



UFC

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE RUSSAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

ABRAÃO LEVI BARROS DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE BUSINESS
INTELLIGENCE PARA GESTÃO DE ESTOQUE E VENDAS EM UMA
DISTRIBUIDORA DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

RUSSAS

2026

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE BUSINESS
INTELLIGENCE PARA GESTÃO DE ESTOQUE E VENDAS EM UMA
DISTRIBUIDORA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia
Mecânica da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Edvan Cordeiro de
Miranda.

RUSSAS

2026

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

- O45d Oliveira, Abraão.
Desenvolvimento e Aplicação de um Sistema de Business Intelligence Para Gestão de Estoque e Vendas em uma Distribuidora de Rochas Ornamentais / Abraão Oliveira. – 2026.
44 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia Mecânica, Russas, 2026.
Orientação: Prof. Dr. Edvan Cordeiro de Miranda.
1. Business Intelligence. 2. Engenharia de Dados. 3. Tomada de Decisão. 4. Gestão de Estoque. I. Título.
CDD 620.1
-

ABRAÃO LEVI BARROS DE OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE BUSINESS
INTELLIGENCE PARA GESTÃO DE ESTOQUE E VENDAS EM UMA
DISTRIBUIDORA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia
Mecânica da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Edvan Cordeiro de
Miranda.

Aprovada em: 20/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edvan Cordeiro de Miranda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. George Luiz Gomes de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Pedro Helton Magalhães Pinheiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, princípio, meio e fim desta conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter sido o sustento constante ao longo de toda essa caminhada. Pela vida, pela saúde, pela sabedoria concedida nos momentos de decisão e pela força nos dias em que o cansaço e as dificuldades quase falaram mais alto. Sem Sua graça e direção, nada disso seria possível.

Agradeço à minha família, meu pai, Elianio, e minha mãe, Ozana, por serem exemplos de vida, por me ensinarem os passos de Cristo, e aqui acrescento meus irmãos, Joel e Davi, por serem presentes oferecendo apoio, compreensão e incentivo, mesmo diante das ausências, do estresse e das renúncias exigidas durante esse período. O suporte de vocês foi fundamental para que eu pudesse seguir firme até a conclusão desta etapa.

Agradeço à minha namorada, Taynara, pelo apoio, paciência e compreensão ao longo desse período. Pela presença constante, pelas palavras de incentivo e por caminhar ao meu lado mesmo diante das exigências e pressões dessa fase. Seu suporte foi essencial para que eu mantivesse o foco e a perseverança até a conclusão deste trabalho.

Expresso minha gratidão ao meu orientador, o Professor Dr. Edvan Cordeiro, pela paciência, disponibilidade e contribuições não apenas no desenvolvimento deste trabalho, como também na minha formação como pessoa e engenheiro ao longo desses 5 anos de formação. Suas orientações, críticas e direcionamentos foram tão essenciais para o amadurecimento acadêmico e técnico deste projeto como também meu.

Aos professores que fizeram parte da minha formação acadêmica, o Professor Dr. George Luiz, por ser um dos primeiros a me apresentar ao mundo da engenharia e ao Professor Dr. Pedro Helton, por me apresentar ao mundo infundável das impressões 3D, deixo meu agradecimento pelo conhecimento compartilhado, pelas provocações intelectuais e pelo compromisso com o ensino. Cada disciplina, de alguma forma, contribuiu para a construção do pensamento crítico e das competências necessárias para a realização deste trabalho.

Agradeço também aos colegas e amigos que estiveram ao meu lado durante essa trajetória, Mateus, Pedro Cesário, Levi, Sthefani e Joabe, seja compartilhando conhecimentos, seja oferecendo apoio nos momentos de dificuldade ou em risos frente ao desespero. A convivência, as trocas de experiências e o companheirismo tornaram essa jornada mais leve e significativa.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para minha formação pessoal e acadêmica. Esta conquista não é individual,

mas resultado do apoio, do aprendizado e das oportunidades proporcionadas ao longo do caminho.

RESUMO

O setor de rochas ornamentais caracteriza-se por uma cadeia produtiva complexa, marcada por desafios logísticos singulares, como a quebra técnica de materiais e a dificuldade na padronização de unidades de medida, o que frequentemente resulta em ineficiências operacionais e perda de rentabilidade. Diante desse cenário, a gestão baseada puramente na experiência empírica mostra-se insuficiente para garantir a competitividade no mercado atual. Este trabalho teve como objetivo central o desenvolvimento e a aplicação de um sistema de Business Intelligence (BI) customizado, voltado especificamente para a otimização da gestão de estoque e análise de vendas em uma distribuidora de chapas de mármore e granitos. A metodologia adotada consistiu em uma pesquisa aplicada de natureza quantitativa, operacionalizada através do desenvolvimento integral de uma aplicação web. O sistema foi projetado para realizar a extração, transformação e carga (ETL) de dados reais de vendas e movimentação de materiais, abrangendo o período de janeiro a dezembro de 2025.

Os resultados obtidos através dos dashboards interativos permitiram um diagnóstico profundo da saúde financeira da operação, evidenciando a concentração de receita em linhas de produtos específicas e o impacto do tempo de estocagem de materiais exóticos no fluxo de caixa da empresa. Identificou-se, ainda, gargalos nos processos de reposição que geravam rupturas de estoque em momentos de pico de demanda. Adicionalmente, o módulo de engenharia econômica do sistema possibilitou a realização de simulações de sensibilidade, correlacionando variações nos custos de frete e insumos com a margem de contribuição real por m². Conclui-se que a ferramenta desenvolvida não apenas automatizou o processamento de informações, mas transformou dados brutos em ativos estratégicos, proporcionando à gestão uma capacidade analítica robusta para a redução de custos e maximização dos resultados operacionais.

Palavras-chave: Business Intelligence. Gestão de Estoque. Rochas Ornamentais. Engenharia de Dados. Tomada de Decisão.

ABSTRACT

The ornamental stone sector is characterized by a complex production chain, marked by unique logistical challenges, such as the technical breakdown of materials and the difficulty in standardizing units of measurement, which frequently results in operational inefficiencies and loss of profitability. Given this scenario, management based purely on empirical experience proves insufficient to guarantee competitiveness in the current market. This work aimed to develop and apply a customized Business Intelligence (BI) system, specifically focused on optimizing inventory management and sales analysis in a distributor of marble and granite slabs. The methodology adopted consisted of applied quantitative research, operationalized through the complete development of a web application. The system was designed to perform extraction, transformation, and loading (ETL) of real sales and material movement data, covering the period from January to December 2025.

The results obtained through interactive dashboards allowed for an in-depth diagnosis of the operation's financial health, highlighting the concentration of revenue in specific product lines and the impact of exotic material storage time on the company's cash flow. Bottlenecks in replenishment processes that generated stockouts during peak demand periods were also identified. Additionally, the system's economic engineering module enabled sensitivity simulations, correlating variations in freight and input costs with the actual contribution margin per m². It is concluded that the developed tool not only automated information processing but also transformed raw data into strategic assets, providing management with a robust analytical capacity for cost reduction and maximization of operational results.

Keywords: Business Intelligence. Inventory Management. Ornamental Stones. Data Engineering. Decision Making.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Captura de Tela da Tabela de Dados Bruta.....	24
Figura 2	– Processo de tratamento dos dados.....	25
Figura 3	– Armazenamento (Insert no Banco).....	29
Figura 4	– Simplificação da Arquitetura do sistema desenvolvido.....	30
Figura 5	– Aba de Visualização de Métricas Anuais Reais e Simuladas.....	34
Figura 6	– Aba de Simulação de Cenários.....	35
Figura 7	– Zona de Análise de Vendas de Chapas.....	36
Figura 8	– Análise do Princípio de Pareto.....	37
Figura 9	– Zona de Análise de Desempenho dos Clientes.....	38
Figura 10	– Zona de Análise de Desempenho dos Vendedores.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIROCHAS	– Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais
API	– Application Programming Interface
BI	– Business Intelligence
ERP	– Enterprise Resource Planning
ETL	– Extract, Transform, Load
KPI	– Key Performance Indicator
SCM	– Supply Chain Management
TI	– Tecnologia da Informação
UFC	– Universidade Federal do Ceará

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivos gerais.....	16
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Engenharia de Dados e Apoio à Decisão na Indústria.....	17
2.2 Sistemas de Informação Gerencial (SIG) e ERPs.....	18
2.3 Inteligência de Negócios (Business Intelligence).....	19
2.3.1 <i>Conceitos e Definições</i>	19
2.3.2 <i>Arquitetura de Sistemas de BI</i>	19
2.3.3 <i>Modelagem Dimensional</i>	19
2.4 Indicadores de Desempenho (KPIs) na Distribuição de Rochas.....	20
2.5 Engenharia Econômica e Simulação de Cenários.....	20
2.5.1 <i>Margem de Contribuição e Ponto de Equilíbrio</i>	21
2.6 Estado da Arte: BI e Analytics no Setor de Mineração e Rochas.....	21
2.7 Análise Comparativa de Tecnologias de BI.....	22
2.7.1 <i>Plataformas SaaS (Power BI, Tableau, Qlik)</i>	22
2.7.2 <i>Desenvolvimento Customizado (Web App / Python / JavaScript)</i>	22
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 Classificação da pesquisa.....	23
3.2 Contexto e objeto de estudo.....	23
3.3 Coleta de dados.....	24
3.4 Tratamento e modelagem dos dados.....	24
3.5 Arquitetura de Software e Tecnologias Empregadas.....	25
3.6 Definição dos indicadores e métricas.....	26
3.7 Simulação de cenários.....	27
3.8 Análise dos resultados.....	27
4 RESULTADOS DO SISTEMA.....	28
4.1 Visão geral do sistema.....	28
4.2 Arquitetura do sistema.....	29
4.3 Fluxo de dados e processamento.....	30
4.4 Módulo de importação de dados.....	30
4.5 Módulo de tratamento e organização das informações.....	30
4.6 Geração de indicadores e métricas.....	31
4.6.1 <i>Indicadores Gerais de Desempenho (Dashboard)</i>	31
4.6.2 <i>Indicadores Financeiros Avançados (Simulador & DRE)</i>	31
4.6.3 <i>Indicadores de Produto (Materiais)</i>	32
4.6.4 <i>Indicadores Comerciais (Vendedores e Clientes)</i>	32
4.7 Módulo de visualização e análise.....	32
4.8 Simulação de cenários no sistema.....	33
4.9 Considerações sobre o desenvolvimento.....	34

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
5.1 Visão geral dos dados analisados.....	35
5.2 Análise do volume de chapas comercializadas.....	35
5.3 Análise dos valores financeiros e faturamento.....	36
5.4 Desempenho por produto e valor agregado.....	36
5.5 Análise do perfil e comportamento dos clientes.....	37
5.6 Desempenho individual dos vendedores.....	38
5.7 Análises comparativas e correlações.....	39
5.8 Resultados das simulações de cenários.....	39
5.9 Discussão dos resultados à luz da fundamentação teórica.....	40
5.10 Síntese dos principais achados.....	40
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
6.1 Trabalhos futuros.....	41
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

O setor de rochas ornamentais possui grande relevância econômica no Brasil, destacando-se tanto pela expressiva participação nas exportações quanto pela ampla cadeia produtiva associada à extração, beneficiamento, distribuição e comercialização de chapas de mármore e granito. Inseridas nesse contexto, as distribuidoras de chapas exercem papel estratégico ao conectar produtores, transportadores e consumidores finais, sendo responsáveis pela gestão de estoques de alto valor agregado, pela definição de preços e pela coordenação das operações comerciais.

Apesar de sua importância, muitas distribuidoras ainda baseiam suas decisões gerenciais em dados dispersos, planilhas não estruturadas e análises essencialmente empíricas. Esse cenário dificulta a obtenção de um panorama confiável do negócio, comprometendo o controle de indicadores fundamentais como volume comercializado, valor agregado, desempenho de vendedores, perfil de clientes e rentabilidade por produto. A ausência de ferramentas analíticas consolidadas limita, ainda, a capacidade de simular cenários e antecipar impactos de decisões estratégicas.

No âmbito da Engenharia Mecânica, a utilização de modelos computacionais e sistemas de apoio à decisão tem se consolidado como ferramenta essencial para a análise de processos produtivos, logísticos e econômicos. A integração entre engenharia, tecnologia da informação e análise de dados possibilita transformar dados brutos em informação estruturada, apoiando decisões baseadas em métricas quantitativas e reduzindo incertezas operacionais.

Neste contexto, a inteligência de negócios (Business Intelligence – BI) surge como um conjunto de métodos e ferramentas capazes de coletar, processar, analisar e apresentar dados de forma sistemática. Quando aplicada a ambientes industriais e comerciais, a BI permite a criação de indicadores de desempenho, análises comparativas e simulações, fornecendo subsídios técnicos para a otimização de processos e para o aumento da eficiência organizacional.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a aplicação de um sistema computacional voltado à inteligência de negócios em uma distribuidora de chapas de mármore e granito. O sistema foi concebido para importar tabelas contendo dados brutos de vendas e, a partir desse conjunto de informações, gerar indicadores capazes de representar fielmente o desempenho comercial da empresa. Entre as análises obtidas destacam-se o volume de chapas vendidas, os valores financeiros envolvidos, a identificação dos produtos comercializados, o

perfil dos clientes atendidos, o desempenho individual de vendedores e a realização de simulações comparativas de cenários.

Dessa forma, o trabalho insere-se na área de engenharia aplicada, ao propor um modelo computacional de apoio à tomada de decisão, integrando conceitos de engenharia econômica, análise de sistemas e modelagem de dados. A relevância do estudo reside na demonstração de como ferramentas computacionais podem ser empregadas para gerar inteligência de negócios, contribuindo para a melhoria da gestão e da competitividade de empresas do setor de rochas ornamentais, tal fato é comprovado pelo fato do sistema ter sido efetivamente implantado como aplicação web e que os resultados são baseados em dados reais da empresa.

1.1 Objetivos

1.1.1 *Objetivos gerais*

Desenvolver e analisar um sistema computacional de *business intelligence* aplicado a uma distribuidora de chapas de mármore e granito, com o propósito de transformar dados brutos de vendas em informações estruturadas capazes de apoiar a tomada de decisão gerencial.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Desenvolver um modelo de importação e tratamento de dados comerciais brutos;
- Estruturar indicadores quantitativos relacionados a valores financeiros, volumes vendidos, produtos, clientes e vendedores;
- Analisar o desempenho comercial da empresa por meio de métricas e visualizações gráficas;
- Realizar simulações comparativas de cenários, avaliando impactos potenciais sobre os resultados do negócio;
- Avaliar a contribuição do sistema como ferramenta de apoio à decisão no contexto da engenharia aplicada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica deste trabalho busca estabelecer as bases conceituais necessárias para o desenvolvimento de um sistema de Inteligência de Negócios (Business Intelligence - BI) aplicado ao setor de rochas ornamentais. A revisão abrange desde os princípios da Engenharia de Dados e da Indústria 4.0 até às especificidades da gestão econômica na distribuição de materiais de construção civil, passando por uma análise crítica das tecnologias disponíveis no mercado.

2.1 Engenharia de Dados e Apoio à Decisão na Indústria

A Engenharia Mecânica e de Produção contemporânea atravessa um período de profunda transformação, impulsionado pelo paradigma da Indústria 4.0. Segundo Schwab (2016), essa revolução é caracterizada pela fusão de tecnologias que diluem as fronteiras entre as esferas física, digital e biológica. No contexto de sistemas de produção e distribuição, isso se traduz na migração de um modelo de gestão baseado na experiência empírica para um modelo data-driven (orientado a dados).

A engenharia de dados, neste cenário, deixa de ser uma disciplina auxiliar da Tecnologia da Informação (TI) para se tornar um componente central da engenharia aplicada. Ela fornece os métodos para capturar, armazenar e processar os volumes crescentes de dados gerados por processos industriais e comerciais. Para Bazzo e Pereira (2019), o engenheiro moderno deve possuir a competência não apenas de projetar mecanismos físicos, mas de projetar os sistemas de informação que controlam e otimizam esses mecanismos.

No setor de rochas ornamentais, a cadeia produtiva é marcada por alta variabilidade — cada bloco de pedra é único em termos de padronagem, integridade física e valor comercial. A aplicação de conceitos da Indústria 4.0 neste setor visa reduzir a incerteza inerente a essa variabilidade. Decisões críticas, como a precificação de um lote de chapas de granito ou a definição do mix de produtos em estoque, historicamente dependentes do "tino comercial" de gestores, passam a ser fundamentadas em análises preditivas e prescritivas (DAVENPORT; HARRIS, 2007).

Portanto, o desenvolvimento de ferramentas computacionais de apoio à decisão não é apenas uma conveniência operacional, mas um requisito de competitividade. Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) atuam como filtros que reduzem a complexidade informacional, permitindo que engenheiros e gestores foquem na estratégia em vez de se perderem no

processamento manual de dados brutos.

2.2 Sistemas de Informação Gerencial (SIG) e ERPs

Os Sistemas de Informação Gerencial (SIG) constituem a espinha dorsal da administração moderna. Laudon e Laudon (2020) define SIG como sistemas que fornecem aos gerentes relatórios e acesso online ao desempenho atual e aos registros históricos da organização. Dentro desta categoria, os sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP - Enterprise Resource Planning) destacam-se por integrar os principais processos de negócios — compras, vendas, contabilidade, estoque e recursos humanos — em um único sistema de software.

No Brasil, o setor de rochas ornamentais e marmorarias frequentemente utiliza ERPs verticais, desenvolvidos especificamente para o nicho (como o Gransoft, Calc ou I-Marmoraria). Esses sistemas são eficientes na gestão transacional (OLTP - Online Transaction Processing): eles registram com precisão a entrada de uma nota fiscal, a venda de uma chapa ou a baixa de um estoque.

Entretanto, existe uma lacuna funcional significativa nesses sistemas. Embora sejam excelentes para armazenar dados ("O que vendemos ontem?"), eles frequentemente falham na análise estratégica desses dados ("Por que vendemos menos granito preto este mês comparado ao ano anterior?"). Segundo Turban et al. (2013), os sistemas transacionais são otimizados para velocidade e integridade de gravação, não para consultas analíticas complexas. É neste hiato que se insere a necessidade de camadas de software dedicadas à inteligência de negócios.

A limitação dos ERPs tradicionais no fornecimento de insights visuais e simulações de cenários cria a oportunidade para o desenvolvimento de soluções acopladas ou integradas que extraíam o valor oculto nos bancos de dados transacionais, transformando registros estáticos em conhecimento dinâmico.

2.3 Inteligência de Negócios (*Business Intelligence*)

2.3.1 *Conceitos e Definições*

O termo Business Intelligence (BI) popularizou-se na década de 1990, embora seus conceitos remontem aos sistemas de apoio à decisão das décadas anteriores. Sabherwal e Becerra-Fernandez (2011) definem BI como um termo guarda-chuva que inclui arquiteturas, ferramentas, bancos de dados, aplicações e metodologias para transformar dados em informações úteis para a gestão.

Diferente da simples geração de relatórios, o BI foca na multidimensionalidade dos dados. Ele permite que o usuário "navegue" pela informação (drill-down e drill-up), analisando um mesmo fato (ex: venda) sob diferentes perspectivas (dimensões), como tempo, geografia, produto ou vendedor.

2.3.2 *Arquitetura de Sistemas de BI*

A arquitetura clássica de um sistema de BI, conforme descrita por Kimball e Ross (2013), envolve três componentes fundamentais:

ETL (*Extract, Transform, Load*): É o processo de extração de dados de fontes heterogêneas (planilhas, ERPs, bancos de dados legados), sua limpeza e transformação (padronização de unidades, correção de erros) e carregamento em um repositório central. No contexto deste trabalho, a etapa de ETL é crítica, visto que dados de rochas ornamentais frequentemente sofrem com inconsistências de unidades (metros quadrados vs. metros lineares vs. peças).

Data Warehouse (DW) ou Data Mart: É o repositório onde os dados tratados são armazenados. Diferente do banco de dados operacional, o DW é modelado para leitura rápida e agregação.

Camada de Apresentação e Analytics: É a interface com o usuário final, composta por dashboards, relatórios interativos e ferramentas de visualização de dados.

2.3.3 *Modelagem Dimensional*

Para viabilizar análises rápidas, o BI utiliza frequentemente a modelagem dimensional (Esquema Estrela ou Snowflake). Neste modelo, os dados são divididos em Tabelas Fato (que contêm as métricas numéricas, como valor da venda e quantidade) e

Tabelas Dimensão (que contêm os descritivos, como nome do cliente, data ou tipo de material). Essa estrutura contrasta com a normalização típica dos bancos de dados relacionais (3FN), priorizando a performance de consulta em detrimento da economia de espaço (KIMBALL; ROSS, 2013).

2.4 Indicadores de Desempenho (KPIs) na Distribuição de Rochas

A eficácia de um sistema de BI depende diretamente da qualidade dos indicadores que ele monitora. Parmenter (2015) define Key Performance Indicators (KPIs) como um conjunto de medidas que focam nos aspectos do desempenho organizacional que são os mais críticos para o sucesso atual e futuro da organização.

Para o setor de distribuição de rochas ornamentais, a literatura específica e as práticas de mercado apontam para métricas particulares que diferem do varejo tradicional:

Quebra e Perda Técnica: Devido à natureza frágil de materiais como mármore importados e quartzitos, o monitoramento do índice de quebra no manuseio e transporte é vital.

Conversão de Unidades (m^2 vs. Chapas: O estoque é frequentemente contabilizado em número de chapas, mas a venda é realizada em metros quadrados. A variação nas dimensões médias das chapas (uma chapa de granito pode ter $5 m^2$ ou $6.5 m^2$) exige KPIs que correlacionem volume físico e área útil.

Giro de Estoque por Categoria de Material: Rochas exóticas possuem alto valor agregado e baixo giro (cauda longa), enquanto granitos comerciais possuem baixo valor e alto giro. Um sistema de BI deve segregar essas análises para evitar distorções no Custo Médio Ponderado de Capital (WACC) investido no estoque.

Rentabilidade por Lote (Bloco): Diferente de produtos manufaturados padronizados, cada bloco de pedra desdobrado em chapas possui um custo específico e um aproveitamento variável. A análise de rentabilidade não deve ser apenas por "produto", mas pela origem do material (bloco/lote).

2.5 Engenharia Econômica e Simulação de Cenários

A Engenharia Econômica fornece o arcabouço matemático para a tomada de decisões financeiras em projetos de engenharia. Blank e Tarquin (2012) destacam a importância da análise de sensibilidade para compreender como variações em parâmetros de

entrada (custos, preços, taxas) afetam o resultado final (lucro, VPL).

Em sistemas de BI avançados, a simples visualização do passado é insuficiente; é necessária a capacidade de projetar o futuro. A simulação de cenários ("What-if analysis") permite que o gestor responda a perguntas como: "Se o custo do frete aumentar 10% e eu repassar apenas 5% ao preço, qual será o impacto na minha margem de contribuição líquida?".

2.5.1 Margem de Contribuição e Ponto de Equilíbrio

A aplicação correta dos conceitos de Margem de Contribuição (Preço de Venda - Custos Variáveis) é fundamental para distribuidoras que operam com custos logísticos elevados. O sistema proposto neste trabalho utiliza esses conceitos para calcular não apenas o faturamento bruto, mas a "qualidade" da venda. Vendas com alto volume, mas margem de contribuição negativa (devido a descontos excessivos ou fretes mal calculados), podem ser diagnosticadas através de ferramentas de BI, evitando a destruição de valor da empresa.

2.6 Estado da Arte: BI e Analytics no Setor de Mineração e Rochas

O setor mineral e de rochas ornamentais tem adotado tecnologias digitais de forma gradual. A literatura recente aponta para uma polarização tecnológica:

Grandes Mineradoras: Empresas de grande porte (extração) utilizam sistemas robustos de Mine Planning integrados a plataformas de BI corporativas (SAP BW, Oracle BI), com foco em eficiência operacional de equipamentos e geologia.

Pequenas e Médias Empresas (PMEs) de Distribuição: O segmento de distribuição e beneficiamento (marmorarias), foco deste trabalho, ainda carece de soluções especializadas.

Estudos recentes indicam o surgimento de soluções de nicho, como plataformas de marketplace de pedras que integram visualização de estoques em tempo real e uso de visão computacional para análise de chapas. No entanto, a gestão comercial interna dessas PMEs ainda é predominantemente realizada via planilhas eletrônicas desconectadas (Excel).

A lacuna identificada no estado da arte reside na falta de ferramentas acessíveis que integrem a complexidade das regras de negócio de rochas ornamentais (medidas variáveis, perdas, fretes complexos) com a facilidade de uso de dashboards modernos. A maioria das soluções de BI de mercado exige um esforço de customização proibitivo para a

PME média do setor brasileiro.

2.7 Análise Comparativa de Tecnologias de BI

Para o desenvolvimento de soluções de BI, existem hoje duas abordagens predominantes: o uso de plataformas Self-Service BI (SaaS) e o desenvolvimento de Aplicações Web Customizadas. A escolha tecnológica deste trabalho (desenvolvimento customizado) fundamenta-se na seguinte análise comparativa:

2.7.1 Plataformas SaaS (Power BI, Tableau, Qlik)

Vantagens: Rapidez inicial de implementação; conectores nativos com diversas fontes de dados; forte comunidade de suporte.

Desvantagens: Modelo de licenciamento por usuário (custo recorrente elevado em reais); dificuldade em implementar lógicas de simulação complexas (ex: write-back ou alteração de parâmetros em tempo real para simulação); dependência de ecossistema proprietário.

Contexto: Segundo pesquisas de mercado (Gartner), estas ferramentas lideram o mercado corporativo, mas podem apresentar barreiras de entrada financeiras e de curva de aprendizado para pequenas empresas locais.

2.7.2 Desenvolvimento Customizado (Web App / Python / JavaScript)

Vantagens: Flexibilidade total de interface (UI/UX); ausência de custos de licença mensal por usuário; capacidade de criar lógicas de negócio específicas (como simuladores de corte ou calculadoras de frete complexas) que não seriam possíveis em ferramentas padrão; possibilidade de integração profunda com outros sistemas via API.

Desvantagens: Maior tempo de desenvolvimento inicial; necessidade de manutenção do código.

Justificativa: Para o objeto deste estudo, a abordagem customizada foi escolhida para demonstrar a capacidade da engenharia de criar soluções sob medida que resolvem dores específicas (simulação de cenários financeiros complexos) que seriam difíceis de replicar em ferramentas de prateleira sem uso extensivo de scripts avançados.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do trabalho, descrevendo a abordagem utilizada, o contexto de aplicação, os métodos de coleta e tratamento dos dados, bem como as etapas de desenvolvimento e análise do sistema computacional. A metodologia foi estruturada de forma a garantir rigor técnico, reprodutibilidade e alinhamento com os objetivos propostos.

3.1 Classificação da pesquisa

A pesquisa desenvolvida possui natureza aplicada, uma vez que busca solucionar um problema real identificado em uma empresa do setor de rochas ornamentais, por meio do desenvolvimento de um sistema computacional de apoio à tomada de decisão. Quanto à abordagem, o estudo é predominantemente quantitativo, fundamentando-se na análise de dados numéricos relacionados a vendas, volumes comercializados e valores financeiros.

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa pode ser caracterizada como descritiva e exploratória. É descritiva por analisar e apresentar o comportamento dos indicadores comerciais da empresa, e exploratória por investigar o potencial do uso de ferramentas de inteligência de negócios e gerenciamento de dados no âmbito da Engenharia Mecânica.

3.2 Contexto e objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho é um sistema computacional de inteligência de negócios aplicado a uma distribuidora de chapas de mármore e granito. A empresa atua na comercialização de chapas destinadas a aplicações arquitetônicas e industriais, lidando com produtos de alto valor agregado e grande variabilidade de dimensões, preços e características técnicas.

O sistema foi desenvolvido pelo próprio autor com o objetivo de atender a uma demanda da empresa por maior controle e compreensão de seus dados comerciais. Diferentemente de sistemas voltados à produção ou beneficiamento, o foco da solução está na análise do fluxo comercial, na organização das informações e na geração de indicadores capazes de fornecer um panorama confiável do negócio.

3.3 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada a partir do processo manual de exportação de tabelas contendo registros brutos no formato .xlsx de vendas fornecidas pela empresa, através do software de compra e venda Gransoft. Esses dados incluem informações como identificação do produto, quantidade de chapas vendidas, valores financeiros, clientes atendidos, vendedores responsáveis e datas das operações, para fins de estudo e possibilidade de equiparação de dados por teste duplo cego, os dados coletados são de 01 de Janeiro de 2025 a 31 de Dezembro de 2025.

Os dados originais apresentavam-se de forma não estruturada para análises gerenciais avançadas, exigindo etapas de tratamento e padronização. Não houve intervenção direta nos processos comerciais da empresa, sendo utilizados apenas dados históricos previamente registrados. Por questões de proteção de dados e da privacidade de funcionários, clientes e dados sensíveis da empresa, alguns dados, imagens e tabelas podem se encontrar com “blur” em algumas regiões contendo informação sensível.

Figura 1 – Captura de Tela da Tabela de Dados Bruta

The image shows a screenshot of a large data table with multiple columns and rows. The columns include various identifiers, dates, and numerical values. The rows represent individual sales records. The table is densely packed with data, and the text is small, making it difficult to read individual entries. The table appears to be a raw export of sales data from a system like Gransoft.

Fonte: Empresa X.

3.4 Tratamento e modelagem dos dados

O tratamento dos dados consistiu em etapas de limpeza, padronização e organização das informações importadas. Inicialmente, foram identificadas inconsistências,

valores ausentes e registros duplicados, os quais foram corrigidos ou removidos conforme critérios previamente definidos.

Em seguida, procedeu-se à modelagem dos dados, estruturando-os em entidades lógicas que representam produtos, clientes, vendedores e transações comerciais. Essa etapa permitiu a consolidação das informações e viabilizou a geração de métricas e indicadores de desempenho de forma consistente.

Figura 2 – Processo de tratamento dos dados



Fonte: Autor.

3.5 Arquitetura de Software e Tecnologias Empregadas

O sistema computacional foi concebido sob uma arquitetura de aplicações web modernas (*Web-based Application*), priorizando a modularidade, a escalabilidade e a alta disponibilidade. A escolha por uma solução em nuvem (*Cloud Computing*) fundamenta-se na necessidade de acesso remoto onipresente, permitindo que gestores acessem os indicadores de desempenho a partir de diferentes dispositivos (desktops, tablets ou smartphones) sem a necessidade de instalações locais complexas.

A infraestrutura lógica do sistema segue o padrão de arquitetura Cliente-Servidor, segregada em três camadas distintas de responsabilidade:

Camada de Apresentação (Frontend): Responsável pela interface homem-máquina (IHM). Foi desenvolvida utilizando bibliotecas de renderização reativa, que permitem a atualização dinâmica dos gráficos e dashboards sem a necessidade de recarregamento total da página. Esta camada prioriza a usabilidade e a visualização de dados (Data Visualization), empregando componentes responsivos que se adaptam a diferentes resoluções de tela.

Camada de Regras de Negócio e Processamento (Backend): Atua como o núcleo lógico do sistema. Esta camada gerencia as requisições, executa os algoritmos de tratamento de dados (ETL - Extract, Transform, Load) e processa as regras de simulação financeira. A comunicação entre o frontend e o banco de dados é realizada através de APIs (Application Programming Interfaces) seguras, garantindo que a lógica de cálculo (margens, impostos, comissões) esteja centralizada e protegida.

Camada de Persistência de Dados (Database): Para o armazenamento das informações, optou-se por um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR) de classe empresarial. A escolha por um modelo relacional (SQL) justifica-se pela necessidade crítica de integridade referencial nas transações comerciais e financeiras, garantindo as propriedades ACID (Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade) essenciais para sistemas de engenharia econômica.

O sistema também incorpora módulos de segurança para autenticação e controle de acesso, assegurando que dados sensíveis de custos e margens sejam acessíveis apenas a usuários autorizados. O processamento das planilhas de entrada (formato .xlsx) é realizado por rotinas de parsing no lado do servidor, que convertem dados não estruturados em objetos de dados normalizados prontos para análise estatística.

3.6 Definição dos indicadores e métricas

Os indicadores de desempenho foram definidos com base nos objetivos do trabalho e nas necessidades da empresa. Entre os principais indicadores analisados destacam-se:

- Quantidade total de chapas vendidas;
- Valor financeiro total comercializado;
- Distribuição de vendas por produto;
- Desempenho individual de vendedores;
- Perfil de clientes atendidos;

- Valor agregado por produto e por vendedor.

Essas métricas possibilitam uma análise multidimensional do desempenho comercial, fornecendo subsídios para comparações e avaliações estratégicas.

3.7 Simulação de cenários

Além da análise dos dados reais, o sistema permite a realização de simulações de cenários comerciais. Essas simulações consistem na alteração de parâmetros como volume de vendas, preços ou participação de vendedores, possibilitando a avaliação de impactos potenciais sobre os resultados globais.

A simulação de cenários foi utilizada como ferramenta de apoio à decisão, permitindo comparar situações hipotéticas com os dados históricos reais e avaliar possíveis estratégias antes de sua implementação prática.

3.8 Análise dos resultados

A análise dos resultados foi conduzida a partir da interpretação dos indicadores gerados pelo sistema e das visualizações correspondentes. Os resultados obtidos foram discutidos à luz dos conceitos apresentados na fundamentação teórica, avaliando-se a contribuição do sistema para a compreensão do desempenho comercial da empresa.

Essa abordagem permitiu identificar padrões, tendências e oportunidades de melhoria, além de evidenciar as limitações do estudo e do sistema desenvolvido.

4 RESULTADOS DO SISTEMA

Este capítulo descreve o desenvolvimento do sistema computacional de inteligência de negócios proposto neste trabalho. São apresentados a arquitetura geral da solução, o fluxo de dados, os módulos funcionais implementados e as principais decisões técnicas adotadas durante o desenvolvimento, sempre com foco na aplicação prática e no suporte à tomada de decisão.

4.1 Visão geral do sistema

O sistema desenvolvido tem como finalidade principal transformar dados brutos de vendas em informações estruturadas e analíticas, capazes de fornecer uma visão global e detalhada do desempenho comercial da empresa. A solução foi concebida para operar a partir da importação de tabelas contendo registros históricos, dispensando alterações nos sistemas operacionais previamente utilizados pela empresa.

A lógica central do sistema baseia-se na separação entre dados de entrada, processamento interno e apresentação dos resultados, permitindo maior flexibilidade, escalabilidade e facilidade de manutenção. Essa abordagem favorece a adaptação do sistema a novos conjuntos de dados e a diferentes períodos de análise.

Figura 3 – Armazenamento (Insert no Banco)

The screenshot displays a dashboard for 'Marmoraria' with the following data:

- Periodo:** 01/10/2025 até 31/10/2025
- Faturamento Bruto:** [Redacted]
- Fretes (Repassé):** [Redacted]
- Lucro Operacional:** [Redacted]
- Ticket Médio:** [Redacted]

Alto Valor Agregado (Acima de R\$ 300/m²):

#	Material	Qtd	M²	Faturamento
1	CHAPA DE PERLA SANTAN...	37	224,6	[Redacted]
2	CHAPA DE SUPER NANO	34	159,9	[Redacted]
3	CHAPA DE SKY PERLA - P...	10	59,2	[Redacted]
4	CHAPA DE PERLA SANTAN...	7	42,3	[Redacted]
5	CHAPA DE PERLA CEZANN...	7	43,4	[Redacted]

VOLUME TOTAL: 171 pçs | 974,4 m²

Linha de Combate (Abaixo de R\$ 300/m²):

#	Material	Qtd	M²	Faturamento
1	CHAPA DE VERDE UBATU...	265	1650,2	[Redacted]
2	CHAPA DE BRANCO ITAU...	99	585,0	[Redacted]
3	CHAPA DE PRETO SÃO GA...	58	327,5	[Redacted]
4	CHAPA DE MARMORE BR...	57	344,1	[Redacted]
5	CHAPA DE CINZA CORUM...	55	335,5	[Redacted]

VOLUME TOTAL: 737 pçs | 4.410,6 m²

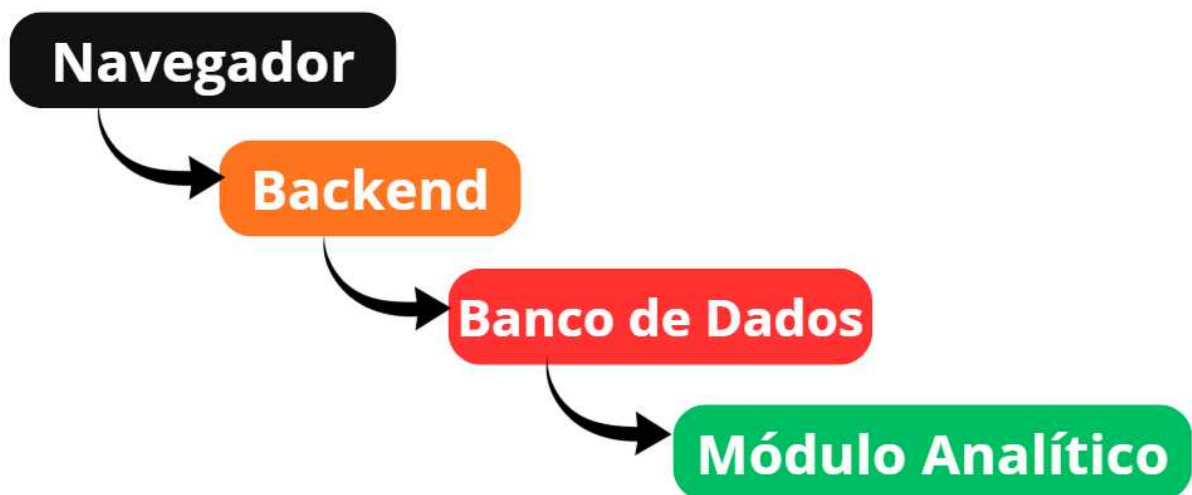
Fonte: Autor.

4.2 Arquitetura do sistema

A arquitetura do sistema foi estruturada em três camadas principais:

- Camada de entrada de dados: responsável pela importação das tabelas contendo os dados brutos de vendas;
- Camada de processamento e análise: encarregada do tratamento, agregação e cálculo dos indicadores;
- Camada de visualização: dedicada à apresentação das informações por meio de gráficos, tabelas e indicadores.

Figura 4 – Simplificação da Arquitetura do sistema desenvolvido



Fonte: Autor.

Essa arquitetura em camadas segue princípios clássicos de engenharia de sistemas, permitindo isolar responsabilidades e reduzir a complexidade do desenvolvimento. Além disso, facilita futuras expansões, como a inclusão de novos indicadores ou fontes de dados.

4.3 Fluxo de dados e processamento

O fluxo de dados inicia-se com a importação da tabela contendo os registros comerciais. Após a importação, os dados passam por um processo automático de validação, no qual são verificados formatos, consistência de valores e presença de campos obrigatórios.

Em seguida, os dados são processados por rotinas de agregação e consolidação, permitindo a obtenção de métricas globais e segmentadas. Esse processamento inclui a soma de valores financeiros, a contagem de chapas vendidas e a organização das informações por produto, cliente e vendedor.

O fluxo é finalizado com o armazenamento temporário das informações processadas, que são então disponibilizadas para a camada de visualização e análise.

4.4 Módulo de importação de dados

O módulo de importação foi projetado para lidar com tabelas de dados brutos, geralmente oriundas de planilhas eletrônicas. O sistema realiza a leitura automática dos arquivos, identificando colunas relevantes e mapeando-as para as estruturas internas de dados.

Esse módulo foi desenvolvido com foco na robustez, de modo a minimizar erros decorrentes de variações no formato dos arquivos. Sempre que possível, o sistema sinaliza inconsistências ao usuário, permitindo correções antes do processamento completo.

4.5 Módulo de tratamento e organização das informações

Após a importação, os dados são submetidos a um módulo de tratamento responsável pela padronização e organização das informações. Essa etapa inclui a normalização de unidades, a correção de nomenclaturas e a eliminação de registros redundantes.

O tratamento adequado dos dados é essencial para garantir a confiabilidade dos indicadores gerados. Dessa forma, o sistema assegura que análises posteriores reflitam fielmente a realidade do negócio, reduzindo distorções causadas por inconsistências nos dados de origem.

4.6 Geração de indicadores e métricas

O sistema implementa rotinas específicas para o cálculo dos indicadores de desempenho definidos no Capítulo 3. As métricas são calculadas de forma automatizada, permitindo a rápida atualização dos resultados sempre que novos dados são inseridos.

Entre os indicadores gerados estão os listados abaixo:

4.6.1 Indicadores Gerais de Desempenho (Dashboard)

Estes KPIs oferecem uma visão macro da saúde do negócio e são calculados com base na totalidade dos dados importados:

- Faturamento Bruto: Soma total do valor das vendas (*revenue*).
- Lucro Operacional Estimado: Calculado subtraindo os custos diretos do faturamento: $\text{Faturamento} - \text{CMV} - \text{Frete}$.
- Margem Operacional: Percentagem que o lucro representa sobre o faturamento.
- Ticket Médio: Valor médio por venda ($\text{Faturamento Total} / \text{N}^\circ \text{ de Vendas}$).
- Frete (Repasse): Soma total dos valores cobrados como frete (*freight*).
- Custo Operacional (CMV): Custo das Mercadorias Vendidas (*cost*).

4.6.2 Indicadores Financeiros Avançados (Simulador & DRE)

O sistema gera uma DRE (Demonstração do Resultado do Exercício) completa, calculando métricas "Reais" (baseadas no CSV) e "Simuladas" (ajustáveis pelo utilizador):

- Receita Líquida: $\text{Faturamento Bruto} - \text{Impostos} - \text{Inadimplência}$.
- Margem de Contribuição: O valor que sobra para pagar custos fixos e gerar lucro. Fórmula: $\text{Receita Líquida} - (\text{CMV} + \text{Frete} + \text{Comissões} + \text{Custos Variáveis})$.
- Lucro Líquido: Resultado final após dedução dos Custos Fixos ($\text{Margem de Contribuição} - \text{Custos Fixos}$).
- Impacto da Simulação: A diferença financeira entre o cenário real e o cenário simulado (ex: "Se eu aumentar o preço em 5%, quanto sobe o meu lucro?").
- Impostos e Inadimplência: Valores calculados com base em taxas paramétricas configuráveis pelo utilizador.

4.6.3 Indicadores de Produto (Materiais)

Os materiais são classificados automaticamente em duas categorias estratégicas com base numa regra de negócio específica:

- Classificação de Valor (High/Low):
- Alto Valor Agregado: Materiais com preço médio de venda \geq R\$ 300/m².
- Linha de Combate: Materiais com preço médio de venda $<$ R\$ 300/m².
- Volume de Vendas: Quantidade de peças vendidas por categoria.
- Volume em m²: Metragem quadrada total vendida por material.

4.6.4 Indicadores Comerciais (Vendedores e Clientes)

Focados na performance individual da equipa e carteira de clientes:

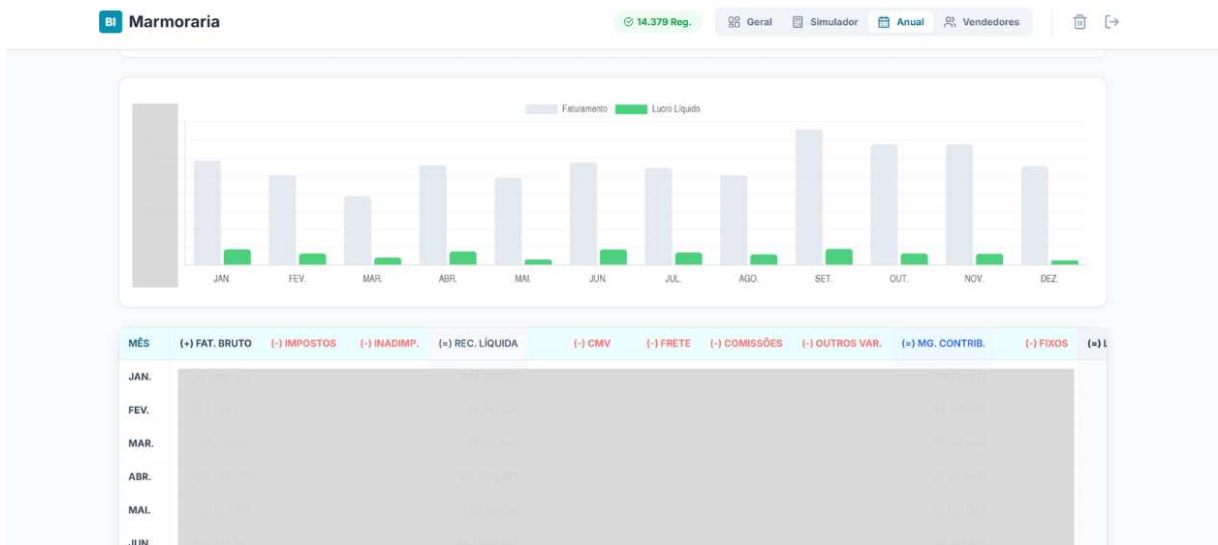
- Ranking de Vendas: Vendedores ordenados por Faturamento total.
- Atingimento de Meta: Comparação entre o Faturamento Real vs Meta Definida (calculado como % de Progresso).
- Mix de Produtos (Vendedor): Contagem de peças vendidas separadas por "Qtd. Alta" (Alto Valor) e "Qtd. Combate" (Baixo Valor).
- Margem por Vendedor (Markup): Cálculo de rentabilidade específica por vendedor: $((\text{Receita} - \text{Frete} - \text{Custo}) / \text{Custo}) * 100$.
- Top Clientes: Ranking de clientes que mais compram, com segmentação por "Geral", "Alto Valor" e "Combate".

4.7 Módulo de visualização e análise

A visualização dos dados é realizada por meio de gráficos e tabelas que facilitam a interpretação dos resultados. O sistema foi projetado para apresentar as informações de forma clara e objetiva, priorizando a leitura rápida e a comparação entre diferentes variáveis.

A escolha das visualizações levou em consideração princípios de clareza e eficiência comunicacional, evitando excesso de informações e priorizando indicadores relevantes para a tomada de decisão.

Figura 5 – Aba de Visualização de Métricas Anuais Reais e Simulados



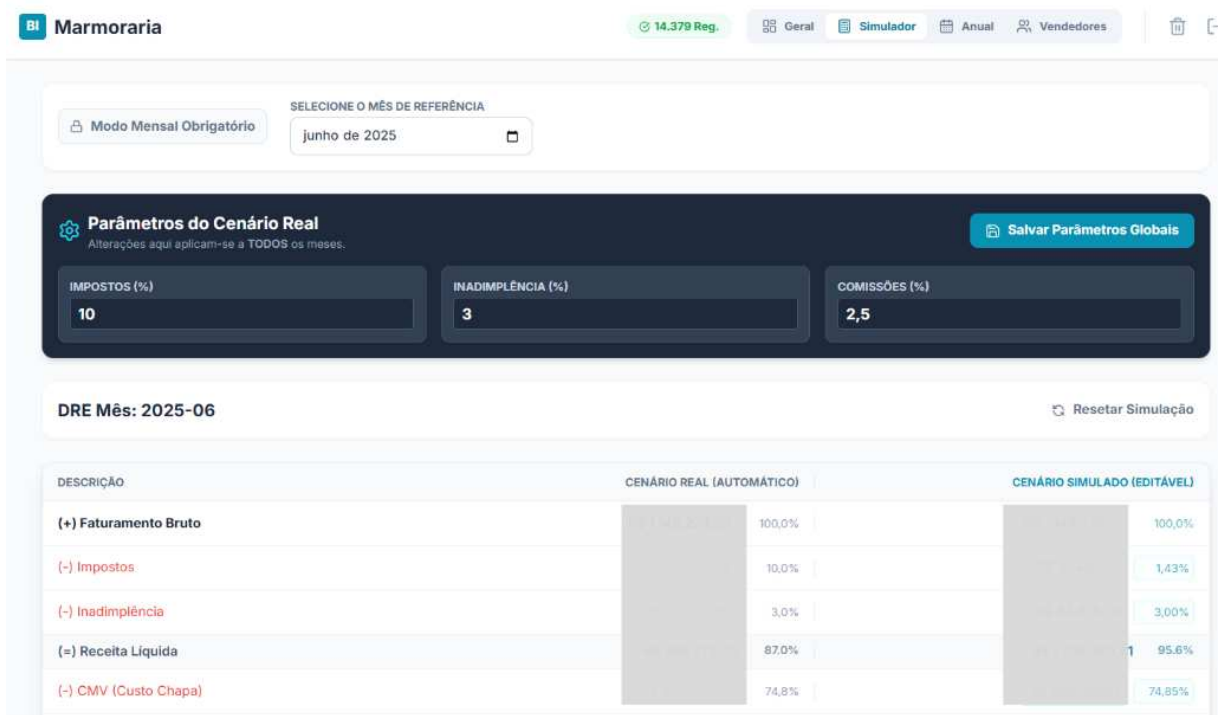
Fonte: Autor.

4.8 Simulação de cenários no sistema

Um dos diferenciais do sistema desenvolvido é a possibilidade de realizar simulações de cenários comerciais. O módulo de simulação permite alterar parâmetros como preços, volumes vendidos ou participação de vendedores, gerando novos resultados de forma imediata.

Essas simulações possibilitam avaliar o impacto potencial de decisões estratégicas antes de sua implementação, reduzindo riscos e fornecendo suporte quantitativo ao processo decisório.

Figura 6 – Aba de Simulação de Cenários



Fonte: Autor.

4.9 Considerações sobre o desenvolvimento

O desenvolvimento do sistema priorizou soluções simples, eficientes e alinhadas às necessidades reais da empresa. Optou-se por uma abordagem modular, facilitando a manutenção e a evolução da ferramenta ao longo do tempo.

As decisões técnicas adotadas buscaram equilibrar robustez e flexibilidade, garantindo que o sistema pudesse ser utilizado como uma ferramenta prática de apoio à decisão, sem exigir infraestrutura complexa ou investimentos elevados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação do sistema de inteligência de negócios desenvolvido, bem como a discussão desses resultados à luz dos conceitos abordados na fundamentação teórica. As análises realizadas permitem avaliar o desempenho comercial da empresa, demonstrar a aplicabilidade do sistema como ferramenta de apoio à decisão e discutir seus impactos gerenciais.

5.1 Visão geral dos dados analisados

Os resultados apresentados neste capítulo baseiam-se nos dados históricos de vendas importados para o sistema, referentes às operações comerciais da distribuidora de chapas de mármore e granito. Esses dados representam um conjunto real de informações, contendo registros de produtos comercializados, volumes vendidos, valores financeiros, clientes atendidos e vendedores responsáveis.

A análise inicial dos dados permitiu obter uma visão global do negócio, servindo como base para as análises específicas apresentadas nas seções subsequentes. Essa etapa é fundamental para contextualizar os resultados e garantir coerência na interpretação dos indicadores.

5.2 Análise do volume de chapas comercializadas

A análise temporal do volume comercializado permitiu identificar padrões claros de sazonalidade na demanda, evidenciando picos de consumo que pressionam a capacidade logística da distribuidora. O sistema revelou que a falta de sincronia entre estes picos e a reposição de estoque gerava gargalos operacionais (bottlenecks) no pátio de armazenagem, comprometendo a eficiência do fluxo de materiais justo nos momentos de maior oportunidade de venda.

Além disso, a quantificação precisa dos volumes permitiu calcular o giro de estoque real para diferentes famílias de materiais. Observou-se que materiais de alto volume e baixa margem ocupavam desproporcionalmente a área útil do galpão, sugerindo a necessidade de revisão do layout físico e das políticas de compra para otimizar o uso do espaço, um recurso finito e custoso na operação.

Figura 7 – Zona de Análise de Vendas de Chapas

Alto Valor Agregado Acima de R\$ 300/m ²					Linha de Combate Abaixo de R\$ 300/m ²				
VOLUME TOTAL 171 pcs 974,4 m ²					VOLUME TOTAL 737 pcs 4.410,6 m ²				
#	Material	Qtd	M ²	Faturamento	#	Material	Qtd	M ²	Faturamento
1	CHAPA DE PERLA SANTAN...	37	224.6		1	CHAPA DE VERDE UBATU...	265	1650.2	
2	CHAPA DE SUPER NANO	34	159.9		2	CHAPA DE BRANCO ITAU...	99	585.0	
3	CHAPA DE SKY PERLA - P...	10	59.2		3	CHAPA DE PRETO SÃO GA...	58	327.5	
4	CHAPA DE PERLA SANTAN...	7	42.3		4	CHAPA DE MARMORE BR...	57	344.1	
5	CHAPA DE PERLA CEZANN...	7	43.4		5	CHAPA DE CINZA CORUM...	55	335.5	
6	CHAPA DE PERLA SANTAN...	6	35.8		6	CHAPA DE PRETO SÃO GA...	26	162.2	
7	CHAPA DE CALACATA MAT...	8	48.0		7	CHAPA DE BRANCO ITAU...	25	152.7	
8	CHAPA DE BRANCO ALPH...	9	56.1		8	CHAPA DE PRETO VIA LA...	15	89.5	
9	CHAPA DE VERDE AVOCAT...	4	23.8		9	CHAPA DE CINZA OCRE 0...	29	174.2	
10	CHAPA DE DENALI - ESCO...	3	20.8		10	CHAPA DE TRAVERTINO - ...	29	144.3	

Fonte: Autor.

5.3 Análise dos valores financeiros e faturamento

A distribuição do faturamento demonstrou uma aderência significativa ao Princípio de Pareto (Regra 80/20), onde uma fração reduzida do portfólio de produtos (aproximadamente 20%) foi responsável pela maior parte da receita gerada, como apresentado na Figura 8, ressaltando que os dados da imagem não correspondem com a realidade, apenas para fins demonstrativos. Esta constatação é crítica para a engenharia de produção, pois indica que esforços de controle de qualidade e negociação de fretes devem ser concentrados nestes itens da "Curva A", que sustentam o fluxo de caixa da empresa.

Por outro lado, a análise financeira segregada revelou produtos com margem de contribuição unitária positiva, mas com volume insuficiente para cobrir seus custos fixos de armazenagem e movimentação. O sistema permitiu identificar que manter estoques elevados destes itens gerava um custo de oportunidade significativo, imobilizando capital que poderia ser alocado em materiais com maior liquidez e retorno sobre o investimento (ROI).

Figura 8 – Análise do Princípio de Pareto



Fonte: Autor

5.4 Desempenho por produto e valor agregado

Ao correlacionar volume de vendas com valor agregado, o sistema evidenciou uma discrepância entre os produtos "fazedores de caixa" e os produtos de "imagem". A análise indicou que, embora as rochas exóticas possuem maior valor por metro quadrado, seu ciclo de conversão de caixa é consideravelmente mais longo. Isso exige um planejamento financeiro robusto para evitar descasamento entre o pagamento aos fornecedores (na compra do bloco) e o recebimento da venda (na saída da chapa).

A classificação automática proposta pelo sistema permitiu monitorar o ticket médio por categoria, facilitando a identificação de erosão de margens. Em cenários onde o volume de vendas se manteve constante, mas o faturamento caiu, o sistema diagnosticou rapidamente a concessão excessiva de descontos na ponta, alertando a gestão para a necessidade de proteger a rentabilidade operacional.

5.5 Análise do perfil e comportamento dos clientes

A segmentação da carteira de clientes permitiu mapear a previsibilidade de demanda, essencial para a redução do efeito chicote (*bullwhip effect*) na cadeia de suprimentos. Identificou-se que clientes industriais possuem um padrão de compra regular e programável, enquanto consumidores finais apresentam comportamento estocástico. Essa distinção permite à empresa aplicar estratégias de *Make-to-Stock* (produção para estoque) para os itens de alta rotatividade demandados pelos clientes recorrentes.

Além disso, a análise de LTV (*Lifetime Value*) dos clientes indicou que a retenção de compradores recorrentes (marmorarias parceiras) dilui os custos fixos comerciais de forma mais eficiente do que a prospecção constante de novos clientes esporádicos. O sistema forneceu dados para justificar investimentos em logística dedicada para estes parceiros estratégicos, visando blindar a carteira contra a concorrência.

Figura 9 – Zona de Análise de Desempenho dos Clientes

Clientes (Geral)				Clientes (Alto Valor)				Clientes (Combate)			
#	Cliente	Valor	Mg. %	#	Cliente	Valor	Mg. %	#	Cliente	Valor	Mg. %
1			23.7%	1			26.5%	1			22.2%
2			22.9%	2			6.2%	2			52.9%
3			33.4%	3			34.3%	3			33.4%
4			6.2%	4			24.0%	4			26.3%
5			52.9%	5			34.6%	5			15.2%
6			22.1%	6			18.3%	6			30.2%
7			36.7%	7			12.5%	7			18.2%
8			24.0%	8			33.2%	8			24.7%
9			34.1%	9			21.0%	9			23.7%
10			24.3%	10			28.6%	10			15.8%

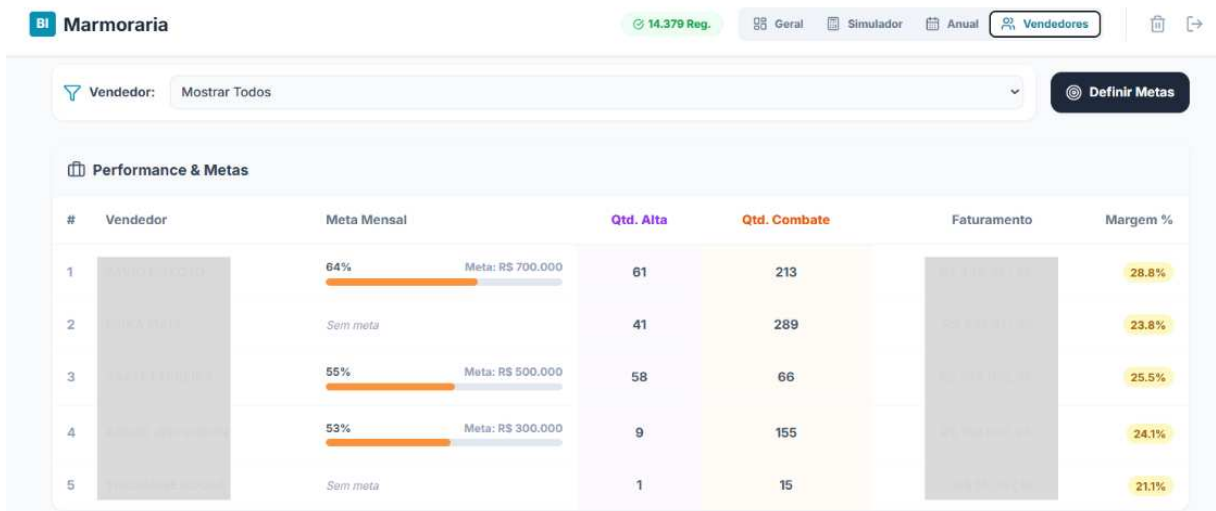
Fonte: Autor.

5.6 Desempenho individual dos vendedores

O desempenho dos vendedores foi analisado com base em indicadores de volume vendido e valor financeiro gerado. O sistema permitiu comparar resultados individuais, identificando variações de desempenho e possíveis oportunidades de melhoria.

A análise do desempenho individual contribui para a gestão de equipes comerciais, possibilitando a definição de metas mais realistas, programas de incentivo e estratégias de capacitação baseadas em dados objetivos.

Figura 10 – Zona de Análise de Desempenho dos Vendedores



Fonte: Autor.

5.7 Análises comparativas e correlações

Além das análises individuais, o sistema permitiu realizar comparações entre diferentes dimensões do negócio, como produtos versus vendedores, clientes versus faturamento e volume versus valor agregado. Essas análises possibilitam identificar correlações relevantes e compreender relações entre variáveis comerciais.

A identificação dessas relações amplia a compreensão do funcionamento do negócio, fornecendo subsídios para decisões estratégicas mais consistentes.

5.8 Resultados das simulações de cenários

O módulo de simulação possibilitou a realização de uma Análise de Sensibilidade robusta, variando parâmetros críticos como custo do frete, impostos e margem de lucro desejada. Ao simular um cenário de aumento de 10% nos custos logísticos (comum no setor devido à variação do diesel), o sistema projetou automaticamente o novo Ponto de Equilíbrio (Break-even Point) da operação, permitindo à gestão antecipar a necessidade de reajuste de preços para manter a solvência.

Essas simulações atuaram como uma ferramenta de mitigação de riscos. Em vez de tomar decisões baseadas na intuição, a engenharia pôde quantificar o impacto de estratégias agressivas de desconto. O sistema demonstrou, por exemplo, que uma redução de 5% no preço médio exigiria um aumento desproporcional de 25% no volume de vendas apenas para manter a mesma Massa de Margem Bruta, evidenciando a armadilha das guerras de preço sem análise de elasticidade.

5.9 Discussão dos resultados à luz da fundamentação teórica

Os resultados obtidos confirmam a aplicabilidade dos conceitos de inteligência de negócios, indicadores de desempenho e engenharia econômica apresentados na fundamentação teórica. A transformação de dados brutos em informações estruturadas demonstrou-se eficaz para a compreensão do desempenho comercial da empresa.

A utilização de indicadores quantitativos e simulações de cenários evidencia a importância da análise baseada em dados para a tomada de decisão, alinhando-se aos princípios da engenharia aplicada e do apoio quantitativo à gestão.

5.10 Síntese dos principais achados

De forma geral, os resultados obtidos demonstram que o sistema desenvolvido atende aos objetivos propostos, fornecendo uma visão abrangente e detalhada do negócio. Os indicadores gerados permitiram identificar padrões, oportunidades de melhoria e impactos potenciais de decisões estratégicas.

Esses achados reforçam a relevância do uso de sistemas de inteligência de negócios no contexto de empresas do setor de rochas ornamentais, bem como sua pertinência como aplicação prática dos conhecimentos da Engenharia Mecânica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e a análise de um sistema computacional de inteligência de negócios aplicado a uma distribuidora de chapas de mármore e granito, com foco na transformação de dados brutos de vendas em informações estruturadas capazes de apoiar a tomada de decisão gerencial. Ao longo do estudo, buscou-se integrar conceitos de engenharia aplicada, sistemas de informação, engenharia econômica e análise quantitativa.

O sistema desenvolvido demonstrou-se eficaz na consolidação e análise de dados comerciais, permitindo a geração de indicadores relevantes como volume de chapas vendidas, faturamento, desempenho por produto, perfil de clientes, desempenho individual de vendedores e análises comparativas. A estrutura modular adotada possibilitou flexibilidade na atualização dos dados e facilidade de adaptação a diferentes cenários de análise.

A aplicação prática do sistema evidenciou a importância da utilização de ferramentas computacionais no apoio à decisão, reduzindo a dependência de análises empíricas e aumentando a confiabilidade das informações utilizadas na gestão do negócio. Dessa forma, o trabalho reforça o papel da Engenharia Mecânica na análise de sistemas complexos que envolvem variáveis técnicas, econômicas e operacionais.

Conclui-se que o sistema atende aos objetivos propostos, constituindo uma ferramenta viável e eficiente para a geração de inteligência de negócios em empresas do setor de rochas ornamentais. Além disso, o estudo demonstra a pertinência da aplicação de conceitos de engenharia em contextos empresariais, ampliando o campo de atuação do engenheiro mecânico.

6.1 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, sugere-se a ampliação do sistema para integrar dados de estoque, logística e produção, permitindo análises mais abrangentes da cadeia de valor. A incorporação de indicadores relacionados a custos operacionais e margens de contribuição pode enriquecer ainda mais o suporte à tomada de decisão.

Outra possibilidade consiste na implementação de métodos mais avançados de análise de dados, como técnicas de previsão de demanda e otimização, ampliando a capacidade do sistema de antecipar cenários e apoiar decisões estratégicas. A integração com

bancos de dados externos e sistemas corporativos também representa uma oportunidade de evolução da ferramenta.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos comparativos em outras empresas do setor, a fim de avaliar a generalização da abordagem proposta e aprofundar a discussão acadêmica sobre a aplicação de inteligência de negócios no contexto da Engenharia Mecânica.

REFERÊNCIAS

- ABIROCHAS. **Balço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2024**. Brasília: Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, 2025. Disponível em: <https://www.abirochas.com.br>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. do V. **Introdução à Engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos**. 5. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2019.
- BLANK, L. T.; TARQUIN, A. J. **Engineering Economy**. 7. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2012.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Plano Nacional de Internet das Coisas e Indústria 4.0**. Brasília: MCTI, 2021.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- CHIODI FILHO, C. **O setor de rochas ornamentais no Brasil: situação atual e perspectivas**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2018. (Série Rochas Ornamentais).
- CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2016.
- DATE, C. J. **An Introduction to Database Systems**. 8. ed. Boston: Pearson Education, 2019.
- DAVENPORT, T. H.; HARRIS, J. G. **Competing on Analytics: The New Science of Winning**. Boston: Harvard Business School Press, 2007.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta: um processo de melhoria contínua**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2002.
- INMON, W. H. **Building the Data Warehouse**. 4. ed. Indianapolis: Wiley Publishing, 2005.
- KIMBALL, R.; ROSS, M. **The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling**. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.
- LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Management Information Systems: Managing the Digital Firm**. 16. ed. Harlow: Pearson Education, 2020.
- MAYER-SCHÖNBERGER, V.; CUKIER, K. **Big Data: como extrair volume, variedade, velocidade e valor da avalanche de informação cotidiana**. Rio de Janeiro: Campus, 2013.
- PARMENTER, D. **Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs**. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
- PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. 34. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

SABHERWAL, R.; BECERRA-FERNANDEZ, I. **Business Intelligence: Practices, Technologies, and Management**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

TURBAN, E.; SHARDA, R.; DELEN, D.; ARONSON, J. E. **Decision Support and Business Intelligence Systems**. 9. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2011.

VIDAL, F. W. H.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013.

WANG, R. Y.; STRONG, D. M. Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. **Journal of Management Information Systems**, v. 12, n. 4, p. 5-33, 1996.

ZABALA, H.; MARTÍNEZ, J. Business intelligence systems and analytics in industrial decision-making. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 13, n. 2, p. 345-360, 2020.

ZHOU, L.; LI, S. Intelligent Manufacturing and Industry 4.0: A Review of the Needs and Solutions for the Stone Processing Industry. **IEEE Access**, v. 8, p. 11234-11245, 2020.