

Aplicando Business Intelligence no contexto de sistemas de serviços autônomos em ambientes internos

Pedro Vitor Oliveira da Silva¹, Crescencio Lima (orientador)¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)
45078-300 – Vitória da Conquista – BA – Brasil

pedrovitoros11@gmail.com, crescencio@gmail.com

Abstract. *Context: The increasing complexity of autonomous systems generates large volumes of data from various sources, such as sensors and connected devices. Interpreting this data is crucial for operational efficiency and decision-making. In this scenario, Business Intelligence (BI) tools make information more accessible, facilitating the identification of relevant patterns and trends. Objective: This article presents a study on the application of Business Intelligence (BI) in the context of autonomous service systems, focusing on the creation of interactive reports using Microsoft Power BI to demonstrate how these tools can improve data management and decision-making in autonomous systems through clear and intuitive visualization of large data volumes. Methodology: A case study was conducted at the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Bahia (IFBA) - Vitória da Conquista Campus. Data was collected, processed, and implemented in a Power BI dashboard to identify relevant information. Results: The use of BI was found to facilitate the understanding of complex data, enabling more informed and accurate decisions. Conclusion: The study highlights the potential of these tools to simplify data consumption and support decision-making based on large datasets, promoting efficiency and innovation in autonomous systems.*

Resumo. *Contexto: A crescente complexidade dos sistemas autônomos gera grandes volumes de dados de diversas fontes, como sensores e dispositivos conectados. Interpretar esses dados é crucial para a eficiência operacional e a tomada de decisão. Nesse cenário, ferramentas de Business Intelligence tornam a informação mais acessível, facilitando a identificação de padrões e tendências relevantes. Objetivo: Este artigo apresenta um estudo sobre a aplicação de Business Intelligence (BI) no contexto de sistemas autônomos de serviço, com foco na criação de relatórios interativos utilizando o Microsoft Power BI de forma a demonstrar como essas ferramentas podem melhorar a gestão de dados e a tomada de decisão em sistemas autônomos, por meio de uma visualização clara e intuitiva de grandes volumes de dados. Metodologia: Foi realizado um estudo de caso no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) - Campus Vitória da Conquista. Os dados foram coletados, tratados e implementados em um dashboard no Power BI para identificar informações relevantes. Resultados: Verificou-se que a utilização de BI facilita a compreensão de dados complexos, permitindo decisões mais informadas e precisas. Conclusão: O trabalho evidencia o potencial dessas ferramentas para facilitar o consumo e a tomada de decisão baseada em grandes volumes de dados, promovendo eficiência e inovação em sistemas autônomos.*

Palavras-chave: Business Intelligence, Big Data, Microsoft Power BI, Sistemas Autônomos, Visualização de Dados.

1. Introdução

Ao longo dos anos, a computação tem passado por uma evolução constante, adaptando-se para atender às diversas e crescentes necessidades da sociedade. Desde suas origens até os avanços tecnológicos mais recentes, as tecnologias desempenham um papel fundamental na transformação dos hábitos e das rotinas modernas, uma vez que os aparelhos eletrônicos tornaram-se elementos intrínsecos do cotidiano.

Em contextos militares, por exemplo, tecnologias inovadoras surgiram, como um diferencial ofensivo, para depois se tornarem ferramentas de uso público. [Naughton 2016] apresenta o surgimento de redes de computadores como resposta às necessidades de comunicação no período da Guerra Fria, com o objetivo de criar um sistema capaz de sobreviver a possíveis ataques termonucleares, previstos na época. Mais tarde, este modelo de redes viria a ser usado em contextos de uso geral, transformando-se na base da infraestrutura da internet.

Os avanços nas áreas de programação e engenharia possibilitaram a criação de sistemas capazes de coletar informações do ambiente e, com base nelas, tomar decisões. Tais dispositivos são chamados de “Agentes Autônomos”. Segundo [Costantini and Gobbo 2013], “os agentes utilizam experiências anteriores para otimizar suas reações ao ambiente e a outras entidades”. As aplicações desses agentes incluem, dentre outros, usos na robótica, Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina.

No funcionamento de sistemas de serviço autônomos, é comum a existência de diversos dispositivos responsáveis por fornecer dados para que os algoritmos de IA e aprendizado de máquina funcionem, facilitando as decisões. Há, portanto, um grande fluxo desses elementos nas operações, aumentando a complexidade dos sistemas. Nesse contexto, a coleta e identificação de padrões em grandes volumes de dados apresentam benefícios notáveis do uso de tais ferramentas, e por isso, é natural que haja um grande acúmulo dessas informações nas aplicações autônomas, conhecido como *Big Data*. Conforme apontado por [Sagiroglu and Sinanc 2013], “essas informações são úteis para as organizações porque permitem a obtenção de *insights* mais ricos e profundos, bem como a vantagem competitiva sobre os concorrentes”. Portanto, o *Big Data* desempenha um papel no sucesso e na eficiência das operações autônomas, permitindo que as empresas tomem decisões com maior precisão e confiabilidade.

1.1. Justificativa

Ao se observar em uma perspectiva mais humana e menos computacional, pode ser desafiador compreender e utilizar efetivamente o *Big Data* para tomar decisões de negócios ou realizar otimizações, pelo menos não de forma puramente analítica. Há a necessidade de uma modernização na forma de processamento dos dados, de maneira mais rápida e eficaz [Araújo 2019], e, nesse sentido, a visualização de informações por meio de gráficos e representações visuais permite a compreensão de conjuntos complexos.

Nesse contexto, conforme aponta [Ferreira 2021], define-se dado como partículas de registros quaisquer, onde esses registros não são processados. Após os processos de captura, tratamento e análise de dados, cria-se, portanto, as informações. De forma

prática, nota-se que a informação tratada é a real fonte de conhecimento que se deseja obter.

A capacidade de transformar grandes volumes de dados em informações intuitivas e compreensíveis através do chamado *Business Intelligence* (BI) é fundamental para os tomadores de decisão identificarem tendências e padrões de forma mais rápida e eficaz. O BI é definido como “uma categoria ampla de tecnologias, aplicações e processos para reunir, armazenar, acessar e analisar dados para ajudar seus usuários a tomar melhores decisões”. [Wixom and Watson 2010].

Ao integrar análises visuais ao processo de tomada de decisão, as empresas podem aproveitar ao máximo o potencial do *Big Data* para impulsionar o sucesso e a inovação. A visualização ajuda a simplificar a complexidade dos dados, tornando-os mais acessíveis e facilitando a identificação de oportunidades e desafios de negócios. No contexto dos agentes autônomos, considerando a grande quantidade de dados gerados, os benefícios do uso de BI tornam-se ainda mais evidentes, permitindo melhorias na gestão e na tomada de decisão.

1.2. Problema

Este projeto respaldou-se no aumento do uso da *Big Data* no contexto dos sistemas autônomos, e a necessidade de métodos eficientes de monitoramento e avaliação. A análise de dados complexos, a necessidade de visualização clara e a necessidade de uso de ferramentas acessíveis para tomada de decisão são problemas centrais enfrentados por esses sistemas.

Destaca-se a dificuldade na compreensão de dados complexos, pois a análise de dados brutos é desafiadora, o que torna a interpretação e o uso eficaz do *Big Data* para decisões e otimizações mais difícil. Isso evidencia a crescente demanda por ferramentas que facilitem o consumo e a análise de dados, a fim de apoiar decisões rápidas e bem-informadas.

O artigo apresenta o uso de ferramentas gráficas de BI como alternativa para melhoria da gestão dos dados nos sistemas autônomos, com teor prático, através de um estudo de caso aplicado no Grupo de Inovação e Pesquisa em Automação e Robótica (GIPAR), no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) - Campus Vitória da Conquista.

Investigou-se como a adesão do BI no dia a dia deste grupo permite que haja uma melhoria no desempenho de seus projetos. As visualizações criadas neste projeto foram desenvolvidas com o aplicativo Microsoft Power BI, permitindo a produção de informações claras para tomadas de decisão.

As demonstrações realizadas contribuem à medida em que exemplificam formas de aumentar a compreensão de dados através de ferramentas de BI, permitindo tomadas de decisão mais ricas e acertadas. Assim, este estudo traz contribuições no campo dos sistemas autônomos, ao oferecer soluções práticas para lidar com os problemas desses sistemas.

1.3. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é utilizar BI no contexto de sistemas autônomos de serviço de ambientes internos, com o propósito de criar gráficos e relatórios que possibilitem

observações e tomadas de decisões eficazes. Como entregáveis, disponibilizou-se um relatório desenvolvido no Microsoft Power BI (arquivo com extensão .pbix), além da apresentação de descrições detalhadas dos gráficos escolhidos, com suas funcionalidades e os motivos para a escolha de cada um.

1.3.1. Objetivos Específicos

Pode-se pormenorizar este objetivo principal nos seguintes pontos específicos:

- Analisar e decompor os dados obtidos da aplicação conectada para compreender sua estrutura;
- Identificar e selecionar as informações relevantes para o projeto;
- Escolher os tipos de gráficos ou relatórios mais apropriados para visualizar cada aspecto identificado;
- Implementar o *dashboard* e seus elementos visuais.

É importante conhecer a estrutura da aplicação durante seu uso, uma vez que este conhecimento permite um melhor detalhamento das funções, e uma maior coerência com o tema, uma vez que se compreende as informações expressas. Ainda nesse viés, o entendimento do contexto permite a visualização dos recursos mais relevantes, facilitando a seleção dos elementos.

Após estas etapas, devem ser escolhidos os elementos visuais mais apropriados para a elaboração do *dashboard*, permitindo melhores visualizações do conteúdo.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: Seção 2 apresenta a fundamentação teórica. Seção 3 apresenta a metodologia usada. Seção 4 apresenta a infraestrutura e tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do projeto. Seção 5 apresenta o que foi desenvolvido como proposta para o projeto. Seção 6 descreve o *dashboard* desenvolvido e os resultados esperados. Seção 7 aponta ameaças e dificuldades do projeto, que foram mitigadas durante o desenvolvimento. Seção 8, por fim, explica as conclusões da pesquisa e fala sobre os trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta os principais conceitos teóricos que embasam o estudo, abordando temas relacionados ao *Business Intelligence*, *Big Data* e sistemas autônomos. São exploradas definições, características e a importância dessas tecnologias no contexto da gestão de grandes volumes de dados. Além disso, destaca-se o papel do Microsoft Power BI como uma ferramenta de visualização de dados que contribui para a tomada de decisão em ambientes complexos, facilitando a interpretação de informações e a identificação de padrões relevantes.

2.1. Banco de Dados Relacional

De acordo com [Manovich 2015], um banco de dados pode ser entendido como uma coleção estruturada de itens, que permite aos usuários realizar operações de busca, navegação e visualização. Os bancos são organizados de forma que cada elemento armazenado pode ser acessado independentemente.

Um banco de dados relacional, por outro lado, é um tipo de banco que organiza dados em relações predefinidas, em que os dados são armazenados em uma ou mais tabelas (ou relações) de colunas e linhas.

”Os relacionamentos são conexões lógicas entre tabelas diferentes que se baseiam em interações entre elas, o que facilita a visualização e compreensão de como as diferentes estruturas de dados se relacionam”[Google 2024].

2.2. *Big Data*

De acordo com [De Mauro et al. 2015], apesar das diversas tentativas de definição, o termo *Big Data* ainda não possui um consenso unânime no contexto acadêmico. No entanto, ao se analisar diferentes definições propostas, os autores chegaram à seguinte definição geral:

“*Big Data* se refere aos conjuntos de dados que apresentam um alto volume, velocidade e variedade, exigindo tecnologias e métodos analíticos específicos para serem transformados em valor”. [De Mauro et al. 2015]

Este conceito corrobora a existência de outros termos, como “Tecnologias de *Big Data*” e “Métodos de *Big Data*”, que apontam para as tecnologias e métodos usados ao se manusear tais conjuntos de dados. A seguir, seguem algumas outras definições usadas por [De Mauro et al. 2015] para construir a definição atual.

Tabela 1. Definições existentes de *Big Data*.

Dados complexos, não estruturados ou em grandes quantidades.
Conjuntos de dados extensos, principalmente nas características de volume, velocidade e/ou variedade, que requerem uma arquitetura escalável para armazenamento, manipulação e análise eficientes.
O processo de aplicar grande poder de computação, o que há de mais recente em aprendizado de máquina e IA, a conjuntos de informações massivamente grandes e frequentemente altamente complexos.
Os conjuntos de dados e técnicas analíticas em aplicativos que são tão grandes e complexos que requerem tecnologias avançadas e exclusivas de armazenamento, gerenciamento, análise e visualização de dados.
Fenômeno que traz mudanças principais na maneira como analisamos a informação que transformam a forma como entendemos e organizamos a sociedade: Mais dados; Dados mais confusos (incompletos); Correlação supera a causalidade.

Fonte: Adaptado pelo autor, com base em De Mauro, Greco e Grimaldi (2015).

2.3. BI e Microsoft Power BI

A definição de BI também foi de extrema importância ao longo deste artigo. Assim como a definição de *Big Data*, também existem várias definições propostas para este termo. Neste artigo, foi adotada a definição de [Pirttimaki 2007]:

“BI é definido como um processo de inteligência que inclui uma série de atividades sistemáticas, sendo impulsionado pelas necessidades específicas de informação dos tomadores de decisão e pelo objetivo de alcançar vantagem competitiva.”

Portanto, é evidente que a aplicação desta ferramenta melhora e sistematiza a gestão da informação e a tomada de decisões. [Pirttimaki 2007] aponta também que este recurso não só fornece soluções para decisões específicas, mas também "ajuda os tomadores de decisão a encontrar as perguntas certas a serem feitas e os auxilia a questionar suposições e opiniões predominantes".

Em 2015, a Microsoft lançou o serviço Microsoft Power BI para análise de negócios e de dados. Segundo a empresa, o aplicativo pode ser facilmente instalado em computadores com o sistema operacional Windows e permite a criação de relatórios interativos, editáveis e facilmente customizáveis.

Este estudo utilizou o Microsoft Power BI, considerando a facilidade na criação dos relatórios e a variedade de fontes de dados que a aplicação permite, desde o uso de planilhas até bancos de dados.

3. Metodologia

Esta seção apresenta os métodos que foram aplicados ao longo deste estudo, descrevendo-os de forma clara e objetiva.

3.1. Abordagem

Quando à abordagem, neste projeto foi feito um estudo de caso, no ambiente do GIPAR, coletando dados e os apresentando através de BI. Assim, caracteriza-se a abordagem deste artigo como qualitativa, que proporciona um estudo exaustivo de um ou poucos objetos permitindo o seu amplo conhecimento. Isso possibilitou uma análise sistemática do que foi coletado, transformando-os em informações visuais.

3.2. Natureza

Quanto à natureza, este projeto tem o teor de uma pesquisa aplicada. Nesta modalidade, realizaram-se aplicações práticas do conhecimento em BI no contexto de sistemas autônomos. Buscou-se demonstrar a efetividade desse recurso quando aplicado de forma correta e adequada às necessidades do ambiente estudado.

3.3. Objetivos

Quanto aos objetivos, caracteriza-se o artigo como de caráter exploratório, visto que se buscou aplicar o conhecimento em um estudo de caso, proporcionando familiaridade com o contexto escolhido. Explorou-se as possibilidades e os impactos do uso do BI em sistemas autônomos de serviço, entendendo como essa ferramenta pode contribuir para melhorar a eficiência, a tomada de decisão e a gestão desses sistemas.

3.4. Procedimentos

Por fim, a respeito dos procedimentos abordados no artigo, realizou-se a coleta de dados, seguida da aplicação de tratamento aos dados, exploração e, por fim, a realização de análises para construir o *dashboard*.

A coleta de dados se deu da decomposição dos dados obtidos da aplicação conectada, para compreender sua estrutura. Após isso, aplicou-se os tratamentos e formatações que se fizerem necessários para possibilitar o uso dos dados. Por fim, foi feita uma seleção das informações mais relevantes, caracterizando as etapas de exploração e de análise dos dados.

4. Infraestrutura e Tecnologias

O desenvolvimento do projeto utilizou um conjunto de ferramentas e tecnologias que possibilitaram a coleta, tratamento e análise dos dados, além do monitoramento e visualização das informações.

Utilizou-se de um banco de dados relacional estruturado MySQL, modelado para organizar informações específicas do projeto, visando garantir eficiência no acesso aos dados.

Para a visualização e análise, foi adotado o Microsoft Power BI, escolhido devido às suas diversas opções de gráficos, capacidade de integração com diferentes fontes de dados, curva de aprendizado amigável e funcionalidade gratuita para a maior parte das operações. A ferramenta permitiu a criação de *dashboards* interativos que facilitaram a interpretação dos dados e o suporte à tomada de decisões.

A linguagem de programação utilizada neste estudo foi exclusivamente o *Data Analysis Expressions* (DAX), uma linguagem de fórmulas desenvolvida para manipulação de dados em ambientes de *Business Intelligence*. Com a linguagem, foram criadas medidas, colunas calculadas e consultas complexas, com o objetivo de realizar operações analíticas avançadas e otimizar o desempenho das visualizações.

O ambiente de desenvolvimento consistiu em computadores com sistema operacional Windows, conectados aos bancos de dados e capazes de executar o Power BI, que é exclusivo a esse sistema operacional.

Conforme o modelo proposto por [Silva et al. 2023], no qual a interação entre humanos e robôs (Human-Robot Interaction – HRI) desempenha um papel central na eficiência dos sistemas inteligentes, o dashboard desenvolvido neste projeto se insere como uma interface essencial para facilitar essa interação. A figura 1 ilustra a arquitetura proposta pelos autores, destacando a relação entre os módulos de percepção social e ambiental, planejamento de comportamento e rotas, além da execução de ações. O HRI desempenha um papel crucial ao influenciar diretamente o planejamento do comportamento social do robô, permitindo que ele responda de forma adaptativa aos usuários. No contexto deste projeto, o dashboard atua como um facilitador dessa interação, fornecendo visualizações que auxiliam na interpretação dos dados e na tomada de decisão em tempo real.

Esses elementos combinados formaram a base tecnológica necessária para o desenvolvimento e implementação do projeto, garantindo uma estrutura robusta para a análise e visualização dos dados.

5. Proposta

Esta seção descreve a proposta de aplicação do estudo, descrevendo o contexto onde foi aplicado e detalhando as etapas iniciais de elaboração do *dashboard*.

5.1. Projeto Smart Camaro

Para o estudo de caso, dentre os projetos realizados no GIPAR, foi selecionado o projeto Smart Camaro como foco de análise. O projeto consiste na criação de um veículo autônomo, capaz de transportar objetos em ambientes fechados de maneira eficiente.

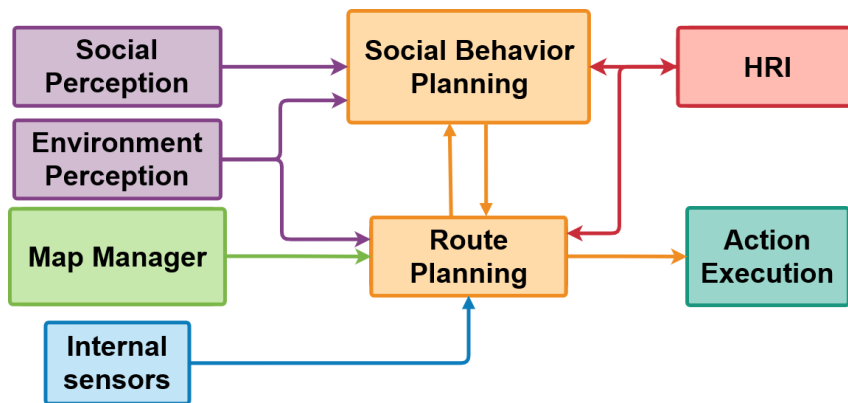


Figura 1. Modelo de Arquitetura proposto por [Silva et al. 2023]

Equipado com sensores e, através de visão computacional e redes neurais, o veículo é projetado para identificar objetos e seres vivos, ajustando sua rota para evitá-los enquanto cumpre seu trajeto previamente definido.



Figura 2. Veículo Autônomo Smart Camaro

Como mostrado na Figura 2, o veículo é equipado com sensores e equipamentos que permitem a navegação autônoma. O carro conta com uma bateria de alta capacidade e um sensor LIDAR (*Light Detection and Ranging*), posicionado na parte frontal, para mapeamento e detecção de obstáculos.

Para operar o Smart Camaro, foi criada uma aplicação WEB que permite a visualização das ações do dispositivo autônomo. Nessa plataforma, pode-se realizar solicitações de entrega e visualizar o status das entregas que estão ocorrendo em tempo real.

A Figura 3 exibe a página inicial da aplicação WEB do Smart Camaro, utilizada para registrar pedidos e monitorar seu status em tempo real. A aplicação também permite



Figura 3. Aplicação WEB para Utilização do Smart Camaro

consultas ao banco de dados SQL da aplicação. O projeto se comunica com este banco, a fim de empregar esses dados na geração de relatórios no *dashboard*.

Os testes do veículo autônomo foram realizados nos laboratórios e salas do IFBA, campus de Vitória da Conquista. O veículo transporta ferramentas e outros itens entre as salas, desviando de obstáculos e pessoas ao longo do trajeto.

O banco de dados utilizado no Smart Camaro armazena dados provenientes de sensores e do próprio dispositivo autônomo, exigindo um monitoramento constante para aprimorar o desempenho do veículo. Estes dados incluem informações de posição, velocidade e trajeto programado, além de detalhes sobre o destino. Esses dados foram analisados e visualizados por meio de ferramentas de BI no Power BI, com o objetivo de otimizar a compreensão e análise, facilitando melhorias contínuas no projeto e na tomada de decisões estratégicas.

5.2. Base de Dados

O banco de dados em uso no projeto é um banco de dados relacional, estruturado para organizar informações de usuários, lojas, produtos, dispositivos, pedidos e itens de pedido de forma eficiente.

A tabela *usuario* armazena dados dos usuários do sistema, incluindo os campos *id* (chave primária), *e-mail*, *senha*, *nome*, *telefone*, *endereco* (opcional) e *foto* (opcional). Esta tabela tem a função de identificar e autenticar os usuários.

A tabela *loja* representa as lojas cadastradas no sistema, com os campos *id*, *nome*, *categoria*, *telefone*, *posicao-x* e *posicao-y*, que indicam a localização da loja. Essa estrutura permite a categorização e organização das lojas conforme suas especificidades e localização.

A tabela *produto* armazena informações dos produtos disponíveis, com os campos *id*, *nome* e *descricao*, permitindo o cadastro de novos produtos conforme necessário.

A tabela *dispositivo* registra os dispositivos que acessam o sistema, contendo os

campos `id`, `nome`, `endereco-ip`, `permissao-acesso` e `tipo`. Esta tabela facilita o controle de acessos e a gestão dos dispositivos autorizados a interagir com o sistema.

A tabela `pedido` registra os pedidos realizados pelos usuários, com os campos `id`, `id-usuario` (referenciando o usuário que fez o pedido), `id-loja` (referenciando a loja do pedido), `id-dispositivo` (referenciando o dispositivo de entrega), `data-hora`, `data-hora-entrega` e `endereco-entrega`. Essa estrutura permite associar cada pedido ao respectivo usuário, loja e dispositivo, além de saber quais pedidos já foram entregues, proporcionando um controle sobre o status do pedido e o local de entrega.

A tabela `item-pedido` detalha os itens incluídos em cada pedido, contendo os campos `id`, `id-pedido`, `id-produto` e `quantidade`. Essa tabela permite que cada pedido inclua múltiplos itens, registrando os produtos solicitados e suas respectivas quantidades, desempenhando uma função similar à de um “carrinho de compras” em uma aplicação de *e-commerce*.

Por fim, a tabela `registro-bateria` possui o histórico de consumo dos dispositivos, representados através da `porcentagem-bateria`, `data-hora` e `dispositivo-id`. Não obstante, listou-se, no campo `dispositivos-ativos`, os sensores e aparelhos ligados no momento do registro da bateria, permitindo análises de consumo baseadas nos dispositivos que foram usados.

Esta estrutura organizacional do banco de dados permite a gestão das informações essenciais ao funcionamento do sistema, assegurando a integridade e a facilidade de acesso aos dados necessários.

5.3. Importação, Coleta e Tratamento dos Dados

Os dados analisados neste trabalho estão armazenados em um banco de dados relacional. Para extraí-los, foi utilizado o módulo de importação do Power BI, que permite a conexão direta com fontes de dados.

Após a extração, os dados foram processados por meio da ferramenta Query Editor, como demonstrado na figura 4. O recurso possibilita transformar e ajustar os dados, etapa por etapa, garantindo que cada coluna esteja corretamente configurada conforme o tipo armazenado e preparada para facilitar as análises.

	id	id_usuario	id_loja	id_dispositivo	data_hora	data_hora_entreg
1	1	1	1	1	05/11/2024 10:00:00	
2	2	2	2	1	05/11/2024 10:05:00	
3	3	3	3	1	05/11/2024 11:15:00	
4	4	1	1	2	05/11/2024 11:45:00	
5	5	2	3	1	05/11/2024 12:00:00	
6	6	3	3	2	05/11/2024 12:30:00	05/11/20
7	7	1	4	1	05/11/2024 13:15:00	
8	8	2	4	2	05/11/2024 13:45:00	05/11/20
9	9	3	5	1	05/11/2024 14:30:00	
10	10	1	5	2	05/11/2024 15:00:00	
11	11	2	6	1	05/11/2024 15:30:00	05/11/20
12	12	3	6	2	05/11/2024 16:10:00	
13	13	1	1	1	06/11/2024 09:00:00	
14	14	2	1	2	06/11/2024 09:30:00	06/11/20
15	15	3	2	1	06/11/2024 10:45:00	
16	16	1	2	2	06/11/2024 11:15:00	
17	17	2	3	1	06/11/2024 11:30:00	
18	18	3	3	2	06/11/2024 12:00:00	06/11/20
19	19	1	4	1	06/11/2024 12:45:00	

Figura 4. Tratamento dos Dados no Power BI

Uma vez concluída tal etapa, foi necessário readequar os relacionamentos entre as

tabelas no programa. Os relacionamentos são essenciais para que as informações entre diferentes tabelas sejam conectadas, permitindo os filtros e interações entre os gráficos criados no *dashboard*.

Por padrão, o programa tenta relacionar as tabelas com colunas de mesmo nome. As conexões restantes foram realizadas, respeitando as cardinalidades definidas no banco de dados importado, como apontado na figura 5.

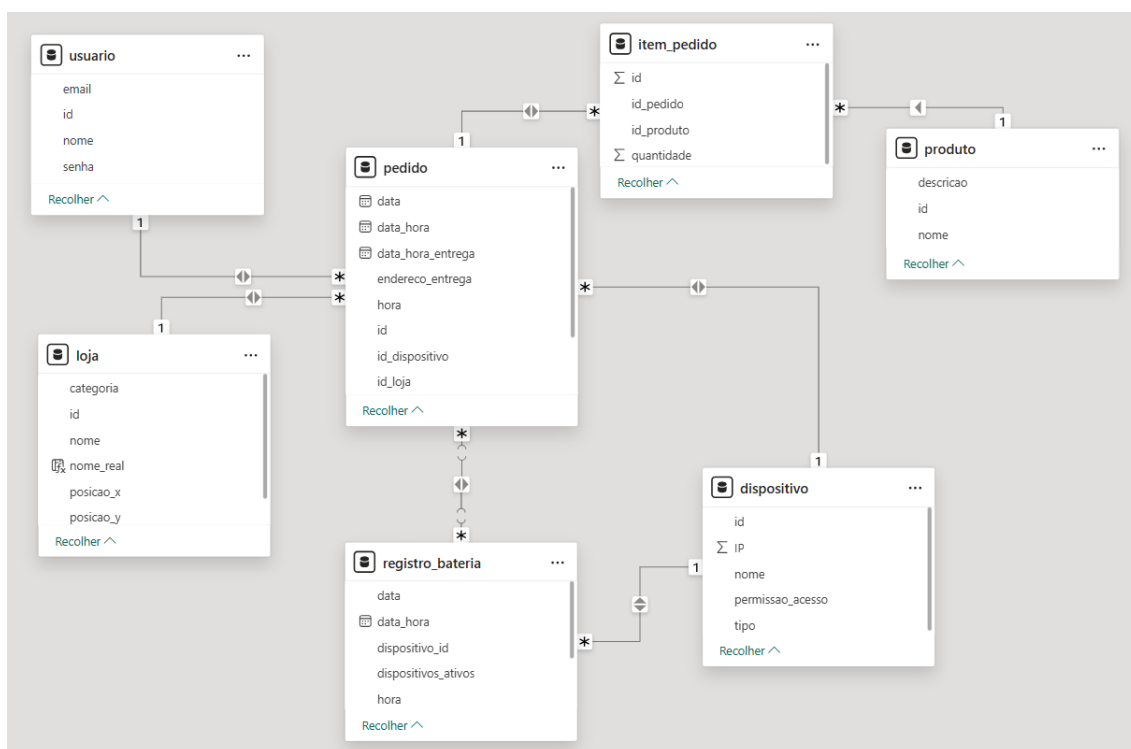


Figura 5. Relacionamento Entre as Tabelas no Power BI

6. *Dashboard*, Análises e Resultados

Com base nos dados disponíveis, foi desenvolvido um *dashboard* dividido em duas páginas: “Informações Gerais” e “Desempenho”, com o objetivo de fornecer uma visão clara dos dados principais do banco de dados, como também das informações relevantes para o ambiente de desenvolvimento do GIPAR.

As figuras 6 e 7 apresentam, portanto, as páginas do *dashboard* desenvolvido. Possuem, respectivamente, informações gerais e dados de desempenho. O projeto está disponível no link <https://github.com/GIPAR/dashboard-mall-delivery>.

Na página de informações gerais, os seguintes gráficos foram desenvolvidos:

6.1. Gráfico de Rosca - Status dos Pedidos

O primeiro gráfico, do tipo rosca, apresenta a distribuição dos pedidos por status (pendente, em andamento, concluído e cancelado), permitindo observar a proporção de cada categoria e simplificando a análise da eficiência na execução. Conforme destacado por [Evergreen 2019], gráficos de rosca e pizza são adequados para representar informações



Figura 6. Página de Informações Gerais do Dashboard

segmentadas. Nesse caso, as cores foram usadas para realçar visualmente as diferenças entre os status.

Esse recurso enriquece a interpretação visual ao apoiar a identificação de gargalos no fluxo de entregas, como um número elevado de pedidos pendentes ou cancelados, permitindo ajustes rápidos nas operações e a otimização da eficiência operacional em tempo real.

O gráfico permitiu aos gestores do Smart Camaro comparar a taxa de conclusão dos pedidos ao longo do tempo. As cores utilizadas tornam evidente quando há um número excessivo de pedidos interrompidos ou não realizados, permitindo que a equipe seja alertada de forma rápida e visual. A partir desses alertas, é possível investigar caso a caso as possíveis causas, seja uma falha operacional, um problema técnico no sistema ou uma demanda inesperada, possibilitando ajustes imediatos para garantir maior eficiência.

6.2. Mapa de Pedidos - Localização das Lojas

Complementando essa análise, o segundo gráfico apresenta um mapa interativo que mapeia a localização das lojas, com pontos indicativos da quantidade de pedidos realizados em cada uma. Cada loja é identificada por seu ID e destacada por um esquema de cores que reflete o volume de pedidos realizados, facilitando a identificação de padrões geográficos. Como apontado por [Steele and Iliinsky 2010], o uso de mapas torna a interpretação intuitiva, permitindo aos usuários associar rapidamente informações geográficas às operações.

Esse gráfico facilita o planejamento logístico, ao priorizar rotas para locais com maior volume de pedidos, mas também proporciona uma visão clara da demanda de cada loja, ajudando a identificar oportunidades e áreas de melhoria.

Com base no mapa, foi possível identificar a tendência de algumas lojas em gerar um volume de pedidos muito superior a outras, o que impacta diretamente a distribuição dos robôs. Essa visualização ajudou a destacar a necessidade de otimizar as rotas de entrega, alocando mais veículos para regiões de maior demanda e evitando ociosidade em áreas com menor movimentação. Dessa forma, a gestão das entregas se tornou mais equilibrada, reduzindo o tempo de espera dos clientes e melhorando a eficiência operacional.

6.3. Tabelas de Pedidos - Análise por Produtos e Lojas

Por fim, as tabelas complementam a análise, apresentando o número de pedidos por produto e por loja, possibilitando a identificação dos produtos com maior demanda e facilitando comparações entre as lojas.

As tabelas foram escolhidas para complementar a análise por sua praticidade em exibir informações de forma direta. Permitem uma visualização rápida, otimizando o uso de espaço no dashboard e, por não demandarem representação gráfica para sua compreensão, tornam-se a solução mais eficiente para destacar os dados e facilitar comparações.

Através da análise da tabela, foi possível identificar os produtos com maior demanda e, com isso, antecipar as necessidades e futuras entregas. Isso permite que as lojas se preparem melhor para períodos de alta demanda, evitando atrasos e garantindo que os itens mais procurados estejam sempre disponíveis para entrega.



Figura 7. Página de Desempenho do Dashboard

Já na página de desempenho, os gráficos projetados foram os seguintes:

6.4. Gráfico de Indicador - Tempo de Entrega Médio

O gráfico de indicador exibe o tempo médio de entrega dos pedidos, calculado através do momento da realização e o de finalização. Ele destaca a eficiência do processo de entrega e permite avaliar se os tempos estão dentro dos parâmetros esperados. A barra deslizante, localizada abaixo do gráfico, controla o tempo médio esperado, permitindo que o gráfico utilize cores para indicar se o valor atual está acima, abaixo ou igual ao esperado.

De acordo com [Evergreen 2019], esse modelo facilita a visualização de metas. Para tornar a análise mais clara, o gráfico foi implementado de forma simplificada, evitando elementos que possam gerar poluição visual.

O uso desse indicador permitiu estabelecer metas de desempenho para os robôs. Com base nos dados históricos, foi definido um tempo máximo aceitável para as entregas, possibilitando ajustes na velocidade e na priorização dos pedidos conforme necessário.

6.5. Gráfico de Linhas - Histórico do Uso da Bateria

Este gráfico apresenta uma série temporal do uso da bateria, mostrando a porcentagem de bateria registrada em diferentes momentos e incluindo informações sobre os sensores

ativos no momento do registro, sendo útil para monitorar o consumo de bateria e otimizar situações variadas de uso.

Como apontado por [Tufté 2001], os gráficos de séries temporais são amplamente utilizados devido à sua capacidade de apresentar dados ordenados no tempo, proporcionando simplicidade e eficiência na interpretação. Além disso, os botões acima do gráfico permitem a escolha dos sensores desejados no momento da análise, oferecendo maior personalização.

O gráfico ajudou a compreender o consumo de bateria dos robôs em diferentes cenários, permitindo o planejamento de otimizações para maximizar a autonomia dos dispositivos. Além disso, foi possível correlacionar o consumo com a distância percorrida em cada rota, garantindo que os veículos tenham energia suficiente para completar suas entregas sem a necessidade de recargas inesperadas. Esse monitoramento também auxilia na redefinição de trajetos para minimizar o desgaste das baterias e aumentar a eficiência energética do sistema.

7. Ameaças a Validade

Durante o desenvolvimento do projeto, algumas dificuldades e limitações foram identificadas, o que pode impactar a validade dos resultados apresentados. A seguir, são destacadas as principais ameaças e as estratégias adotadas para mitigá-las:

1. **Generalização dos Resultados:** Este estudo foi conduzido no contexto específico do projeto Smart Camaro, desenvolvido no GIPAR. Embora os métodos e ferramentas utilizados possam ser aplicados a outros projetos de sistemas autônomos, as soluções propostas podem não ser diretamente transferíveis para outros contextos. Para abordar essa limitação, é fundamental que a aplicação em novos contextos seja feita com cautela, adaptando as estratégias às particularidades de cada cenário, de modo a garantir sua relevância e eficácia.
2. **Desempenho do Dashboard:** A quantidade de dados processada gerou atrasos na renderização de gráficos e relatórios no Power BI. Para reduzir esses impactos, foram implementadas técnicas de otimização, como a utilização de agregações e a exclusão de colunas desnecessárias.
3. **Fatores Humanos:** A interpretação incorreta dos *dashboards* pelos usuários, causada pela falta de familiaridade com a ferramenta, pode comprometer a tomada de decisão. Para mitigar isso, foi implementado um design intuitivo com gráficos simples, legendas explicativas e opções de personalização.
4. **Escalabilidade do Sistema:** O projeto atual é limitado ao contexto do GIPAR e ao veículo autônomo Smart Camaro. A escalabilidade para outros cenários não foi avaliada neste estudo, representando uma limitação que deverá ser explorada em trabalhos futuros.
5. **Qualidade das Análises:** A escolha dos gráficos pode não ser ideal para mostrar todas as informações essenciais para o GIPAR. Para resolver isso, foram selecionados tipos de gráficos que oferecem uma visão mais abrangente e destacam as informações cruciais do banco de dados. Além disso, gráficos complementares, como tabelas, foram usados para fornecer contexto adicional, enquanto recursos visuais, como gradientes de cores nos mapas, ajudam a destacar dados importantes sem sobrecarregar a análise.

8. Conclusão

Os materiais desenvolvidos neste estudo permitem que o GIPAR realize análises de dados durante o desenvolvimento do projeto Smart Camaro de maneira prática e simplificada. A utilização de *dashboards* no Power BI elimina a necessidade de consultas frequentes ao banco de dados, reduzindo os custos de tempo e esforço envolvidos na criação e execução de consultas SQL. Isso proporciona uma abordagem mais ágil e eficiente, liberando recursos para focar em outras etapas críticas do projeto.

Além disso, a adoção de BI oferece recursos avançados para a organização e integração dos dados. Funcionalidades como filtros, segmentações e atualizações em tempo real garantem que as informações sejam apresentadas de forma clara, contextualizada e sempre atualizadas com os dados inseridos no banco. Dessa maneira, o GIPAR pode acompanhar o desempenho do projeto e tomar decisões estratégicas com maior embasamento e com maior rapidez.

Com a estrutura implementada, o BI apresenta um grande potencial para ser ampliado a outros projetos e contextos do GIPAR. Futuramente, essa abordagem pode ser aplicada à análise de dados em diferentes dispositivos autônomos, além de possibilitar integração com tecnologias preditivas, como IA e aprendizado de máquina. Esses avanços não apenas aumentariam a eficiência operacional, mas também impulsionariam a inovação no grupo, consolidando o uso de ferramentas de BI como um recurso estratégico no desenvolvimento de seus projetos.

8.1. Trabalhos Futuros

A presente pesquisa abre possibilidades para aprimoramentos e novas investigações no campo de Business Intelligence (BI) aplicado a sistemas autônomos. Esta seção discute algumas direções promissoras para trabalhos futuros.

8.1.1. Validação com Dados Reais

Uma vez que os experimentos foram conduzidos em ambientes de teste, é essencial validar a eficácia do trabalho em cenários reais. Estudos futuros podem se concentrar em:

- **Testes em ambientes de produção:** Implementação da solução em operações reais para avaliar sua robustez e adaptabilidade.
- **Coleta e análise de dados reais:** Comparação dos resultados obtidos nos testes simulados com dados reais, garantindo maior confiabilidade dos insights gerados pelo BI.
- **Ajustes e otimizações com base no uso prático:** Refinamento dos modelos analíticos e algoritmos preditivos com base no comportamento real dos sistemas autônomos.

8.1.2. Expansão da Aplicação do Business Intelligence

O uso de BI pode ser ampliado para outros projetos de sistemas autônomos, permitindo a análise e otimização de processos em diferentes contextos. Trabalhos futuros podem abordar:

- **Estudo de empresas que utilizam BI:** Uma análise comparativa das empresas que aplicam BI em sistemas autônomos, investigando as métricas utilizadas e os benefícios observados.
- **Exploração de dashboards empresariais:** Pesquisa sobre diferentes modelos de dashboards utilizados no setor, identificando quais práticas podem ser adaptadas para sistemas autônomos.
- **Impactos da implementação de BI:** Avaliação dos efeitos da adoção de BI na eficiência operacional, na redução de custos e na tomada de decisão em empresas do setor.

8.1.3. Integração com Inteligência Artificial

A aplicação de Inteligência Artificial (IA) no BI pode contribuir para uma análise de dados mais avançada e automatizada. Pesquisas futuras podem investigar:

- **Modelos preditivos para otimização de sistemas autônomos:** Desenvolvimento de algoritmos de aprendizado de máquina para prever falhas, otimizar trajetórias e aprimorar a gestão de recursos.
- **Automação da análise de dados:** Criação de sistemas que utilizem IA para interpretar dados e sugerir ações estratégicas automaticamente, reduzindo a necessidade de intervenção humana.
- **Identificação de padrões e anomalias:** Uso de redes neurais e algoritmos de detecção de anomalias para monitoramento contínuo e manutenção preditiva de dispositivos autônomos.

8.1.4. Análise de Impacto Econômico e Sustentável

Além dos aspectos técnicos, é fundamental compreender os impactos econômicos e ambientais da adoção de BI e IA em sistemas autônomos. Estudos futuros podem abordar:

- **Redução de custos operacionais:** Investigação sobre como a análise preditiva pode reduzir desperdícios e melhorar a eficiência logística.
- **Sustentabilidade e eficiência energética:** Avaliação dos benefícios da otimização de rotas e do gerenciamento de energia no consumo de recursos.
- **Viabilidade de mercado:** Análise da aceitação e das barreiras para a adoção dessas tecnologias em larga escala.

Essas direções de pesquisa podem contribuir significativamente para o aprimoramento do BI em sistemas autônomos, ampliando sua aplicabilidade e eficiência.

Referências

- Araújo, G. T. d. (2019). *Elaboração de dashboards para análises de big data como vantagem competitiva para o planejamento estratégico em uma organização*. Monografia de conclusão de curso, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).
- Cairo, A. (2013). *The Functional Art: an introduction to information graphics and visualization*. New Riders, Berkeley, CA.

- Costantini, S. and Gobbo, F. (2013). A history of autonomous agents: from thinking machines to machines for thinking. *The Nature of Computation*, pages 50–59.
- De Mauro, A., Greco, M., and Grimaldi, M. (2015). What is big data? a consensual definition and a review of key research topics. In *AIP conference proceedings*, pages 97–104. American Institute of Physics.
- Evergreen, S. (2019). *Effective Data Visualization: The Right Chart for the Right Data*. SAGE Publications.
- Ferreira, K. (2021). Entenda agora mesmo qual é a diferença entre dado e informação. Acesso em: 17 mar. 2024.
- Google (2024). O que é um banco de dados relacional? Acesso em: 01 nov. 2024.
- Kozlowski, C. N. (2019). *Storytelling com Dados: um guia sobre visualização de dados para profissionais de negócios*. Alta Books, Rio de Janeiro.
- Manovich, L. (2015). O banco de dados. *Revista Eco-Pós*, 18(1):7–26.
- Microsoft. Visão geral do serviço power bi. Acesso em: 25 maio 2024.
- Miller, J. D. (2017). *Big Data Visualization*. Packt Publishing, Birmingham, Reino Unido.
- Naughton, J. (2016). The evolution of the internet: from military experiment to general purpose technology. *Journal of Cyber Policy*, 1(1):5–28.
- Pirttimaki, V. H. (2007). Conceptual analysis of business intelligence. *South African Journal of Information Management*, 9(2).
- Sagioglu, S. and Sinanc, D. (2013). Big data: A review. In *2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, pages 42–47. IEEE.
- Silva, H. N., Paulino, E. G., Diaz-Amado, J., and Lima, C. (2023). Proposal of a multi-modal interactive architecture based on a social indoor and outdoor navigation system. In *2023 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2023 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2023 Workshop on Robotics in Education (WRE)*, pages 397–402. IEEE.
- Steele, J. and Iliinsky, N. (2010). *Beautiful Visualization: Looking at Data through the Eyes of Experts*. Theory in practice series. O’Reilly Media.
- Tufte, E. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press.
- Wixom, B. and Watson, H. (2010). The bi-based organization. *International Journal of Business Intelligence Research (IJBIR)*, 1(1):13–28.