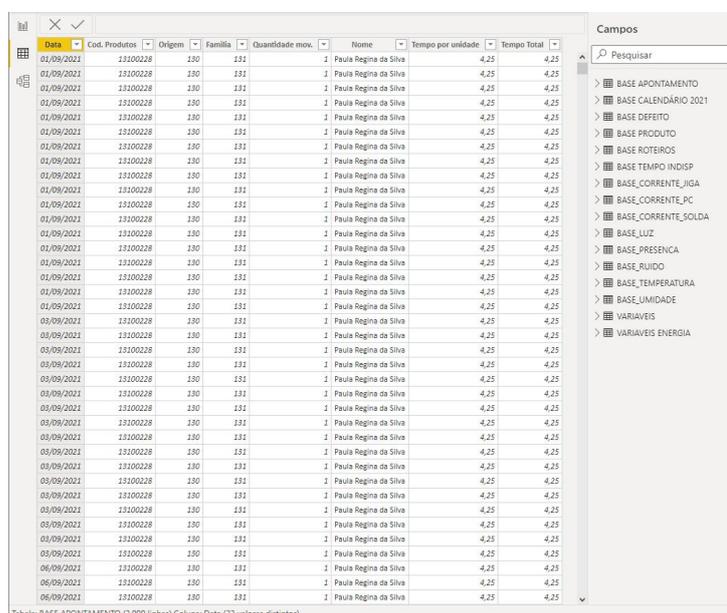


Figura 2 – Painel de Dados
 Fonte: Autoral

É o primeiro painel da sequência. Esse painel aparece já na página inicial (Figura 1) do *software* e é nele que são desenvolvidos os *dashboards*. É comum ter a presença de gráficos, imagens e itens iterativos para facilitar a visualização das informações pelo usuário. Na parte inferior da tela é possível visualizar uma aba contendo todos os *dashboards* criados.

- **Dados**

É o segundo painel da sequência. Nesse painel é possível visualizar todas as bases de dados vinculadas com o *software*, no formato de tabelas (Figura 2). Vale ressaltar a polivalência de compatibilidade do *Microsoft Power BI* com bancos de dados (*ORACLE, Postgre SQL, Microsoft SQL Server, My SQL*, entre outros), o que proporciona uma vasta integração com outros *software* e ferramentas.

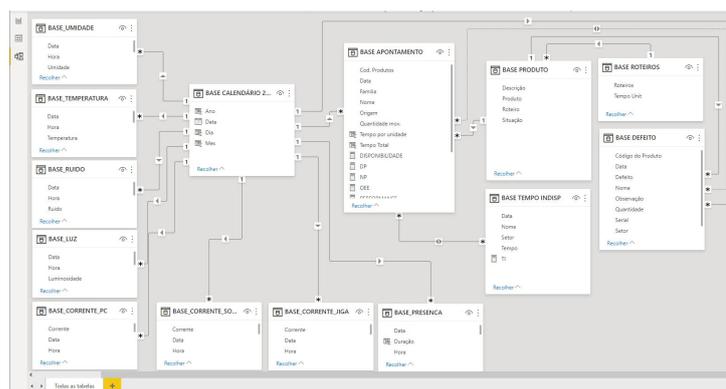


Figura 3 – Painel de Modelo
Fonte: Autoral

• Modelo

É o terceiro painel da sequência. Nesse painel é possível realizar os relacionamentos entre as bases de dados (Figura 3). Esses relacionamentos são os vínculos que são criados entre as tabelas para que as informações sejam cruzadas e com base nisso possam ser analisadas.

3.1.2 Tratamento e Modelagem de Dados

O tratamento e modelagem dos dados são realizados utilizando uma interface externa ao *Power BI*, um editor chamado *Power Query* ou por meio de cálculos, utilizando as funções *DAX*. Utilizando a ferramenta *Power Query Editor* é possível realizar uma série de aprimoramentos e manipulações nas tabelas de dados. Existe a possibilidade de mesclar ou separar informações, eliminar dados desnecessários, filtrar os dados de estudo e realizar a configuração das colunas (cabecalho e tipo de dado, por exemplo). Após esse tratamento, a tabela pode ser aplicada dentro do *Power BI*.

Tendo as planilhas já tratadas importadas para dentro do *Power BI*, pode-se utilizar as funções *DAX*. Essas funções constituem uma linguagem de expressões utilizada para realizar cálculos e consultas sobre os modelos de dados criados, sendo muito similar às funções do *Microsoft Excel*. *DAX* é um acrônimo para *Data Analysis Expressions*, ou seja, expressões de análise de dados (LEAL, 2021). Com essa ferramenta, consegue-se realizar uma série de cálculos, desde os mais básicos até os mais avançados. A ferramenta também nos permite a criação de novas colunas condicionais e a criação de medidas específicas.

O conceito de modelagem de dados é um processo lógico de relações entre diferentes dados, ressaltando suas possíveis ligações para atender e responder às necessidades de negócios (FERRARI; RUSSO, 2016). Dessa forma, é possível encontrar relacionamentos entre os dados, o que, por sua vez, nos proporcionam encontrar novas informações.

3.2 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO *PYTHON*

A utilização das linguagens de programação tem se massificado e se popularizado nas últimas décadas. Associadas ao avanço da tecnologia e a utilização de algoritmos nas mais diversas áreas do conhecimento, os algoritmos tem alterado diversos espectros da vida humana.

Nesse contexto de expansão, a linguagem de programação *Python* se apresenta como uma alternativa muito viável. Por ser uma linguagem simples e amigável, ela vem sendo amplamente utilizada em espaços educacionais, com pesquisas e em empresas. No entanto, apesar de ser uma linguagem dita como simples e inicial, ela apresenta uma grande versatilidade, adquirindo um grande potencial de utilização.

As linguagens de programação representam papel importante na eficácia de um sistema de informação, uma vez que a escolha adequada destas possibilitará a implementação de projetos de maneira mais eficiente (SEBESTA, 2000). Entre as linguagens de programação preferidas pelos desenvolvedores web, encontram-se *Perl*, *PHP* e *Python*. Estudos prévios no *Computerworld* têm eleitos *Perl* e *PHP*, enquanto *Python* está emergindo como uma poderosa alternativa às escolhas tradicionais (KAY, 2005).

Python é uma linguagem de programação orientada a objetos, interpretada e interativa, com modos incorporados, dinamicamente tipada, alto nível, com tipos de dados e classes dinâmicas. *Python* é uma linguagem poderosa com uma sintaxe muito clara e limpa. É também usada como uma linguagem de extensão para aplicações que precisam de uma interface programável. Finalmente, *Python* é portátil: funciona em várias versões do Unix, no *Mac* e no *Windows* (PYTHON, 2022).

Além do grande leque de funcionalidades e possibilidades de uso da linguagem *Python*, é possível realizar a importação de bibliotecas específicas com recursos próprios e definidos para uma utilização especial. Ao adicionar esses pacotes, tem-se acesso aos comandos e métodos que auxiliam o usuário no desenvolvimento de funcionalidades do código. Sendo assim, a utilização de bibliotecas potencializa as soluções e agiliza o processo de desenvolvimento de um código com características específicas. Na Subseção 3.2.1, são descritas as principais bibliotecas utilizadas durante o desenvolvimento do projeto.

3.2.1 Bibliotecas

Para o projeto em questão, foram utilizadas três bibliotecas para abranger três tópicos importantes do projeto. Tais tópicos são: automação de processos, manipulação de dados e desenvolvimento de interfaces gráficas. As três bibliotecas utilizadas são descritas a seguir:

- ***PyAutoGUI***

A biblioteca *PyAutoGUI* foi utilizada na automação de processos. Essa biblioteca permite que os *scripts* escritos na linguagem *Python* tenham acesso e controle ao teclado e ao mouse de uma máquina. Dessa forma, realizando o mapeamento dos processos é possível automatiza-los de forma rápido e eficiente.

- **Pandas**

A biblioteca *Pandas* foi utilizada na manipulação de dados. Com essa biblioteca é possível trabalhar com uma grande quantidade de dados de diversos ramos do conhecimento como ciências de dados, finanças e engenharia. Um dos grandes diferenciais do *Pandas* são as ferramentas para modelar os dados, isto é, segmentar, mesclar, unir, remodelar e expor os dados.

- **Tkinter**

A biblioteca *Tkinter* foi utilizada no desenvolvimento das interfaces gráficas. Por essa biblioteca estar inserida na biblioteca padrão da linguagem *Python*, a sua utilização se torna mais simplificada e coesa com as características do *Python*. A criação das interfaces se dá através de *dataframes* e pela inserção de itens como: *container* (espaço para guardar informações), *widget* (botões, ícones, caixas de texto), *event handler* (rotina executável ao acontecer um evento) e *event loop* (verificação constante de eventos).

3.3 METODOLOGIA

O método utilizado na elaboração deste estudo foi desenvolvido da seguinte forma: inicialmente foi definido o tipo de método científico da pesquisa como sendo indutivo através da observação, relação entre eles e generalização da relação, seguido pelo nível de pesquisa como exploratória através do levantamento bibliográfico, entrevistas e estudo de caso, pelo delineamento da pesquisa como estudo de campo, pois foram realizados no local onde os fatos estudados ocorrem, instrumentos de coleta como a entrevista e a observação, conforme Marconi e Lakatos (2001). (CIENTIFICA, 2008)

A área definida para o estudo e desenvolvimento do presente trabalho, é o setor industrial da empresa Khomp. Após a identificação da situação de dificuldade de visualização de informações referentes ao setor industrial, foi realizada uma série de entrevistas com membros atuais e antigos do setor. Em seguida, foi realizado um estudo bibliográfico e estudos de casos semelhantes, também foram analisadas ferramentas de *business intelligence* disponíveis no mercado e a viabilidade de utilização das opções encontradas. Assim, o desenvolvimento do projeto em si ocorreu de forma gradual.

3.3.1 Cenário e Processos

Esta subseção tem como objetivo descrever o cenário e os processos relacionados ao desenvolvimento do projeto. Na posse de tais informações, a compreensão, por parte do leitor fica mais simplificada. Sendo assim, a seguir, tem-se uma descrição dos cenários e dos processos realizados pelos colaboradores do setor.

3.3.1.1 Cenário

Devido a projeções de crescimento juntamente com a aquisição de 75% da empresa Khomp pela empresa Intelbras (empresa brasileira, fabricante de produtos e soluções em segurança, comunicação, redes e energia), os objetivos comerciais e produtivos da empresa foram alavancados. Em meados do mês de abril de 2021, ocorreu uma mudança na sede atual da empresa, alocando o setor industrial em um ambiente mais amplo. Antevendo a maior necessidade de produção de produtos, foi realizada uma série de novas contratações, concretizando o aumento do quadro de colaboradores da empresa.

O sistema atual de acompanhamento de produção é realizado por meio de formulários (*Google Forms*) associado a informações oriundas do *ERP-Sapiens* utilizado pela empresa. Grande parte do processamento de dados é realizado em planilhas (*Google Sheets*). Esse método de acompanhamento foi útil e funcional. Porém, tendo em vista o crescimento do número de produtos e o aumento do quadro de colaboradores, o sistema começou a apresentar adversidades.

Os principais problemas detectados foram:

- número excessivo de planilhas e formulários;
- dificuldades de integração entre *ERP Sapiens* e *Google Sheets*;
- lentidão no processamento das informações;
- necessidade de manutenção excessiva;
- falhas no registro de informações.

O estudo ergonômico do ambiente industrial foi um dos objetivos de um projeto de estágio, realizado previamente. O objetivo consistia na criação de uma POC (do inglês, *Proof of Concept*) dos produtos Khomp, da linha IoT (do inglês, *Internet of Things*). A visualização das informações ergonômicas e seu monitoramento são realizados pela plataforma da *tago.io*. O projeto foi realizado em uma conta padrão, que apresenta algumas limitações referente à quantidade de armazenamento de informações no banco de dados e limitações em suas funcionalidades. Dessa forma, em longo prazo, a plataforma se tornaria inviável ou seria necessário realizar um *upgrade* de conta de usuário.

Os principais problemas detectados foram:

- limitações no armazenamento de informações;
- limitações de funcionalidades;
- restrições de acesso as informações.

3.3.1.2 Processos

Os processos para a obtenção dos indicadores e de todo o processamento dos dados referentes a avaliação de desempenho devem ser entendidos a fim de se ter um cenário mais completo acerca da situação encontrada. Existem 4 processos cotidianos e repetitivos de onde são obtidos os dados para a obtenção dos indicadores de desempenho, sendo eles:

- **Processo de apontamento do ordens de produção**

O processo de apontamento de ordens de produção serve para registrar no sistema *ERP* o início e o fim de operações produtivas. Essas operações são compreendidas pelos processos de montagem, teste e embalagem dos produtos. Cada estágio é registrado e tem seu tempo armazenado. No entanto, existem alguns casos de adversidades que inviabilizam a execução dos estágios produtivos.

Com o relatório de apontamentos diários, retirado diretamente do sistema *ERP*, é possível obter as informações de todos os produtos produzidos em uma data específica. O relatório consiste em uma série de informações, porém para o projeto em questão apenas as informações relevantes para o estudo da produtividade são utilizadas.

Na Figura 4, tem-se uma tela de registro diário de movimentação (apontamentos). Foram suprimidos os nomes dos colaboradores por motivo de privacidade.

- **Processo de registro de tempo indisponível**

O processo de registro de tempo indisponível serve para o colaborador registrar o tempo que ele tenha ficado indisponível. Deve-se compreender "tempo indisponível" por atividades relacionadas à empresa (palestras, reuniões, treinamentos, falhas de equipamentos, problemas com testes) que inviabilizem a produção de produtos. Esse registro é realizado por meio do preenchimento de um formulário do *Google Forms*. Todas as informações coletadas são armazenadas em uma planilha, que é usada como base para cálculos de indicadores.

Na Figura 5 é possível visualizar as respostas do formulário de tempo indisponível. Novamente, os nomes dos colaboradores foram suprimidos por motivos de privacidade.

Cadastros Mercado Suprimentos Manufatura Qualidade Recursos Ajuda Diversos Sair

Início Consulta de Movimentos de Estoque

Produto(+): Depósito(-): "EXP"

Derivação(+): Origem(+):

Período: 01/09/2021 a 03/09/2021 Família(+):

Filial Depósito: 0 Fabricante(+):

Movimentos											
Se	Seq.	Data	Nome completo	Produto	Código	Qtd Mov	Depósito	Cod. Integração	Filial Dep.	Valor Mov	Obs. Mov
<input checked="" type="checkbox"/>	3	02/09/2021		36100066		5	10,00000 EXP	0	1	1,006,72	
<input checked="" type="checkbox"/>	4	02/09/2021		36100066		5	10,00000 EXP	0	1	1,006,72	
<input checked="" type="checkbox"/>	5	02/09/2021		36100066		5	10,00000 EXP	0	1	1,006,72	
<input checked="" type="checkbox"/>	6	02/09/2021		36100066		5	10,00000 EXP	0	1	1,006,72	
<input checked="" type="checkbox"/>	7	02/09/2021		36100066		5	10,00000 EXP	0	1	1,006,72	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	03/09/2021		36100066		5	10,00000 EXP	0	1	1,006,72	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	03/09/2021		36100066		5	10,00000 EXP	0	1	1,006,72	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	03/09/2021		36100066		5	10,00000 EXP	0	1	1,006,72	
<input checked="" type="checkbox"/>	4	03/09/2021		36100066		5	10,00000 EXP	0	1	1,006,72	
<input checked="" type="checkbox"/>	5	03/09/2021		36100066		5	10,00000 EXP	0	1	1,006,72	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	02/09/2021		36100091		5	27,00000 EXP	0	1	4,263,63	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	03/09/2021		36100091		5	8,00000 EXP	0	1	1,263,30	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	03/09/2021		36100091		5	1,00000 EXP	0	1	157,91	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	03/09/2021		36100091		5	2,00000 EXP	0	1	315,82	
<input checked="" type="checkbox"/>	5	03/09/2021		36100091		5	3,00000 EXP	0	1	473,74	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	01/09/2021		36200012		5	1,00000 EXP	0	1	330,23	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	01/09/2021		36300027		5	1,00000 EXP	0	1	122,34	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	02/09/2021		36300032		5	10,00000 EXP	0	1	2,211,06	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	02/09/2021		36300032		5	10,00000 EXP	0	1	2,211,06	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	02/09/2021		36300032		5	1,00000 EXP	0	1	221,11	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	03/09/2021		36300032		5	9,00000 EXP	0	1	1,989,95	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	03/09/2021		36300032		5	10,00000 EXP	0	1	2,211,06	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	03/09/2021		36300032		5	8,00000 EXP	0	1	1,768,84	

Figura 4 – Tela de registros de movimentação diário (apontamento)
Fonte: (Autorial)

Carimbo de data/hor	Data	Nome	Setor	Duração	Motivo (MTS)	Observações
13/09/2021 16:46:55	13/09/2021		MTS	200	Paradas: Reunião, treinamento, etc	Testando e embalando controle
13/09/2021 16:53:32	13/09/2021		MTS	15	Paradas: Reunião, treinamento, etc	Montando a base do kivoice, não consegui finalizar o produto pois as f
14/09/2021 10:54:47	14/09/2021		INDUSTRIALIZAÇÃO IN	120		
14/09/2021 14:32:07	14/09/2021		T1	60		
14/09/2021 16:27:47	14/09/2021		T1	60		
15/09/2021 16:01:02	15/09/2021		MTS	70	Paradas: Reunião, treinamento, etc	Teste do kivoice teclado não estava funcionando e fiquei fazendo o res
15/09/2021 16:27:24	15/09/2021		MTS	30	Paradas: Reunião, treinamento, etc	Montando leitor QR
15/09/2021 16:30:36	15/09/2021		T1	60		
16/09/2021 13:45:07	15/09/2021		MTS	450	Paradas: Reunião, treinamento, etc	montagem leitor qr
16/09/2021 16:43:46	16/09/2021		MTS	135	Paradas: Reunião, treinamento, etc	Fazendo controle
16/09/2021 17:00:07	16/09/2021		MTS	330	Paradas: Reunião, treinamento, etc	produzindo controle
16/09/2021 17:54:57	16/09/2021		MTO	60		
17/09/2021 09:44:19	17/09/2021		T1	68		
17/09/2021 10:38:57	18/09/2021		T1	100		
17/09/2021 12:32:27	17/09/2021		MTS	40	Inspecção (OBA, Kiper)	
17/09/2021 14:59:04	18/09/2021		T1	120		
17/09/2021 15:08:30	16/09/2021		INDUSTRIALIZAÇÃO IN	360		
17/09/2021 15:01:36	17/09/2021		INDUSTRIALIZAÇÃO IN	330		
17/09/2021 15:36:33	17/09/2021		MTS	40	Inspecção (OBA, Kiper)	
17/09/2021 16:00:38	17/09/2021		MTS	430	Paradas: Reunião, treinamento, etc	produção controle
17/09/2021 16:01:04	17/09/2021		MTS	20	Inspecção (OBA, Kiper)	inspecção
17/09/2021 16:01:07	09/09/2021		INDUSTRIALIZAÇÃO IN	60		
17/09/2021 16:40:23	17/09/2021		INDUSTRIALIZAÇÃO IN	35		
17/09/2021 16:41:07	02/09/2021		T1	180		
17/09/2021 16:49:38	13/09/2021		T1	123		
17/09/2021 17:02:19	17/09/2021		INDUSTRIALIZAÇÃO IN	30		
17/09/2021 17:12:14	09/09/2021		T1	60		
17/09/2021 17:12:42	09/09/2021		T1	60		
20/09/2021 11:19:32	20/09/2021		INDUSTRIALIZAÇÃO IN	41		
20/09/2021 12:00:34	20/09/2021		INDUSTRIALIZAÇÃO IN	225		
20/09/2021 12:13:52	20/09/2021		MTS	30	Paradas: Reunião, treinamento, etc	Impressoras não estavam imprimindo.
20/09/2021 12:14:49	20/09/2021		MTS	15	Inspecção (OBA, Kiper)	Reunião com Robson
20/09/2021 15:03:45	20/09/2021		MTS	40	Paradas: Reunião, treinamento, etc	Impressora não estava funcionando
20/09/2021 15:55:30	20/09/2021		INDUSTRIALIZAÇÃO IN	165		
20/09/2021 17:33:01	20/09/2021		MTO	150		

Figura 5 – Planilha com informações do formulário de tempo indisponível
Fonte: (Autorial)

- **Processo de cadastro de produtos e roteiros**

O processo de cadastro de produtos e roteiros ocorre toda vez que um produto novo é criado. O roteiro por sua vez contém informações de tempos padrões para as operações de montagem, teste e embalagem. Os roteiros foram criados como uma forma de simplificar todo o processo de medição de tempos. Uma vez que existem produtos semelhantes e que utilizam a mesma concepção de criação, os tempos das operações atribuídas a eles são os mesmos ou apresentam grande similaridade. Dessa forma, existem roteiros padrões para certas famílias de produtos e caso seja necessário é criado um roteiro específico para um produto mais elaborado. Além disso, é impossível a criação de um produto no sistema sem que exista um roteiro atribuído a ele e com isso são inviabilizados problemas de registros de operações sem uma duração associada a elas. Ambos os processos de cadastro de produtos e roteiros são realizados diretamente no sistema *ERP* e são responsabilidade do setor de Engenharia de Produto.

- **Processos de registro de defeitos**

O processo de registro de defeitos serve para o colaborador informar qualquer defeito ou problema que ocorra nas operações produtivas. Esse registro é realizado por meio de um formulário do *Google Forms*. Todas as informações coletadas são armazenadas em uma planilha que é usada como base para cálculos de indicadores.

3.3.2 UML - *Unified Modeling Language*

Nesta subseção é descrito o processo de modelagem do sistema desenvolvido. Foram utilizados diagramas *UML* para tal atividade.

A *UML* é uma linguagem de notação para uso em projetos de sistemas. Esta linguagem é expressa através de diagramas e cada diagrama é composto por elementos que possuem relação entre si (VENTURA, 2019). Existem dois tipos de diagramas *UML*: diagramas estruturais e diagramas comportamentais. Os diagramas estruturais são utilizados para detalhar a estrutura do sistema, enquanto os diagramas comportamentais são utilizados para especificar o comportamento do sistema. Há diversas opções de diagramas dentro dessa duas classes e para o projeto em questão são utilizados o Diagrama de Classes como diagrama estrutural e o Diagrama de Casos de Uso como diagrama comportamental.

3.3.3 Diagrama de Classes

O diagrama de classes serve de base para outros diagramas, pois ele é utilizado para mapear o sistema por meio da modelagem dos seus métodos, atributos e classes (NOLETO, 2020).

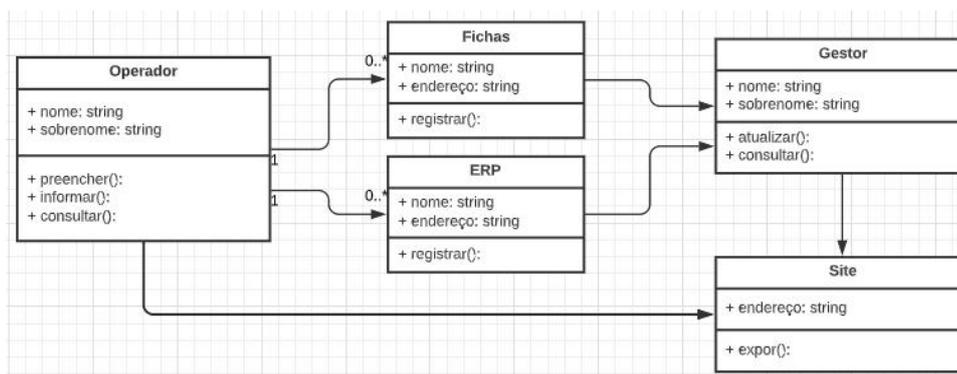


Figura 6 – Diagrama de Classes representando o sistema atual
Fonte: Autoral

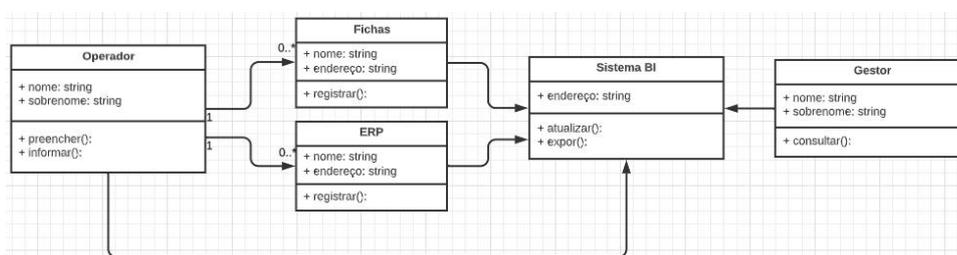


Figura 7 – Diagrama de Classes representando o sistema proposto
Fonte: Autoral

Em *UML*, uma classe representa um objeto ou um conjunto de objetos que compartilham uma estrutura e comportamento comum. São representadas por um retângulo que inclui linhas do nome da classe, seus atributos e suas operações. Os atributos são características intrínsecas as classes e são sempre descritas com o seu tipo de dado, por exemplo, *int*, *string* e *date*.

A fim de compreender melhor a metodologia utilizada no projeto foi desenvolvido um diagrama de classes do sistema atual de acompanhamento do desempenho do setor industrial. Tal diagrama pode ser visualizado na Figura 6.

Com base na Figura 6, pode-se notar que o operador fornece informações sobre desempenho através do preenchimento de fichas *online* (via *Google Forms*) e por 'apontamentos' (registros realizados diretamente em uma tela do *ERP*). O Gerente, por sua vez, realiza atualização dessas informações de forma manual e utiliza uma página *web* para realizar a exposição dessas informações, já transformadas em formatos de indicadores. O *site* fica tanto à disposição do Gestor quanto do Operador para visualização.

A partir do diagrama da Figura 6, e analisando as possibilidades de implantação de sistemas *BI*, chega-se ao modelo proposto, presente no diagrama de classes da Figura 7.

A principal diferença dos modelos está na remoção da operação de atualizar as informações por parte do Gestor. Essa operação está atribuída ao Sistema *BI*,

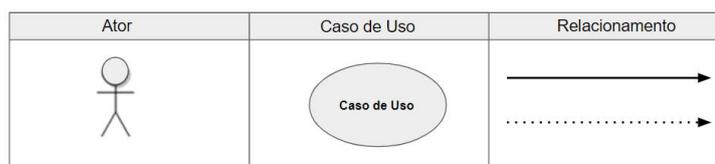


Figura 8 – Elementos do Diagrama de Casos de Uso
Fonte: Autoral

cabendo ao Gestor, nesse momento, apenas a operação de consultar e tomar as decisões pertinentes. Nesse sentido, o trabalho manual de coleta de informações e tratamento de dados é automatizado pelo Sistema *BI*, permitindo que o Gestor tenha uma redução do tempo de trabalho e uma gestão mais segura e eficaz.

3.3.4 Diagrama de Casos de Uso

O diagrama de casos de uso documenta as funcionalidades do sistema e as interações da pessoa usuária com cada uma delas (NOLETO, 2020).

- **Atores:** Usuários do sistema. Podem ser usuários humanos ou sistemas computacionais. Esse elemento é representado por um boneco como pode ser visualizado na Figura 8.
- **Casos de Uso:** Um caso de uso pode ser concreto, quando é iniciado diretamente por um ator, ou abstrato, quando é uma extensão de um outro caso de uso. Além disso há casos de uso primários e secundários. O primeiro representa os objetivos dos atores, já o segundo são funcionalidades do sistema que precisam existir para que este funcione corretamente (VIEIRA, 2015). Esse elemento é representado por elipses com a descrição da funcionalidade. Tal representação pode ser vista na Figura 8.
- **Relacionamentos/Comunicação:** São elementos que relacionam os atores aos casos de uso. Auxiliam na descrição dos casos de uso e na compreensão do leitor. Esse elemento é representado por setas, variando de acordo com o tipo de conexão que está sendo representada. Tal representação pode ser vista na Figura 8.

A Figura 9 sintetiza o que foi visto até o momento. Nesta figura, pode-se ver a disposição dos atores, dos casos de uso e dos relacionamentos referentes ao sistema desenvolvido.

3.3.4.1 Casos de Uso expandidos

Com base na Figura 9, os casos de uso foram expandidos, a fim de tornar mais claro o fluxo que o usuário segue partir do início do processo.

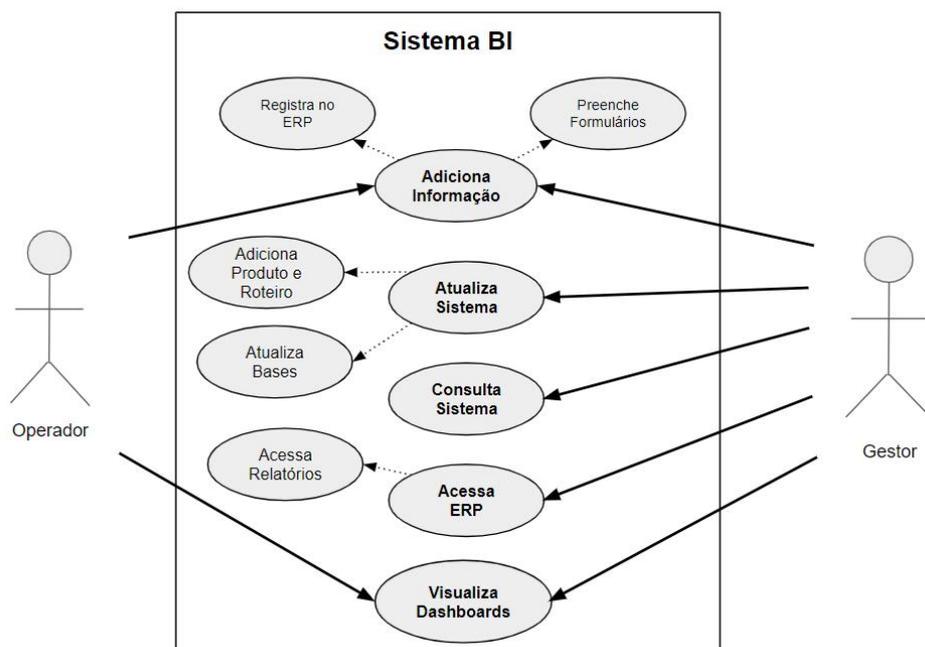


Figura 9 – Diagrama de Casos de Uso
 Fonte: Autoral

1. Adiciona Informação

- **Atores:** Operador e Gestor;
- **Finalidade:** Registrar informações de desempenho;
- **Visão Geral:** Através deste caso de uso será possível registrar informações pertinentes ao desempenho individual do colaborador e geral do setor;
- **Tipo:** Essencial.

Adiciona Informação	
Ação do Ator	Resposta do Sistema
Gestor ou operador acessa o <i>ERP</i> ou formulários e preenche as informações solicitadas	Mostra tela de confirmação de registro ou confirmação de envio de respostas

Tabela 1 – Caso de Uso - Adiciona Informação

2. Atualiza Sistema

- **Atores:** Gestor;
- **Finalidade:** Atualizar o sistema com informações recentes;
- **Visão Geral:** Através deste caso de uso será possível manter o sistema atualizado;
- **Tipo:** Essencial.

Atualiza Sistema	
Ação do Ator	Resposta do Sistema
Gestor seleciona uma das opções de atualização de bases ou atualização geral	Mostra a tela de cadastro de produtos e roteiros
Insere informações sobre o produto e roteiro	Informa finalização da atualização das bases
Realiza o <i>upload</i> da pasta com as bases atualizadas no <i>Power BI</i>	

Tabela 2 – Caso de Uso - Atualiza Sistema

3. Consulta Sistema

- **Atores:** Gestor
- **Finalidade:** Consultar o sistema quando for necessário para embasar uma tomada de decisão;
- **Visão Geral:** Através deste caso de uso será possível tornar a tomada de decisão, por parte do gestor, mais assertiva e clara.
- **Tipo:** Essencial.

Consulta Sistema	
Ação do Ator	Resposta do Sistema
Gestor acessa portal online dos <i>dashboards</i>	Abre o portal no painel principal
Seleciona uma das opções de <i>dashboards</i>	Abre o <i>dashboard</i> selecionado

Tabela 3 – Caso de Uso - Consulta Sistema

4. Acessa ERP

- **Atores:** Gestor;
- **Finalidade:** Permite ao gestor ter acesso a relatórios específicos sobre produtividade;
- **Visão Geral:** Através deste caso de uso será possível ter uma opção de acesso secundária ao *ERP*.
- **Tipo:** Essencial.

5. Visualiza Dashboards

Acessa <i>ERP</i>	
Ação do Ator	Resposta do Sistema
Gestor insere informações de <i>login</i> e senha e seleciona o botão entrar	Preenche as informações na tela de login do ERP
Gestor seleciona uma opção de relatório disponível	Direciona automaticamente o usuário para o relatório

Tabela 4 – Caso de Uso - Acessa *ERP*

- **Atores:** Operador e Gestor;
- **Finalidade:** Visualizar os *dashboards* com caráter informativo por parte do gestor. Ao operador cabe a visualização do seu desempenho pessoal e geral do setor;
- **Visão Geral:** Através deste caso de uso será possível visualizar as informações nos *dashboards*;
- **Tipo:** Essencial.

Visualiza <i>Dashboards</i>	
Ação do Ator	Resposta do Sistema
Abrir o portal no <i>dashboard</i> principal e selecionar uma das opções de painéis	Direcionar usuário para o painel selecionado

Tabela 5 – Caso de Uso - Visualiza *Dashboards*

Por fim, com o intuito de análise e interpretação dos resultados de forma qualitativa e quantitativa, foi elaborado o documento, onde são relatados os passos seguidos, fluxo de ideias e resultados obtidos.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo é destinado a conceitos que abrangem a fundamentação teórica do trabalho desenvolvido. Esses conteúdos e informações são importantes e necessários para que o leitor consiga acompanhar os assuntos abordados no desenvolvimento deste trabalho. Os assuntos abordados neste capítulo estão descritos a seguir.

4.1 BANCO DE DADOS RELACIONAL

Os bancos de dados e suas tecnologias associadas representam um papel crítico em quase todas as áreas em que os computadores são utilizados, incluindo negócios, comércio eletrônico, engenharia, medicina, direito, educação e as ciências da informação, para citar apenas algumas delas (ELMASRI; NAVATHE; PINHEIRO *et al.*, 2005). Um banco de dados é uma coleção de dados relacionados. Os dados são fatos que podem ser armazenados e que possuem um significado implícito. Por exemplo, considere nomes, números telefônicos e endereços de pessoas que você conhece. Esses dados podem ter sido escritos em uma agenda de telefones ou armazenados em um computador, por meio de programas como o *Microsoft Access* ou *Excel*. Essas informações são uma coleção de dados com um significado implícito, conseqüentemente, um banco de dados (ELMASRI; NAVATHE; PINHEIRO *et al.*, 2005).

Um banco de dados possui as seguintes propriedades implícitas:

- Um banco de dados representa alguns aspectos do mundo real, sendo chamado, às vezes, de mini mundo ou de universo de discurso (UoD). As mudanças no mini mundo são refletidas em um banco de dados (ELMASRI; NAVATHE; PINHEIRO *et al.*, 2005).
- Um banco de dados é uma coleção lógica e coerente de dados com algum significado inerente. Uma organização de dados ao acaso (dados aleatórios) não pode ser corretamente interpretada como um banco de dados (ELMASRI; NAVATHE; PINHEIRO *et al.*, 2005).
- Um banco de dados é projetado, construído e povoado por dados, atendendo a uma proposta específica. Possui um grupo de usuários definido e algumas aplicações preconcebidas, de acordo com o interesse desse grupo de usuários (ELMASRI; NAVATHE; PINHEIRO *et al.*, 2005).

Modelos de dados conceituais (modelos de alto nível), possuem conceitos que descrevem os dados como os usuários os percebem, enquanto os de baixo nível ou modelos de dados físicos, contêm conceitos que descrevem os detalhes de como os dados estão armazenados no computador. Os conceitos provenientes dos modelos de

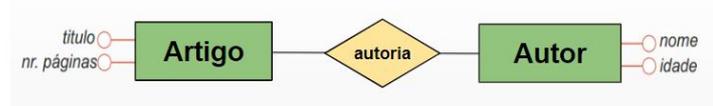


Figura 10 – Diagrama de entidades, relacionamentos e atributos
Fonte: (**Autoral**)

dados de baixo nível geralmente são significativos para os especialistas em computadores, mas não o são para os usuários finais. Entre esses dois extremos está uma classe de modelos de dados representacionais (ou de implementação), que oferece os conceitos que podem ser entendidos pelos usuários finais, mas não excessivamente distantes da forma como os dados estão organizados dentro do computador. Os modelos de dados representacionais ocultam alguns detalhes de armazenamento de dados, porém, podem ser implementados em um sistema de computador de maneira direta (ELMASRI; NAVATHE; PINHEIRO *et al.*, 2005).

4.1.1 Entidades, Relacionamentos, Atributos e Cardinalidades

O termo entidade, normalmente, é usado na área de banco de dados para indicar qualquer objeto distinguível que deva ser representado no banco de dados. Além das entidades, também existem os relacionamentos, que representam uma conexão entre as entidades (DATE, 2004).

Acerca das representações desses dois elementos dos bancos de dados, na literatura, as entidades são representadas por retângulos. Já os relacionamentos são representados por losangos. Um exemplo genérico dessa representação pode ser vista na Figura 10. Outros dois elementos essenciais para uma compreensão adequada sobre banco de dados são: atributos e cardinalidade.

Um atributo é uma propriedade que auxilia na descrição da entidade ou relacionamento. Por exemplo, para uma entidade 'Empregado', pode-se ter atributos como nome, setor e salário. Já atributos como data e hora, podem ser associados a um relacionamento chamado 'Consulta', que relaciona duas entidades como 'Médico' e 'Paciente'. Os atributos são representados por elipses e são associados a sua entidade ou relacionamento.

Cardinalidades ou grau de relacionamento, pode ser definido como o número de ocorrências entre entidades. Para compreender melhor o conteúdo de cardinalidade, pode se pensar apenas em duas cardinalidades, a mínima e a máxima.

- **Cardinalidade Máxima:** É o número máximo de vezes que uma entidade pode ocorrer em relação a outra. Os valores que podem ser assumidos são 1 ou N (muitas vezes);

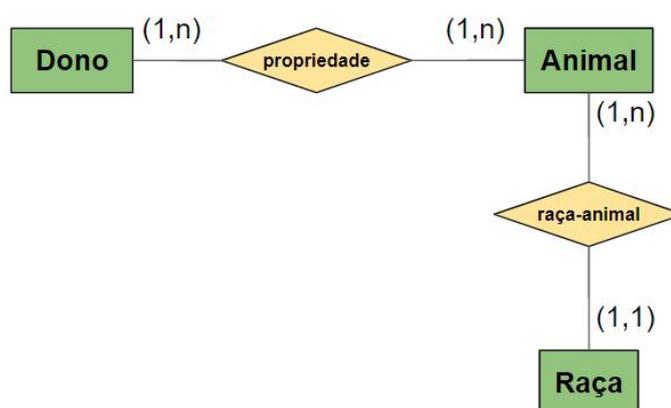


Figura 11 – Modelo genérico de modelo relacional

Fonte: (Autorial)

- **Cardinalidade Mínima:** É o número mínimo de vezes que uma entidade pode ocorrer em relação a outra. Os valores que podem ser assumidos são 0 ou 1.

Baseado nas cardinalidade máximas e mínimas, podemos prosseguir para os três graus de relacionamento, sendo eles:

- **Relacionamento de um para um (1, 1)**

Cada elemento de uma entidade relaciona-se com um e somente um elemento de outra entidade. Na Figura 11, pode-se ver que entre as entidades Animal e Raça existe um relacionamento 'Raça-Animal' com uma cardinalidade (1, 1). Podemos entender que um animal tem exclusivamente uma raça.

- **Relacionamento de um para muitos ou muitos para um (1, n ou n, 1)**

O elemento de uma entidade pode se relacionar com mais de um elemento de outra entidade. Na Figura 11, pode-se ver que entre as entidades Dono e Animal existe um relacionamento 'propriedade' com cardinalidade (1, n). Podemos entender que um dono pode ser proprietário de um ou muitos animais, e um animal pode ter um ou muitos donos.

- **Relacionamento de muitos para muitos (n, n)**

Vários elementos de uma entidade podem se relacionar com vários elementos de uma outra entidade. Em casos de relacionamentos (n, n), são criadas novas entidades a fim de armazenar dados de entidades que estavam se relacionando.

4.2 CIÊNCIA DE DADOS

A ciência de dados está na intersecção de ciência da computação, estatística e domínios de aplicação subjacentes. Da ciência da computação vem o aprendizado

de máquina e as tecnologias de computação de alto desempenho para lidar com a escala. A partir das estatísticas, vem uma longa tradição de análise exploratória de dados, teste de significância e visualização (SKIENA, 2017).

A ciência de dados possui três campos principais que incluem, inteligência artificial, aprendizado de máquina e estatística. Deste modo, a estatística é uma ferramenta essencial no arsenal de qualquer cientista de dados, porque ajuda a desenvolver e estudar métodos para coletar, analisar, interpretar e apresentar dados. As inúmeras metodologias utilizadas permitem aos cientistas de dados realizações como: projetar experimentos e interpretar resultados para melhorar a tomada de decisão; construir modelos de previsão; transformar dados em *insights*; fazer estimativas inteligentes etc (KAMPAKIS, 2020).

De acordo com Skiena (2017), há três motivos para esse repentino crescimento da ciência dos dados:

- O avanço tecnológico permite a captura e armazenamento de grandes quantidades de dados de mídias sociais, registros e de sensores. Após de reunir todos esses dados, pode-se perguntar o que é possível ser feito com eles.
- A evolução da computação torna possível analisar os dados de maneiras novas e em escalas cada vez maiores. As arquiteturas de computação em nuvem proporcionam vasto poder até mesmo aos usuários comuns quando necessário. Novas abordagens de aprendizado de máquina têm levado a incríveis avanços em problemas de longa data como visão computacional e processamento de linguagem natural.
- Empresas de tecnologia de destaque como *Google* e *Facebook* demonstraram o poder da análise de dados moderna. Histórias de sucesso aplicando dados em áreas tão diversas como gestão esportiva e previsão de eleições serviram como modelos para levar a ciência de dados a um grande público.

4.3 BUSINESS INTELLIGENCE

O BI (*Business Intelligence*) significa inteligência de negócio. Essa técnica cabe para qualquer empresa, sendo ela de pequena, média ou grande porte e para qualquer área, sendo algumas delas: PCP (Planejamento e controle da Produção), saúde, estoque, contabilidade, RH (Recursos Humanos), dentre outros (CRUZ, B. C.; MIRANDA; TURCHETTE, 2014).

BI consiste em um conjunto de técnicas e ferramentas, que trabalha diante de uma extensa quantidade de dados, que são transformados em informação através de cruzamento de dados, coleta, organização, análise, compartilhamento e monitora-

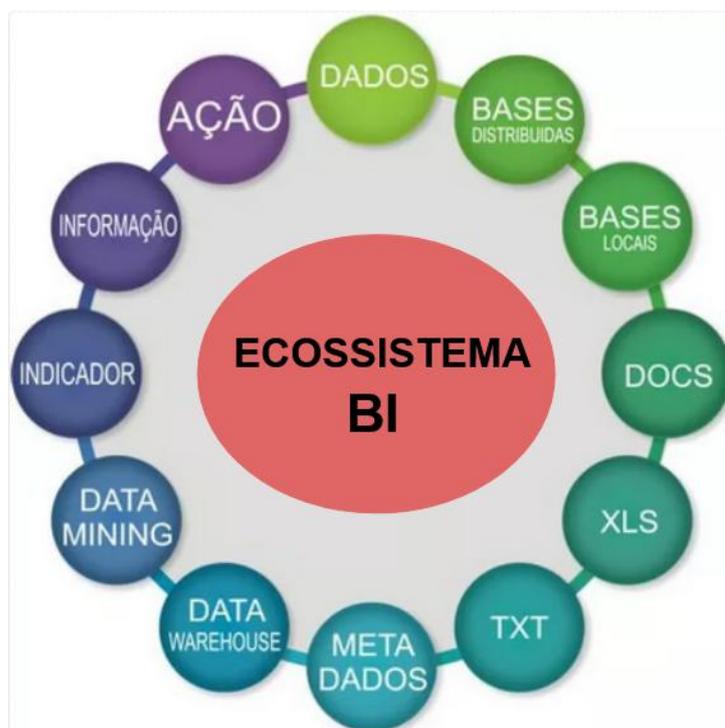


Figura 12 – Ecossistema BI
Fonte:(**Autoral**)

mento de informações. O intuito do *BI* é transformar essa grande quantidade de dados em informação e conhecimento para tomada de decisão estratégica (SOARES, 2017).

4.3.1 Arquitetura de Sistema BI

A arquitetura de sistemas BI combina um conjunto de ferramentas de interrogação e exploração dos dados com ferramentas que permitem a geração de relatórios, para produzir informação que será posteriormente utilizada pela gestão de topo das organizações, no suporte à tomada de decisão (SANTOS; RAMOS, 2006).

Hoje, existe uma pluralidade acerca do assunto de arquitetura de sistemas BI. Tendo em vista a seu alto dinamismo e opções de tecnologias disponíveis no mercado, a arquitetura BI pode ser estruturada de inúmeras formas distintas. Na Figura 12, pode-se ver algumas das tecnologias presentes no ecossistema do *BI*.

O sistema de *BI* possui um acervo de possibilidades e requer uma percepção bem apurada da situação em questão para sua correta implementação. O *BI* contém certa abstração em seu conceito, permitindo, assim, flexibilidade e adaptações a cada novo projeto. Sua estrutura final vai depender do contexto que está inserida a solução (ELIAS, 2014).

Para simplificar o entendimento, existe um modelo de arquitetura genérica de sistema *BI*, presente na Figura 13. Sua composição é feita de três macro estações, sendo ela: Fonte de dados, Consolidação e Decisão.

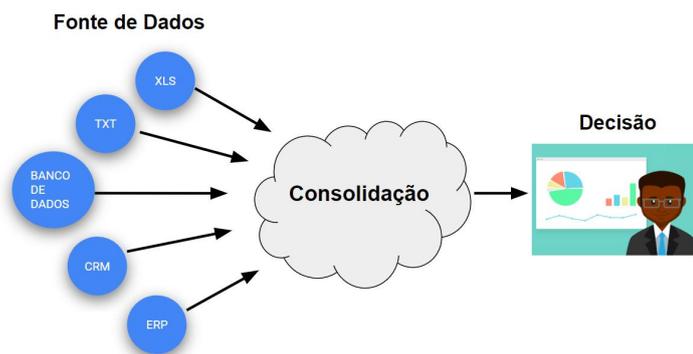


Figura 13 – Arquitetura genérica de sistema BI
Fonte:(**Autoral**)

- **Fonte de dados**

Todos os sistemas de *business intelligence* apresentam necessariamente um conjunto de fontes de dados. Essa fonte de dados pode ser composta por diversas matrizes (planilhas, documentos e *ERPs*, por exemplo).

- **Consolidação**

Uma solução BI deve possuir uma fase de consolidação dos dados, com processos de transformação e tratamento de acordo com as características intrínsecas, que o tornam consistente, estável, centralizado e à disposição das necessidades informacionais da organização (ELIAS, 2014).

- **Decisão**

Como o objetivo de sistemas BI é auxiliar a tomada de decisões estratégicas, nessa estação tem-se a exposição dos resultados de todo o processo de consolidação das fontes de dados. Nesse sentido, há a criação de *dashboards* e emprego de tecnologias como *Data Mining* e *OLAP Analysis*.

Detalhando um pouco mais essa visão genérica de arquitetura de sistema BI, são incluídos elementos como *ETL* (*Extract, Transform, Load*), tecnologias de *Data Warehouse* e ferramentas *OLAP* (*On-line Analytical Processing*), entre outras. Dessa forma, pode-se ver uma estrutura de arquitetura mais completa de um sistema BI na figura 14.

4.4 PROCESSO

Com o avanço das Revoluções Industriais, a elevação das demandas produtivas obrigaram as empresas a alterar as suas bases de processos, evoluindo os conceitos de manufatura individuais para conceitos de processos sequenciais. Com essa alteração de mentalidade e método de produção, o resultado foi uma maior produtividade e qualidade nos produtos. Dessa forma, aliando as tecnologias emergentes com

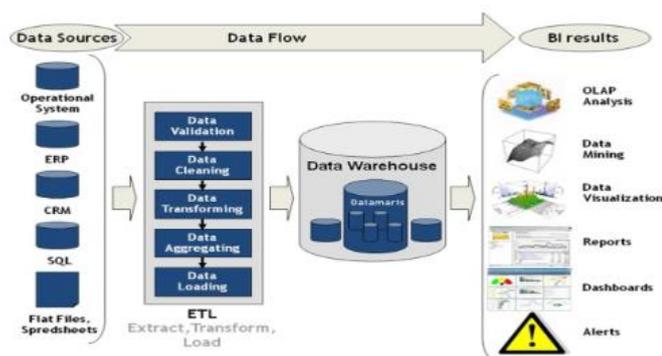


Figura 14 – Visão geral de arquitetura de sistema BI
 Fonte: (KRMAC, 2011)

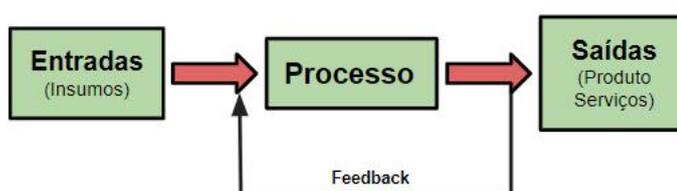


Figura 15 – Visão sistêmica de um processo
 Fonte: (Autorial)

a mudança de método de produção, a introdução de processos bem definidos são essenciais para se obter resultados padronizados.

De maneira geral, os processos nas empresas podem ser internos (quando têm início, são executados e terminam dentro da mesma empresa) ou externos. Os processos podem, também, ser inter ou intra-organizacionais (quando envolvem diversas empresas diferentes para a sua realização) (GONÇALVES, 2000).

Como caracteriza Cruz (2008) um processo é composto por um conjunto de três ações: entrada que fornece ao processo insumos, processamento que fornece ao processo resultado e saída que fornece ao cliente um produto e/ou serviço (CRUZ, T., 2008) e (JARDIM FILHO, 2018). Em Alves (2016) encontra-se o seguinte esclarecimento, processo é um conjunto de atividades que consomem recursos (*inputs*), possui início e fim (cíclico e finito) e tem uma finalidade específica, além disso são decompostos de acordo com o seu nível de abstração e complexidade. Todavia, é importante respeitar os níveis de abstrações dos processos, pois essa sequência de etapas lógicas definirá o melhor caminho para sua execução (ALVES, 2018) e (JARDIM FILHO, 2018). Na Figura 15, tem-se uma visão sistêmica de um processo genérico, que representa a sua a sua definição estabelecida.

Por fim, processos podem ser classificados e tipificados de acordo com o seu objetivo e origem. Esse assunto será abordado na Subseção 4.4.0.1.

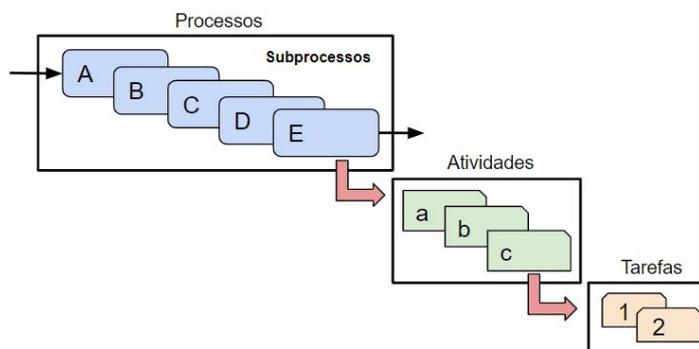


Figura 16 – Hierarquia de Processos

Fonte: (**Autoral**)

4.4.0.1 Classificação e Tipo de Processos

Pelo fato de um processo poder existir dentro de diversos setores de uma empresa, é necessária a existência de uma classificação que especifique os níveis de processos e hierarquias. Um exemplo genérico pode ser visto na Figura 16, onde os processos são segmentados em subprocessos que, por sua vez, são atividades relacionadas a uma fração específica do processo. Já as atividades são desmembramentos dos subprocessos e são caracterizadas por terem um início e fim definido, além de serem embasadas por procedimentos. Por fim, as atividades são compostas por tarefas, que são constituídas pela menor fração de trabalho.

Às vezes, é interessante separar os processos de produção dos bens e serviços oferecidos dos demais processos que ocorrem na empresa: os processos relacionados com a gestão da empresa e os de apoio aos processos produtivos (HARRINGTON *et al.*, 1994).

Existem três categorias básicas de processos empresariais: os processos de negócio (ou de cliente) são aqueles que caracterizam a atuação da empresa e que são suportados por outros processos internos, resultando no produto ou serviço que é recebido por um cliente externo; os processos organizacionais ou de integração organizacional são centralizados na organização e viabilizam o funcionamento coordenado dos vários subsistemas da organização em busca de seu desempenho geral, garantindo o suporte adequado aos processos de negócio; e os processos gerenciais são focalizados nos gerentes e nas suas relações (GARVIN, 1998).

4.5 AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS

Automatizar processos se trata de racionalizar e otimizar as atividades que geram os resultados de uma organização. Seu principal objetivo é reduzir o trabalho e o tempo utilizado para a execução, diminuir custos e substituir tarefas manuais por aplicações de software (ROIG, 2017).

Na automação de processos, quando se busca a otimização e padronização dos

procedimentos existentes no processo, obtém-se: redução dos custos; aceleração do processo produtivo; redução nos volumes, tamanhos e custos dos equipamentos; restabelecimento mais rápido do sistema; maior qualidade dos produtos e a possibilidade de introdução de sistemas produtivos interligados (PESSEN, 1991).

A automação alia tecnologia da informação e o gerenciamento de negócios para otimizar resultados e contribuir para o alcance de objetivos globais. Quando implementada, ela garante, de forma geral, uma produção mais rápida. Além disso, a qualidade é garantida, pois, em um sistema racionalizado, a quantidade de erros é menor (ou eles são corrigidos com mais facilidade) e o aperfeiçoamento da técnica favorece a redução de custos, já que tanto a diminuição de tempo quanto a menor incidência de erros poupam recursos (ROIG, 2017).

Roig (2017) menciona alguns benefícios da utilização da automação de processos. Abaixo foram elencados alguns dos benefícios de fácil visualização no decorrer do projeto:

1. Fácil acesso e circulação da informação;
2. Gestão segura e eficaz;
3. Redução do tempo de trabalho;
4. Diminuição de custos de produção.

4.6 INDICADORES DE DESEMPENHO

Devido à grande necessidade de se destacar e perante a competitividade atual no mercado, as empresas transformaram suas formas de controlar e monitorar o seu desempenho. Juntamente com a disponibilidade de novas tecnologias associadas a conceitos estratégicos ocorreu uma mudança na forma de medição e visualização dos dados. Nesse sentido, os indicadores de desempenho se tornam ferramentas indispensáveis para modelos de medição de desempenho.

Um modelo de medição de desempenho exerce um papel fundamental para as organizações, uma vez que é uma importante ferramenta para a administração da estratégia, para o monitoramento e controle do desempenho, para comunicar a posição da empresa interna e externamente, para influenciar o comportamento e ações dos seus empregados e facilitar a aprendizagem organizacional (FRANCO-SANTOS *et al.*, 2007).

Indicadores de desempenho podem ser considerados uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma realidade, tendo como característica principal a de poder sintetizar diversas informações, retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados (MITCHELL, 1996).

Indicadores são essenciais para o planejamento e controle dos processos das organizações, o que possibilita o estabelecimento de metas e o seu desdobramento devido aos resultados serem fundamentais para a análise crítica dos desempenhos, para a tomada de decisões e para o novo ciclo de planejamento. Por sua vez, a tomada de decisão é sobre fazer planos e direcionar decisões para o futuro e este processo pode ser apoiado por técnicas de previsão (HANSEN; FUGLSANG, 2014). A medição do desempenho tradicional tem como principal preocupação a medição em termos do uso eficiente dos recursos. Os indicadores de desempenho mais comuns são a produtividade, o retorno sobre os investimentos e o custo padrão (MARTINS; COSTA NETO, 1998).

Os principais propósitos para o uso das informações dos sistemas (modelo) de medição de desempenho são: para o controle, para a melhoria contínua reativa e pró-ativa, planejamento, retorno pelo desempenho do grupo, reforço da retórica gerencial, indução das atitudes dos funcionários, estudos de *Benchmarking*; aprendizado individual e organizacional, foco e justificativa para investimentos (MARTINS, 2000).

4.6.1 *OEE - Overall Equipment Effectiveness*

O indicador do *OEE* tem sido amplamente utilizado nas indústrias de manufatura no diagnóstico de seu sistema produtivo e direcionamento das ações de melhoria contínua, notadamente nas organizações que utilizam modelos gerenciais como *Total Quality Management (TQM)*, *World Class Manufacturing (WCM)*, seis sigma e produção enxuta (BOHORIS *et al.*, 1995), (TSAROUHAS, 2007), (WEE; WU, 2009), (GIBBONS; BURGESS, 2010). Sua aplicação tem sido difundida em diversos setores industriais, dentre os quais se destacam o automobilístico, semicondutores e as indústrias de processo. Esse indicador promove uma visão ampliada da vida útil dos equipamentos e assume que as condições de uso destes é basicamente influenciada pela sua disponibilidade, desempenho e qualidade de conformidade (DE RON; ROODA, 2005).

O *OEE* é utilizado para diferentes fins, não se restringindo à eliminação de perdas e melhoria da qualidade. Ele serve como medida de *benchmarking* inicial para comparações dentro de uma fábrica, ajuda a entender diferenças entre linhas de produção pela comparação de seus resultados e permite identificar a máquina que deve ser o foco dos esforços de *TPM (Total Productive Maintenance)* de modo a racionalizar os investimentos e a operação dos demais recursos produtivos. Adicionalmente, a medição do *OEE* permite identificar distúrbios crônicos em equipamentos e, assim, promove a busca de melhorias de processo e o aumento da sua vida útil (BAMBER *et al.*, 2003).

O cálculo do *OEE* pode ser realizado por meio da identificação de seis tipos básicos de perdas, sendo elas:

- Perdas de disponibilidade (A)
 1. Paradas que provocam falha de equipamento.
 2. Paradas para *setup* ou ajustes.
- Perdas de desempenho (B)
 1. Pequenas paradas ou interrupções devido ao mau funcionamento do equipamento.
 2. Redução da velocidade do equipamento devido a alguma anomalia que o faça operar com tempo de ciclo maior que o tempo padronizado.
- Defeitos e perdas de qualidade (C)
 1. Produção defeituosa ou retrabalho.
 2. Perdas de *start-up* ou perdas ocasionadas no início da produção devido aos ajustes para estabilização do equipamento.

O *OEE* pode ser entendido como uma relação entre o tempo em que houve agregação de valor ao produto e o tempo de carregamento de máquina, ou seja, descontando-se as perdas de disponibilidade, perdas de desempenho e perdas de qualidade. Para o seu cálculo, é adotada a Equação 1 que considera os componentes referentes à disponibilidade (D), desempenho (P) e qualidade (Q) (BUSSO; MIYAKE, 2013).

$$OEE = D \times P \times Q. \quad (1)$$

Empresas têm utilizado alternativas ao *OEE* que incorporam a medição de perdas por razões não consideradas na definição original de *OEE* como, por exemplo, tempos não programados, paradas planejadas de manutenção, e realização de testes de produto, bem como decisões resultantes da gestão do negócio. Isso também decorre da necessidade de caracterizar o objeto da medição como uma máquina, um conjunto de máquinas, uma linha, uma planta ou um negócio. As empresas têm interesse de adotar métricas que se adequam melhor à sua realidade, utilizá-las para melhorar o aproveitamento da capacidade de seus equipamentos e, assim, assegurar o retorno do capital investido (JEONG; PHILLIPS, 2001).

5 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo tem como objetivo descrever as etapas de desenvolvimento do projeto de forma sequencial. São abordados assuntos referentes ao desenvolvimento dos códigos de automação de processos e tratamento dos dados, interfaces de auxílio à automação, desenvolvimento do modelo e elaboração dos *dashboards* de acompanhamento no *Microsoft Power BI*. O capítulo é segmentado em 3 seções, sendo que em cada uma das seções é abordada uma etapa de desenvolvimento do projeto em questão.

5.1 ETAPA 1 - MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO ERGONÔMICA

A primeira etapa do desenvolvimento do projeto foi marcada pelo planejamento e manutenção do sistema de medição previamente instalado. Os objetivos desta etapa inicial do projeto são listados abaixo:

- Planejamento do projeto;
- Manutenção do sistema de medição instalado previamente;
- Entrevistas com membros e ex-membros do setor sobre o sistema atual de acompanhamento de desempenho;
- Identificação de pontos de melhorias e pontos críticos de funcionamento do sistema.

Nessa primeira etapa, ocorreu a estruturação do planejamento de desenvolvimento do projeto. Tal planejamento consistiu na criação de 3 macro etapas, cada uma delas com seus objetivos e atividades bem definidas, assim como prazos e entregas.

Com o intuito de assegurar uma medição correta e constante do sistema de medição instalado previamente, em um projeto anterior, foi realizada uma manutenção total do sistema. Inicialmente, foram removidos todos os produtos Khomp da linha *IOT* que foram utilizados. Esses produtos passaram por uma avaliação de montagem e foram novamente testados para confirmar seu funcionamento. A descrição dos produtos em questão pode ser encontrada no Apêndice A. Também foram realizadas novamente todas as configurações de conexão dos equipamentos com o *gateway ITG 200*, assim como uma revisão da comunicação com o *software tago.io*.

Além disso, ocorreu uma substituição de um artefato desenvolvido previamente que apresentou um defeito irreparável, referente à detecção da presença do colaborador. Nesse sentido, foi realizada a compra de um sensor específico para a solução do problema, na Figura 17, pode-se ver o resultado de tal alteração.



Figura 17 – Sensor de presença instalado na cadeira
Fonte: (**Autoral**)

Após a reinstalação dos equipamentos e realizada a verificação das conexões e funcionamento dos mesmos, foram realizadas entrevistas com membros e ex-membros do setor industrial. Tais membros foram responsáveis pela criação do sistema atualmente utilizado para o acompanhamento de produtividade, e prestam ou prestaram auxílio na sua manutenção e atualização. Dessa forma, ocorreu a identificação de pontos de melhorias e pontos críticos de funcionamento do sistema.

Os pontos de melhoria e pontos críticos encontrados são listados a seguir:

- número excessivo de planilhas e formulários;
- dificuldades de integração entre *ERP Sapiens* e *Google Sheets*;
- lentidão no processamento das informações;
- necessidade de manutenção excessiva;
- falhas no registro de informações.

5.2 ETAPA 2 - DESENVOLVIMENTO DE CÓDIGOS

Com a conclusão da Etapa 1, deu-se início à Etapa 2 do desenvolvimento. Essa fase do projeto foi marcada pelo progresso referente ao desenvolvimento do código de automação de processos, tratamento de dados e pela criação das interfaces gráficas de auxílio. Os objetivos desta etapa inicial do projeto são listados abaixo:

- Desenvolvimento do código de automação de processos;
- Desenvolvimento do código de tratamento de dados;
- Desenvolvimento das interfaces gráficas de auxílio.

Antes de começar o desenvolvimento dos códigos referentes à automação de processos, tratamento de dados e interfaces gráficas de auxílio foi realizada a instalação do ambiente de programação *PyCharm*. *PyCharm* é um ambiente de programação desenvolvido pela *JET BRAINS* especializado para a utilização da linguagem *Python* e amplamente utilizado no mercado. Alguns dos principais recursos são listados abaixo:

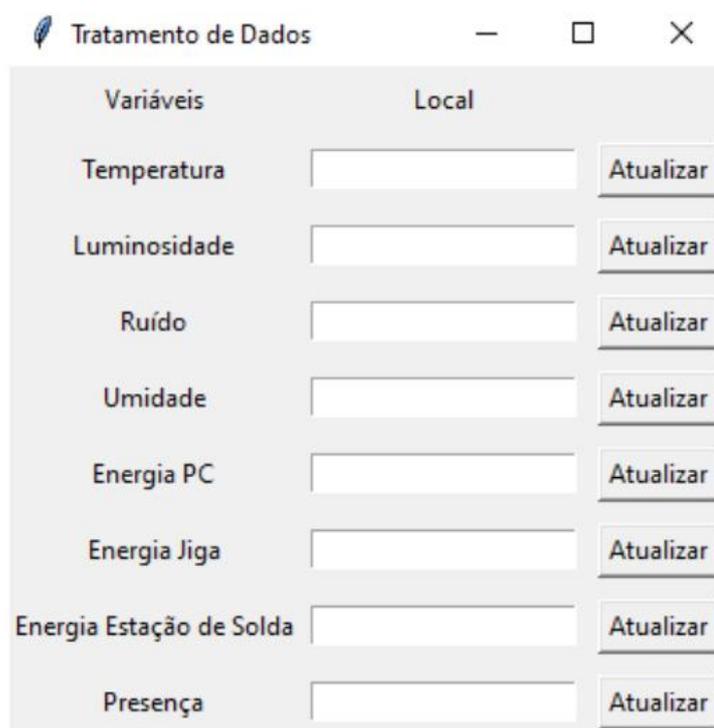
- Assistência para codificação inteligente;
- Ferramentas incorporadas para desenvolvedores;
- Desenvolvimento Web;
- Ferramentas científicas;
- IDE personalizável e multiplataformas.

Após a instalação do ambiente de programação foi realizada a instalação das bibliotecas (assunto abordado no Capítulo 3). Com essa atividade concluída foi dado início ao desenvolvimento dos códigos. A escrita dos códigos foi realizada de forma paralela entre si, pois as funcionalidades e operações eram testadas nos protótipos de telas. No entanto, para uma melhor compreensão do leitor, o desenvolvimento do código foi segmentado em 3 partes, sendo cada uma delas referente a uma das funções propostas. Dessa forma, segue a descrição dos processos de desenvolvimento do código.

5.2.1 Código das interfaces gráficas de auxílio

As interfaces gráficas de auxílio foram desenvolvidas com o intuito de auxiliar o usuário a realizar as atualizações de dados no sistema proposto. Inicialmente foram criadas duas telas, sendo que a primeira tela desenvolvida tem como função auxiliar nas atualizações dos dados ergonômicos. Essa tela é composta pela lista de variáveis ergonômicas seguidas por campos vazios, onde o usuário consegue preencher com a informação do local (endereço) de armazenamento da planilha previamente baixada do sistema da *tago.io*. Ao lado de cada um dos campos de preenchimento, há um botão que quando acionado dispara a rotina de adequação de dados a ele atribuído. O resultado da utilização dessa tela é um arquivo no formato de tabela (.csv) com as informações ergonômicas devidamente organizadas e filtradas, no formato ideal para serem utilizadas no modelo criado para o *Power BI*. Na Figura 18 é possível visualizar a interface auxiliar referente ao tratamento de dados ergonômicos.

Já a segunda tela desenvolvida contém mais funcionalidades atribuídas à automação de processos. Nessa tela existem 3 setores, o primeiro consiste em uma acesso alternativo para o sistema *ERP - Sapiens*, assim, o usuário pode acessar o *ERP* por onde achar mais adequado. O segundo setor é referente ao acesso de relatórios dentro



The image shows a window titled "Tratamento de Dados" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The window contains a table with two columns: "Variáveis" and "Local". Each row in the table has a text input field under the "Local" column and a button labeled "Atualizar" to its right. The variables listed are: Temperatura, Luminosidade, Ruído, Umidade, Energia PC, Energia Jiga, Energia Estação de Solda, and Presença.

Variáveis	Local	
Temperatura	<input type="text"/>	Atualizar
Luminosidade	<input type="text"/>	Atualizar
Ruído	<input type="text"/>	Atualizar
Umidade	<input type="text"/>	Atualizar
Energia PC	<input type="text"/>	Atualizar
Energia Jiga	<input type="text"/>	Atualizar
Energia Estação de Solda	<input type="text"/>	Atualizar
Presença	<input type="text"/>	Atualizar

Figura 18 – Interface auxiliar - Ergonomia
Fonte: (Autoral)

do ERP. Muitas vezes esses "caminhos" de acessos são longos e facilmente confundidos, assim através de um mapeamento prévio do processo realizado foi possível criar rotinas que automatizassem todo esse procedimento. Esse segundo setor é composto por dois campos de entrada de datas (data inicial e data final) referentes ao período de análise do relatório desejado, uma *checkbox* para se ter um relatório diário (data inicial é igual a data final) e 3 botões com as descrições de 3 relatórios muito utilizados pelos líderes do setor industrial. Por fim, o terceiro e último setor é composto por botões que têm atribuídos a eles as rotinas de atualização das bases de dados para a realização do acompanhamento de produtividade do setor. Essas bases são oriundas de diversas fontes de dados, sendo o *ERP-Sapiens* e o *Google Sheets* as principais delas. Cada rotina realiza a extração e o tratamento específico para cada uma das tabelas e as salva em um formato ideal para serem utilizadas no modelo criado no *Power BI*. Na Figura 19 pode-se visualizar a interface auxiliar referente aos processos de obtenção de dados produtivos.

O processo de desenvolvimento de ambas telas foram similares. Primeiramente, foi criada uma janela genérica por meio de dois comandos presentes na biblioteca *Tkinter*: *Tk()* e *.mainloop()*. Dessa forma quando o código for executado, a tela permanecerá visível.

A partir da criação da janela, foi possível realizar edições básicas, como inserção de título através do método *.title()*. Em seguida, foram implementados textos de

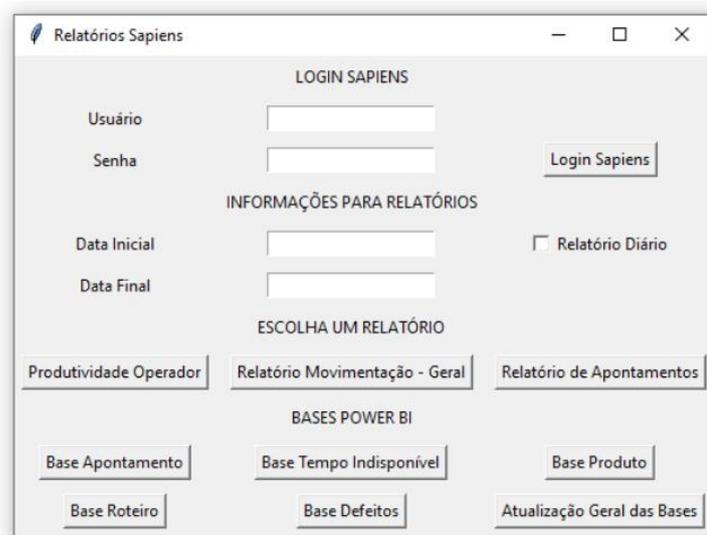


Figura 19 – Interface auxiliar - Produtividade
Fonte: (**Autoral**)

orientações por meio do código `Label()` e sua organização espacial na tela foi realizado pelo método `.grid()`, com o qual é possível gerenciar a geometria da grade, setando um valor de linha (`row`) e coluna (`column`), iniciando pelo 0.

O passo seguinte foi a inserção dos botões por meio do método `Button()`. O método `.grid()` também foi utilizado para organizar a disposição dos botões. Através de edições dos parâmetros `text` e `command` foi alterado o nome e o comando (associado a uma função) do botão.

Já para a inserção das caixas de texto foram utilizados os códigos `label()` e `entry()`. Ambos associados ao método `.grid()` para realizar a organização dos elementos.

Na Figura 20, pode-se visualizar um recorte do código de desenvolvimento de interfaces gráficas. O código integral pode ser visto no Apêndice A.

5.2.2 Código de automação de processos

Inicialmente, foram analisados os processos mais repetitivos realizados pelos líderes do setor industrial. Juntamente com o setor de engenharia de produção e as lideranças do setor industrial foram mapeados os processos de obtenção de três relatórios contendo informações imprescindíveis referentes à produtividade do setor. Além disso, também foi desenvolvida uma forma de acesso alternativo para o *ERP-Sapiens*. Também foram desenvolvidos códigos de automação de processos capazes de realizar toda a atualização das tabelas de informações acerca da produtividade e do acompanhamento ergonômico. Essas rotinas foram vinculadas a elementos das interfaces gráficas, como mencionado na Subseção 5.2.1.

Para uma melhor forma de organização de desenvolvimento dos códigos, cada processo mapeado gerou uma função específica. Dessa forma, o código final ficou

```
# CONFIGURAÇÃO DAS JANELAS #
janela.title("Relatórios Sapiens")
texto_orientacao = Label(janela, text="LOGIN SAPIENS")
texto_orientacao.grid(column=1, row=0, padx=5, pady=5)

texto_orientacao1 = Label(janela, text="ESCOLHA UM RELATÓRIO")
texto_orientacao1.grid(column=1, row=6, padx=5, pady=5)

texto_orientacao2 = Label(janela, text="INFORMAÇÕES PARA RELATÓRIOS")
texto_orientacao2.grid(column=1, row=3, padx=5, pady=5)

texto_orientacao3 = Label(janela, text="BASES POWER BI")
texto_orientacao3.grid(column=1, row=9, padx=5, pady=5)

caixa1 = Label(janela, text="Usuário").grid(row=1, padx=5, pady=5)
caixa2 = Label(janela, text="Senha").grid(row=2, padx=5, pady=5)
caixa3 = Label(janela, text="Data Inicial").grid(row=4, padx=5, pady=5)
caixa4 = Label(janela, text="Data Final").grid(row=5, padx=5, pady=5)

e1 = Entry(janela) # Entrada de Usuário
e1.grid(row=1, column=1, padx=5, pady=5)
e2 = Entry(janela, show="*") # Entrada de Senha
e2.grid(row=2, column=1, padx=5, pady=5)
e3 = Entry(janela) # Entrada de Data Inicial
e3.grid(row=4, column=1, padx=5, pady=5)
e4 = Entry(janela) # Entrada de Data Final
e4.grid(row=5, column=1, padx=5, pady=5)

check = BooleanVar()
check.set(False)
flagData = Checkbutton(janela, text="Relatório Diário", var=check)
flagData.grid(column=2, row=4)

botaoAcesso = Button(janela, text="Login Sapiens", command=acessarERP)
botaoAcesso.grid(row=2, column=2)

botao1 = Button(janela, text="Produtividade Operador", command=prod_operador)
botao1.grid(column=0, row=7, padx=5, pady=5)

botao2 = Button(janela, text="Relatório Novimentação - Geral", command=relatorioinovimentacao)
botao2.grid(column=1, row=7, padx=5, pady=5)

botao3 = Button(janela, text="Relatório de Apontamentos", command=relatorioapontamento)
botao3.grid(column=2, row=7, padx=5, pady=5)

botao7 = Button(janela, text="Base Apontamento", command=relatorioinovimentacao)
botao7.grid(column=0, row=10, padx=5, pady=5)

botao8 = Button(janela, text="Base Tempo Indisponível", command=atualizar_tempo_indisp)
botao8.grid(column=1, row=10, padx=5, pady=5)

botao9 = Button(janela, text="Base Produto", command=janelaAtualizar)
botao9.grid(column=2, row=10, padx=5, pady=5)

botao10 = Button(janela, text="Base Roteiro", command=janelaAtualizar)
botao10.grid(column=0, row=11, padx=5, pady=5)

botao11 = Button(janela, text="Base Defeitos", command=atualizar_base_defeitos)
botao11.grid(column=1, row=11, padx=5, pady=5)

botao12 = Button(janela, text="Atualização Geral das Bases", command=lambda: [relatorioinovimentacao(),
atualizar_base_defeitos(),
atualizar_tempo_indisp(),
janelaAtualizar()])

botao12.grid(column=2, row=11, padx=5, pady=5)

janela.mainloop()
pyautogui.alert("Programa finalizado")
```

Figura 20 – Recorte do código de desenvolvimento de interface gráfica
Fonte: (Autorial)

mais segmentado e visivelmente ordenado.

As funções iniciam com o termo *def*, seguido do nome atribuído a função e finalizada com a abertura e fechamento de parenteses e dois pontos finais (:). A seguir são detalhadas algumas das funções desenvolvidas.

- **Acesso alternativo ao ERP - Sapiens:** Foi desenvolvida uma forma alternativa de acessar o ERP - Sapiens, pois o operador do sistema desenvolvido irá necessariamente realizar o login no ERP para poder utilizar as funcionalidades do sistema. Dessa forma, o usuário pode escolher acessar o ERP pelo modo mais conveniente. Vale citar que se o ERP já estiver aberto no computador, as funcionalidades do sistema desenvolvido continuam a funcionar normalmente.

Para essa função, foi utilizada uma série de métodos presentes na biblioteca *PyAutoGUI*. Com a sucessão desses métodos foi possível recriar o processo de acesso ao ERP - Sapiens.

1. *.hotkey()*: Utilizado para acessar atalhos no teclado;
2. *.write()*: Utilizado para escrever informações;
3. *.press()*: Utilizado para pressionar determinada tecla;
4. *.get()*: Utilizado para armazenar informações digitadas;
5. *.sleep()*: Utilizado para dar uma pausa na leitura do código.

Dentre os métodos citados, vale ressaltar a funcionalidade o método `.get()` que realiza o armazenamento das informações (*inputs*) nas interfaces gráficas referentes a obtenção de informações produtivas.

- **Acesso rápido aos relatório:** Dentro do *ERP* existem diversos relatórios que podem ser extraídos. Os relatórios utilizados pelas lideranças do setor industrial e pelo setor de engenharia contém informações referentes ao desempenho da produção. Em muitos casos, a extração de certos relatórios é diária, porém podem ser extraídos selecionando qualquer período temporal, desde que o mesmo faça sentido lógico. Os três relatórios mapeados e que tiveram seu processo de extração automatizados são:

1. Produtividade por operador;
2. Movimentação de movimentação de estoque - Geral;
3. Acompanhamento de produção.

Tanto o código de automação de processos quanto o das interfaces gráficas foram desenvolvidos levando em conta o conceito de escalabilidade. Dessa forma, ambos os códigos podem ser expandidos de forma simples, permitindo uma ampliação da tela e dos processos automatizados.

De forma análoga à função de acesso ao *ERP - Sapiens*, as funções de acesso rápido aos relatórios seguem a mesma estrutura de sequenciamento de passos específicos e utilização de métodos para recriar o processo desejado. Os métodos mais presentes nessas funções são:

1. `.press()`: Utilizado para pressionar determinada tecla;
2. `.get()`: Utilizado para armazenar informações digitadas;
3. `.write()`: Utilizado para escrever informações;
4. `.sleep()`: Utilizado para dar uma pausa na leitura do código.

- **Atualização de bases para o BI - Produtividade:** O modelo criado no *Power BI* para acompanhar a produtividade do setor utiliza 5 bases de dados, sendo elas:

1. Base apontamento;
2. Base tempo indisponível;
3. Base defeitos;
4. Base produtos;
5. Base roteiros.

A *Base apontamento* se trata do registro de produtividade do operador. Ao finalizar o processo de montagem, teste e embalagem do produto, o operador realiza o registro desse produto no sistema, o qual tem o seu saldo transferido do estoque de produção para o estoque da expedição (produto pronto para envio). Essa base é retirada de uma tela presente dentro do *ERP-Sapiens* de forma automatizada, além disso, a tabela extraída passa por uma adequação que remove algumas colunas com informações não necessárias para o objetivo de avaliar a produtividade. Assim, tem-se a atualização da base apontamento de forma automatizada e no fim do processo se tem uma tabela com as informações necessárias para a avaliação da produtividade que é realizada dentro do *Power BI*.

Para a função de atualização da base apontamento foi utilizada a lógica de sequenciamento de passos específicos e utilização de métodos para recriar o processo. Se destacam os métodos *.press()*, *.get()* e *.write()*. Já para o tratamento da planilha foram utilizados métodos presentes na biblioteca *Pandas*, sendo eles:

1. *.read_csv()*: Realiza a leitura de um arquivo no formato *.csv*;
2. *.drop()*: Realiza a eliminação de colunas;
3. *.to_csv()*: Realiza o armazenamento da nova tabela em um arquivo no formato *.csv*.

As bases *tempo indisponível* e *defeitos* são extraídas diretamente do *Google Sheets*. A criação dessas bases estão vinculadas às respostas dos operadores, por meio dos formulários online, onde registram o tempo indisponível (tempo não produtivo) e os defeitos ocorridos durante o processo de produção (montagem, teste e embalagem). Essas bases são acessadas pro meio de *API's* disponibilizadas pela própria plataforma do *Google*.

Já as bases de *produtos* e *roteiros* podem ser atualizadas de forma manual, uma vez que não são criados produtos e roteiros em demasia. A base *produtos* é extraída diretamente de um relatório elaborado dentro do *ERP-Sapiens*. Por se tratar de uma tabela que contém muitas informações acerca dos produtos, foram selecionadas apenas colunas com informações relevantes para o estudo em questão. Dessa forma a base *produtos* é composta pelo código do produto, roteiro, descrição e situação (ativo ou inativo).

Por sua vez, a base *roteiros* tem origem em um relatório extraído diretamente do *ERP - Sapiens*. Assim como a base *produtos*, a base *roteiros* se trata de uma tabela com diversas colunas com dados informativos, porém apenas se faz necessário o código do roteiro e o tempo atribuído a ele. Dessa forma, a configuração final da base *roteiros* é composta por duas colunas (código do roteiro e o tempos).

É importante salientar que o *ERP-Sapiens* não permite a criação de um produto sem a vinculação de um roteiro e vice-versa. Porém é possível que mais de um produto tenha associado a ele o mesmo roteiro.

Como mencionado anteriormente, a atualização das bases de *produtos* e *roteiros* pode ser realizada de forma manual e, para isso, foi desenvolvida uma tela secundária para a inserção das informações necessárias. O desenvolvimento desta tela segue a mesma lógica implementada para na subseção 5.2.1.

- **Atualização de bases para o BI - Ergonomia:** O modelo criado no *Power BI* para acompanhar a ergonomia do setor industrial leva em consideração 5 variáveis ambientais (temperatura local, luminosidade incidente, umidade relativa, ruído ambiente e tempo de musculatura estática do colaborador). Além disso, também é realizado o acompanhamento do energético de uma bancada de testes específica, onde são verificados os gastos energéticos referentes ao computador, a estação de solda e a utilização de jigas de testes, que se tratam de dispositivos capazes de simular um ambiente de testes dos produtos. Nesse sentido, tem-se um total de 8 bases de dados.

1. Base Temperatura;
2. Base Luminosidade;
3. Base Umidade;
4. Base Ruído;
5. Base Presença;
6. Base Energia_PC;
7. Base Energia_Solda;
8. Base Energia_Jiga.

Todas as 8 bases em questão são extraídas de forma manual da plataforma *tago.io*, plataforma utilizada para projetos anteriores. As tabelas são extraídas em um formato que não é adequado para o modelo criado no *Power BI*, sendo necessário realizar uma manipulação da tabela original. Dessa forma, é utilizada a interface auxiliar, Figura 18, para realizar tal manipulação. Ao final tem-se tabelas compatíveis com o modelo proposto, na estrutura de dados composta por 3 colunas, sendo elas: Data, Horário e Valor.

Para as funções de atualizações das bases de dados ergonômicos apresentam métodos da biblioteca *Pandas*, pois é necessário realizar apenas o tratamento das tabelas. Nessas funções se destacam os seguintes métodos:

1. `.read_csv()`: Realiza a leitura de um arquivo no formato `.csv`;

```

def relatoriomovimentacao():
    # ACESSO A TELA
    pyautogui.hotkey('winleft', 'm')
    pyautogui.press("tab")
    pyautogui.press("tab")
    pyautogui.press("tab")
    pyautogui.press("enter")
    pyautogui.press("altleft")
    pyautogui.press("right")
    pyautogui.press("right")
    pyautogui.press("down")
    pyautogui.press("up")
    pyautogui.press("right")
    pyautogui.press("right")
    pyautogui.press("down")
    pyautogui.press("right")
    pyautogui.press("down")
    pyautogui.press("enter")

    # PREENCHENDO INFORMAÇÕES
    pyautogui.press("tab")
    pyautogui.write("EXP")
    pyautogui.press("tab", presses=3)
    pyautogui.write(e3.get(), interval=0.10)
    time.sleep(1)
    pyautogui.press("tab")
    time.sleep(1)
    pyautogui.write(e4.get(), interval=0.10)
    pyautogui.press("tab", presses=4)
    pyautogui.press("enter") # ENTRA NA TELA DE SELEÇÃO

    # TABELA DE SELEÇÃO
    pyautogui.press("tab", presses=18)
    pyautogui.write("36,107,147,235,259,281,254,52,37,246,278,243,257,135")
    pyautogui.press("tab", interval=0.10, presses=6)
    pyautogui.write("E")
    pyautogui.press("tab", presses=4)
    pyautogui.press("enter")
    pyautogui.press("enter")
    time.sleep(6)

    # EXPORTAR TABELA
    pyautogui.click("procura_imagem.PNG")
    time.sleep(1)
    pyautogui.rightClick()
    time.sleep(1)
    pyautogui.press("down")
    pyautogui.press("enter")
    time.sleep(1)
    pyautogui.write("relatorio_movimentacao", interval=0.10)
    pyautogui.press("tab", interval=0.10, presses=4)
    pyautogui.press("p")
    pyautogui.press("enter")
    pyautogui.press("enter")
    pyautogui.press("enter")

```

Figura 21 – Recorte do código de automação de processos desenvolvido
Fonte: (**Autoral**)

2. *.dropna()*: Realiza o descarte de colunas com valor nulo;
3. *.split()*: Realiza a separação de informações de colunas;
4. *.drop()*: Realiza a eliminação de colunas;
5. *.loc()*: Realiza a localização de informações baseada em condições;
6. *.to_csv*: Realiza o armazenamento da nova tabela em um arquivo no formato *.CSV*.

Na Figura 21 pode-se ver um recorte do código de automação de processos desenvolvido.

5.2.3 Código de tratamento de dados

Para o desenvolvimento dos códigos de tratamento de dados foi utilizada a biblioteca *Pandas*, descrita no Capítulo 3. Também foram utilizados os mesmos métodos descritos na Subseção 5.2.2 no tópico Atualização de bases para o BI - Ergonomia.

O objetivo dos códigos de tratamento de dados é tornar as tabelas de dados originais em bases de dados compatíveis com o modelo proposto para serem utilizadas no *Power BI*. Dessa forma, os códigos de tratamento de dados servem para refinar as informações desejadas.

```

def temperatura():
    tabela = pd.read_csv(e1.get())
    # Descartando colunas com valor nulo para evitar erros
    tabela.dropna(inplace=True)
    # Nova Data com Split das colunas "Name" separado por espaços
    new = tabela["Date and Time"].str.split(" ", n=2, expand=True)
    # Criando a Nova Coluna "Data" com o new[0]
    tabela["Data"] = new[0]
    # Criando a Nova Coluna "Hora" com o new[1]
    tabela["Hora"] = new[1]
    # Retirando a antiga coluna "Date and Time"
    tabela.drop(columns=["Date and Time"], inplace=True)
    # Pegar linhas com uma condição
    t1 = tabelaTemp.loc[tabelaTemp['Data'] == '04/12/2021']
    t2 = tabela.loc[tabela['Hora'] >= '07:45']
    t3 = t2.loc[t2['Hora'] <= '18:30']
    t3.to_csv('C:/Users/Khomp/Desktop/pandas_pycharm/BASE_TEMPERATURA.csv', index=False)
    arquivo_antigo = e1.get()
    os.remove(arquivo_antigo)

def presenca():
    tabela = pd.read_csv(e8.get())
    tabela.dropna(inplace=True)
    new = tabela["Date and Time"].str.split(" ", n=2, expand=True)
    tabela["Data"] = new[0]
    tabela["Hora"] = new[1]
    tabela.drop(columns=["Date and Time"], inplace=True)
    tabela.drop_duplicates()
    t2 = tabela.loc[tabela['Hora'] >= '07:45']
    t3 = t2.loc[t2['Hora'] <= '18:30']
    t3.to_csv('C:/Users/Khomp/Desktop/pandas_pycharm/BASE_PRESENCA.csv', index=False)
    arquivo_antigo = e8.get()
    os.remove(arquivo_antigo)

```

Figura 22 – Recorte do código de tratamento de dados desenvolvido
Fonte: (Autoral)

Os códigos realizam uma sequência de procedimentos nas tabelas originais e no final entregam uma base de dados apropriada para o utilização em questão. Os procedimentos realizados são:

- Adequação de colunas: separação de informações em colunas diferentes, renomeação de colunas, exclusão de colunas com informações não necessárias;
- Adequação de linhas: remoção de duplicatas e filtros de horários

Na Figura 22 pode-se ver um recorte do código de tratamento de dados desenvolvido.

5.3 ETAPA 3 - DESENVOLVIMENTO DOS DASHBOARDS DE ACOMPANHAMENTO

A Etapa 3 teve seu início paralelamente ao final da Etapa 2. Essa última etapa do desenvolvimento teve como os principais objetivos:

- Vincular base de dados ao *Power BI*;
- Manipulação de dados dentro do *software Power BI*;

- Desenvolvimento dos *dashboards* de acompanhamento ergonômico;
- Desenvolvimento dos *dashboards* de acompanhamento de desempenho.

5.3.1 **Dashboards de Acompanhamento**

O desenvolvimento dos *dashboards* se iniciou após a verificação do modelo de sistema BI, isto é, após testes de inserção das bases de dados e a criação dos relacionamentos entre as bases. Dessa forma, o desenvolvimento prosseguiu com uma maior segurança e confiabilidade.

Foram desenvolvidos um total de 10 *dashboards*. Sendo eles:

1. Painel Principal;
2. Painel de Acompanhamento de Desempenho;
3. Painel de Produtos e Defeitos;
4. Painel de Acompanhamento da Temperatura;
5. Painel de Acompanhamento da Umidade;
6. Painel de Acompanhamento da Luminosidade;
7. Painel de Acompanhamento do Ruído;
8. Painel de Acompanhamento de Presença;
9. Painel de Acompanhamento Energético;
10. Painel de Indicadores.

Com o intuito de otimizar e padronizar a criação dos *dashboards*, foi elaborado um modelo de cabeçalho padrão. Esse modelo segue uma arquitetura com 3 itens:

- Título central;
- Filtro de data no canto superior direito;
- Botão de retorno no canto superior esquerdo.

Dos 10 *dashboards* desenvolvidos o único que não apresenta o botão de retorno é o *Painel Principal*, uma vez que é nele que se concentram os links de acesso aos demais painéis. Sendo assim, ele não tem um painel específico de retorno.

Como mencionado, o *Painel Principal* contém os links de acesso para os demais painéis. Esse painel é composto por uma série de botões, mostradores e um gráfico. O objetivo desse painel é centralizar os caminhos para os demais painéis e mostrar



Figura 23 – Botões para direcionar aos *dashboards* de acompanhamento do setor industrial

Fonte: (Autorial)

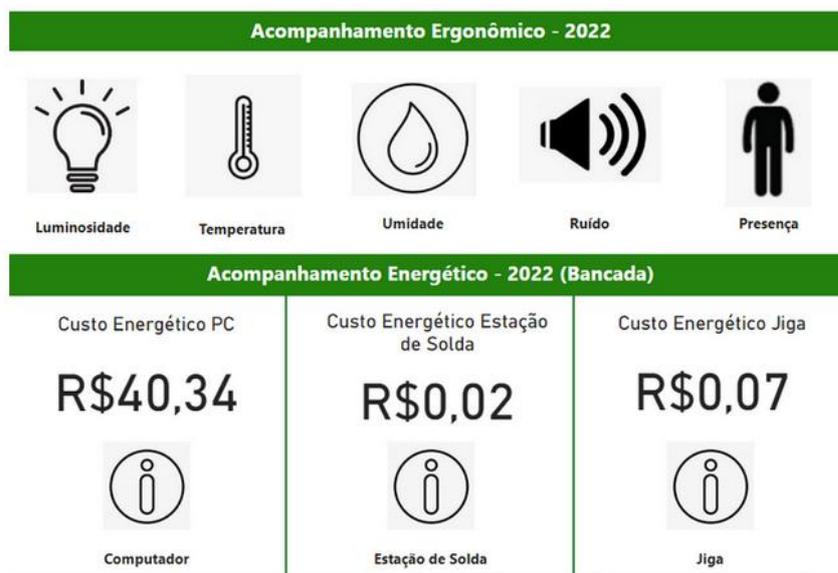


Figura 24 – Botões para direcionar aos *dashboards* de acompanhamento ergonômico e energético da bancada

Fonte: (Autorial)

informações sobre o gasto energético da bancada, indicadores e o *OEE* do setor industrial.

Inicialmente foram desenvolvidos os botões referentes ao acompanhamento do setor industrial. Assim, tem-se os 6 botões dispostos em linha, logo abaixo do cabeçalho. Os botões podem ser visualizados na Figura 23.

Em seguida, foram desenvolvidos os botões referentes ao acompanhamento ergonômico e energético da bancada. Somando um total de 8 botões dispostos em duas linhas, pode-se ver na Figura 24 a disposição dos elementos.

Na seção de acompanhamento energético existem também 3 mostradores. Esse elementos expõem informações do custo da bancada que são obtidos através do cálculo consumo de energia elétrica dos equipamentos. Tendo as informações de potência dos equipamentos e quanto tempo cada um deles ficou em funcionamento é possível calcular o consumo por hora dos equipamentos através da multiplicação de ambos os fatores. Por fim, multiplica-se o valor obtido pelo valor da tarifa média de energia, disponibilizado pela empresa de distribuição de energia. Os mostradores podem ser visualizados na Figura 24.

Por fim, ainda no *Painel Principal*, há uma seção dedicada à visualização dos



Figura 25 – Elementos referentes aos indicadores
Fonte: (Autoral)

indicadores: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Os 3 indicadores são apresentados por mostradores seguidos por um gráfico de colunas verticais, o qual mostra o *OEE* diário do setor industrial, considerando todos os setores.

Ainda na seção de indicadores, existe um botão, à direita do cabeçalho secundário ("Indicadores") que direciona o usuário para um painel específico dos indicadores apresentados. Os elementos citados podem ser vistos na Figura 25.

Para o acompanhamento de desempenho foi elaborado apenas um *dashboard*. No entanto, há um filtro para cada um dos quatro setores analisados, sendo eles, MTO (*Make to Order*), MTS (*Make to Stock*), T1 (Teste 1) e Industrialização Interna, permitindo que os quatro setores utilizem a mesma estrutura do *dashboard*. Além disso, também existe um filtro de operador que permite a visualização de informações referente a um operador específico.

O *dashboard* de acompanhamento de desempenho é composto por 4 gráficos que mostram informações acerca do tempo produtivo, tempo ocioso e produtividade (do setor ou operador). O *dashboard* pode ser visto na Figura 26.

As informações dos gráficos são oriundas de cruzamentos de dados das bases apontamento, tempo indisponível, produto e roteiro. A partir da base apontamento consegue-se saber quais e quantos produtos foram produzidos em determinado tempo (em dias), além de saber qual operador foi responsável pela produção. Unindo essas informações com as informações sobre o tempo de roteiro (tempo necessário para a produção de um produto específico) é possível descobrir o tempo produtivo (do setor ou operador). Por sua vez, as informações sobre o tempo ocioso tem origem na base



Figura 26 – Painel de acompanhamento de desempenho
 Fonte: (Autoral)

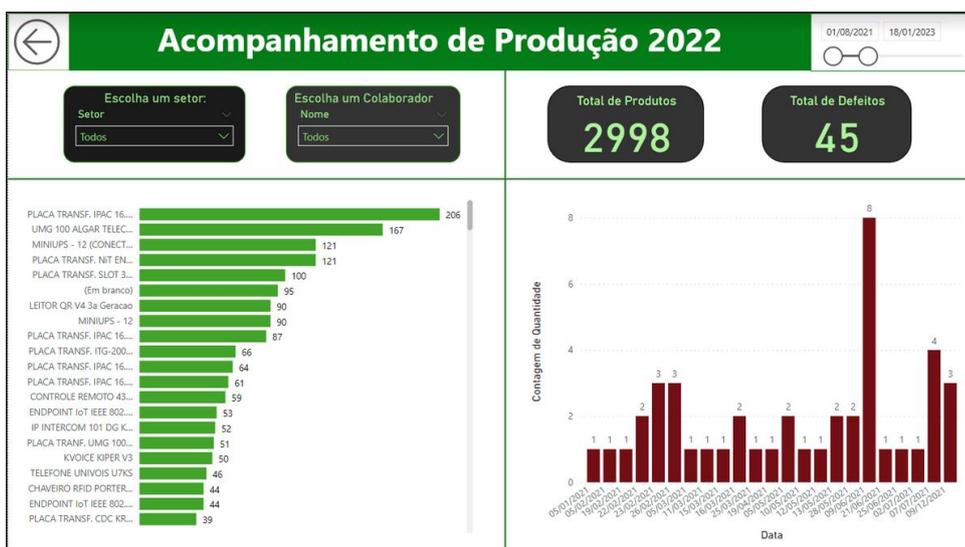


Figura 27 – Painel de acompanhamento de desempenho
 Fonte: (Autoral)

tempo indisponível.

É realizada uma comparação com entre os valores de tempo produtivo e tempo ocioso e, com base nisso, é pode-se visualizar o percentual de composição desses tempo no tempo de trabalho (gráfico inferior esquerdo na Figura 26). Por fim, foi realizado um cálculo do produtividade que pode ser visto no gráfico inferior direito, na Figura 26.

Para o acompanhamento de produtos e defeitos foi utilizado apenas um *dashboard*, onde são encontradas as informações sobre produtos e defeitos. O *dashboard* pode ser visualizado na Figura 27.

Nesse *dashboard* foram implementados filtros de operadores e setores. Dessa forma, é possível visualizar informações de produção de um operador individual ou do

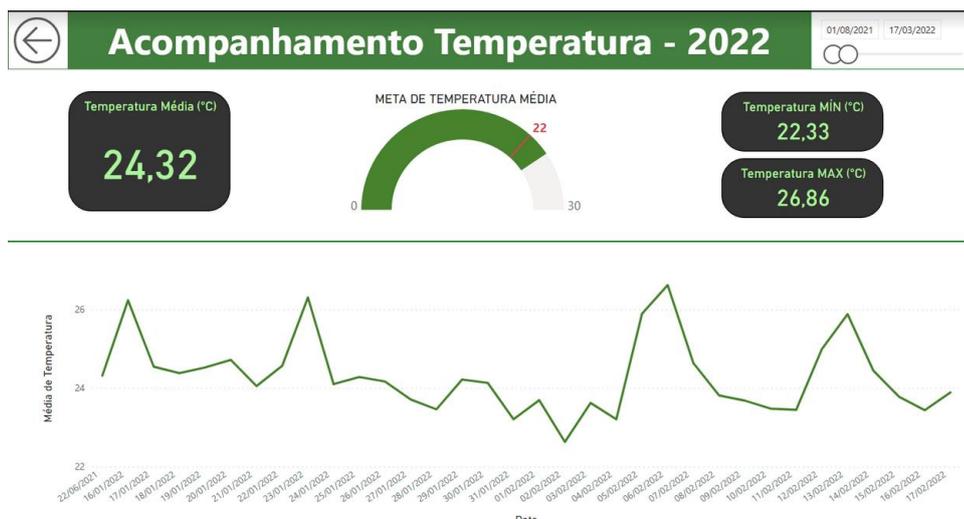


Figura 28 – Painel de acompanhamento ergonômico (temperatura)
Fonte: (**Autoral**)

setor como um todo. A mesma lógica é aplicada para o visualizar as informações de defeitos. Existem dois gráficos no *dashboard*, um para expor informações de produtos que foram produzidos e outro para expor os defeitos ocorridos. Essas informações são importantes para o cálculo do indicador de qualidade, utilizado para encontrar o *OEE*.

Para os painéis de acompanhamento ergonômico (acompanhamento de temperatura, umidade, luminosidade e ruído) foi desenvolvido um modelo padrão de *dashboard*. Isso se deve ao fato das informações serem modeladas de forma semelhante, além de apresentarem o mesmo período de amostragem. Esses *dashboards* são compostos por mostradores na sua parte superior e um gráfico na parte inferior. Nos mostradores tem-se informações como: valores máximos e mínimos, valores de referência e médias. Já nos gráficos, pode-se visualizar o histórico e a variação de determinada variável ao longo do tempo. Na Figura 28 pode-se ver um exemplo de *dashboard* de acompanhamento ergonômico.

Para o acompanhamento energético foi desenvolvido um *dashboard* com as informações dos 3 equipamentos monitorados (computador, estação de solda e fonte de jigas). Nesse *dashboard* existem 3 seções na parte superior, sendo uma para cada equipamento, contendo mostradores e, na parte inferior existem dois gráficos. Nos mostradores são apresentadas as informações de energia utilizada pelo equipamento e tempo de utilização do equipamento de cada um dos equipamentos. Por fim, nos gráficos é possível visualizar os históricos de atividade dos equipamentos. Na Figura 29 tem-se o *dashboard* de acompanhamento energético desenvolvido.

Para o *dashboard* de acompanhamento de presença, foi utilizada a mesma estrutura do painel de acompanhamento ergonômico, porém foram realizadas certas modificações. Na parte superior do *dashboard* há informações como médias e tempos de presença do colaborador na bancada. Na parte inferior, existe um gráfico que cruza

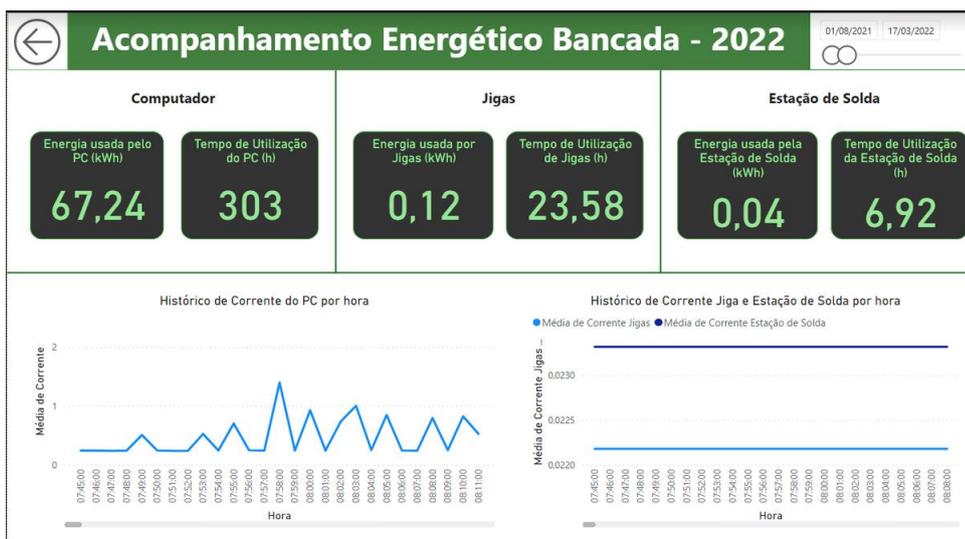


Figura 29 – Painel de acompanhamento energético
 Fonte: (Autorial)

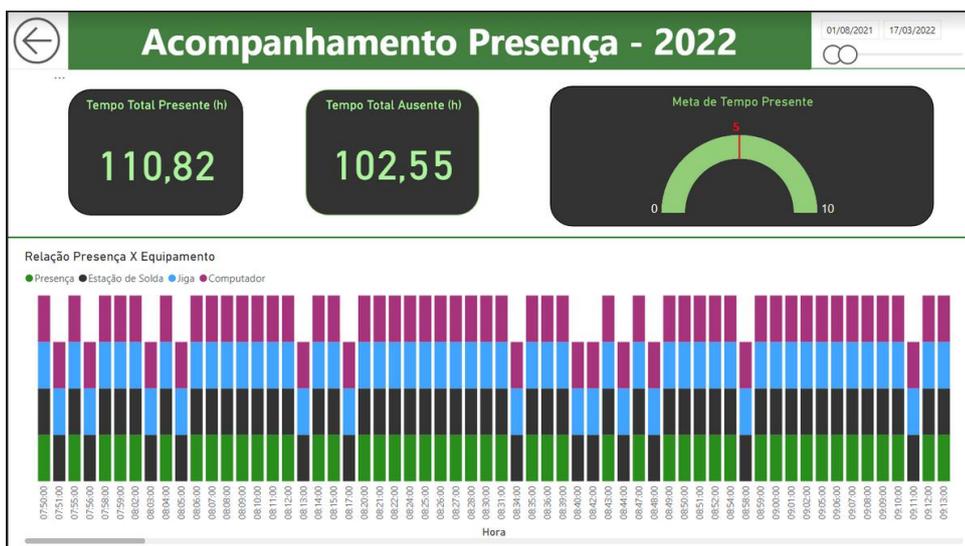


Figura 30 – Painel de acompanhamento de presença
 Fonte: (Autorial)

informações acerca da presença do colaborador na bancada com informações de utilização dos equipamentos. Dessa forma, é possível estudar o tempo de utilização de determinado equipamento, o gasto de energia dos equipamentos na ausência do operador, além de questões de segurança, como a permanência de algum equipamento ligado na bancada por um longo período de tempo na ausência do operador.

A lógica aplicada para o gráfico em questão foi atribuir o valor lógico 1 para cada momento que fosse detectada uma corrente diferente de 0 A nos equipamentos monitorados. Como o sensor de presença instalado também funciona com a mesma lógica binária (onde 1 representa a presença e 0 a ausência do operador), foi desenvolvido o gráfico do *dashboard* de acompanhamento de presença. Na Figura 30 é possível visualizar o *dashboard* de acompanhamento de presença.



Figura 31 – Painel de acompanhamento de indicadores
 Fonte: (Autorial)

Por fim, o *dashboard* de indicadores foi desenvolvido com o objetivo de facilitar a visualização dos indicadores. Nesse painel há uma série de mostradores com informações essenciais para o cálculo dos indicadores, na parte superior e na parte inferior existe um gráfico com os indicadores de disponibilidade, performance e qualidade. Os cálculos foram realizados dentro do *software Power BI* utilizando as fórmulas *DAX* (conteúdo presente no Capítulo 3) e as informações presentes nas bases de dados importadas para o *software*. Na Figura 31 é possível visualizar o *dashboard* de acompanhamento de indicadores.

6 RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo discutir os resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto. Pontos positivos e negativos acerca dos *dashboards* e dos códigos desenvolvidos são abordados. Soma-se a isso, uma seção particular para os objetivos alcançados.

6.1 DASHBOARDS

Os painéis desenvolvidos cumprem a sua função de expor as informações necessárias de forma simples e objetiva. No entanto, existem pontos de melhorias a serem abordados futuramente. Sendo assim, segue a descrição dos pontos positivos e negativos.

- **Pontos positivos**

1. Organização

Os *dashboards* foram criados a partir de um modelo padrão e com isso foi possível atingir um padrão visual e funcional dos *dashboards*. O painel principal funciona como um grande concentrador de *links* para os demais painéis, e todos os outros painéis apresentam *links* de retorno para o painel principal. Com isso, é criado um fluxo de navegação linear entre os painéis, permitindo uma melhor experiência no acesso a informação.

2. Funcionalidade

Os painéis apresentam uma grande funcionalidade devido à possibilidade de aplicação de filtros por parte do usuário. Todos os *dashboards* apresentam filtro de data, e existem ainda a possibilidade de aplicar filtros referentes aos operadores e setores. Soma-se a isso, a utilização de um *dashboard* para a visualização de informações referentes a quatro áreas distintas do setor industrial. Isso foi possível através da utilização de filtros de páginas e o resultado obtido foi uma redução no número de *dashboards*.

3. Assertividade

Todos os painéis desenvolvidos foram criados com o objetivo de simplificar a visualização de informações. Dessa forma, existem basicamente dois tipos de elementos nos *dashboards*: mostradores (cartões) e gráficos (colunas e circulares). Com tais elementos, são expostos apenas indicadores ou informações finais para o usuário, dados secundários são mantidos em variáveis ou nas próprias bases de dados.

- **Pontos negativos**

1. Quantidade excessiva de *dashboards*

Na concepção inicial do projeto, foram planejados o desenvolvimento de 10 *dashboards*. No entanto com desenrolar das etapas, foi notada a necessidade de criação de mais 2 painéis. Felizmente, foi possível realizar a aglutinação de *dashboards* e a utilização de filtros de páginas que proporcionaram uma redução do número de *dashboards* para um total de 8 painéis.

6.2 CÓDIGOS DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS

Em relação aos códigos de automação de processos, associados ao desenvolvimento das telas de auxílio, pode-se notar que são códigos de baixa complexidade, funcionais e desempenham suas funções de forma satisfatória. A seguir, são descritos pontos positivos e negativos acerca do assunto.

- **Pontos positivos**

1. Organização

Os códigos desenvolvidos apresentam características que tornam a sua leitura e entendimento simplificados. Desde a sua concepção, houve o objetivo de se criar códigos claros e intuitivos. Por meio de comentários e descrições ao longo da codificação e aplicação de identificações assertivas para variáveis e funções foi possível atingir esse objetivo. Soma-se a isso, a segmentação bem definida de rotinas e funções para uma melhor compactação do código final.

O código final apresenta um tamanho reduzido, pois foi realizada uma otimização, uma alteração em um dos parâmetros dos métodos disponíveis na biblioteca *PyAutoGUI*, que além de proporcionar uma redução no número de linhas do código também reduziu o tempo de execução.

2. Funcionalidade

O código é executado de forma rápida e fluida. Todas as funcionalidades apresentam um bom funcionamento, além do processo de edição ou atualização ser simples. Todo o código foi elaborado de forma escalável, isto é, foi desenvolvido já levando em conta futuras ampliações de funcionalidade. Sendo assim, se trata de um código fácil de ser incrementado, pois sua estrutura permite essas mudanças.

- **Pontos negativos**

1. Número de arquivos finais

O desenvolvimento inicial dos códigos foi realizado de forma separada, ou seja, um arquivo destinado para a criação da tela de auxílio para o tratamento de dados ergonômicos e o segundo arquivo para tratar da tela de auxílio para a obtenção e tratamento das informações referentes à produtividade do setor. No final, a ideia era unir os dois arquivos e gerar apenas um grande documento com um código integral, porém ao realizar tal tarefa, notou-se um grande número de ajustes que tornaram o atividade inviável. Dessa forma, os arquivos se mantiveram segregados.

6.3 OBJETIVOS ATINGIDOS

Com base nos objetivos principal e específicos descritos no Capítulo 1, pode-se notar que tanto o objetivo principal quanto os específicos foram atingidos com sucesso. Além disso, é possível notar melhorias que surgiram com a implantação do sistema. As melhorias são listadas a seguir:

1. Redução do tempo de atualização do sistema de acompanhamento

Após uma série de testes realizados com indivíduos do setor industrial da empresa, foi notória a redução de tempo para se realizar a atualização do sistema de acompanhamento. Com o sistema atual implantado, é necessário o emprego de mais de uma hora para realizar a duplicação das tabelas de cada setor interno (MTO, MTS, T1 e Industrialização Interna) com ajustes e atualizações, importação de dados de forma manual e revisão dos dados, além de uma revisão final nas tabelas específicas que geram os gráficos dos indicadores industriais.

Já com o modelo do sistema proposto houve uma queda considerável no tempo utilizado para tal atividade. O tempo de atualização dos dados ficou em uma média de aproximadamente 18 minutos, sendo apenas 8 minutos para a atualização das informações produtivas e os 10 minutos restantes para a atualização das variáveis ergonômicas.

2. Aumento da confiabilidade das informações

Inicialmente, havia fontes de dados que eram alimentadas por meio de respostas de formulários. No entanto, existiam problemas de registros de certas respostas sendo elas, esquecimentos por parte dos operadores, registros realizados de forma incorreta ou falhas do sistema. Nesse sentido, utilizando o sistema *ERP - Sapiens* como uma das fontes de dados referentes aos registros de apontamentos, foi possível elevar a confiabilidade das informações que são utilizadas no modelo *BI* proposto.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo final são feitas inferências relativas aos resultados obtidos. Além disso, também são descritas situações enfrentadas e pontos de melhoria para futuras atividades referentes ao projeto desenvolvido, na forma de incrementos e otimizações. Por fim, há uma breve conclusão acerca de todo o andamento e desenvolvimento do projeto.

7.1 SITUAÇÕES ENFRENTADAS

Durante o desenvolvimento do projeto ocorreram problemas de baixa e média gravidade. Nenhuma das adversidades inviabilizou o andamento do projeto integralmente, apesar de influenciarem no tempo disponível para o desenvolvimento do projeto. Sendo assim, segue uma lista com 4 situações que apresentaram barreiras para o desenvolvimento do projeto.

- **Adversidades na elaboração dos códigos:** Um desafio para o projeto foi a elaboração dos códigos necessários para realizar a automação de processos e o tratamento de dados. Apesar de saber das funcionalidades e da alta usabilidade da linguagem *Python* nas mais diversas áreas, aprender os métodos e formas de utilização das bibliotecas empregadas para o desenvolvimento do projeto foi uma atividade que demandou tempo. Além disso, todo o aprendizado vem acompanhado de muitos testes, dos quais nem sempre são obtidos resultados positivos. Foram realizadas pesquisas e utilizados tutoriais e fóruns *online*, leituras de artigos e vistas vídeo aulas sobre o assunto.
- **Dificuldades na manipulação de dados e na utilização de fórmulas *DAX* no *software Power BI*:** Existem diversas formas de se manipular os dados dentro do *software Power BI*. Essa pluralidade de meios torna as opções de desenvolvimento diversificadas, o que é uma das qualidades da ferramenta. No entanto, essa multiplicidade de caminhos tornou a decisão de escolha um pouco difícil, pois ao mesmo tempo que os recursos do *software* possibilitavam certos benefícios, eles também acabavam por ir de encontro a certas funcionalidades desenvolvidas nos códigos de tratamento de dados. Esse conflito foi perfeitamente percebido na utilização das fórmulas *DAX*, que no final foram utilizadas de formas mais simples, uma vez que grande parte do trabalho foi realizado pelos códigos desenvolvidos. Foram realizadas pesquisas e estudos sobre o *software Power BI* e suas aplicações, também foi realizado um curso *online* e utilizadas diversas vídeo aulas para compreender melhor o potencial da ferramenta.

- **Alterações do quadro de funcionários do setor na empresa:** No início de de 2022 até meados do mês de junho houve alterações no quadro de funcionários do setor industrial. Essas mudanças acabaram afetando dois espectros importantes para o desenvolvimento do projeto. O primeiro foi referente à atividade laboral na bancada onde estavam sendo monitoradas as variáveis ergonômicas. O desligamento de um colaborador em questão, fez com que as medições se tornassem nulas por um determinado período de tempo e por esse motivo, todo o desenvolvimento dos *dashboards* de acompanhamento ergonômico foram realizados com uma base de dados referentes ao mês de setembro do ano de 2021. Outro impacto relevante foi acerca do aumento na demanda de trabalho interno na empresa, causada pela saída de um colaborador com o qual eram divididas as tarefas do setor. Inicialmente a demanda de trabalho não foi muito alterada, porém com o passar das semanas, a rotina se tornou mais atribulada e tomando certo tempo de algumas atividades relacionadas ao desenvolvimento do projeto.
- **Divergência no funcionamento do equipamento THW 100:** O equipamento THW 100 apresentou uma instabilidade momentânea no seu funcionamento. O equipamento é responsável por coletar dados referentes ao ruído ambiente, porém sua detecção apresentou defeito. Apesar de se tratar de um ambiente com alto fluxo de pessoas e utilização de ferramentas que emitem ruídos, o histórico de medição de ruído dificilmente superava os 50 dB. Estranhamente a medição do equipamento começou a apontar uma marcação de aproximadamente 80 dB de forma constante. O equipamento tem um histórico positivo em aplicações e no funcionamento ao longo do tempo. A situação encontrada pode ser considerada uma divergência pontual do funcionamento do dispositivo. A solução aplicada foi a segregação da placa e o envio para análise do técnico do setor.

7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento do projeto foram surgindo novas ideias e melhorias para serem estudadas a fim de incrementar e melhorar o projeto. Tais melhorias tornariam o sistema de medição implementado mais robusto e elevariam a sua confiabilidade e desempenho. Segue abaixo uma lista de sugestões de melhorias:

- **Incrementar o vínculo do modelo *BI* proposto com o *ERP - Sapiens*:** Existem diversas melhorias em andamento referentes à utilização do *ERP - Sapiens*. Assim, que tais aprimoramentos sejam concluídos, alguns formulários que são utilizados atualmente serão inviabilizados. Dessa forma, abre-se novas oportunidades de automação de processos internos do *ERP - Sapiens* para a coleta de informações relativas à produtividade geral do setor ou individual de cada colaborador.

- **Ampliar a gama de indicadores:** No projeto em questão são analisados 3 indicadores: disponibilidade, performance e qualidade. Com base nesse 3 indicadores é calculado o *OEE*, um indicador global de produção. No entanto, muitos outros indicadores podem ser analisados com base nas informações disponíveis e associadas a uma possível incrementação do vínculo entre modelo e *ERP - Sapiens*, abre-se um leque muito diverso de possibilidades para análises de indicadores.
- **Ampliar monitoramento do setor industrial:** Hoje o monitoramento ergonômico fica restrito a uma região da ambiente industrial. No entanto, com a introdução de novos produtos desenvolvidos pela empresa, é possível realizar novas aplicações de monitoramento em tempo real do ambiente industrial. Seja uma expansão para o acompanhamento ergonômico ou o controle das demais bancadas de produção presentes no ambiente.
- **Alterar método de atualização de bases ergonômicas:** Um dos resultados não satisfatórios obtidos no projeto foi a atualização das variáveis ergonômicas. Existe uma possibilidade de obter os dados diretamente do *gateway*, sem utilizar uma plataforma terceirizada para realizar a exposição dos dados. Dessa forma, seria possível reduzir o tempo de atualização do sistema consideravelmente, além de criar mais uma solução para aplicações *IOT*.
- **Armazenamento de dados em nuvem:** Por se tratar de uma proposta de modelo de sistema *BI* com delimitações físicas bem definidas, além de uma quantidade de dados administrável, foi escolhido realizar um armazenamento local dos dados. Prevendo uma demanda maior de dados é possível realizar uma migração dos dados para um formato de armazenamento em nuvem. Esse tipo de armazenamento é um modelo de computação que armazena dados na *Internet*, utilizando provedores de computação capazes de gerenciar o armazenamento físico de dados. Existem diversas opções de provedores pagos e gratuitos no mercado que podem ser utilizados para incrementar o projeto futuramente.

7.3 CONCLUSÃO

Após o desenvolvimento do projeto e análises dos resultados obtidos, é possível concluir que tanto o objetivo principal quanto os objetivos específicos foram atendidos. Acerca dos resultados esperados com o desenvolvimento do projeto pode-se destacar a redução de tempo empregado para realizar a manutenção do sistema proposto em comparação com sistema atualmente utilizado na empresa. Dessa forma, o modelo proposto apresenta grande potencial de implantação para a utilização dos líderes do setor.

O emprego do modelo proposto no desenvolvimento deste projeto trouxe benefícios às rotinas de trabalho dos líderes do setor. Tendo o processo de captura e tratamento dos dados, e a atualização de gráficos de indicadores sendo realizados de forma automatizada, abre-se janelas de horários que antes eram utilizadas para tais atividades. Hoje, existem pelo menos 4 colaboradores que teriam suas rotinas fortemente impactadas com a utilização do modelo proposto. Sendo assim, há impactos evidentes relacionados à organização e gestão do setor.

No entanto, apesar do resultado positivo analisados e apresentados, o projeto também apresentou pontos sensíveis e aspectos que não apresentaram um resultado como era esperado. Ainda existe um grande vínculo com formulários e planilhas *online*, e o método de extração dos dados ergonômicos não ficou tão otimizado quanto se esperava. Esses são pontos potenciais para uma otimização do modelo em projetos futuros.

Sendo assim, após a exposição dos objetivos, desenvolvimento do projeto e resultados, pode-se inferir que o projeto teve seus objetivos atingidos. Foram abordados pontos relevantes em prol do progresso e melhorias relativas a gestão do setor industrial da empresa. Também é notória a existência de possíveis projetos futuros capazes de potencializar o funcionamento do modelo proposto. Assim, o projeto em questão se faz uma ferramenta útil e promissora para uma melhor gestão do setor visando patamares de produção, controle e acompanhamento mais elaborados.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. A. Notas da Aula de Organizações e Métodos do Professor José Alexandre. **UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES, Niteroi**, 2018.

BAMBER, Christopher J; CASTKA, Pavel; SHARP, John M; MOTARA, Yunus. Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, MCB UP Ltd, 2003.

BOHORIS, GA; VAMVALIS, C; TRACE, W; IGNATIADOU, K. TPM implementation in Land-Rover with the assistance of a CMMS. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, MCB UP Ltd, 1995.

BUSSO, Christianne Matias; MIYAKE, Dario Ikuo. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. **Production**, SciELO Brasil, v. 23, n. 2, p. 205–225, 2013.

CIENTIFICA, Metodologia. **Fundamentos de metodologia científica**. [S.l.]: São Paulo: Atlas, 2008.

CRUZ, BRUNO CAMPANELLA; MIRANDA, BRUNO GABRIEL CORREA; TURCHETTE, FELLIPE BARRETTO. Conceitos de business intelligence por meio de estudos de caso: ferramentas pentaho e qlikview.” **Universidade São Francisco. Itatiba**, 2014.

CRUZ, T. **Sistemas, Métodos Processos**. [S.l.]: Atlas S.A, 2008.

DATE, Christopher J. **Introdução a sistemas de bancos de dados**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2004.

DE RON, AJ; ROODA, JE. Equipment effectiveness: OEE revisited. **IEEE transactions on semiconductor manufacturing**, IEEE, v. 18, n. 1, p. 190–196, 2005.

DUARTE JÚNIOR, José Mauro; MESQUITA, Ângelo Ávila. A IMPLEMENTAÇÃO DE BUSINESS INTELLIGENCE NO SETOR DE CONTROLADORIA DE OPERAÇÕES: um estudo de caso em uma empresa de Pet's Foods. -, Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas, 2019.

ELIAS, Diego. Entendendo a arquitetura do Business Intelligence (BI). Disponível em: "<https://canaltech.com.br/business-intelligence/Entendendo-a-arquitetura-do-Business-Intelligence-BI/>". Acesso em 12 mai. 2022"., 2014.

ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B; PINHEIRO, Marília Guimarães *et al.* Sistemas de banco de dados. Pearson Addison Wesley São Paulo, 2005.

FERRARI, Alberto; RUSSO, Marco. **Introducing Microsoft Power BI**. [S.l.]: Microsoft Press, 2016.

FRANCO-SANTOS, Monica; KENNERLEY, Mike; MICHELI, Pietro; MARTINEZ, Veronica; MASON, Steve; MARR, Bernard; GRAY, Dina; NEELY, Andrew. Towards a definition of a business performance measurement system. **International journal of operations & production management**, Emerald Group Publishing Limited, 2007.

GARVIN, David A. The processes of organization and management. **Sloan management review**, Sloan Management Review, v. 39, n. 4, p. 33–51, 1998.

GIBBONS, Paul M; BURGESS, Stuart C. Introducing OEE as a measure of lean Six Sigma capability. **International Journal of Lean Six Sigma**, Emerald Group Publishing Limited, 2010.

GONÇALVES, José Ernesto Lima. As empresas são grandes coleções de processos. **Revista de administração de empresas**, SciELO Brasil, v. 40, n. 1, p. 6–9, 2000.

HANSEN, Henning Sten; FUGLSANG, Morten. An operational web-based indicator system for integrated coastal zone management. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 3, n. 1, p. 326–344, 2014.

HARRINGTON, H James *et al.* **Business process improvement**. [S.l.]: Association for Quality e Participation, 1994.

JARDIM FILHO, NIVALDO DE MORAES. MELHORIA E AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS, 2018.

JEONG, Ki-Young; PHILLIPS, Don T. Operational efficiency and effectiveness measurement. **International Journal of Operations & Production Management**, MCB UP Ltd, 2001.

KAMPAKIS, Stylianos. **The Decision Maker's Handbook To Data Science 2nd ed.** [S.l.]: Springer, 2020.

KAY, Russell. Python. Computerworld. Disponível em: "<http://www.computerworld.com.au/index.php/id;826423396;fp;2;fpid;523913170>. Acesso em 18 dez. 2018"., 2005.

KHOMP. IoT (Internet of Things). disponível em: "<https://www.khomp.com/pt/categoria-de-produto/linha-iot-khomp/>. Acesso em 26 mai. 2022"., 2020.

KRMAC, Evelin Vatovec. Intelligent value chain networks: business intelligence and other ICT tools and technologies in supply/demand chains. *In: SUPPLY Chain Management-New Perspectives*. [S.l.]: IntechOpen, 2011.

LEAL, Alessandra Brito. CRIAÇÃO DE UM DASHBOARD DA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO NO PRÉ-SAL BRASILEIRO: UMA ANÁLISE UTILIZANDO BUSINESS INTELLIGENCE (BI). Conepetro, 2021.

MARTINS, Roberto Antonio. Use of performance measurement systems: some thoughts towards a comprehensive approach. **Paper from Second International on Performance Measurement**, Performance Measurement 2000 – Past, Present e Future., 2000.

MARTINS, Roberto Antonio; COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização. **Gestão & Produção**, SciELO Brasil, v. 5, n. 3, p. 298–311, 1998.

MITCHELL, Gordon. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. **Sustainable development**, Wiley Online Library, v. 4, n. 1, p. 1–11, 1996.

NOLETO, Cairo. UML: o que é, para que serve e quando usar essa linguagem de notação? Disponível em: "<https://blog.betrybe.com/tecnologia/uml/>. Acesso em 25 mai. 2022"., 2020.

PESSON, David W. **Industrial automation: circuit design and components**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1991.

PYTHON. Python 3.7.1 documentation. Disponível em:
"<https://docs.python.org/3/faq/general.html#what-is-python>. Acesso em: 28 abr., 2022.

ROIG, Marcos. 7 benefícios da automação de processos. Disponível em:
"<https://administradores.com.br/noticias/7-beneficios-da-automacao-de-processos/>. Acesso em 24 mai. 2022"., 2017.

SANTOS, Maribel Yasmina; RAMOS, Isabel. **Business Intelligence: tecnologias da informação na gestão de conhecimento**. [S.l.]: FCA-Editora de Informática, Lda, 2006.

SEBESTA, Robert W. **Conceitos de Linguagens de Programação**. Trad. José Carlos Barbosa dos Santos. [S.l.]: Bookman, 2000.

SKIENA, Steven S. **The data science design manual**. [S.l.]: Springer, 2017.

SOARES, Ana Camila Fonseca. Análise de Ferramentas de Business Intelligence com destaque dos serviços de BI na Cloud Computing, 2017.

TSAROUHAS, Panagiotis. Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Emerald Group Publishing Limited, 2007.

TURBAN, Efraim; VOLONINO, Linda. **Tecnologia da Informação para Gestão-: Em Busca de um Melhor Desempenho Estratégico e Operacional**. [S.l.]: Bookman Editora, 2013.

VENTURA, Plínio. O que é UML (Unified Modeling Language). Disponível em:
"<https://www.ateomomento.com.br/diagramas-uml/>. Acesso em 25 mai. 2022"., 2019.

VIEIRA, Rodrigo. UML — Diagrama de Casos de Uso. Disponível em:
"<https://medium.com/operacionalti/uml-diagrama-de-casos-de-uso-29f4358ce4d5>. Acesso em 26 mai. 2022"., 2015.

WEE, HM; WU, Simon. Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company. **Supply Chain Management: An International Journal**, Emerald Group Publishing Limited, 2009.

APÊNDICE A – DESCRIÇÃO 1

A.0.1 Endpoint LoRa

O *Endpoint LoRa* da Khomp (Figura 32) foi desenvolvido para transmitir os dados coletados do local para alimentação de sistemas de inteligência com IoT. Através de sensores conectados ao *Endpoint*, este faz a leitura de temperatura, umidade e contato de locais como o solo para a agricultura, temperatura de refrigeradores e estado de porta aberta. Além disso, é capaz de medir a temperatura e umidade do ambiente em que está instalado, transmitindo o cenário completo para a interface do integrador.

Por meio do protocolo *LoRa*, o *Endpoint* envia os dados para um *gateway* IoT localizado a uma certa distância dele. O *gateway* é responsável por transmitir as informações recebidas para um servidor, que pode estar em uma rede local ou na nuvem. Assim, o *Endpoint LoRa* possui potência para aplicações de longo alcance e um baixo consumo de energia. Em seu *portfólio*, a Khomp apresenta dois modelos para o produto, são eles:

- NIT 20 LI – *Endpoint* IoT transmissor *Indoor*, versão base;
- NIT 21 LI – *Endpoint* IoT transmissor *Indoor*, com sensor de temperatura e umidade integrado na placa (*onboard*).

Algumas características desse produto são:

1. 2 portas 1-Wire para conexão com sensores de temperatura, umidade e contato seco;
2. conecta até 4 sensores 1-Wire em cascata;
3. transmissão dos dados para o *gateway* através do protocolo LoRaWAN™;
4. 8 canais configuráveis;
5. alimentação com cabo USB ou duas pilhas AA;
6. sensor de temperatura e umidade integrado com intervalo de amostragem do ambiente de 60 segundos. Exclusivo nos modelos NIT 21.

A.0.2 Extensor IoT de umidade, luminosidade, ruído e temperatura

É um módulo de extensão disponível em dois modelos: o EM THW 200 (Figura 33) e EM THW 201. O primeiro modelo conta com sensores de temperatura, umidade,

luminosidade e ruído e o segundo com os mesmos sensores, somados a um conversor de sondas analógicas de temperatura de alta precisão.

O EM THW tem 2 interfaces 1-Wire com função de conectar o conversor com outro dispositivo IoT Khomp (*endpoints* ou *Standalone sensors*).

1. o protocolo 1-Wire permite que o fio de comunicação do conversor seja extenso, de 1 a 5 m, podendo instalar o conversor diretamente ou próximo do local de aferição dos dados;
2. 2 portas RJ11/12 para conexão via protocolo digital 1-Wire passivo/ativo (2 e 3 fios);
3. medição de temperatura e umidade ambiente, tal como luz e ruído;
4. medição de temperatura com circuito próprio para alta precisão;
5. compatibilidade com todos *endpoints* IoT Khomp com entradas do protocolo 1-Wire.

A.0.3 Extensor sonda com sensor de temperatura e umidade

Produto desenvolvido para se conectar facilmente com outros dispositivos da Linha IoT Khomp. O THW 100 (Figura 34), também conhecido como extensão sonda com sensor de temperatura e umidade, é um dispositivo que garante maior precisão no envio de dados de temperatura e umidade em ambientes internos. Devido sua alta versatilidade, o EM THW 100 é indicado para parques industriais, cenários corporativos, campos agrícolas, ambientes hospitalares ou locais com equipamentos sensíveis a temperatura e umidade. Algumas características do produto são:

1. possui cabo de 15 cm e conectores RJ11/12 para integrar-se aos dispositivos Khomp citados;
2. conexão RJ11/12 via protocolo digital 1-Wire passivo/ativo (2 e 3 fios) com *endpoints* ou ITS;
3. o EM THW 100 funciona como um 1-Wire slave, recebe *input* do lado *master* (Endpoint ou ITS) e responde;
4. o protocolo 1-Wire e o chip dos sensores de temperatura/umidade, constata a temperatura de -10 °C a +85 °C e a umidade de 0% até 100%;
5. é energizado através do lado *master* (Endpoint ou ITS) via cabo 1-Wire;

Na figura 34 podemos ver o produto isoladamente. Já na Figura 35, vemos o produto acoplado no *Endpoint LoRa*.



Figura 32 – *Endpoint LoRa*
Fonte: (KHOMP, 2020)



Figura 33 – Extensão IoT EM THW 200
Fonte: (KHOMP, 2020)



Figura 34 – EM THW 100 - Sonda com sensor de temperatura e umidade
Fonte:(KHOMP, 2020)



Figura 35 – EM THW 100 acoplada no *Endpoint LoRa*
Fonte:(KHOMP, 2020)

A.0.4 Medidor de Energia LoRa com TC - ITE 11 LI

O Medidor de Energia LoRa com TCs , ou ITE 11LI (Figura 36), é um *endpoint* IoT da Khomp. O produto opera com o protocolo LoRaWAN™ e sua função é realizar a medição do consumo e qualidade energia usando transformadores de corrente (TCs).

Tal produto pode ser instalado no quadro elétrico ou em qualquer outro local seguro. O ITE 11 LI, conta com saídas TCs para monitorar múltiplos pontos de energia. Os TCs realizam as ligações diretas e não intrusivas entre o quadro elétrico e os equipamentos espalhados pelo cenário.

Ao todo é possível configurar até 3 TCs por medidor. Ou seja, o medidor é capaz de monitorar o consumo de energia de até 3 equipamentos monofásicos ao mesmo tempo ou 1 equipamento trifásico. Algumas características do produto são:

1. possui *Bluetooth* integrado que permite atualização de *firmware*;
2. protocolo de rede: LoRaWAN™;
3. alertas de problema de funcionamento (erro na sequência de fases de tensão e corrente);
4. leituras do consumo por fase, com memória interna para guardar os dados;
5. instalação e integração por meio de MQTT e *Dashboard* do ITG 200.

A.0.5 ITG 200 Indoor - Módulo IEEE 802.15.4

O ITG 200 *Indoor* (Figura 37) é um *gateway* de telemetria desenvolvido para integração de soluções de monitoramento IoT. Ele recebe e transmite dados coletados



Figura 36 – Medidor de Energia com TC
Fonte:(KHOMP, 2020)



Figura 37 – ITG 200 Indoor
Fonte:(KHOMP, 2020)

por até 4 sensores conectados diretamente ao gabinete ou através de *Endpoints* sem fio.

Os módulos para comunicação sem fio do ITG 200 *Indoor* com *Endpoints* possibilitam ampliar a quantidade de sensores de leitura e ampliar a área de monitoramento, com a instalação de sensores em locais distantes do *gateway*. O módulo IEEE 802.15.4 é indicado para projetos que necessitam monitorar áreas menores, como o ambiente interno de uma indústria por exemplo. Algumas características desse produto são:

- compatível com sensores de temperatura, umidade e contato;
- 2 portas RJ45 Fast Ethernet 10/100 Mbps para maior disponibilidade na transmissão dos dados;
- 2 portas RJ11 1-Wire para integração de sensores (não inclusos);
- display OLED com 4 botões;
- 2 antenas omnidirecional com ganho de 5 dBi.