

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**MATEUS FERNANDES DINIZ
MARCELO JUNIO FERNANDES DE ALMEIDA**

**IMPACTO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO EM UMA
EMPRESA DE ENGENHARIA**

**UBERLÂNDIA - MG
2025**

MATEUS FERNANDES DINIZ
MARCELO JUNIO FERNANDES DE ALMEIDA

**IMPACTO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO EM UMA
EMPRESA DE ENGENHARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Mecânica da
Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como
requisito parcial para obtenção do título de
graduação em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carla Bonato Marcolin

**UBERLÂNDIA - MG
2025**

**Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

D585	Diniz, Mateus Fernandes, 2000-
2025	IMPACTO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO EM UMA EMPRESA DE ENGENHARIA [recurso eletrônico] / Mateus Fernandes Diniz. - 2025.
<p>Orientadora: Carla Bonato Marcolin. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Engenharia Mecânica. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p>	
<p>1. Engenharia mecânica. I. Marcolin, Carla Bonato, 1988- (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.</p>	
CDU: 621	

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

MATEUS FERNANDES DINIZ
MARCELO JUNIO FERNANDES DE ALMEIDA

**IMPACTO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO EM UMA
EMPRESA DE ENGENHARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Mecânica da
Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como
requisito parcial para obtenção do título de
graduação em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carla Bonato Marcolin

Uberlândia, 2025.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Carla Bonato Marcolin - UFU - Orientadora

Prof. Dr. Jean Carlos Domingos - UFU

Prof. Dr. Eustáquio São José de Faria - UFU

AGRADECIMENTOS

Aos nossos familiares, pela paciência, compreensão e incentivo incondicional em todos os momentos desta jornada, sempre acreditando em nosso potencial e nos apoiando nos desafios enfrentados.

À nossa orientadora, Prof. Dra. Carla Bonato Marcolin, pela dedicação, disponibilidade e orientação cuidadosa ao longo de todo o processo. Seus ensinamentos, conselhos e incentivos foram essenciais para a realização deste trabalho e contribuíram de forma significativa para o nosso crescimento acadêmico e profissional.

Aos professores, pelos ensinamentos transmitidos ao longo do curso, pela partilha de conhecimento e pela inspiração que deixaram em nossa formação profissional e pessoal.

E, por fim, aos amigos e colegas que estiveram presentes ao longo desta caminhada, oferecendo apoio, companheirismo e palavras de incentivo, tornando essa trajetória mais leve e significativa.

RESUMO

O setor de engenharia, caracterizado pela complexidade de seus projetos e pela busca contínua por eficiência, enfrenta o imperativo da transformação digital. A dependência de metodologias tradicionais, como a gestão baseada em planilhas eletrônicas, cria um ecossistema de dados fragmentado, gerando silos de informação, falta de rastreabilidade e riscos operacionais que comprometem a integridade dos dados, a agilidade decisória e a escalabilidade do negócio. Este trabalho, por meio de um estudo de caso prático, analisa o impacto da implementação de um sistema de informação customizado em uma empresa de engenharia. A pesquisa documenta detalhadamente a transição, partindo do mapeamento do fluxo de trabalho anterior até a descrição da arquitetura da nova plataforma integrada, desenvolvida em ambiente low-code. O foco é avaliar os ganhos obtidos com a centralização e automação dos processos, desde a orçamentação até a execução dos projetos. Os resultados demonstram uma otimização expressiva na eficiência operacional: o tempo de ciclo para a estruturação de projetos foi reduzido de uma média de 7 a 9 dias para menos de 10 horas. Adicionalmente, observou-se a mitigação de falhas humanas e um retorno sobre o investimento (ROI) comprovado em apenas quatro meses, o que evidencia o papel estratégico da tecnologia na modernização da gestão e no fortalecimento da vantagem competitiva para empresas do setor.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Informação, Gestão de Processos, Engenharia, Transformação Digital, Otimização de Processos.

ABSTRACT

The engineering sector, characterized by the complexity of its projects and a continuous search for efficiency, faces the imperative of digital transformation. Dependence on traditional methodologies, such as spreadsheet-based management, creates a fragmented data ecosystem, generating information silos, a lack of traceability, and operational risks that compromise data integrity, decision-making agility, and business scalability. This work, through a practical case study, analyzes the impact of implementing a customized information system in an engineering company. The research details the transition, from mapping the previous workflow to describing the architecture of the new integrated platform, developed in a *low-code* environment. The focus is to evaluate the benefits achieved through the centralization and automation of processes, from budgeting to project execution. The results demonstrate a significant optimization in operational efficiency: the cycle time for project structuring was reduced from an average of 7 to 9 days to less than 10 hours. Additionally, the mitigation of human errors and a proven return on investment (ROI) in just four months were observed, highlighting the strategic role of technology in modernizing management and strengthening the competitive advantage for companies in the sector.

KEYWORDS: Information Systems, Process Management, Engineering, Digital Transformation, Process Optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Comparativo Líderes Nacionais x Líderes Globais	15
Figura 02: Comparativo Líderes Nacional x Média demais empresas	16
Figura 03: Planilha de levantamento comercial.....	30
Figura 04: Planilha para escopagem dos serviços	30
Figura 05: Planilha para registro das alterações realizadas.....	31
Figura 06: Planilha do controle geral de execução dos projetos	31
Figura 07: Tela Inicial do Sistema	37
Figura 08: Detalhamento da Orçamentação de um Projeto	37
Figura 09: Tela para realizar a escopagem.....	37
Figura 10: Detalhamento do Planejamento de um Projeto.....	39
Figura 11: Detalhamento do Programação de um Projeto	39
Figura 12: Gráfico Gantt de Execução	40
Figura 13: Projeção de Custo.....	50
Figura 14: Painel com análises da implantação do sistema.....	51
Figura 15: Projeção de Breakeven e payback do investimento.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SI – Sistemas de Informação

A&DQ – Analytics & Digital Quotient

ABPMP – Association of Business Process Management Professionals

Abrainc – Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias

API – Interface de Programação de Aplicações

aPaaS – Plataforma de Aplicação como Serviço

BIM – Building Information Modeling

BI – Business Intelligence

BPA – Automação de Processos de Negócio

BPM – Business Process Management (Gestão de Processos de Negócio)

BPMN – Business Process Model and Notation

BPMS – Business Process Management Suite (Suíte de Gerenciamento de Processos de Negócio)

CBOK – Common Body of Knowledge (Corpo Comum de Conhecimento)

DER – Diagrama de Entidade e Relacionamento

EBITDA – Earning Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization (Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização)

ERP – Enterprise Resource Planning (Planejamento de Recursos Empresariais)

ETO – Engineer-to-Order

FEA – Análise por Elementos Finitos

FGV IBRE – Fundação Getúlio Vargas, Instituto Brasileiro de Economia

GRC – Governança, Risco e Conformidade

IA – Inteligência Artificial

IDC – International Data Corporation

IDE – Ambiente de Desenvolvimento Integrado

KPI – Key Performance Indicator (Indicador-Chave de Desempenho)

LCNC – Low-Code/No-Code

LLM – Large Language Model (Modelo de Linguagem Grande)

MDE – Engenharia Orientada a Modelos

ML – Machine Learning (Aprendizado de Máquina)

OMG – Object Management Group

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PdM – Manutenção Preditiva

QA – Quality Assurance (Garantia de Qualidade)

RAD – Desenvolvimento Rápido de Aplicações

ROI – Retorno sobre o Investimento

SDLC – Ciclo de Vida de Desenvolvimento de Software

SI – Sistemas de Informação

TH – Throughput (Taxa de Produção)

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

UI – Interface de Usuário

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Normas Brasileiras

PMI – Project Management Institute

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Contextualização	13
1.2. Justificativa	15
1.3. Objetivos	17
1.4. Perfil da Empresa	18
1.5. Abordagem do Trabalho	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1. Fundamentos da Gestão de Processos	19
2.2. Os Pilares da Gestão de Processos: BPM, BPMN e BPMS	22
2.3. A Gestão de Dados como Ativo Estratégico	25
2.4. Inteligência Artificial na Engenharia: Fundamentos e Aplicações	27
3. DESENVOLVIMENTO	29
3.1. A Fragilidade da Gestão por Planilhas	30
3.2. Diagnóstico do Processo	31
3.3. Justificativa para a Escolha da Solução	34
3.4. Capacidades Técnicas da Plataforma Mitra	35
4. RESULTADOS	37
4.1. Descrição do Novo Processo	37
4.1.1. Fluxo de Orçamentação	38
4.1.2. Fluxo de Operação	40
4.1.3. Calendário de Execução	41
4.1.4. Gráficos e Análises	42
4.2. LILA: A inteligência Artificial Mitra	42
4.3. Resultados Obtidos	45
4.3.1. Melhora na Precisão e Redução de Falhas no Processo	46
4.3.2. Análise Comparativa da Eficiência Temporal dos Processos	47
4.3.3. Avaliação do Impacto Financeiro da Otimização de Processos	49
5. CONCLUSÃO	53
6. REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE A - FLUXOGRAMA DO PROCESSO ANTERIOR AO SISTEMA	62
APÊNDICE B - FLUXOGRAMA DA ORÇAMENTAÇÃO NO SISTEMA	63
APÊNDICE C - FLUXOGRAMA DO FLUXO DE OPERAÇÃO NO SISTEMA	64

1. INTRODUÇÃO

A engenharia, em sua essência, é uma disciplina de transformação e otimização do mundo físico. Contudo, no século XXI, a própria natureza da engenharia está sendo transformada por uma força digital onipresente. A transformação digital deixou de ser uma opção para se tornar um imperativo estratégico, redefinindo processos, modelos de negócio e as próprias fontes de vantagem competitiva. Para as empresas de engenharia no Brasil, um setor historicamente caracterizado por desafios de produtividade e complexidade, a adoção de sistemas de informação (SI) e tecnologias digitais não é apenas uma via para a eficiência operacional, mas um caminho mandatório para a relevância e a liderança no mercado futuro.

A imperativa adoção de tecnologias digitais no setor de engenharia não é um fenômeno isolado, mas o resultado da confluência de múltiplos vetores de pressão e oportunidade. Essa perspectiva é aprofundada por Alberto Luiz Albertin em sua obra de referência no Brasil, "Administração de Informática: Função e Fatores Críticos de Sucesso" (2010), na qual salienta que a onipresença da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) na sociedade é impulsionada por forças macroeconômicas e setoriais específicas que tornam a digitalização uma necessidade inadiável.

Primeiramente, a pressão econômica atua como o principal catalisador. O setor da construção civil, um dos pilares da engenharia, enfrenta um desafio crônico de produtividade. Um relatório de fevereiro de 2017 da McKinsey & Company, intitulado "Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity" aponta que a produtividade na construção aumentou apenas 1% ao ano nas últimas duas décadas, um número significativamente inferior à média de 3,6% de outros setores industriais globais. Nesse contexto, a promessa de redução de custos é um atrativo poderoso. Um estudo de 2016 do Fórum Econômico Mundial, em colaboração com o Boston Consulting Group, indica que a implementação de tecnologias digitais pode reduzir os custos nas fases de projeto e construção entre 13% e 21%, um ganho substancial em um mercado de margens apertadas.

Em segundo lugar, a crescente complexidade dos projetos modernos de engenharia excede a capacidade das metodologias tradicionais. O modelo de gestão sequencial (waterfall), caracterizado por fases lineares e pouca flexibilidade, é apontado por instituições de referência como o Project Management Institute (PMI) como inadequado para ambientes de alta incerteza e mudança. Sua estrutura rígida dificulta a adaptação e a integração entre as múltiplas disciplinas interdependentes, características intrínsecas a projetos contemporâneos como hospitais, datacenters e infraestruturas urbanas (PMI, 2021). A gestão dessa complexidade sem o auxílio de plataformas digitais integradas torna-se um exercício propenso a erros, retrabalho e atrasos, comprometendo severamente cronogramas e orçamentos.

Terceiro, a demanda do mercado e da sociedade evoluiu, formalizando a exigência por edificações de maior performance. Um marco dessa transformação no Brasil é a norma ABNT NBR 15575:2013, conhecida como Norma de Desempenho. Ela estabeleceu um novo paradigma para o setor ao definir critérios mínimos obrigatórios de segurança, sustentabilidade e conforto para as habitações, elevando o padrão construtivo nacional. Essa pressão regulatória, somada à necessidade de endereçar uma demanda futura projetada em 30,7 milhões de novas moradias até 2030 (ABRAINC, 2020), exige um aumento massivo na capacidade produtiva do setor. A inovação tecnológica é a única via para atender a essa escala de demanda de forma sustentável e com qualidade.

Finalmente, a própria disseminação tecnológica cria um ciclo de retroalimentação positiva. A redução de custos de hardware e software, a ubiquidade da internet e a ascensão da computação em nuvem tornaram as soluções digitais mais acessíveis para empresas de todos os portes. A proliferação de startups focadas no setor, as chamadas construtechs, acelera ainda mais esse processo, introduzindo soluções inovadoras e desafiando os modelos de negócio estabelecidos.

1.1. Contextualização

Apesar do reconhecimento dos vetores de mudança, o macro-setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) no Brasil apresenta um quadro de maturidade digital paradoxal. Historicamente, o setor tem sido um dos mais lentos na adoção de novas tecnologias, sendo classificado pelo estudo “*Imagining construction's digital future*” do McKinsey Global Institute (2016) como o segundo pior em termos de inovação e digitalização. A pandemia de COVID-19 atuou como um catalisador, forçando a adoção de ferramentas de colaboração remota e acelerando a conscientização sobre a necessidade de digitalizar.

A pesquisa “A transformação digital na indústria da construção e engenharia no Brasil”, da PwC Brasil (2020), indica que a construção civil possui um índice médio de maturidade digital de apenas 3 em uma escala de 6, sinalizando um vasto potencial inexplorado. Corroborando essa visão, o estudo “Maturidade Digital na Construção Civil Conectada: O Céu é o Limite”, conduzido pela International Data Corporation (IDC, 2022), revelou que, embora 72% das empresas do setor considerem a digitalização uma prioridade, a grande maioria (58%) ainda está no estágio inicial de sua jornada de transformação. Mais recentemente, o relatório “Cenário da Adoção do BIM nas Prefeituras Brasileiras” (BIM BR, 2024) reforçou essa realidade, mostrando que 85,6% dos municípios estão nos estágios iniciais de capacidade em Building Information Modeling (BIM).

Ainda assim, há sinais de progresso. A adoção do BIM, uma tecnologia fundamental para a digitalização, tem crescido de forma consistente. Dados da Sondagem da Construção, realizada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV IBRE, 2024), mostram que a parcela de empresas que utilizam BIM saltou de 9,2% em 2018 para 20,6% em março de 2024. Esse avanço, embora positivo, sublinha o longo caminho que o setor ainda precisa percorrer para atingir uma maturidade digital plena.

Este cenário revela uma desconexão fundamental: a lacuna não reside na falta de consciência sobre a importância da tecnologia, mas sim na capacidade de execução. A alta priorização da digitalização, conforme demonstrado pelos dados supracitados, indica que o “porquê” da mudança é bem compreendido. Essa dicotomia entre o conhecimento estratégico e a ação prática é um fenômeno bem documentado na literatura de gestão, conceptualizado por Pfeffer e Sutton (2000) como o “hiato entre o saber e o fazer”. O desafio reside no “como”, como superar as

barreiras culturais, financeiras e de competências que impedem a transição da prioridade estratégica para a realidade operacional. Portanto, as estratégias futuras devem focar menos em "convencer" a liderança e mais em "habilitar" a organização, fornecendo as ferramentas, o conhecimento e a gestão da mudança necessários para uma transformação bem-sucedida.

A discussão inicial sobre a adoção de um sistema de informação na engenharia, como ilustrado por Antonio Vico Mañas em sua obra "Administração de Sistemas de Informação" (2010), frequentemente se concentra em ganhos operacionais tangíveis, como a otimização de rotas de entrega para reduzir custos e melhorar a eficácia. Essa perspectiva, embora válida e essencial, representa apenas o primeiro nível de valor da transformação digital. A verdadeira revolução estratégica ocorre quando as empresas transcendem a visão da tecnologia como uma mera ferramenta de otimização de custos e passam a enxergá-la como um motor para a criação de valor fundamentalmente novo.

1.2. Justificativa

No cenário atual, é importante que uma empresa tenha uma cultura digital e processos mediados pelo auxílio da tecnologia, nesse sentido um bom sensor para este cenário é a ferramenta A&DQ (Analytics & Digital Quotient) da McKinsey & Company, que auxilia na detecção de qual o nível de maturidade digital da corporação, avaliando 22 práticas relacionadas a empresas altamente digitais, com base em 4 quadrantes:

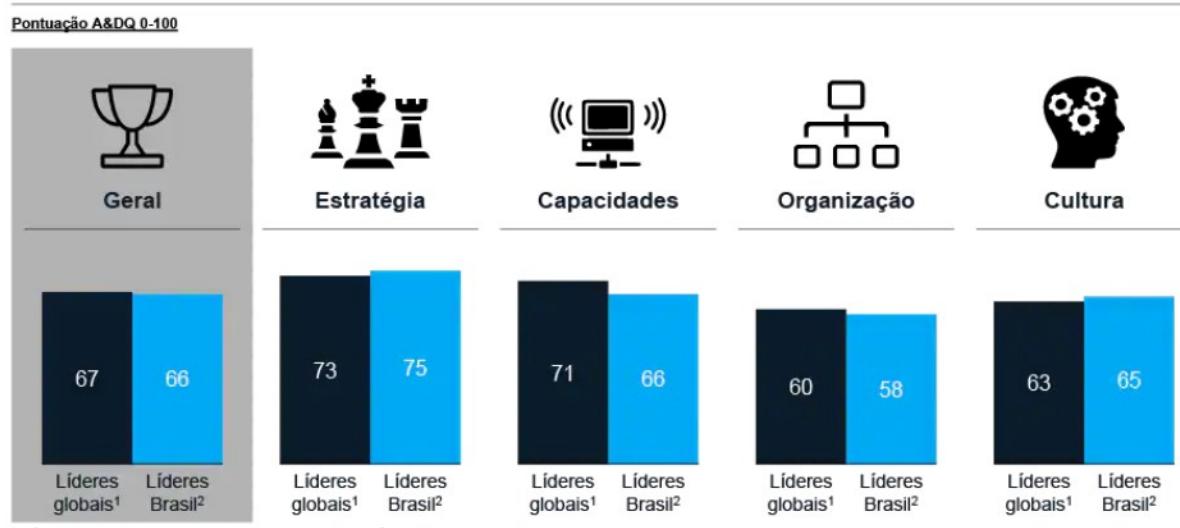
- Líderes Digitais: Possuem pontuação acima de 51 na ferramenta
- Ascendentes: Pontuação acima de 35
- Emergentes: Pontuação acima de 25
- Iniciantes: Pontuação abaixo de 25.

A transformação digital, embora ofereça benefícios e reconfigure setores industriais, enfrenta desafios significativos. De fato, a forma como as empresas abordam a digitalização cria uma crescente disparidade de desempenho. Autores de referência na área, como Westerman, Bonnet e McAfee (2014), demonstram que a variação na maturidade digital impacta diretamente os resultados financeiros e resulta

em um cenário onde poucos líderes consolidam sua posição no mercado. Compreender o significado de ser "digital" envolve acionar alavancas-chave, como modelos de negócio inovadores e conectividade em tempo real, mas capturar seu valor exige a associação a melhores práticas de gestão nas dimensões de estratégia, capacidades, organização e cultura. O estudo 'A jornada da maturidade digital no Brasil', publicado pela McKinsey em 2019 com base em uma pesquisa com 124 empresas no país, destaca a complexidade desses desafios e a necessidade de uma abordagem holística para alcançar uma transformação digital eficaz.

Todo esse esforço para atingir um bom nível de maturidade digital, possui benefícios muito claros e desejados pelas empresas, é o que mostra na pesquisa da McKinsey & Company supracitada, em que pôde-se notar que empresas líderes digitais tinham um crescimento na taxa do EBITDA (Earning Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization) 3 vezes maior que as demais. As empresas líderes digitais do Brasil apresentaram resultado próximo dos líderes globais, contrapondo a grande discrepância entre líderes digitais do brasil e as demais empresas nacionais, conforme demonstrado nas Figuras 01 e 02, dessa forma pode-se concluir que a alta maturidade digital aproxima os líderes nacionais em relação aos grandes players globais.

Figura 01: Comparativo Líderes Nacionais x Líderes Globais

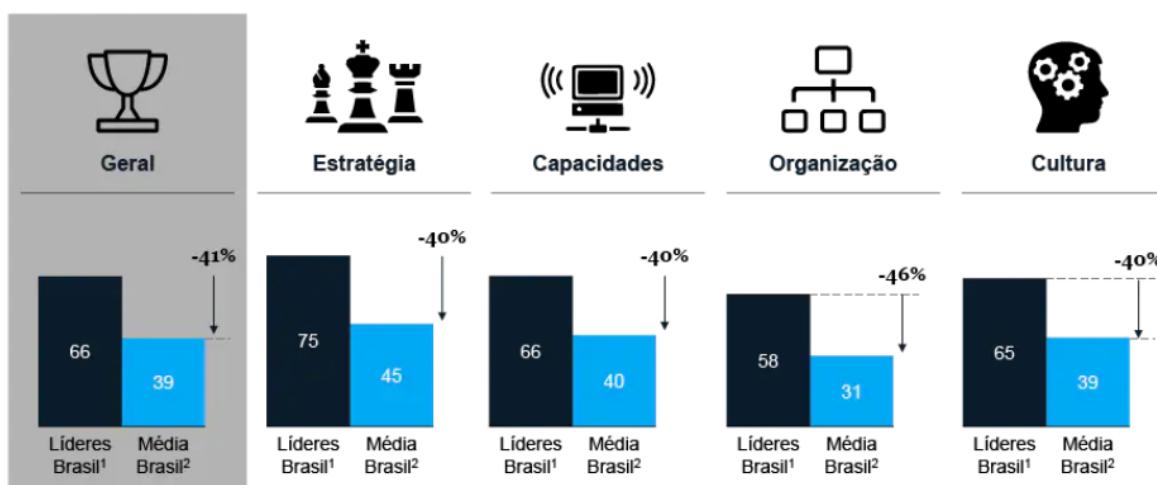


Fonte: McKinsey Digital & Analytics Quotient dataset; Pesquisa A&DQ Brasil

Fonte: McKinsey Digital & Analytics Quotient dataset; Pesquisa AB2D Brasil

Figura 02: Comparativo Líderes Nacional x Média demais empresas

Pontuação A&DQ 0-100



Fonte: McKinsey Digital & Analytics Quotient dataset; Pesquisa A&DQ Brasil

Fonte: McKinsey Digital & Analytics Quotient dataset; Pesquisa AB2D Brasil

1.3. Objetivos

Diante do cenário em que a maturidade digital é um fator determinante para o desempenho corporativo e da necessidade de superar o hiato de digitalização no setor de engenharia, este trabalho tem como objetivo geral analisar o impacto da implementação de um sistema de informação customizado nos processos de gestão de projetos de uma empresa de engenharia, avaliando a transição de uma metodologia baseada em planilhas para um fluxo de trabalho integrado e automatizado. Para alcançar o objetivo geral, este estudo se propõe a:

1. Mapear e diagnosticar o processo de gestão de projetos anterior à implementação do sistema, identificando as ineficiências sistêmicas, os gargalos operacionais e os riscos associados à dependência de planilhas eletrônicas.
2. Descrever a arquitetura e as funcionalidades do novo sistema de informação implementado, detalhando como a solução foi estruturada para endereçar os problemas identificados no fluxo de trabalho preexistente.
3. Analisar comparativamente os resultados obtidos após a implementação, avaliando os ganhos em eficiência operacional, integridade dos dados, rastreabilidade das informações e agilidade na tomada de decisão.

4. Contribuir com insights práticos para profissionais do setor de engenharia sobre os benefícios e desafios da adoção de sistemas de informação, bem como fornecer material de análise para o meio acadêmico sobre a interseção entre tecnologia da informação e gestão de processos na engenharia.

1.4. Perfil da Empresa

A empresa que constitui o objeto deste estudo de caso é a Trial, uma organização de engenharia fundada em 2010. A companhia atua em projetos de engenharia geral, com notória especialização no setor ambiental, e se destaca por um forte componente de pesquisa e desenvolvimento (P&D), que viabiliza a criação de soluções tecnológicas inovadoras e customizadas.

Seu portfólio de serviços é estruturado em três unidades de negócio principais: Consultoria Ambiental, Engenharia e Estudos Ambientais, e Gerenciamento Ambiental. Por meio dessas frentes, a Trial oferece suporte técnico a organizações de diversos setores para garantir a conformidade com as regulamentações vigentes e promover práticas de sustentabilidade operacional.

A capacidade da empresa de gerenciar projetos de alta complexidade é evidenciada por sua carteira de clientes, que inclui corporações de grande porte como Ipiranga, Carrefour e Renault.

1.5. Abordagem do Trabalho

A pesquisa desenvolvida neste trabalho caracteriza-se por uma abordagem qualitativa, centrada na análise da implementação de um sistema de gestão da informação, fundamentada em critérios e técnicas da literatura pertinente. Quanto à sua natureza, classifica-se como descriptiva, uma vez que busca compreender os fatores que exercem maior impacto na adoção de um sistema de informação.

Como estratégia metodológica, adota-se o estudo de caso, conforme delineado por Yin em sua obra de referência “Estudo de Caso: Planejamento e Métodos” (2001). O autor categoriza os estudos de caso com base em seu conteúdo e objetivo, distinguindo-os entre exploratórios, explanatórios e descriptivos, além de considerar a unidade de análise (caso único ou múltiplos casos). Conforme ressaltado por Miguel, no artigo “O estudo de caso como estratégia de pesquisa em engenharia de produção” (2007), a característica fundamental desta abordagem é a busca por

elucidar as razões subjacentes a uma decisão ou conjunto de decisões, investigando como foram implementadas e quais resultados foram alcançados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A implementação de um tem como objetivo final, na maioria dos casos, o alcançar maior controle, bem como, otimização dos processos nos mais diversos setores de uma organização. Processos bem definidos e estruturados, na gestão empresarial moderna, são o manual para a solidez de uma companhia. Nesse viés, é abordado nesta seção, características de uma gestão orientada a processos.

2.1. Fundamentos da Gestão de Processos

A crescente complexidade e volatilidade do ambiente de negócios, notadamente no setor de engenharia, têm impulsionado uma reavaliação fundamental dos modelos organizacionais. A persistência de estruturas funcionais verticalizadas, que inibem a visibilidade e a otimização dos fluxos de trabalho ponta a ponta, representa um obstáculo sistêmico ao alcance da máxima performance operacional. Conforme preconizado por Michael Hammer e James Champy em sua obra seminal, "Reengenharia: Revolucionando a Empresa" (1993), a melhoria incremental dentro de paradigmas departamentais já não é suficiente. Em resposta, observa-se uma transição estratégica de um modelo de gestão focado em funções para um paradigma orientado a processos de negócio, que se tornam o eixo central da estratégia e da operação. Esta mudança não constitui um mero ajuste, mas uma alteração profunda na filosofia de gestão, motivada pela necessidade de gerenciar a complexidade e maximizar a entrega de valor ao cliente de forma integrada e eficiente.

Para aprofundar esta análise, é imperativo estabelecer suas definições fundamentais. Um processo de negócio é formalmente conceituado como "um conjunto estruturado e mensurável de atividades, projetado para produzir uma saída específica para um determinado cliente ou mercado" (DAVENPORT, 1993, p. 5). De forma complementar, o Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio (ABPMP BPM CBOK, 2013) define um processo como uma sequência de atividades inter-relacionadas, com entradas (inputs) e saídas (outputs) bem definidas, que agregam valor a um cliente. Esta definição distingue um processo, de natureza

inerentemente transversal, de uma tarefa (unidade elementar de trabalho) ou de uma função (agrupamento de competências especializadas, como engenharia ou finanças). A partir disso, a Gestão por Processos de Negócio (BPM - Business Process Management) emerge como uma disciplina gerencial que estrutura e administra a organização em torno desses fluxos de valor horizontais, em contraposição à tradicional estrutura hierárquica vertical. A ênfase recai sobre os resultados do processo e a percepção de valor pelo cliente, demandando colaboração e integração que transcendem as fronteiras departamentais.

A análise crítica da visão funcional em contraposição à visão por processos revela a magnitude dessa transformação. A visão funcional, um legado da organização industrial do início do século XX, caracteriza-se pela especialização e pela criação de "silos" departamentais com cadeias de comando verticais. Suas limitações tornaram-se evidentes no contexto contemporâneo, manifestando-se em falhas de comunicação, redundância de dados, otimização de metas locais em detrimento do desempenho organizacional global e, crucialmente, um atrito significativo nas interfaces onde o trabalho é transferido entre departamentos. Essa crítica é aprofundada por Geary Rummler e Alan Brache em sua obra de referência, "Melhores Desempenhos: Como Gerenciar os Espaços em Branco no Organograma da Empresa" (1995), onde identificam o cerne do problema da interface: eles destacam que é justamente nos "espaços em branco" do organograma, as interações entre as caixas funcionais, que a maioria das ineficiências, custos e atrasos se originam.

É precisamente neste "problema da interface" que reside o principal catalisador para a adoção da orientação por processos, sobretudo em empresas de engenharia. O desafio fundamental em projetos complexos não reside na execução de tarefas dentro de uma função especializada, mas na gestão das transições entre diferentes funções. A interface entre o projeto de engenharia, a aquisição de materiais, a análise estrutural e a execução no canteiro de obras é onde se originam os atrasos críticos, os estouros de orçamento e as falhas de qualidade. Essa abordagem é corroborada por Paim et al. em sua obra de referência no Brasil, "Gestão de Processos: Pensar, Agir e Aprender" (2009), na qual destacam que a orientação por processos facilita a identificação de oportunidades de melhoria que se encontram justamente nessas interfaces funcionais. Portanto, a mudança de paradigma para a gestão por processos pode ser compreendida como uma resposta estratégica direta aos riscos e

complexidades inerentes a essas interfaces, visando gerenciar o fluxo de valor de forma horizontal e mitigar a fragmentação causada pelas estruturas verticais.

Enquanto a filosofia de gestão orientada a processos fornece o "porquê", os sistemas de informação fornecem o "como". Eles são os vetores tecnológicos indispensáveis que habilitam a visibilidade, a integração, o controle e a automação necessários para gerenciar processos em escala em uma organização complexa. A tecnologia transforma a abstração da gestão por processos em uma realidade operacional tangível. Um sistema de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP), conforme definido por Thomas H. Davenport (1998) em seu artigo seminal para a Harvard Business Review, intitulado "Putting the Enterprise into the Enterprise System", é uma arquitetura de software de escopo corporativo, projetada para integrar os processos operacionais e financeiros centrais de uma organização em um sistema único e unificado. Seu propósito fundamental é estabelecer uma "única fonte da verdade" (single source of truth), utilizando um banco de dados comum para todos os seus módulos (por exemplo, finanças, recursos humanos, suprimentos, gestão de projetos), eliminando assim os silos de dados e as inconsistências informacionais.

Em paralelo aos sistemas monolíticos e centralizados, emerge uma nova classe de tecnologia que visa democratizar a capacidade de desenvolvimento de software e automação: as plataformas de desenvolvimento low-code e no-code. O termo low-code, popularizado pela consultoria Forrester Research (RICHARDSON; RYMER, 2014), refere-se a um método que utiliza interfaces gráficas e componentes pré-construídos para minimizar a codificação manual, embora ainda permita que desenvolvedores profissionais estendam suas funcionalidades com código. Por sua vez, o no-code leva essa abstração um passo adiante, permitindo que usuários de negócios, chamados pelo Gartner em seu relatório "Magic Quadrant" (2021) de "desenvolvedores cidadãos" (citizen developers), criem aplicações e automatizam processos por meio de ferramentas puramente visuais, como editores de arrastar e soltar (drag-and-drop), sem conhecimento técnico em programação.

O propósito estratégico dessas plataformas é democratizar e acelerar a automação de processos e o desenvolvimento de aplicações. Relatórios de mercado, como o "The Forrester Wave™: Digital Process Automation Software" (FORRESTER, 2023), destacam que elas são particularmente eficazes para automatizar fluxos de trabalho de nicho, departamentais ou específicos de projetos, que são muito particulares ou dinâmicos para serem gerenciados eficientemente dentro de um

sistema ERP grande e rígido. Essa classificação é validada por guias de mercado, como o "Market Guide for Business Process Automation" (GARTNER, 2022), que posicionam tais tecnologias dentro da categoria mais ampla de Automação de Processos de Negócio (Business Process Automation - BPA. Em empresas de engenharia, elas capacitam as equipes a resolver seus próprios problemas operacionais com agilidade. Exemplos concretos incluem o desenvolvimento de um aplicativo móvel para briefings diários de segurança, a automação do processo de revisão e aprovação de desenhos técnicos, ou a criação de um painel personalizado para monitorar métricas de conformidade ambiental em um projeto específico.

Estabelecer uma filosofia orientada a processos e implementar a infraestrutura tecnológica fundamental (ERP, MRP, Low-Code/No-Code) são, contudo, os primeiros passos necessários. Para otimizar o desempenho de forma sistemática e contínua, uma organização requer uma disciplina de gestão dedicada e um conjunto especializado de ferramentas para modelar, analisar, medir e melhorar seus processos em um ciclo de vida estruturado.

2.2. Os Pilares da Gestão de Processos: BPM, BPMN e BPMS

A implementação bem-sucedida de sistemas de informação em organizações complexas, como as empresas de engenharia, transcende a mera aquisição de tecnologia, requerendo uma abordagem estruturada que alinhe a tecnologia aos objetivos estratégicos. Neste contexto, a gestão de processos de negócio emerge como um pilar fundamental. Autores seminais da área, como Mathias Weske, em sua obra de referência "Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures" (2019), estabelece que a fundamentação da gestão moderna de processos se baseia na interação de três componentes essenciais: a disciplina gerencial de Gestão de Processos de Negócio (BPM), uma linguagem de modelagem padronizada como a BPMN, e as arquiteturas de software que dão suporte à sua execução, como as Suítes de Gerenciamento de Processos de Negócio (BPMS). A análise detalhada de cada um desses elementos e, crucialmente, da sua interdependência sinérgica, é indispensável para compreender como as organizações de engenharia podem alcançar maior eficiência, controle e agilidade em suas operações.

A Gestão de Processos de Negócio (BPM) não deve ser compreendida como

um projeto isolado, mas sim como uma disciplina de gestão abrangente e contínua. Em seu livro “Fundamentals of Business Process Management” (2018), Dumas et al. definem BPM como “a arte e a ciência de supervisionar como o trabalho é executado em uma organização para garantir resultados consistentes e aproveitar as oportunidades de melhoria”. De forma complementar, o guia “BPM CBOK - Guide to the Business Process Management Common Body of Knowledge” (ABPMP, 2019), principal referência profissional da área, define BPM como uma abordagem disciplinada para identificar, desenhar, executar, documentar, medir, monitorar e controlar processos de negócio para atingir os objetivos estratégicos da organização. O foco do BPM não reside na otimização de tarefas individuais, mas na gestão de cadeias completas de eventos e atividades que entregam valor a um cliente ou outros stakeholders.

Para empresas de engenharia, que operam em ambientes altamente regulados, a adoção da disciplina de BPM transcende a busca por eficiência, tornando-se um mecanismo robusto de governança, risco e conformidade (GRC). Conforme argumentado no relatório “The State of Business Process Management” (Harmon e Wolf, 2016), a formalização de processos é um passo essencial para garantir a conformidade regulatória. O ciclo de vida do BPM permite que requisitos de normas técnicas e de segurança sejam sistematicamente incorporados aos fluxos de trabalho. Ao formalizar um processo, como a aprovação de um projeto estrutural, a organização cria um registro auditável de suas operações. A posterior automação garante que etapas críticas de verificação não sejam omitidas, transformando regulamentações abstratas em rotinas executáveis e verificáveis.

Para que a disciplina de BPM seja eficaz, é necessária uma linguagem universalmente compreendida: a Business Process Model and Notation (BPMN). Trata-se de uma especificação de notação gráfica, mantida pelo Object Management Group (OMG). O principal objetivo do BPMN, como destaca Weske em sua obra “Business Process Management” (2019), é fornecer uma notação padronizada que sirva como uma ponte de comunicação entre os stakeholders do negócio e os desenvolvedores de TI. A padronização pelo OMG garante que os modelos sejam interoperáveis entre diferentes ferramentas, um requisito essencial em projetos de engenharia de grande escala.

Dentro do ciclo de vida do BPM, o BPMN é a ferramenta primária nas fases de descoberta e redesenho de processos, permitindo a criação dos diagramas as-is

(como é) e to-be (como será). Um modelo BPMN é mais do que um fluxograma, sua riqueza semântica, com elementos como eventos e gateways, permite modelar com precisão uma vasta gama de cenários de negócio, desde processos simples até fluxos de trabalho altamente complexos e colaborativos.

A aplicação de BPMN em empresas de engenharia também atua como um catalisador para a gestão do conhecimento. Em muitas dessas organizações, o conhecimento crítico sobre processos é tácito, residindo na experiência de profissionais seniores. O ato de modelar em BPMN força a externalização desse conhecimento, convertendo-o em um formato explícito e estruturado, um processo fundamental no ciclo de criação do conhecimento descrito na influente obra “The Knowledge-Creating Company” (Nonaka e Takeuchi, 1995). Isso mitiga riscos operacionais, facilita o treinamento e permite a escalabilidade das operações.

Se o BPM é a disciplina estratégica e o BPMN é a linguagem, a Business Process Management Suite (BPMS) é a plataforma tecnológica que materializa a estratégia. Conforme definido em “Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures” (Weske, 2019), um BPMS é um sistema de software genérico que é conduzido por representações explícitas de processos para coordenar a execução de atividades realizadas por humanos e sistemas, a exemplo de plataformas como Bizagi e Appian. No ciclo de vida do BPM, o BPMS é a tecnologia central para as fases de implementação e monitoramento, orquestrando o fluxo de trabalho.

A análise isolada de BPM, BPMN e BPMS é, portanto, insuficiente. O valor transformacional emerge da sua integração sinérgica. A falha em reconhecer essa interdependência é uma causa recorrente de insucesso. Estudos sobre fatores críticos de sucesso, como o artigo “The Critical Success Factors of Business Process Management” de Trkman (2010), frequentemente apontam que uma abordagem puramente tecnológica (focada no BPMS) sem o devido alinhamento estratégico e a disciplina de gestão (BPM) leva a resultados abaixo do esperado. A verdadeira excelência operacional é alcançada quando a disciplina de BPM guia a modelagem em BPMN, que por sua vez é fielmente executada e monitorada pela tecnologia BPMS.

2.3. A Gestão de Dados como Ativo Estratégico

A engenharia, um setor historicamente definido pela precisão, eficiência e rigor técnico, encontra-se em meio a uma profunda transformação paradigmática. A otimização de processos, embora continue a ser um pilar fundamental, já não constitui, isoladamente, a fronteira final da vantagem competitiva. A nova arena para a excelência operacional e estratégica reside na capacidade de uma organização gerenciar e extrair valor de seus dados. Em um ambiente onde a agilidade e a exatidão determinam o sucesso ou o fracasso de empreendimentos complexos, a gestão de dados transcende a função de suporte operacional para se consolidar como um ativo estratégico de primeira ordem.

A onipresença dos dados nas organizações de engenharia modernas é um fato inegável. Praticamente todos os processos de negócio, desde as fases iniciais de concepção e projeto, passando pela aquisição de materiais, gestão da cadeia de suprimentos, execução de obras, até o comissionamento e o feedback do cliente, simultaneamente consomem e geram um volume massivo de informações. Essa proliferação de dados, impulsionada pela digitalização e pela adoção de novas tecnologias, torna imperativa a implementação de uma abordagem formal e estruturada para o seu gerenciamento. Sem uma gestão adequada, os dados permanecem como um subproduto inerte das operações, com ela, transformam-se em uma fonte de inteligência e discernimento.

A literatura acadêmica e os relatórios setoriais convergem para um consenso: organizações que detêm informações confiáveis e de alta qualidade sobre seus projetos, produtos, serviços e operações internas estão posicionadas para tomar decisões substancialmente melhores do que suas concorrentes. Essa capacidade confere uma vantagem competitiva distinta e sustentável. Conforme postulado por Leonard M. Fuld em sua obra de referência sobre o tema, "The Secret Language of Competitive Intelligence" (2006), as empresas que se destacam em seus mercados e alcançam maior lucratividade são aquelas que executam as melhores estratégias. No século XXI, as melhores estratégias são, invariavelmente, estratégias orientadas a dados. A gestão de dados, portanto, não é apenas uma questão de eficiência técnica, mas um componente central do planejamento estratégico e da busca por uma posição de liderança no mercado.

A transição para uma engenharia orientada a dados implica uma mudança cultural e organizacional, na qual os dados deixam de ser vistos como um problema de armazenamento ou um custo de TI e passam a ser tratados como um ativo corporativo valioso. Assim como uma empresa de engenharia gerencia seus ativos físicos (maquinário, equipamentos) e financeiros (capital, fluxo de caixa), ela deve gerenciar seus ativos de dados com o mesmo nível de rigor e atenção estratégica. O valor intrínseco de um ativo de dados bem governado reside em seu potencial de ser reutilizado e recombinado para gerar novos insights. Por exemplo, os dados transacionais de um projeto concluído como taxas de consumo de materiais, desempenho de subcontratados, desvios de cronograma e custos imprevistos podem parecer ter apenas valor histórico. No entanto, quando esses dados são submetidos a um processo de governança que garante sua qualidade, consistência e acessibilidade, eles se transformam.

A negligência na gestão da qualidade dos dados acarreta custos tangíveis e significativos que impactam diretamente a saúde financeira e a reputação de uma organização. Segundo Thomas C. Redman (2013), uma das maiores autoridades globais em qualidade de dados, o custo de "dados ruins" (*bad data*) para a maioria das organizações é substancial, representando algo entre 15% e 25% de sua receita bruta. Para empresas de engenharia, cujos projetos operam com altos investimentos e margens de lucro apertadas, um impacto dessa magnitude pode ser devastador.

- Atrasos no Cronograma: Informações incorretas sobre a disponibilidade de materiais ou a progressão de tarefas podem levar a paralisações e ao descumprimento de prazos.
- Excesso de Custos (Budget Overruns): Estimativas baseadas em dados históricos imprecisos ou incompletos resultam em orçamentos subdimensionados, que são rapidamente ultrapassados durante a execução.
- Retrabalho e Desperdício: Especificações de projeto ambíguas ou desatualizadas levam à execução de trabalhos que precisam ser refeitos, consumindo tempo, mão de obra e materiais adicionais.
- Falhas de Conformidade (Compliance): A incapacidade de fornecer documentação precisa e rastreável para auditorias regulatórias ou contratuais pode resultar em multas, litígios e danos à reputação da empresa.

- Riscos de Segurança: Dados deficientes sobre as condições do local, propriedades de materiais ou manutenção de equipamentos podem comprometer a segurança dos trabalhadores e do público.

A implementação de um programa robusto de gestão e governança de dados, portanto, não deve ser vista como um mero custo operacional ou uma despesa de TI. Trata-se de um investimento estratégico fundamental para a mitigação de riscos, proteção das margens de lucro e garantia da sustentabilidade do negócio a longo prazo. Reconhecer e quantificar o custo da não-qualidade dos dados é o primeiro passo para construir um caso de negócio sólido e justificar os recursos necessários para estabelecer uma cultura orientada a dados.

2.4. Inteligência Artificial na Engenharia: Fundamentos e Aplicações

A jornada intelectual para formalizar a inteligência em máquinas antecede a formalização da disciplina de inteligência artificial como campo científico, mas encontrou seu catalisador no trabalho do matemático britânico Alan Turing. Em seu artigo seminal de 1950, "Computing Machinery and Intelligence", Turing propôs contornar a ambiguidade filosófica da pergunta "Podem as máquinas pensar?". Em vez disso, ele formulou um teste operacional conhecido como o "Jogo da Imitação" ou Teste de Turing. Neste teste, um interrogador humano avalia conversas em linguagem natural com um humano e uma máquina, ambos ocultos. Se o interrogador não conseguir distinguir consistentemente a máquina do humano, a máquina seria considerada bem-sucedida no jogo. A proposta de Turing foi fundamental não por definir a consciência, mas por focar em um critério pragmático e mensurável: a capacidade de uma máquina exibir um comportamento indistinguível do comportamento inteligente humano.

A consolidação da IA como um campo de pesquisa formal ocorreu em 1956, durante o Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. Foi nesta conferência que o cientista da computação John McCarthy cunhou o termo "Inteligência Artificial", fornecendo uma identidade e uma missão para a nova disciplina. McCarthy definiu a IA de forma pragmática como "a ciência e a engenharia de fazer máquinas inteligentes, especialmente programas de computador

inteligentes". Essa definição foi crucial, pois deslocou o foco de questões filosóficas abstratas para um objetivo de engenharia concreto: construir sistemas que executam tarefas que, quando realizadas por humanos, requerem inteligência.

A trajetória dessas definições revela uma evolução clara de um questionamento filosófico para uma disciplina de engenharia pragmática e, finalmente, para um campo científico maduro com uma taxonomia analítica. Para o contexto de um trabalho sobre implementação de sistemas em engenharia, esta progressão é particularmente relevante. Ela espelha o ciclo de vida de muitas tecnologias: da concepção teórica ("o que é possível?") à engenharia prática ("como construir?") e, por fim, à implementação estratégica ("qual tipo de sistema e por quê?"). A taxonomia de Russell e Norvig, em especial, fornece um vocabulário preciso para classificar e avaliar os sistemas de IA. Um algoritmo de otimização para o projeto de uma viga, por exemplo, enquadra-se na categoria de "agir racionalmente", enquanto um chatbot para consulta de normas técnicas se enquadra em "agir como um humano". Este discernimento é essencial para uma análise de engenharia que transcenda a visão monolítica da IA como uma tecnologia única e a trate como um conjunto de ferramentas distintas, cada uma adequada a diferentes problemas.

O termo "Inteligência Artificial" funciona como um guarda-chuva para um vasto conjunto de tecnologias e métodos. Para uma análise técnica no campo da engenharia, é essencial desconstruir este termo em seus componentes fundamentais. A IA moderna é predominantemente impulsionada por paradigmas de aprendizado de máquina, com o aprendizado profundo emergindo como a força motriz por trás dos avanços mais recentes (RUSSELL; NORVIG, 2021). O Aprendizado de Máquina, ou Machine Learning (ML), é um subcampo da IA que se concentra no desenvolvimento de algoritmos que permitem aos computadores aprender a partir de dados, sem serem explicitamente programados para cada tarefa. Em vez de seguir um conjunto de regras codificadas, os sistemas de ML identificam padrões, relações e insights diretamente dos dados, melhorando seu desempenho ao longo do tempo.

A aplicação das tecnologias de IA descritas anteriormente está redefinindo os processos ao longo de todo o ciclo de vida de um projeto de engenharia, desde a concepção inicial até a operação e manutenção de longo prazo. Esta seção analisa sistematicamente como os paradigmas de IA estão sendo implementados para resolver desafios práticos e gerar valor nas diversas fases da engenharia.

- Robótica e Automação na Construção: A IA é o cérebro que permite que robôs executem tarefas de construção com precisão e resistência. Isso inclui robôs para alvenaria, soldagem, pintura e, mais notavelmente, a impressão 3D de estruturas de concreto em larga escala, que promete acelerar a construção e reduzir o desperdício de material.
- Manutenção Preditiva (PdM): Esta é uma das aplicações mais valiosas da IA na indústria. Em vez de realizar manutenções em intervalos fixos (preventiva) ou após uma falha ocorrer (corretiva), a PdM utiliza algoritmos de ML para analisar dados de sensores (vibração, temperatura, pressão, acústica) de equipamentos em tempo real.
- Análise e Simulação Aceleradas: Simulações de engenharia, como a Análise por Elementos Finitos (FEA), são computacionalmente intensivas e podem levar horas ou dias para serem executadas. Modelos de ML podem ser treinados com os resultados de milhares de simulações para atuarem como "modelos substitutos" (surrogate models) (FORRESTER; SÓBESTER; KEANE, 2008).
- Otimização de Cronogramas e Recursos: Modelos de ML podem analisar dados históricos de projetos anteriores, juntamente com dados em tempo real do canteiro (clima, disponibilidade de mão de obra, entrega de materiais), para prever a duração de tarefas, identificar potenciais gargalos e otimizar o cronograma do projeto de forma dinâmica.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. A Fragilidade da Gestão por Planilhas

A dependência de planilhas para gerir informações críticas tornou-se um risco substancial para as empresas. Embora úteis para tarefas de escopo limitado, elas apresentam vulnerabilidades que comprometem a integridade dos dados e, consequentemente, os resultados de negócios.

O impacto financeiro dessas falhas pode ser devastador. Um caso emblemático é o da empresa norte-americana Fannie Mae que, em 2003, devido a um erro de cálculo em uma planilha usada para implementar novas normas contábeis, reportou uma incorreção de US\$ 1,136 bilhão em seu patrimônio líquido. Este incidente ilustra o alto risco financeiro associado ao uso de planilhas para a gestão

de dados críticos, reforçando a necessidade de sistemas mais robustos.

As fragilidades intrínsecas das planilhas podem ser resumidas em três áreas críticas:

1. **Erros Operacionais e Falta de Escalabilidade:** A estrutura aberta das planilhas é suscetível a erros humanos, como a alteração inadvertida de fórmulas, manipulação incorreta de colunas ou exclusão de dados. À medida que o volume de informações cresce, a falta de uma estrutura de dados padronizada eleva o risco de inconsistências e dificulta a manutenção, tornando a identificação de falhas um processo lento e custoso.
2. **Governança e Rastreabilidade Insuficientes:** Em ambientes que exigem auditoria, as planilhas são inadequadas. Elas não oferecem um histórico de alterações sistemático, tornando quase impossível rastrear a origem de um dado, identificar quem o alterou e quando. Isso compromete a atribuição de responsabilidades e a governança da informação.
3. **Vulnerabilidades de Segurança:** A proteção de dados estratégicos em planilhas é precária. Os mecanismos de controle de acesso são limitados e ineficazes contra acessos não autorizados ou vazamentos de informação. Mesmo com o uso de senhas, a ausência de um registro detalhado sobre quem visualizou ou modificou os dados representa uma falha de segurança crítica para informações financeiras, operacionais e de planejamento.

3.2. Diagnóstico do Processo

Este estudo acompanhou de forma integral a transição do processo de gestão, analisando o cenário 'antes e depois' da implementação do novo sistema de informação. A análise inicial, detalhada nesta seção, focou no diagnóstico do fluxo de trabalho preexistente. O processo de gestão de projetos na empresa de engenharia em análise, anterior à adoção de um sistema de informação dedicado, era integralmente fundamentado em um ecossistema de planilhas eletrônicas desconectadas. Esta metodologia, embora prevalente em organizações com menor maturidade de gestão de processos, introduziu ineficiências sistêmicas e riscos operacionais que comprometem a agilidade, a confiabilidade e a escalabilidade das operações. O ciclo de vida de um projeto, desde a solicitação do cliente até o

planejamento da execução, era caracterizado por um fluxo de informação sequencial e fragmentado, conforme detalhado no fluxograma apresentado no ANEXO A, e notavelmente propenso a falhas, envolvendo múltiplas transferências manuais de dados entre os departamentos.

O fluxo de trabalho interdepartamental iniciava-se com a equipe operacional, responsável pelo levantamento de requisitos do cliente e pela elaboração de uma estimativa de custos, considerando os recursos humanos e materiais necessários. Todas estas informações primárias eram registradas em uma planilha específica, que constituía o primeiro ponto de criação de um "dado mestre" volátil. Subsequentemente, para a análise de viabilidade comercial, os dados eram transferidos para uma segunda planilha, pertencente à equipe comercial, por meio do procedimento manual de copiar e colar. Esta interface manual é uma fonte documentada de erros de transposição, digitação e omissão, que comprometem a integridade dos dados e, consequentemente, a precisão da análise de margem de lucro. Após a validação comercial, os dados eram novamente transpostos, de forma manual, para uma terceira planilha, destinada ao planejamento e à programação da execução do projeto. Este passo não apenas duplicava o risco de erro, mas também gerava uma acentuada redundância de dados, tornando a consolidação e a verificação uma atividade de baixo valor agregado e consumidora de tempo.

Para ilustrar este fluxo fragmentado, as figuras a seguir demonstram os principais artefatos utilizados: a planilha para o levantamento comercial (Figura 03) , a de escopo de serviços (Figura 04) , o controle manual de alterações (Figura 05) e, por fim, a planilha de controle geral da execução dos projetos (Figura 06).

Figura 03: Planilha de levantamento comercial

EXECUÇÃO DE CAMPO			
EQUIPE DE SONDAZEM	ANALISTA OPERACIONAL + SONDADOR + AUXILIAR		
EQUIPE DE AMOSTRAGEM	ENCARREGADO II + AUXILIAR		
EM QUANTAS ETAPAS SERÁ EXECUTADO O PROJETO?	2	MOBILIZAÇÃO COMPARTILHADA COM OUTROS PROJETOS? SE SIM, QUAIS?	
MÁQUINA A SER UTILIZADA	PAULINHO COM COMPRESSOR		
NÍVEL D'ÁGUA MÉDIO	9,5 m		
HÁ NECESSIDADE DE MALHA DE VOC?	NÃO		
Nº DE SONDAZEM	11		
Nº DE CRAVAÇÃO	-	HÁ CRAVAÇÃO NO MESMO PONTO DE SONDAZEM?	
Nº DE PM	7		
Nº DE PMN	4	PROFOUNDIDADE:	PMN-05 (15 m) PMN-32A (18 m) PMN-29 (14 m) PMN AO LADO DO PM-03 A REINSTALAR (14 m)
PRECISA DE TOPOGRAFIA?	SIM	MÉTODO:	ESTAÇÃO TOTAL
PRECISA DE SLUG TEST?	SIM	QUANTOS?	2

Fonte: Empresa do estudo de caso (planilha interna, 2025)

Figura 04: Planilha para realização do escopo dos serviços

PLANILHA GERAL DE SERVIÇOS			
Obra Y			
ITENS	Custo Unitário	Quantidade	Custo Total
MOBILIZAÇÃO KM	R\$ 3,50	765	R\$ 2.677,50
SONDAZEM NORMAL (METROS)	R\$ 110,00	141,5	R\$ 15.565,00
SONDAZEM COM CRAVAÇÃO (METROS)	R\$ 190,00	R\$ -	
CRAVAÇÕES (METRO)	R\$ 90,00	R\$ -	
OBS: HOSPEDAGEM POR CONTA	R\$ 230,00	6	R\$ 1.380,00
			R\$ 19.622,50
Obra Z			
ITENS	Custo Unitário	Quantidade	Custo Total
MOBILIZAÇÃO (KM)	R\$ 4,00	R\$ -	
SONDAZEM (DIÁRIA)	R\$ 1.200,00	R\$ -	
			R\$ -
EQUIPAMENTOS			
ITENS	Custo Unitário	Quantidade	Custo Total
PHOCHECK (DIÁRIA)	R\$ 187,11	R\$ -	
PHOCHECK (MENSAL)	R\$ 3.800,00	R\$ -	
MULTIPARAMETRO + CÉLULA DE FLU	R\$ 176,20	R\$ -	
MULTIPARAMETRO + CÉLULA DE FLU	R\$ 3.550,00	R\$ -	
PIU (DIÁRIA)	R\$ 44,55	R\$ -	
PIU (MENSAL)	R\$ 900,00	R\$ -	
TURBIDIMETRO (DIÁRIA)	R\$ 39,60	R\$ -	
TURBIDIMETRO (MENSAL)	R\$ 900,00	R\$ -	
ESTAÇÃO TOTAL (DIÁRIA)	R\$ 170,00	R\$ -	
ESTAÇÃO TOTAL (MENSAL)	R\$ 3.500,00	R\$ -	
COMPRESSOR (DIÁRIA)	R\$ -	R\$ -	
MAQUINA G (KM)	R\$ 4,50	R\$ -	
OUTROS CUSTOS			R\$ -

Fonte: Empresa do estudo de caso (planilha interna, 2025)

Figura 05: Planilha para registro das alterações realizadas

FICHA DE ESCOPO				
HISTÓRICO DAS ALTERAÇÕES				
DATA	REVISÃO	DESCRIPÇÃO DOS ITENS REVISADOS	ELABORAÇÃO	APROVAÇÃO
19/07/2023	0	Criação do procedimento	João da Silva	Maria Souza
06/06/2024	1	Inclusão de cronograma estimado	João da Silva	Maria Souza
28/02/2025	2	Inclusão de local e necessidade de negociação ou não	João da Silva	Maria Souza

Fonte: Empresa do estudo de caso (planilha interna, 2025)

Figura 06: Planilha do controle geral de execução dos projetos

LÍDER	DATA	19/fev	20/fev	21/fev	22/fev
	DATA DA SEMANA	segunda-feira	terça-feira	quarta-feira	quinta-feira
PEDRO SILVA	CÓDIGO	5760-2	5760-2	5760-2	5760-2
	CLIENTE	CLIENTE 3	CLIENTE 3	CLIENTE 3	CLIENTE 3
	PROJETO	SANTO ANDRÉ	SANTO ANDRÉ	SANTO ANDRÉ	SANTO ANDRÉ
	CIDADE/UF	SANTO ANDRÉ/SP	SANTO ANDRÉ/SP	SANTO ANDRÉ/SP	SANTO ANDRÉ/SP
	ANALISTA RESPONSÁVEL	EDSON	EDSON	EDSON	EDSON
	TIPO DE SERVIÇO	MONITORAMENTO	MONITORAMENTO	MONITORAMENTO	MONITORAMENTO
	FROTA	FIORINO	FIORINO	FIORINO	FIORINO
	EQUIPE	JOHNY	JOHNY	JOHNY	JOHNY
MARIA SOUZA	CÓDIGO	5801-1	5801-1	5801-1	5801-1
	CLIENTE	CLIENTE 1	CLIENTE 1	CLIENTE 1	CLIENTE 1
	PROJETO	PIRACICABA	CARREFOUR PIRACICABA	CARREFOUR PIRACICABA	CARREFOUR PIRACICABA
	CIDADE/UF	PIRACICABA/SP	PIRACICABA/SP	PIRACICABA/SP	PIRACICABA/SP
	ANALISTA RESPONSÁVEL	MATEUS	MATEUS	MATEUS	MATEUS
	TIPO DE SERVIÇO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
	FROTA	DUCATO	DUCATO	DUCATO	DUCATO
	EQUIPE	JOSÉ E ANA	DUCATO	DUCATO	DUCATO

Fonte: Empresa do estudo de caso (planilha interna, 2025)

O controle do portfólio de projetos em andamento era igualmente problemático, sendo centralizado em uma planilha de acesso restrito à diretoria. A gestão dinâmica do cronograma, essencial em um ambiente com múltiplos projetos simultâneos, era extremamente complexa. Alterações de rotina, como o remanejamento de um colaborador por motivo de doença ou a reprogramação de uma data, exigiam intervenções manuais em múltiplas células. Este método é inherentemente inflexível e não escalável, aumentando exponencialmente o risco de falhas de agendamento, conflitos de alocação e subutilização de recursos. A ausência de um sistema de rastreabilidade de alterações (audit trail) dificultava a identificação da origem dos erros, tornando o processo de correção reativo e moroso. Conforme relatado pela diretoria, uma parcela significativa do tempo das equipes era consumida na verificação de inconsistências, evidenciando um custo oculto de produtividade.

Este processo revela mais do que uma simples sequência de tarefas ineficientes, fomentando um ciclo vicioso de proliferação de planilhas. A literatura de sistemas de informação há muito documenta como essa dependência excessiva de ferramentas de usuário final, sem uma governança centralizada, leva à criação de "silos" e à perda de integridade dos dados (MAÑAS, 2010). A complexidade crescente de uma planilha central torna qualquer modificação em sua estrutura uma tarefa arriscada e difícil. Consequentemente, quando surge uma nova necessidade de controle, a tendência organizacional é criar uma nova planilha dedicada, em vez de

alterar a existente. Este comportamento, impulsionado pela aversão ao risco de corromper um arquivo complexo, resulta em um ecossistema cada vez mais fragmentado de silos de informação, perpetuando e agravando a ineficiência e a falta de governança de dados.

3.3. Justificativa para a Escolha da Solução

A ausência de um sistema de gestão unificado gera um ecossistema tecnológico fragmentado, resultando em três problemas críticos: desintegração de dados, ineficiência de processos e má qualidade nas decisões. Quando as informações estão dispersas em planilhas e softwares isolados, a empresa perde a visão holística do negócio. Segundo dados do relatório “Gartner Top Strategic Technology Trends 2022”, menos da metade das organizações (44%) sentia ter acesso a dados suficientes para uma tomada de decisão eficaz, evidenciando que a fragmentação de dados é um problema crônico no ambiente corporativo.

Contudo, a principal força de um ERP, a padronização, pode se tornar um desafio. Esses sistemas tradicionalmente encapsulam "melhores práticas" de mercado, que, embora eficientes, nem sempre se alinham aos processos customizados que conferem vantagem competitiva a uma organização (DAVENPORT, 1998). A adaptação de um ERP para atender a demandas altamente especializadas, como as do modelo Engineer-to-Order (ETO), embora possível, pode exigir projetos de customização caros, longos e de alta complexidade, neutralizando parte dos benefícios da padronização.

Diante dessas ponderações, o desenvolvimento de software personalizado emerge como uma alternativa estratégica, pois molda a tecnologia aos processos de negócio da empresa, e não o contrário. Essa abordagem foi radicalmente transformada pelas plataformas de desenvolvimento low-code/no-code (LCNC), que minimizam os riscos históricos de custo e tempo associados a projetos customizados. A relevância dessa mudança é confirmada por projeções de mercado: o relatório “Gartner Forecast Analysis: Low-Code Development Technologies” prevê que, até 2025, 70% das novas aplicações empresariais serão desenvolvidas com tecnologias LCNC. Da mesma forma, a Forrester, em seu estudo sobre o mercado, projeta um crescimento exponencial para o setor.

A seleção da ferramenta partiu da análise de plataformas LCNC que

atendessem a critérios-chave, como capacidade técnica para os requisitos do projeto, usabilidade para os colaboradores e confiabilidade do fornecedor. A escolha da plataforma Mitra foi influenciada positivamente por um contato prévio que a empresa teve com a solução, resultado de indicações de mercado. Essa familiaridade anterior não apenas serviu como um atestado de confiança, mas também permitiu uma avaliação de aderência mais rápida e aprofundada, mitigando os riscos do projeto. A Mitra se justifica, portanto, por ser uma plataforma que, além de atender aos requisitos técnicos, oferecia um menor grau de incerteza na implementação. A abordagem LCNC da plataforma reduz drasticamente o custo e o tempo de desenvolvimento e ainda capacita os próprios colaboradores a manterem e evoluírem o sistema, evitando a dependência excessiva de fornecedores externos e garantindo agilidade a longo prazo.

3.4. Capacidades Técnicas da Plataforma Mitra

A análise aprofundada da plataforma Mitra revela uma arquitetura de software robusta, projetada para suportar o desenvolvimento de aplicações empresariais complexas. A plataforma pode ser classificada como um ambiente de desenvolvimento integrado (Integrated Development Environment - IDE) low-code de alta performance, destinado à criação de aplicações full-stack de nível empresarial. Esta seção descreve a metodologia de desenvolvimento estruturada que a ferramenta viabiliza, fundamentada em suas camadas arquiteturais.

A base da plataforma reside em seu ambiente de modelagem de dados, que abstrai a complexidade da administração de bancos de dados tradicionais, alinhando-se aos princípios da Engenharia Orientada a Modelos (MDE). No front-end, sua filosofia adere à metodologia de Desenvolvimento Rápido de Aplicações (RAD), oferecendo uma biblioteca de componentes de interface (UI) pré-configurados que aceleram drasticamente a construção de protótipos funcionais. Um pilar central da arquitetura é sua capacidade de integração, fundamentada em uma estrutura robusta de Interfaces de Programação de Aplicações (APIs), que suporta a configuração de APIs RESTful para a comunicação em tempo real com sistemas externos.

Com base nesta arquitetura que combina modelagem visual, desenvolvimento rápido e integração robusta, o desenvolvimento de sistemas na plataforma Mitra

segue um ciclo de vida metodológico estruturado em fases claras, garantindo o alinhamento entre a necessidade do negócio, a execução técnica e a validação pelo cliente. O processo é detalhado a seguir:

1. Análise de Requisitos e Escopo Preliminar: O ciclo se inicia com a extração de requisitos junto ao cliente para compreender a necessidade de negócio em um nível macro. Nesta fase, um consultor define os principais entregáveis do projeto, o que permite a elaboração de uma estimativa de investimento (horas e valor financeiro) que serve de base para a proposta comercial.

2. Elaboração do Escopo Detalhado: Após a aprovação comercial, ocorre a fase de especificação de requisitos. Por meio de uma série de reuniões colaborativas, o cliente é convidado a detalhar seu processo de trabalho atual, expondo suas principais dores e desafios operacionais. A partir desse diagnóstico, a equipe de consultoria desenha a solução ideal. Todos os entregáveis são então detalhados em um nível granular, gerando o documento de escopo do projeto. Este artefato é crucial, pois serve como a especificação formal da solução e o principal instrumento de referência para a fase de homologação, funcionando como um contrato entre as partes sobre o que será entregue.

3. Planejamento e Cronograma de Execução: Com o escopo validado, é elaborado o cronograma do projeto. Os entregáveis detalhados são distribuídos em uma linha do tempo, estabelecendo marcos (milestones) e a data estimada para a conclusão do projeto, considerando as dependências e a alocação de recursos.

4. Desenvolvimento e Implementação: Esta fase materializa a solução, seguindo uma ordem técnica específica:

- Modelagem do Banco de Dados: A primeira etapa técnica é a estruturação da base de dados. Utilizando o Diagrama de Entidade e Relacionamento (DER) como referência conceitual, são criadas as tabelas, definidos seus atributos, tipos de dados e, fundamentalmente, os relacionamentos que garantirão a integridade referencial da informação.
- Desenvolvimento de Interfaces e Lógica de Negócio: Com o banco de dados modelado, a equipe inicia o desenvolvimento das interfaces (telas), módulos, perfis de usuário, regras de segurança, lógicas de cálculo, relatórios e

integrações de dados, como a configuração de APIs para comunicação com outros sistemas.

5. Garantia de Qualidade (QA) e Validação Interna: Concluído o desenvolvimento, a equipe de Quality Assurance (QA) executa um plano de testes. O objetivo é realizar a verificação e validação do software, assegurando que todas as funcionalidades operam conforme especificado no escopo e que os fluxos de trabalho estão livres de erros.

6. Homologação: Nesta fase, o sistema é apresentado ao cliente para validação formal. O processo de homologação consiste na verificação sistemática, por parte do cliente, de cada item listado no documento de escopo detalhado, garantindo que a solução desenvolvida atende a todos os requisitos contratados.

7. Operação Assistida e Suporte Pós-Implantação: Após a homologação, inicia-se o período de operação assistida, no qual o cliente utiliza o sistema em seu ambiente de produção real. Durante um período pré-definido, a equipe de suporte acompanha de perto a utilização para identificar a necessidade de ajustes finos, otimizações de usabilidade ou melhorias que se tornam evidentes apenas com o uso prático, garantindo uma transição suave e a plena adoção da nova ferramenta.

4. RESULTADOS

4.1. Descrição do Novo Processo

A implementação do novo sistema de informação reestruturou os fluxos de trabalho da empresa, substituindo a metodologia baseada em planilhas por processos integrados, automatizados e rastreáveis. A solução foi segmentada em módulos principais: Gestão de Dados Cadastrais, Fluxo de Orçamentação, Fluxo de Operação, Calendário de Execução e Análises e Gráficos.

Considerando a ausência de sistemas legados para integração, foi desenvolvido um módulo dedicado à Gestão de Dados Cadastrais. Esta funcionalidade centraliza o registro e a manutenção de todas as informações mestras da empresa como clientes, serviços, materiais e equipamentos, garantindo a consistência e a integridade dos dados que alimentam os demais processos.

4.1.1. Fluxo de Orçamentação

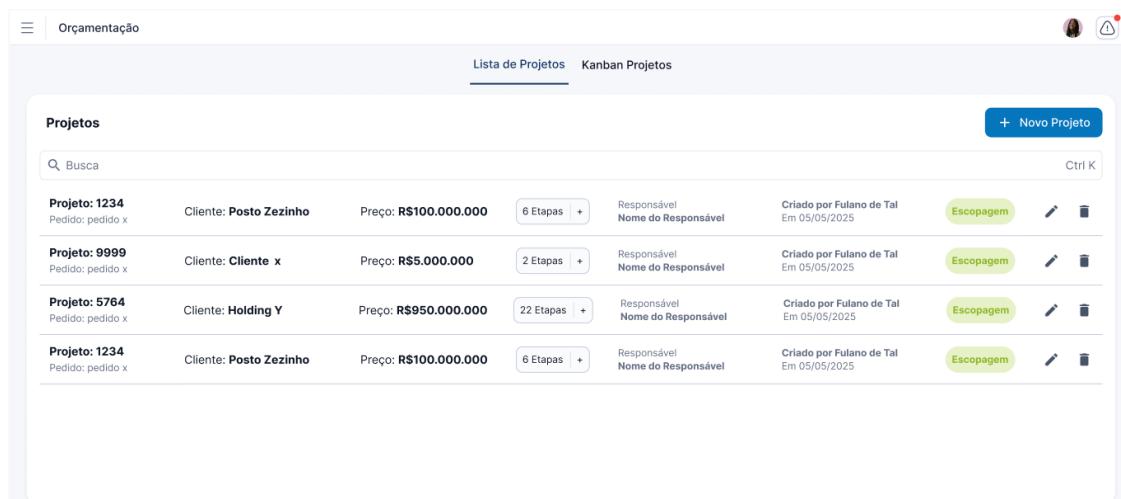
Este módulo estrutura o ciclo de vida da proposta comercial (cujo fluxo de orçamentação é detalhado no AENXO B) por meio de um painel de gestão visual (Kanban), apresentado na tela inicial do sistema (Figura 07), que acompanha o projeto desde a concepção até o envio ao cliente.

Escopo: A fase inicial centraliza a definição dos serviços e insumos necessários, etapa que ocorre na tela de escopo do projeto (Figura 09). O sistema, integrado à base de dados cadastrais, gera estimativas de custo de forma automatizada. Para conferir maior flexibilidade e autonomia à equipe, a plataforma permite que os próprios usuários configurem fórmulas de cálculo personalizadas, adaptando a lógica de orçamentação às especificidades de cada projeto.

Aprovação Gerencial: O projeto é submetido à validação da diretoria, que analisa indicadores de custo e margem de lucro, consolidados na tela de detalhamento da orçamentação (Figura 08). O sistema permite que gestores solicitem ajustes ou retornem o projeto à fase de escopo para refinamento, assegurando a viabilidade financeira.

Proposta e Follow-Up: Uma vez aprovado, o sistema consolida as informações em um documento comercial padronizado. Na etapa de follow-up, a equipe de vendas registra as interações com o cliente, mantendo um histórico centralizado que serve como base para análises futuras.

Figura 07: Tela Inicial do Sistema

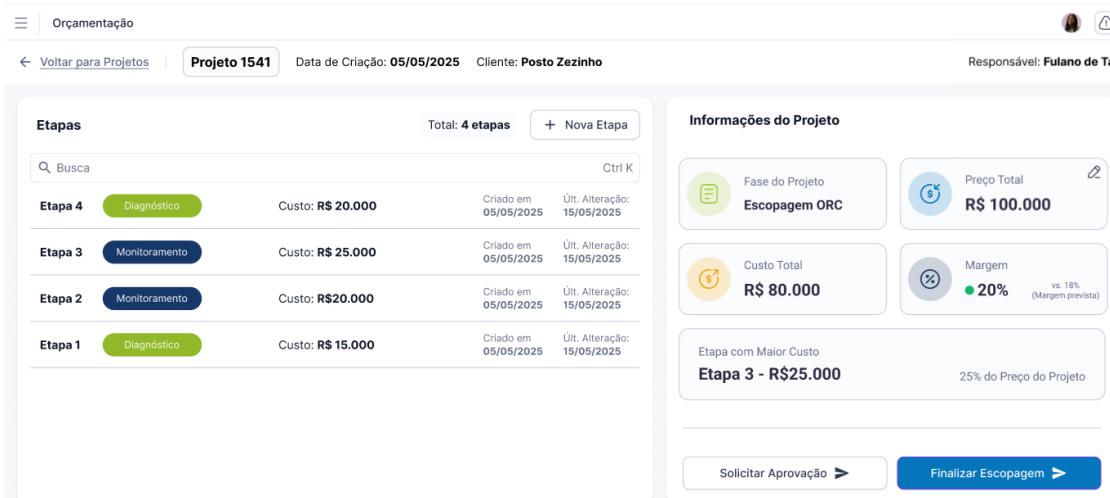


The screenshot shows a web-based application interface for project management. At the top, there is a navigation bar with a menu icon, the text 'Orçamentação', and a user profile icon. Below the navigation bar, there are two tabs: 'Lista de Projetos' (selected) and 'Kanban Projetos'. A large button labeled '+ Novo Projeto' is visible. The main area is titled 'Projetos' and contains a table with four rows of project data. Each row includes columns for 'Projeto', 'Cliente', 'Preço', 'Etapas', 'Responsável', 'Criado por', and 'Ações'. The 'Ações' column contains green buttons labeled 'Escopagem' with edit and delete icons. A search bar labeled 'Busca' is located above the table. A keyboard shortcut 'Ctrl K' is displayed to the right of the search bar.

Projeto	Cliente	Preço	Etapas	Responsável	Criado por	Ações
Projeto: 1234 Pedido: pedido x	Posto Zezinho	R\$100.000.000	6 Etapas	Nome do Responsável	Criado por Fulano de Tal Em 05/05/2025	Escopagem
Projeto: 9999 Pedido: pedido x	Cliente x	R\$5.000.000	2 Etapas	Nome do Responsável	Criado por Fulano de Tal Em 05/05/2025	Escopagem
Projeto: 5764 Pedido: pedido x	Holding Y	R\$950.000.000	22 Etapas	Nome do Responsável	Criado por Fulano de Tal Em 05/05/2025	Escopagem
Projeto: 1234 Pedido: pedido x	Posto Zezinho	R\$100.000.000	6 Etapas	Nome do Responsável	Criado por Fulano de Tal Em 05/05/2025	Escopagem

Fonte: Elaboração própria (Sistema do Estudo de Caso, 2025)

Figura 08: Detalhamento da Orçamentação de um Projeto



Fonte: Elaboração própria (Sistema do Estudo de Caso, 2025)

Figura 09: Tela para realizar o escopo

Fonte: Elaboração própria (Sistema do Estudo de Caso, 2025)

4.1.2. Fluxo de Operação

Este módulo gerencia o ciclo de vida operacional, cujo fluxo está detalhado no ANEXO C, também por meio de um painel de gestão visual (Kanban), dividido em quatro etapas sequenciais.

Escopagem e Aprovação: Nesta fase, são registrados os dados detalhados do projeto, utilizando as informações do módulo de cadastros. O projeto passa por uma nova validação gerencial para garantir que os parâmetros financeiros permaneçam alinhados.

Planejamento: As informações consolidadas são organizadas e distribuídas aos setores envolvidos, conforme detalhado na interface de planejamento do projeto

(Figura 10). O sistema automatiza essa comunicação por meio de notificações e disponibiliza pré-visualizações da ordem de serviço, garantindo o alinhamento interdepartamental.

Programação: A etapa final consiste na alocação detalhada de recursos, processo ilustrado na tela de programação (Figura 11). A plataforma exibe a disponibilidade de mão de obra e equipamentos, permitindo que os gestores realizem o agendamento de forma otimizada para evitar conflitos e assegurar uma transição fluida para a execução. As etapas do fluxo de operação podem ser visualizadas nas figuras seguintes.

Figura 10: Detalhamento do Planejamento de um Projeto

Fonte: Elaboração própria (Sistema do Estudo de Caso, 2025)

Figura 11: Detalhamento do Programação de um Projeto

Fonte: Elaboração própria (Sistema do Estudo de Caso, 2025)

4.1.3. Calendário de Execução

Este módulo oferece uma visão centralizada do cronograma de todos os projetos em andamento por meio de uma interface de Gráfico de Gantt. A ferramenta permite o monitoramento detalhado da alocação diária de equipes e líderes, facilitando a identificação de sobreposições. O sistema emite alertas automáticos sobre inconsistências, como a alocação simultânea do mesmo recurso em diferentes projetos, permitindo correções proativas. Conforme ilustra o Gráfico de Gantt de execução (Figura 12).

Figura 12: Gráfico Gantt de Execução



Fonte: Elaboração própria (Sistema do Estudo de Caso, 2025)

4.1.4. Gráficos e Análises

O módulo de análise de dados fornece uma visão estratégica do desempenho organizacional por meio de dashboards interativos. A plataforma consolida informações desde a orçamentação até a execução, apresentando análises comparativas entre os escopos vendido, planejado e executado. São monitorados indicadores-chave de desempenho (KPIs), como a taxa de utilização de equipamentos e a performance das equipes, cujos insights embasam a tomada de decisão gerencial e promovem uma cultura de melhoria contínua.

Com essas análises, a empresa passa a contar com um instrumento poderoso para avaliar a eficiência operacional e a eficácia dos fluxos de trabalho implantados.

As informações consolidadas nos painéis de controle servem como base para identificar pontos críticos e promover uma cultura de melhoria contínua, garantindo a otimização dos recursos e o aprimoramento sustentável dos projetos.

4.2. LILA: A inteligência Artificial Mitra

Um dos componentes de destaque do sistema de informação implementado é sua interface de Inteligência Artificial, denominada LILA. Diferentemente de uma ferramenta de automação convencional, LILA foi projetada para redefinir a interação do usuário com os dados do sistema. A sua função alinha-se a um paradigma emergente onde a linguagem natural se torna um meio eficiente para realizar consultas complexas, permitindo que a intenção de um gestor seja traduzida diretamente em relatórios e análises. No contexto da empresa, isso significa que, em vez de navegar por múltiplos menus e filtros, o usuário pode "perguntar" ao sistema por informações, otimizando o tempo e a qualidade da tomada de decisão.

A principal tese deste trabalho postula que a implementação de sistemas como a plataforma Mitra catalisa a democratização do desenvolvimento de software dentro de organizações de engenharia, capacitando uma nova classe de criadores de tecnologia conhecidos como citizen developers (desenvolvedores cidadãos).

Em empresas de engenharia, este perfil é tipicamente desempenhado por engenheiros de processo, gerentes de projeto, analistas de operações ou especialistas de domínio que possuem um profundo conhecimento tácito dos fluxos de trabalho, desafios operacionais e necessidades de informação específicas do seu setor. Historicamente, a digitalização e automação destes processos eram dependentes de longos ciclos de desenvolvimento conduzidos por departamentos de TI centralizados, resultando em extensos backlogs de projetos e uma lacuna significativa entre a necessidade do negócio e a entrega da solução tecnológica.

A Inteligência Artificial da plataforma Mitra pode ser formalmente descrita como um agente de software inteligente, projetado para interpretar a intenção do usuário, expressa através de linguagem natural e entradas multimodais, e compilar essas intenções em aplicações funcionais e integradas. O sistema representa um avanço significativo na gestão e apresentação de informações, otimizando processos decisórios em múltiplos níveis hierárquicos. As suas funcionalidades centrais

constituem um sistema de informação coeso, projetado para aprimorar a gestão de projetos de engenharia. A arquitetura da IA do Mitra é fundamentada no modelo de linguagem grande (LLM) multimodal Gemini Pro, desenvolvido pela Google, que atua como seu motor gerativo. A escolha deste modelo não é acidental, as suas capacidades intrínsecas são os pilares que sustentam a funcionalidade avançada do sistema, permitindo a tradução de intenções humanas complexas em artefatos de software

As principais capacidades do sistema incluem:

- Acesso Conversacional a Dados: Permite que gestores, diretores e usuários operacionais realizem consultas complexas ao banco de dados do projeto utilizando texto ou áudio, recebendo informações consolidadas de forma rápida e precisa.
- Geração Dinâmica de Visualizações: A IA é capaz de gerar gráficos interativos e dashboards personalizados para ambientes web e mobile sob demanda, facilitando a análise de indicadores de desempenho, custos e alocação de recursos.
- Controle de Acesso Granular: O sistema implementa perfis de usuário para segmentar o acesso à informação, garantindo que cada colaborador visualize apenas os dados pertinentes ao seu nível hierárquico e função, assegurando a segurança de dados sensíveis.

A proposta de valor intrínseca da plataforma reside na sua capacidade de transformar a gestão de projetos ao proporcionar acesso imediato a informações estratégicas e operacionais, elevando a eficiência dos processos, promovendo maior transparência e apoiando decisões estratégicas fundamentadas em dados precisos e atualizados.

Este avanço tecnológico, no entanto, impõe uma reavaliação fundamental do papel da Tecnologia da Informação dentro da organização. A transição de um modelo onde a TI é a única construtora de soluções para um onde ela se torna a curadora de um ecossistema de inovação é inevitável. A ascensão de plataformas como a Mitra não se limita a uma otimização da eficiência, ela sinaliza uma reestruturação profunda da colaboração entre as unidades de negócio e a TI. No modelo tradicional, a TI opera frequentemente como um centro de custos que responde a um fluxo de solicitações. No novo paradigma, a TI evolui para uma função estratégica de governança e capacitação. A sua responsabilidade primária desloca-se da escrita de código para a

gestão da plataforma, a definição de "guardrails" de segurança e conformidade, e a curadoria dos dados corporativos. É dentro desta estrutura governada que os citizen developers podem inovar com segurança e autonomia.

A capacidade de consultar o sistema de informação em linguagem natural, como no exemplo de "perguntar a porcentagem de uso dos equipamentos", representa uma aplicação prática de Business Intelligence (BI) dinâmico e conversacional. Em ambientes de engenharia tradicionais, a obtenção de tais métricas frequentemente envolve um processo assíncrono: um gerente solicita um relatório, um analista de dados ou a equipe de TI extrai os dados de várias fontes, compila-os em planilhas ou dashboards e, finalmente, apresenta os resultados. Este ciclo pode levar horas ou dias, resultando em decisões baseadas em informações que já não refletem o estado atual do projeto.

A plataforma Mitra elimina essa latência informacional. Ao fornecer acesso direto e em tempo real aos dados consolidados, ela transforma a análise de dados de uma atividade reativa para uma ferramenta proativa de gestão. A capacidade de gerar visualizações interativas sob demanda, como gráficos de tendência de custos, histogramas de alocação de recursos ou mapas de calor de utilização de equipamentos, capacita os gestores a realizar análises exploratórias de dados. Eles podem testar hipóteses, identificar anomalias e descobrir tendências emergentes durante uma reunião, sem a necessidade de intermediários. Em projetos de engenharia, onde o controle rigoroso de custos, cronogramas e recursos é imperativo, essa agilidade no acesso à informação é um fator crítico para a tomada de decisões assertivas e a mitigação de riscos.

4.3. Resultados Obtidos

A gestão de dados em empresas de engenharia constitui um fator crítico para a competitividade e o sucesso operacional. A crescente complexidade dos projetos e a demanda por um controle rigoroso de custos, prazos e recursos expõem as limitações de métodos tradicionais de gerenciamento. O recurso a planilhas eletrônicas, embora difundido, apresenta vulnerabilidades significativas, como a suscetibilidade a erros manuais, a redundância de dados e a carência de interoperabilidade entre os setores, comprometendo a agilidade e a precisão na tomada de decisão.

A literatura acadêmica corrobora a necessidade da transição para sistemas de gestão de dados mais robustos e estruturados. Estudos como a dissertação de Eduardo Feledi (2024), intitulada "Proposta de um modelo de virtualização de dados em tempo real para tomada de decisão em sistemas de Big Data Analytics no contexto da Indústria 4.0", e a tese de Marcelo Ruy (2017), "Modelo de Maturidade para Adoção de Big Data Analytics na Tomada de Decisão Gerencial", demonstram que a aplicação de tais tecnologias potencializa a tomada de decisão estratégica e tática. Tais abordagens, alinhadas aos paradigmas da Indústria 4.0, otimizam processos gerenciais, descentralizam a governança operacional e permitem que as equipes se concentrem em atividades de maior valor agregado

Esta seção apresenta a análise de resultados referente à implementação de um sistema de informação customizado na empresa objeto deste estudo. O foco reside na avaliação quantitativa e qualitativa do impacto dessa transição. Para tal, será conduzida uma análise comparativa, confrontando as métricas de desempenho obtidas com o novo sistema em relação à metodologia anteriormente adotada, baseada em planilhas. Os principais indicadores avaliados serão a otimização do tempo na execução de tarefas e a mitigação de riscos operacionais associados a falhas

humanas.

É imperativo ressaltar uma delimitação metodológica deste trabalho. Em observância aos acordos de confidencialidade e à proteção da propriedade intelectual da empresa parceira, a apresentação dos resultados abster-se-á da inclusão de representações visuais do sistema finalizado ou de fluxogramas detalhados dos processos. Dessa forma, a comprovação dos benefícios será fundamentada estritamente na análise dos dados coletados e nas métricas de desempenho aferidas, garantindo o rigor analítico sem comprometer informações sigilosas.

4.3.1. Melhora na Precisão e Redução de Falhas no Processo

Um dos resultados mais impactantes da implementação do novo sistema foi a drástica melhoria na precisão dos dados e a consequente redução de falhas operacionais. O processo anterior, inteiramente dependente de planilhas, operava em um ambiente de alto risco, uma realidade corroborada pela literatura acadêmica. Estudos seminais como "What We Know About Spreadsheet Errors" de Panko (1998), e revisões sistemáticas mais recentes como "Spreadsheet Risk: A systematic

"literature review" de Poon et al. (2023), apontam taxas de erro que podem superar 88% em planilhas corporativas. Na prática da empresa, esses riscos se materializavam em erros de transposição manual, corrupção de fórmulas e inconsistências derivadas da falta de um controle de versão eficaz.

Com a migração para o sistema de informação integrado, a natureza dos erros foi fundamentalmente alterada, passando de um problema sistêmico e recorrente para eventos de exceção, facilmente rastreáveis. A análise dos ganhos pode ser segmentada em três áreas principais:

- Eliminação de Erros de Transposição e Cálculo: A causa-raiz de grande parte das falhas anteriores, a transferência manual de dados entre planilhas (orçamento para comercial, comercial para planejamento), foi completamente erradicada. No novo fluxo, os dados são inseridos uma única vez na plataforma e transitam de forma automatizada e íntegra entre os módulos. Da mesma forma, os cálculos de custos, margens e outros indicadores são executados por regras de negócio pré-validadas e encapsuladas no sistema, eliminando o risco de que um usuário altere ou corrompa uma fórmula inadvertidamente, o que garante a consistência e a confiabilidade dos resultados financeiros de cada projeto.
- Garantia da Integridade de Dados por Validação Sistêmica: O sistema atua como um guardião ativo da qualidade da informação. Por meio de campos com validações, menus de seleção vinculados aos dados mestres (clientes, serviços, materiais) e regras de preenchimento obrigatório, a plataforma impede, no ponto de entrada, a inserção de dados inválidos ou incompletos. Isso representa uma mudança de paradigma: de um modelo reativo, onde os erros precisavam ser caçados e corrigidos, para um modelo proativo, onde a própria arquitetura do sistema previne sua ocorrência.
- Instituição de uma Fonte Única da Verdade (Single Source of Truth): O problema crônico do controle de versões, que gerava confusão e retrabalho, foi solucionado pela centralização dos dados. Todos os colaboradores, independentemente de seu departamento ou função, interagem com a mesma base de dados em tempo real. Isso assegura que as decisões, sejam elas operacionais ou estratégicas, são sempre baseadas na versão mais atualizada e precisa da informação.

Com isso, a possibilidade de erro sistêmico foi reduzida a um nível próximo de zero. A única fonte de imprecisão remanescente é o erro de preenchimento humano, por exemplo, um analista digitar um valor incorreto. Contudo, mesmo nesse cenário, o impacto é minimizado. Graças à trilha de auditoria implementada, que registra cada alteração, o sistema permite identificar rapidamente a origem do desvio, o responsável e o momento da inserção, transformando o que antes seria uma longa investigação em um ajuste pontual e rápido.

Portanto, a transição não apenas otimizou o tempo, mas fortaleceu a governança e a confiabilidade de todo o fluxo de gestão de projetos, gerando um processo robusto, preciso e auditável.

4.3.2. Análise Comparativa da Eficiência Temporal dos Processos

O pilar central da análise dos resultados da implementação do sistema de informação reside na avaliação do ganho de eficiência temporal. O processo anterior, inteiramente dependente de planilhas eletrônicas, era caracterizado por uma elevada latência e vulnerabilidade. O fluxo de trabalho para a completa estruturação e aprovação de um projeto, desde a concepção até o ponto de iniciar a execução, consumia, em média, um intervalo de 7 a 9 dias úteis. Esta métrica foi apurada junto à equipe de gestão da empresa, que forneceu a estimativa com base na sua experiência e na análise de projetos anteriores à implementação. As causas primárias para essa morosidade estavam intrinsecamente ligadas à fragmentação da informação em múltiplos arquivos, à necessidade de validação manual de dados em diferentes etapas do processo e ao retrabalho sistêmico gerado por erros operacionais, como inconsistências de digitação ou o uso de versões de planilhas desatualizadas.

Com a migração para a plataforma, que centraliza e automatiza o fluxo de dados, observa-se uma reconfiguração fundamental do processo. O mesmo conjunto de atividades passou a ser concluído em um intervalo médio de 8 a 10 horas. Esta nova métrica foi aferida pela simulação do fluxo completo de projetos no sistema, medindo o tempo médio entre a data de criação e a de envio para a programação. Essa transformação radical na agilidade operacional foi impulsionada pela otimização de tarefas críticas que antes funcionavam como gargalos. Destacam-se:

- A consolidação de dados, que passou de um processo manual e suscetível a erros para uma atualização em tempo real;
- O fluxo de aprovações, que agora é automatizado com notificações para cada área responsável, eliminando a latência na comunicação;
- A verificação de disponibilidade de recursos, que permite a consulta instantânea da alocação de mão de obra e equipamentos, facilitando o remanejamento ágil entre projetos, uma tarefa que antes era custosa e dependia da comunicação lenta com múltiplos setores.

A redução drástica no tempo de ciclo do processo transcende um simples ganho de produtividade, gerando impactos estratégicos mensuráveis por meio de indicadores-chave de desempenho (KPIs) da engenharia de produção.

Primeiramente, a análise do Lead Time é fundamental. O lead time é formalmente definido como o tempo total decorrido desde a solicitação de um pedido até a sua entrega final. Autores como Tubino, em sua obra “Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática” (1999) o descrevem como a medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados. No contexto deste estudo, o “produto” é o projeto estruturado e aprovado. A redução do lead time de um patamar de 7 a 9 dias úteis (equivalente a 56-72 horas de trabalho) para 8 a 10 horas representa o principal indicador da melhoria da performance do processo. Reduções desta magnitude contribuem diretamente para a melhoria da qualidade, velocidade de entrega e custos.

Em segundo lugar, essa otimização do lead time impacta diretamente a capacidade produtiva da organização. Ao reduzir drasticamente o tempo necessário para processar um único projeto, a equipe torna-se capaz de analisar, estruturar e entregar um volume significativamente maior de propostas e projetos no mesmo período, utilizando os mesmos recursos humanos e materiais. Este aumento da capacidade produtiva é um dos benefícios estratégicos mais diretos da implementação do SI.

4.3.3. Avaliação do Impacto Financeiro da Otimização de Processos

A relação entre a gestão de dados e a saúde financeira de uma empresa é direta e crítica, especialmente no setor de engenharia, onde erros operacionais podem gerar prejuízos significativos. A ausência de um sistema estruturado pode

acarretar falhas de cálculo, perda de informações e decisões baseadas em dados imprecisos, culminando em perdas financeiras substanciais.

Segundo o estudo "A security and integrity model for spreadsheet applications" de Rajalingham et al. (2000), falhas em planilhas eletrônicas não apenas são comuns, mas muitas vezes passam despercebidas até que seus impactos se tornem evidentes, especialmente em empresas que movimentam grandes volumes de dados e recursos. A pesquisa destaca que a ausência de validações automáticas e trilhas de auditoria em ferramentas como Excel contribui para a criação de "erros invisíveis", que comprometem a confiabilidade dos dados e, consequentemente, das decisões baseadas neles.

Ao adotar um sistema estruturado com automação, rastreabilidade e segurança de informações, a empresa não apenas reduz o risco de falhas humanas, como também protege seus ativos financeiros de perdas evitáveis. Em um cenário competitivo e de margens cada vez mais apertadas, investir em uma gestão de dados eficiente é uma estratégia que se traduz diretamente em economia e sustentabilidade financeira (REDMAN, 2013).

Para avaliar concretamente o impacto da otimização de processos, foi realizada uma projeção de custos do método anterior, baseado em planilhas. O objetivo desta análise foi estimar o custo operacional anual daquele modelo, incluindo os riscos inerentes e os colaboradores envolvidos, para então calcular o Retorno sobre o Investimento (ROI) obtido com a nova solução. A análise partiu de uma metodologia de cálculo bem definida, fundamentada em premissas conservadoras para garantir uma avaliação justa e realista.

O ponto de partida para o cálculo foi a identificação dos recursos humanos envolvidos na elaboração de um orçamento. Para isso, definiu-se um cenário deliberadamente conservador, considerando a participação mínima de três profissionais essenciais ao processo: um colaborador da área de Gerência, para validação estratégica, um do setor Comercial, responsável pela interface com o cliente e pela proposta, e um Analista, encarregado da montagem técnica. Esta premissa é considerada conservadora pois, na prática, o processo frequentemente exigia mais horas e a participação de outros membros da equipe, o que torna a economia gerada pela nova plataforma potencialmente ainda maior do que a calculada.

Com base nesse cenário, o passo seguinte foi quantificar o custo financeiro.

Para isso, levantou-se o tempo médio (em horas) que cada um desses profissionais dedicava à elaboração de um único orçamento. Esse tempo foi então multiplicado pelo custo/hora de cada colaborador, um valor estimado a partir da média salarial e encargos de cada função. Adicionalmente, foi incorporado um custo ponderado de risco, que representa o impacto financeiro de erros comuns em planilhas, como a necessidade de retrabalho ou a correção de propostas. A inclusão deste fator se ampara no conceito de "custo de dados ruins" (bad data) que, conforme aponta Thomas C. Redman (2013), representa um prejuízo substancial para as organizações, podendo atingir de 15% a 25% da receita bruta. A soma desses fatores resultou no custo médio total para se produzir um orçamento no modelo anterior, seguindo o seguinte racional:

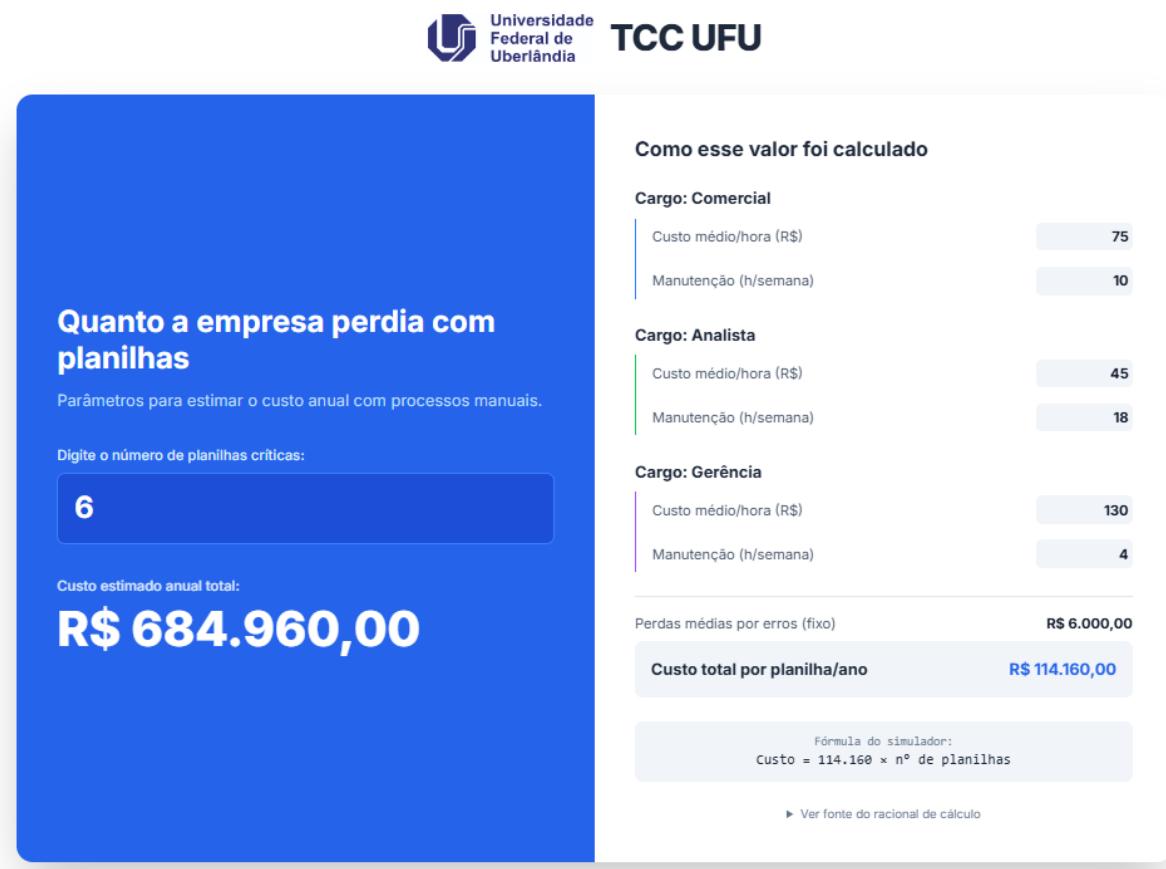
$$\begin{aligned} Custo Anual = & (Custo médio hh * hh Manutenção (semana))_{comercial} + \\ & (Custo médio hh * hh Manutenção (semana))_{Analista} + \\ & (Custo médio hh * hh Manutenção (semana))_{Gerência} \end{aligned}$$

Para chegar no custo anual envolvido no processo de orçamentação por meio de planilhas, segue o seguinte cálculo:

$$Custo Anual Total = Custo Anual * Quantidade de Planilhas Críticas + Perdas médias$$

A projeção de custo com planilhas pode ser vista com detalhes na Figura 13.

Figura 13: Projeção de Custo



Fonte: Elaboração própria (Projeção de Resultado, 2025)

Em contrapartida, a análise do investimento no novo sistema de informação considerou as naturezas de custo comuns na aquisição de software. A primeira é o investimento de implantação (setup), um valor único pago para configurar e adaptar a plataforma às necessidades da empresa. A segunda é o investimento recorrente, correspondente à licença de uso mensal. Além desses, foi incluído um custo de manutenção interna, que representa as horas de trabalho dos colaboradores dedicadas a ajustes ou à gestão do sistema.

Logo,

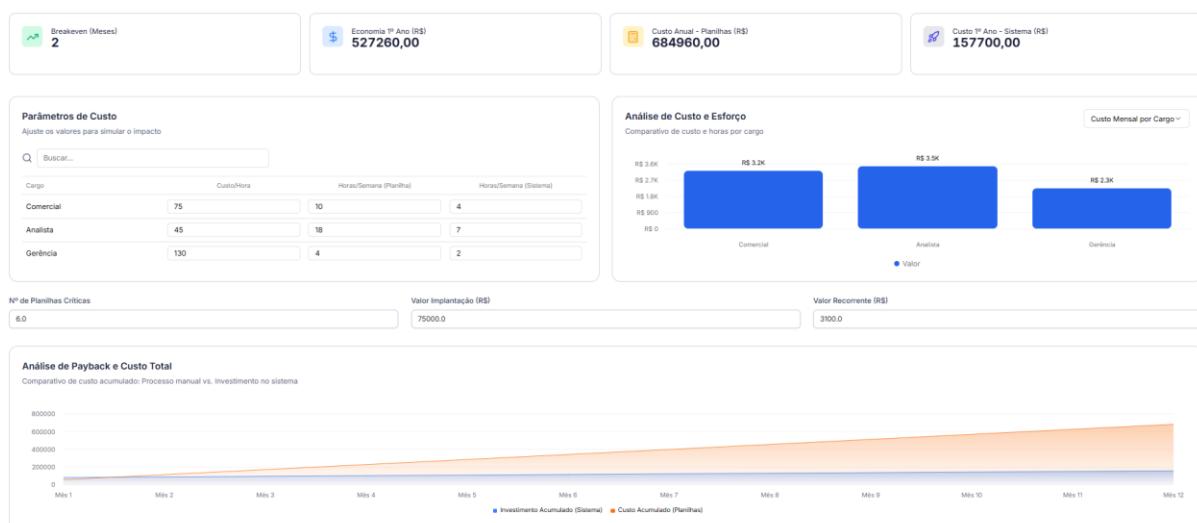
$$\begin{aligned}
 \text{Investimento total (sistema)} &= (\text{custo médio hh} * \text{hh manutenção}) \\
 &+ \text{Investimento recorrente} + \text{Investimento implantação (apenas primeiro mês)}
 \end{aligned}$$

Para compor o investimento total no novo sistema, o cálculo mensal somou o custo recorrente da licença, o custo estimado das horas internas de manutenção e, especificamente no primeiro mês, o valor integral do investimento de implantação.

Para fins de clareza e para modelar um cenário de investimento mais exigente, optou-se por alocar o custo total de setup em uma única parcela no início do projeto, representando o "pior caso" financeiro para o fluxo de caixa.

Os parâmetros detalhados para esta projeção de investimento estão consolidados na Figura 14. O modelo considera os custos de implantação (setup), a mensalidade da plataforma e, crucialmente, as horas de trabalho da equipe no novo processo de orçamentação, estimadas a partir da média de tempo de uso do sistema por cada perfil de colaborador. É importante ressaltar que, por se tratar de uma solução em nuvem (SaaS), a mensalidade já engloba todos os custos de infraestrutura, manutenção evolutiva da plataforma e suporte técnico, eliminando a necessidade de investimentos adicionais em hardware ou em sua renovação periódica. Com base nesses parâmetros, a figura ilustra a análise do ponto de equilíbrio (*payback period*), indicando o momento em que a economia acumulada se torna superior ao investimento. Adicionalmente, o gráfico apresenta a economia líquida projetada ao final do primeiro ano, período que pavimenta o caminho para os ganhos subsequentes.

Figura 14: Painel com análises da implantação do sistema



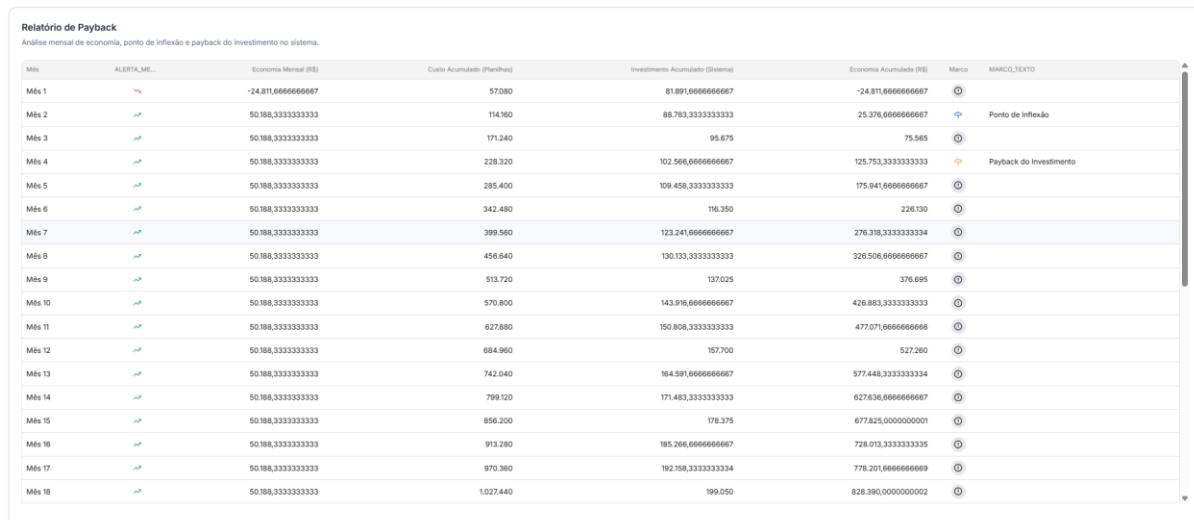
Fonte: Elaboração própria (Projeção de Resultado, 2025)

A compilação dos dados de custo do processo antigo e do novo sistema permitiu uma análise conclusiva do Retorno sobre o Investimento (ROI). A análise demonstrou que o ponto de inflexão dos custos ocorreu em menos de dois meses. A partir deste momento, o custo acumulado de manter o processo em planilhas se torna

superior ao custo acumulado do novo sistema, já considerando seu investimento.

O marco principal da viabilidade financeira, o retorno completo do investimento (*payback*), é alcançado já no quarto mês de operação. Isso significa que, neste ponto, toda a economia gerada pela nova plataforma cobriu o valor investido em sua implementação e licenciamento. Ambos os marcos estão ilustrados graficamente na Figura 15, que apresenta a projeção de custos comparativa e o ponto de *payback*.

Figura 15: Projeção de Breakeven e payback do investimento.



Fonte: Elaboração própria (Projeção de Resultado, 2025)

5. CONCLUSÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi desenvolvido com o propósito de responder ao seu objetivo geral: analisar o impacto da implementação de um sistema de informação customizado nos processos de gestão de projetos de uma empresa de engenharia. Ao final da investigação, é possível afirmar que os resultados obtidos não apenas confirmam a hipótese de um impacto positivo, mas também quantificam a magnitude dessa transformação, demonstrando uma reconfiguração fundamental na eficiência, controle e capacidade estratégica da organização.

Para alcançar essa análise, os objetivos específicos foram sistematicamente abordados. Primeiramente, o trabalho se dedicou a mapear e diagnosticar o processo de gestão anterior, identificando com clareza as ineficiências sistêmicas, os gargalos operacionais e os riscos intrínsecos à dependência de planilhas. A análise revelou um ecossistema fragmentado, propenso a erros e com um lead time médio de 7 a 9 dias para a estruturação de um projeto, validando a premissa de que o modelo anterior era

um obstáculo à escalabilidade e à agilidade.

Em seguida, o estudo procedeu em descrever a arquitetura e as funcionalidades do novo sistema de informação. Foi detalhado como a plataforma low-code Mitra foi estruturada com módulos específicos para endereçar diretamente os problemas identificados. A descrição da arquitetura e de suas capacidades, incluindo o componente de Inteligência Artificial, demonstrou como a tecnologia foi aplicada para criar um fluxo de trabalho integrado, automatizado e centralizado.

A etapa subsequente consistiu em analisar comparativamente os resultados obtidos após a implementação. Os dados apresentados evidenciaram ganhos expressivos em eficiência operacional, com a redução do tempo de ciclo do processo para 8 a 10 horas. A análise demonstrou melhorias significativas na integridade dos dados, na rastreabilidade das informações e na agilidade na tomada de decisão. A avaliação do impacto financeiro comprovou um retorno sobre o investimento (payback) em apenas quatro meses, materializando os benefícios da transição.

Por fim, este trabalho cumpre seu objetivo de contribuir com insights práticos para profissionais e material de análise para o meio acadêmico. Ao documentar detalhadamente o diagnóstico, a solução e os resultados de um caso real, a pesquisa oferece um roteiro referencial sobre os benefícios e desafios da adoção de sistemas de informação customizados. A análise da interseção entre tecnologia da informação e gestão de processos na engenharia fornece uma base sólida para futuras investigações. Contudo, é imperativo reconhecer os limites desta pesquisa. Por se tratar de um estudo de caso único, focado em uma organização específica, os resultados aqui apresentados não podem ser generalizados para outros contextos empresariais. Fatores como a cultura organizacional, a escala das operações e a maturidade dos processos preexistentes em outras companhias poderiam conduzir a resultados distintos, o que delimita a abrangência das conclusões.

Em síntese, a transição para o novo sistema de gestão provou-se uma iniciativa de sucesso que validou todos os objetivos propostos. A implementação da tecnologia transcendeu a simples otimização de tarefas, ela catalisou uma mudança de paradigma organizacional. A empresa não apenas mitigou riscos operacionais e otimizou custos de forma mensurável, mas elevou sua maturidade de gestão de maneira profunda, abandonando um modelo reativo e fragmentado para abraçar uma operação estratégica, ágil e eminentemente orientada a dados. Apesar das limitações inerentes à metodologia, este estudo de caso ilustra de forma contundente que o

verdadeiro valor da transformação digital na engenharia não reside apenas na ferramenta adotada, mas na capacidade de converter dados em inteligência e agilidade em vantagem competitiva, posicionando a organização de forma robusta para prosperar diante dos complexos desafios do mercado contemporâneo.

6. REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Alberto Luiz. Administração de Informática: Função e Fatores Críticos de Sucesso. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. Autores: Filipe Barbosa, et al. [S.I.]: McKinsey & Company, fev. 2017. Disponível em: [\[www.mckinsey.com\]](http://www.mckinsey.com). Acesso em: 20 ago. 2025.

WESTERMAN, George; BONNET, Didier; McAFFEE, Andrew. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Boston: Harvard Business Review Press, 2014.

FORRESTER RESEARCH. The Forrester Wave™: Digital Process Automation Software, Q4 2023. Cambridge: Forrester, 2023. Disponível em: [\[https://www.forrester.com/report/the-forrester-wave-tm-digital-process-automation-software-q4-2023/RES179972\]](https://www.forrester.com/report/the-forrester-wave-tm-digital-process-automation-software-q4-2023/RES179972). Acesso em: Acesso em: 20 set. 2025..

DAVENPORT, Thomas H. Putting the Enterprise into the Enterprise System. Harvard Business Review, v. 76, n. 4, p. 121-131, jul./ago. 1998.

WORLD ECONOMIC FORUM. Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology. [S.I.]: World Economic Forum, em colaboração com o Boston Consulting Group, maio 2016. Disponível em: [\[www.weforum.org\]](http://www.weforum.org). Acesso em: 20 ago. 2025.

PFEFFER, Jeffrey; SUTTON, Robert I. O Hiato entre o Saber e o Fazer: Como Empresas Inteligentes Convertem Conhecimento em Ação. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®). 7. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS (Abrainc). Estudo sobre o Déficit Habitacional e a Demanda por Moradias no Brasil. São Paulo: Abrainc/FGV, set. 2020. Disponível em: [\[cdn.abrainc.org.br\]](https://cdn.abrainc.org.br). Acesso em: 20 ago. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

GARTNER, INC. Market Guide for Business Process Automation. Stamford: Gartner, 2022. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/documents/4019747>. Acesso em: 20 set. 2025.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Imagining construction's digital future. Autores: Richard Dobbs, et al. [S.I.]: McKinsey Global Institute, jun. 2016. Disponível em: [\[www.mckinsey.com\]](https://www.mckinsey.com). Acesso em: 20 ago. 2025.

PWC BRASIL. A transformação digital na indústria da construção e engenharia no Brasil. [S.I.]: PwC Brasil, 2020. Disponível em: [\[https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/assets/2020/relatorio_anual_20-b.pdf\]](https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/assets/2020/relatorio_anual_20-b.pdf). Acesso em: 20 ago. 2025.

INTERNATIONAL DATA CORPORATION (IDC). Maturidade Digital na Construção Civil Conectada: O Céu é o Limite. Estudo encomendado pela Autodesk. [S.I.]: IDC Brasil, jun. 2022. Disponível em: [\[https://constructioncloud.autodesk.com\]](https://constructioncloud.autodesk.com). Acesso em: 20 ago. 2025.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). Cenário da Adoção do BIM nas Prefeituras Brasileiras. Brasília: ABDI, 2024. Disponível em: [\[https://www.abdi.com.br/bim\]](https://www.abdi.com.br/bim). Acesso em: 20 ago. 2025.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA (FGV IBRE). Sondagem da Construção: Edição Março 2024. Rio de Janeiro: FGV IBRE, abr. 2024. Disponível em: [<https://portalibre.fgv.br/sondagem-da-construcao>]. Acesso em: 20 ago. 2025.

MAÑAS, Antonio Vico. Administração de Sistemas de Informação. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MCKINSEY & COMPANY. A jornada da maturidade digital no Brasil. Autores: Victor D'Ancora, et al. [S.I.]: McKinsey & Company, jul. 2019. Disponível em: [[web-assets.bcg.com](https://www-assets.bcg.com)]. Acesso em: 20 ago. 2025.

YIN, Robert K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. Produção, v. 17, n. 1, p. 216-229, jan./abr. 2007.

HAMMER, Michael; CHAMPY, James. Reengenharia: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

DAVENPORT, Thomas H. Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1993.

ASSOCIAÇÃO DE PROFISSIONAIS DE GERENCIAMENTO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO (ABPMP). Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio – Corpo Comum de Conhecimento (BPM CBOK V3.0). 3. ed. Brasil, 2013.

RUMMLER, Geary A.; BRACHE, Alan P. Melhores desempenhos: como gerenciar os espaços em branco no organograma da empresa. São Paulo: Makron Books, 1995.

PAIM, Rafael et al. Gestão de Processos: Pensar, Agir e Aprender. Porto Alegre: Bookman, 2009.

RICHARDSON, Clay; RYMER, John R. New Development Platforms Emerge For Customer-Facing Applications. Forrester Research, 2014. Disponível em: [\[https://www.forrester.com/report/New-Development-Platforms-Emerge-For-CustomerFacing-Applications/RES113411\]](https://www.forrester.com/report/New-Development-Platforms-Emerge-For-CustomerFacing-Applications/RES113411). Acesso em: 20 ago. 2025.

GARTNER. Magic Quadrant for Enterprise Low-Code Application Platforms. Autores: Paul Vincent, et al. [S.I.]: Gartner, Inc., 20 de setembro de 2021. Disponível em: [\[https://www.gartner.com/en/documents/4005939\]](https://www.gartner.com/en/documents/4005939). Acesso em: 20 ago. 2025.

WESKE, Mathias. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. 3. ed. Berlim: Springer, 2019.

DUMAS, Marlon et al. Fundamentals of Business Process Management. 2. ed. Berlim: Springer, 2018.

ASSOCIAÇÃO DE PROFISSIONAIS DE GERENCIAMENTO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO (ABPMP). Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio – Corpo Comum de Conhecimento (BPM CBOK V4.0). 4. ed. Brasil, 2019.

HARMON, Paul; WOLF, Celia. The State of Business Process Management 2016. [S.I.]: BPTrends, 2016. (Trata-se de um relatório da consultoria BPTrends).

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Nova Iorque: Oxford University Press, 1995.

TRKMAN, Peter. The Critical Success Factors of Business Process Management. International Journal of Information Management, v. 30, n. 2, p. 125-134, abr. 2010.

FULD, Leonard M. *The Secret Language of Competitive Intelligence: How to See Through & Stay Ahead of Business Disruptions, Distortions, Rumors, and Smoke Screens*. New York: Crown Business, 2006.

TURING, Alan M. Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, v. 59, n. 236, p. 433-460, out. 1950.

MCCARTHY, John et al. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. [S.I.], 31 ago. 1955.

RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021.

EUROPEAN SPREADSHEET RISKS INTEREST GROUP (EuSpRIG). Fannie Mae. What the papers say. EuSpRIG Horror Stories. [S.I.]: EuSpRIG, [2004]. Disponível em: [<https://eusprig.org/research-info/horror-stories/>]. Acesso em: 20 ago. 2025.

PANKO, Raymond R. What We Know About Spreadsheet Errors. *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, v. 10, n. 2, p. 15-21, 1998.

GARTNER. Gartner Top Strategic Technology Trends for 2022. Autores: David Groombridge, et al. [S.I.]: Gartner, Inc., out. 2021. Disponível em: [<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-10-18-gartner-identifies-the-top-strategic-technology-trends-for-2022>]. Acesso em: 20 ago. 2025.

GARTNER. Forecast Analysis: Low-Code Development Technologies, Worldwide. Autores: Fabrizio Biscotti, et al. [S.I.]: Gartner, Inc., dez. 2021. Disponível em: [<https://www.gartner.com/en/documents/3995846>]. Acesso em: 20 ago. 2025.

FORRESTER RESEARCH. The Forrester Wave™: Low-Code Development Platforms For Professional Developers. Autores: John Rymer, et al. [S.I.]: Forrester Research, Inc., jun. 2021. Disponível em: [<https://www.forrester.com/report/the-forrester-wave-low-code-development-platforms-for-add-professionals-q1-2019/RES144387>]. Acesso em: 20 ago. 2025.

PANKO, Raymond R. What We Know About Spreadsheet Errors. *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, v. 10, n. 2, p. 15-21, 1998.

POON, P. L.; FUNG, K. Y.; LAW, K. Y. Spreadsheet Risk: A systematic literature review and future research agenda. *The Journal of Computer Information Systems*, v. 63, n. 1, p. 1-13, 2023.

TUBINO, Diógenes F. *Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática*. São Paulo: Atlas, 1999.

HOPP, Wallace J.; SPEARMAN, Mark L. *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. 2. ed. Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2000.

RAJALINGHAM, K.; CHADWICK, D. R.; KNIGHT, B. J. A security and integrity model for spreadsheet applications. In: *PROCEEDINGS OF THE 33RD HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES*, 2000, Maui, HI. Anais... Maui: IEEE Computer Society, 2000.

FELEDI, Eduardo. Proposta de um modelo de virtualização de dados em tempo real para tomada de decisão em sistemas de Big Data Analytics no contexto da Indústria 4.0. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, 2024.

RUY, Marcelo. *Modelo de Maturidade para Adoção de Big Data Analytics na Tomada de Decisão Gerencial*. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2017.

MIGUEL, P. A. C. O estudo de caso como estratégia de pesquisa em engenharia de produção. *Gestão & Produção*, v. 14, n. 2, p. 217-229, mai./ago. 2007.

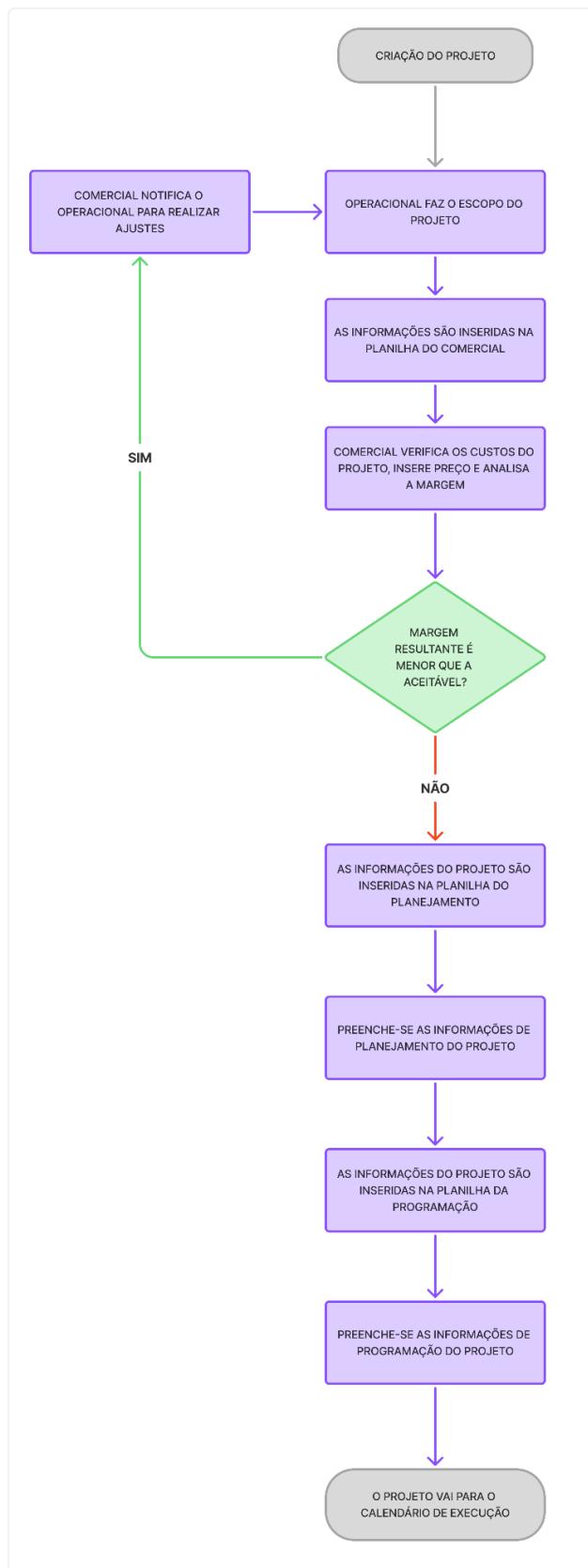
YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. *Factory Physics*. 2. ed. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 2000.

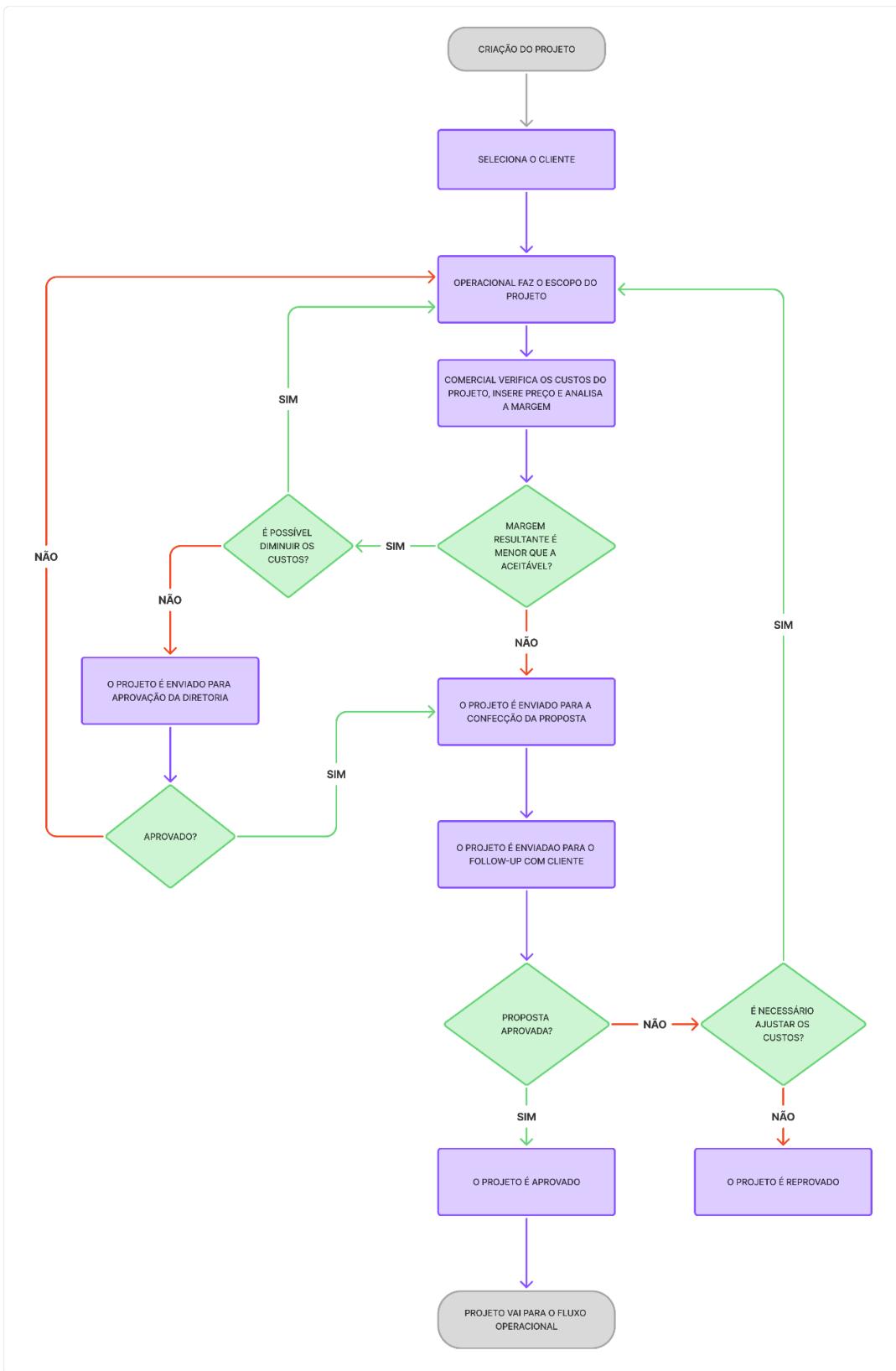
KARPATY, A. The hottest new programming language is English. X, 24 jan. 2023.

REDMAN, Thomas C. Seizing Opportunity in Data Quality. *MIT Sloan Management Review*, Fall 2013.

APÊNDICE A - FLUXOGRAMA DO PROCESSO ANTERIOR AO SISTEMA



APÊNDICE B - FLUXOGRAMA DA ORÇAMENTAÇÃO NO SISTEMA



APÊNDICE C - FLUXOGRAMA DO FLUXO DE OPERAÇÃO NO SISTEMA

