



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO, DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENG. DE CONTROLE, AUTOMAÇÃO E COMPUTAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Gabriel Yugo Rodolfo Tamura

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO PARA GESTÃO DE
MATERIAIS DE BAIXA ROTATIVIDADE: UMA APLICAÇÃO DE AUTOMAÇÃO DE
PROCESSOS**

Blumenau

2026

Gabriel Yugo Rodolfo Tamura

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO PARA GESTÃO DE
MATERIAIS DE BAIXA ROTATIVIDADE: UMA APLICAÇÃO DE AUTOMAÇÃO DE
PROCESSOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação do Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Davi Curi Busarello

Blumenau

2026

Tamura, Gabriel Yugo Rodolfo

Desenvolvimento de um sistema integrado para gestão de materiais de baixa rotatividade : Uma aplicação de automação de processos / Gabriel Yugo Rodolfo Tamura ; orientador, Tiago Davi Curi Busarello, 2026.

63 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Blumenau, 2026.

Inclui referências.

1. Engenharia de Controle e Automação. 2. slow moving. 3. gestão de estoque. 4. automação low-code. 5. VBA. I. Busarello, Tiago Davi Curi. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Controle e Automação. III. Título.

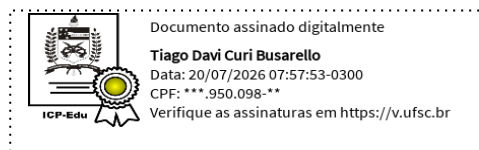
Gabriel Yugo Rodolfo Tamura

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO PARA GESTÃO DE MATERIAIS DE BAIXA ROTATIVIDADE: UMA APLICAÇÃO DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS

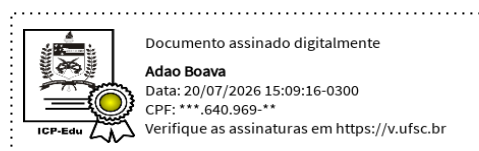
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro de Controle e Automação” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação.

Blumenau, 9 de julho de 2026.

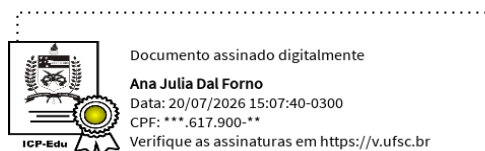
Banca examinadora



Prof. Tiago Davi Curi Busarello, Dr.
Orientador



Prof. Adão Boava, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Ana Julia Dal Forno, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Blumenau, 2026.

Dedico este trabalho à minha família, base de toda a minha trajetória, e à memória de minha avó Piedade Aliaga, cujo legado de força e perseverança continua me inspirando.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por guiar meus passos e tornar possível a realização deste trabalho. À minha família, especialmente aos meus pais Roberto Kazushi Tamura e Silvana Mary Rodolfo Tamura, por todo apoio incondicional, sacrifícios e incentivos ao longo de toda minha jornada acadêmica. Ao meu irmão Yago Yuuho Rodolfo Tamura e à minha irmã Yasmin Mayumi Tamura, pela companhia constante. Dedico esta conquista também à memória de minha avó Piedade Aliaga, cujo legado de força e perseverança continua me inspirando.

Agradeço ao Professor Tiago Davi Curi Busarello, Dr., pela orientação cuidadosa, pela paciência e pela dedicação ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Suas contribuições foram fundamentais para a qualidade do resultado final.

À Schneider Electric, pelo acolhimento como funcionário e pelo ambiente que possibilitou conjugar as responsabilidades profissionais com a elaboração deste trabalho de conclusão de curso. À equipe da Engenharia de Aplicação da unidade de Blumenau, parceira durante todo o desenvolvimento e a implantação da solução.

Por fim, agradeço a Gabriela Barbosa de Souza, minha companheira, pela compreensão, pelo apoio emocional e por acreditar em mim nos momentos de maior desafio. Sua presença foi essencial para que eu alcançasse este objetivo.

"Custos não existem para serem
calculados, existem para serem
reduzidos."
(Taiichi Ohno)

RESUMO

A imobilização de capital em materiais de baixa rotatividade (*slow moving*) é um problema recorrente em operações *Engineer-to-Order*: itens comprados para um projeto específico encerram a operação como saldo sem movimentação e tendem ao descarte. Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a implantação de um sistema integrado para a gestão desses materiais no departamento de Engenharia de Aplicação da Schneider Electric, em Blumenau. A solução organiza-se em três camadas: a aplicação VBA do Excel, que monta a lista de materiais do projeto e exporta, em um mesmo comando, o arquivo XML para o ERP corporativo e o arquivo JSON para o SharePoint; o Microsoft Power Automate, que valida os itens contra o estoque, atualiza as tabelas de uso e mantém registros imutáveis; e o Microsoft Access, no qual o engenheiro consulta o estoque parado e registra sugestões de substituição “De-Para”, com painéis executivos no Tableau. A metodologia adotada foi a pesquisa-ação, com abordagem qualitativa e quantitativa, conduzida em ciclos iterativos validados em ambiente de produção. Os resultados incluem economia acumulada de R\$ 134.453 em compras evitadas, 20 engenheiros ativos, cerca de 941.000 peças sob gestão, com valor de R\$ 3,02 milhões, e 124 sugestões “De-Para” cadastradas. A operação continua desde o final de 2025 indica que arquiteturas *low-code* construídas sobre ferramentas já licenciadas produzem resultado financeiro mensurável, com baixo custo marginal e potencial de replicação para outras unidades.

Palavras-chave: *slow moving*; gestão de estoque; automação *low-code*; Microsoft Access; Power Automate; VBA.

ABSTRACT

Capital immobilization in slow-moving materials is a recurring problem in Engineer-to-Order operations: items purchased for a specific project end the operation as balances without movement and tend to be discarded. This work presents the development and implementation of an integrated system for managing these materials in the Application Engineering department of Schneider Electric in Blumenau, Brazil. The solution is organized in three layers: the Excel VBA application, which builds the project Bill of Materials and exports, in a single command, the XML file to the corporate ERP and the JSON file to SharePoint; Microsoft Power Automate, which validates items against stock, updates usage tables and keeps immutable logs; and Microsoft Access, where engineers query idle stock and register “De-Para” substitution suggestions, complemented by executive dashboards in Tableau. The methodology adopted was action research, with qualitative and quantitative approaches, conducted in iterative cycles validated in the production environment. Results include accumulated savings of BRL 134,453 in avoided purchases, 20 active engineers, about 941,000 parts under management (BRL 3.02 million) and 124 registered “De-Para” suggestions. Continuous operation since late 2025 indicates that low-code architectures built on already licensed tools produce measurable financial results at low marginal cost and with replication potential.

Keywords: *slow moving*; inventory management; *low-code* automation; Microsoft Access; Power Automate; VBA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de estoque ao longo do fluxo de materiais	22
Figura 2 – Compensação entre custo de pedido e custo de manutenção.....	23
Figura 3 – Modelo do lote econômico: nível de estoque ao longo do tempo.....	24
Figura 4 – Curva ABC e a classificação de materiais.....	25
Figura 5 – Arquitetura em três camadas do sistema	37
Figura 6 – Fluxo de dados entre os componentes do sistema	38
Figura 7 – Aba principal da aplicação VBA (HIVE): montagem da BOM do projeto e alerta de material em slow moving	39
Figura 8 – Aba Slow Moving da aplicação VBA: tabela “De-Para” com material, substituto, quantidade em estoque e valor unitário	39
Figura 9 – Logotipo do fluxo no Microsoft Power Automate	42
Figura 10 – Fluxo do Power Automate: gatilho, parse JSON e loop de reconciliação.....	43
Figura 11 – Fluxo do Power Automate: bloco de devolução ao estoque.....	44
Figura 12 – Fluxo do Power Automate: validação e desconto do estoque	45
Figura 13 – Fluxo do Power Automate: laços de uso, log e exclusão do arquivo.....	45
Figura 14 – Estrutura interna do banco de dados no Microsoft Access	47
Figura 15 – Tela de importação da base no Microsoft Access (aba Importar Base) ..	48
Figura 16 – Tela de Gestão de Slow Moving no Microsoft Access.....	49
Figura 17 – Pop-up de relacionamento “De-Para”	50
Figura 18 – Tela de Consumo de Materiais Slow Moving	51
Figura 19 – Dashboard Gerencial Interno do Microsoft Access	52
Figura 20 – Dashboard executivo no Tableau.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre a solução manual, o ERP corporativo e o sistema desenvolvido	54
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estrutura das SharePoint Lists e seus campos principais	41
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
API	Application Programming Interface
BI	Business Intelligence
BOM	Bill of Materials (Lista de Materiais)
BPM	Business Process Management
DAO	Data Access Objects
DOI	Digital Object Identifier
ERP	Enterprise Resource Planning
ETO	Engineer-to-Order
FSO	File System Object
IETF	Internet Engineering Task Force
JSON	JavaScript Object Notation
MCDM	Multi-Criteria Decision Making
RFC	Request for Comments
SAP	Systemanalyse Programmentwicklung
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VBA	Visual Basic for Applications
XML	Extensible Markup Language

LISTA DE SÍMBOLOS

Q^*	Quantidade ótima de pedido (lote econômico)
D	Demanda do item no período
S	Custo de cada pedido
I	Taxa de manutenção do estoque
C	Custo unitário do item

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS	19
1.1.1	Objetivo geral	19
1.1.2	Objetivos específicos	19
1.2	JUSTIFICATIVA	20
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	GESTÃO DE ESTOQUE E DE MATERIAIS: CONCEITOS FUNDAMENTAIS	21
2.1.1	Função do estoque e tipos de materiais	21
2.1.2	Custos de manter estoque	22
2.1.3	Modelos clássicos de reposição	23
2.1.4	Classificação de materiais: a curva ABC	24
2.2	GESTÃO DE ESTOQUE INDUSTRIAL E CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS	25
2.3	ENGINEER-TO-ORDER, BILL OF MATERIALS E SLOW MOVING ...	26
2.4	AUTOMAÇÃO LOW-CODE PARA INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS CORPORATIVOS	28
2.5	STACK TECNOLÓGICA EMPREGADA NA SOLUÇÃO	30
2.5.1	Microsoft Excel e Visual Basic for Applications	30
2.5.2	Microsoft SharePoint	30
2.5.3	Microsoft Power Automate	31
2.5.4	Microsoft Access	31
2.5.5	Tableau	31
3	METODOLOGIA	31
3.1	ABORDAGEM DO TRABALHO	32
3.2	AMBIENTE ORGANIZACIONAL: SCHNEIDER ELECTRIC	33
3.2.1	Contexto da empresa e do departamento	33
3.2.2	O problema do slow moving	33
3.2.3	Origem e natureza dos dados utilizados	34
3.3	ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO	34
3.3.1	Levantamento de requisitos	34
3.3.2	Definição da arquitetura	35
3.3.3	Desenvolvimento e testes	35
3.3.4	Implantação e validação	36
4	DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO	36
4.1	ARQUITETURA GERAL DO SISTEMA	36
4.2	CAMADA 1: GERAÇÃO DE DADOS NA APLICAÇÃO VBA	38
4.2.1	A aplicação VBA e o processo de geração de BOM	38
4.2.2	Exportação automática via VBA: geração do JSON	39
4.3	CAMADA 2: INTEGRAÇÃO E BACK-END COM POWER AUTOMATE E SHAREPOINT LISTS	41
4.3.1	Estrutura das SharePoint Lists	41
4.3.2	Fluxo de automação no Power Automate	42
4.3.3	Regras de negócio e integridade dos dados	46
4.4	CAMADA 3: MICROSOFT ACCESS COMO FRONT-END	47
4.4.1	Arquitetura do front-end e sincronização	47

4.4.2	Tela de Gestão de Slow Moving.....	48
4.4.3	Sistema de classificação "Fácil Uso"	49
4.4.4	Relacionamento "De-Para" (materiais substitutos)	50
4.4.5	Tela de Consumo de Materiais.....	50
4.4.6	Dashboard gerencial interno (Access).....	51
4.5	INTEGRAÇÃO COM O TABLEAU	52
5	ANÁLISE DA SOLUÇÃO E PERSPECTIVAS DE EVOLUÇÃO	53
5.1	RESULTADOS OBTIDOS.....	53
5.2	EFICÁCIA DA INTEGRAÇÃO E FLUXO DE DADOS	54
5.3	LIMITAÇÕES DA SOLUÇÃO ATUAL.....	55
5.4	PROPOSTAS DE EVOLUÇÃO	56
5.5	SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES.....	57
6	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A gestão de estoque é fator determinante de competitividade em empresas industriais que operam por encomenda. Materiais parados representam capital sem retorno operacional, geram custos contínuos de armazenagem e correm risco de obsolescência. A integração entre ferramentas de projeto e o sistema de gestão de materiais é caminho concreto para reduzir esse desperdício.

Materiais de baixa rotatividade, designados *slow moving*, são frequentes em empresas que operam por *Engineer-to-Order* (ETO). Nesse modelo, cada projeto produz uma lista de materiais própria, e parte dos itens adquiridos costuma não ser consumida integralmente. As causas mais frequentes incluem superdimensionamento de quantidades, alterações de especificação solicitadas pelo cliente, cancelamentos de projeto e descontinuação de linhas de produto. Os impactos atingem o resultado da empresa: capital imobilizado, custos de armazenagem, deterioração física e risco de obsolescência tecnológica. Quando o material permanece inutilizado por longo período, costuma ser descartado, com perda integral do investimento. Rego e Mesquita (2011) caracterizam esses estoques como ativos de baixa eficiência financeira, com pressão intensa sobre indicadores de nível de serviço a clientes.

O sistema ERP da empresa identifica corretamente os itens em *slow moving* a partir do histórico de movimentação. Não oferece, porém, mecanismo que aponte ao engenheiro de aplicação quais desses materiais poderiam atender às especificações de um novo projeto. A decisão de substituir um item por outro é técnica e ocorre na fase de desenvolvimento, quando o engenheiro avalia funcionalidades e requisitos comerciais. O ERP tampouco fornece estímulo operacional para que o engenheiro consulte rotineiramente as opções de reaproveitamento de estoque. A lacuna entre o dado disponível e a ação de quem decide é o ponto onde a solução deste trabalho atua.

A Schneider Electric é multinacional especializada em gestão de energia, automação e digitalização, com operações em mais de 100 países (SCHNEIDER ELECTRIC SE, 2025). No departamento de Engenharia de Aplicação da unidade de Blumenau, uma aplicação em VBA integrada ao Microsoft Excel já produzia listas de materiais (*Bill of Materials*, BOM) a partir de softwares de projeto industriais, incluindo AutoCAD e EPLAN. Essa aplicação é o ponto de origem do ecossistema de dados de materiais de projeto.

Antes da solução proposta neste trabalho, o controle de *slow moving* era feito por planilhas Excel mantidas manualmente. As informações desatualizavam-se com frequência, o trabalho era repetitivo e propenso a erros e não existia visão gerencial consolidada. Não havia mecanismo que sugerisse ao engenheiro reutilização de materiais durante o desenvolvimento de novos projetos. O valor de *saving* acumulado com a solução já alcança cerca de R\$ 134.000,00, indicador concreto do ganho que a integração de ferramentas e a automação de processos podem produzir.

A primeira camada, designada Camada de Geração, é constituída pela aplicação VBA (MICROSOFT CORPORATION, 2025c). Quando o engenheiro exporta o projeto para o ERP corporativo no formato XML, a mesma aplicação gera, em paralelo, um arquivo JSON com a lista completa de materiais alocados. O JSON é depositado em pasta sincronizada com o Microsoft SharePoint. Durante o desenvolvimento de novos projetos, a aplicação VBA apresenta automaticamente sugestões de materiais substitutos por meio do componente interno “De-Para”, oferecendo alternativas sempre que houver itens em *slow moving* capazes de atender funcionalmente aos requisitos do novo projeto. Esse mecanismo é o núcleo da solução: a sugestão de substitutos no instante em que o engenheiro compila as especificações reduz a quantidade de material parado em estoque.

A segunda camada, designada Camada de Integração, utiliza o Microsoft Power Automate como orquestrador. O Power Automate é serviço de automação que cria fluxos de trabalho entre aplicativos para sincronizar arquivos, coletar dados e enviar notificações (MICROSOFT CORPORATION, 2025a). Cada novo arquivo JSON depositado no SharePoint dispara um fluxo que valida os itens contra o estoque existente. O fluxo não cria materiais; apenas registra a movimentação dos itens já cadastrados. As tabelas de uso são atualizadas em tempo próximo ao real, e mantém-se registros imutáveis (logs não editáveis), o que garante rastreabilidade completa das transações. O Power Automate envia ainda mensagens automáticas ao engenheiro quando este alcança patamares predefinidos de *saving*, estimulando consultas frequentes ao componente de sugestão.

A terceira camada, designada Camada de Apresentação ou *front-end*, utiliza o Microsoft Access como interface de gestão diária (MICROSOFT CORPORATION, 2025b). Pelo Access, os engenheiros registram as sugestões de materiais substitutos, anexam comentários técnicos sobre cada escolha e consultam o

estoque de itens em *slow moving* disponíveis para reutilização. Os dados são sincronizados com o Tableau, plataforma de visualização analítica que entrega aos gestores *dashboards* atualizados em tempo próximo ao real.

A solução evidencia, na prática, que arquiteturas de automação *low-code* atendem demandas de integração entre múltiplos sistemas sem desenvolvimento de código customizado em linguagens tradicionais. A arquitetura é replicável às demais plantas e unidades da Schneider Electric: o ambiente corporativo permite criar novas listas de materiais e exportá-las para um *site* (sítio) dedicado, sem alterações estruturais. Do ponto de vista acadêmico, este trabalho registra um caso real implantado em ambiente industrial, com resultados financeiros mensuráveis e operação contínua.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver e implementar um sistema integrado de gestão de materiais em *slow moving* que articule a aplicação VBA, o Microsoft Power Automate e o Microsoft Access, automatizando captura de dados, validação, rastreamento, sugestão de materiais substitutos e análise consolidada no departamento de Engenharia de Aplicação da Schneider Electric, com vistas a reduzir o capital imobilizado em estoque e otimizar a alocação de materiais em novos projetos.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) automatizar a exportação simultânea da lista de materiais gerada pela aplicação VBA para o Microsoft SharePoint em formato JSON, em paralelo à exportação do arquivo XML para o sistema ERP corporativo, mantendo sincronismo entre as fontes de dados;
- b) desenvolver fluxos de automação no Microsoft Power Automate para validar os materiais contra o estoque existente, atualizar as tabelas de controle de uso, manter registros imutáveis das transações e enviar mensagens automáticas de incentivo ao engenheiro ao atingir patamares predefinidos de *saving*;
- c) construir interface funcional em Microsoft Access que permita ao engenheiro registrar sugestões de materiais substitutos, anexar comentários técnicos, consultar o estoque de itens em *slow moving* e gerenciar o ciclo de vida dessas sugestões;

d) implementar *dashboard* (painel) gerencial em Microsoft Access e sincronização com a plataforma Tableau para análise consolidada dos maiores ofensores de custo em *slow moving*, com visualização de tendências e identificação de oportunidades de otimização;

e) validar a solução em ambiente de produção, documentar a arquitetura técnica e os procedimentos operacionais e elaborar proposta de replicação para as demais plantas e unidades da Schneider Electric.

1.2 JUSTIFICATIVA

A justificativa do trabalho apoia-se em três pilares. O primeiro é o impacto financeiro direto. O valor de *saving* já alcançado é de cerca de R\$ 134.000, com projeção ampliada discutida no Capítulo 5. O resultado decorre da redução do capital imobilizado em estoque, da queda dos custos de manutenção das condições de armazenagem e da prevenção de descarte de materiais obsoletos. A sugestão ativa de substitutos, oferecida durante o desenvolvimento de um novo projeto, é o mecanismo que transforma dado disponível em economia mensurável. Um ERP isolado armazena a informação, mas não toma a decisão técnica e não estimula o engenheiro a consultá-la.

O segundo pilar é a lacuna em soluções integradas de baixo custo. A solução utiliza apenas ferramentas já licenciadas pela organização, sem investimento adicional em *software* (programa de computador) de terceiros. A arquitetura minimiza a dependência das equipes corporativas de tecnologia da informação e permite que o próprio departamento de Engenharia de Aplicação realize manutenções e evoluções incrementais. O estudo da Forrester Consulting (2024) sobre o impacto econômico da Microsoft Power Platform reporta retorno sobre investimento de 216% em três anos para a organização composta analisada, com *payback* inferior a seis meses; trata-se de evidência consistente com o resultado interno aqui observado.

O terceiro pilar é a natureza aplicada do próprio trabalho. O sistema opera continuamente em ambiente de produção industrial desde o final de 2025. Essa operação confere ao estudo contribuição acadêmica e aplicabilidade profissional simultâneas. A solução está sujeita a melhorias contínuas a partir das necessidades operacionais identificadas pelos usuários.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho organiza-se em cinco capítulos subsequentes a esta introdução. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, abrangendo gestão de estoque, caracterização de *slow moving*, descrição das ferramentas Microsoft empregadas e fundamentos de automação *low-code*. O Capítulo 3 delinea a metodologia, o contexto da Schneider Electric e as etapas de desenvolvimento da solução. O Capítulo 4 detalha as três camadas do sistema: a aplicação VBA, os fluxos do Power Automate e a interface do Microsoft Access, com a integração ao Tableau. O Capítulo 5 examina os resultados, discute limitações e indica possibilidades de evolução. O Capítulo 6 apresenta as conclusões.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica do trabalho articula cinco blocos: os fundamentos da gestão de estoque, a gestão de estoque industrial e a classificação de materiais, a produção sob encomenda com sua estrutura de *Bill of Materials*, automação *low-code* aplicada à integração de sistemas e descrição técnica das ferramentas que compõem a solução. Cada bloco fornece a base conceitual necessária para os capítulos subsequentes.

2.1 GESTÃO DE ESTOQUE E DE MATERIAIS: CONCEITOS FUNDAMENTAIS

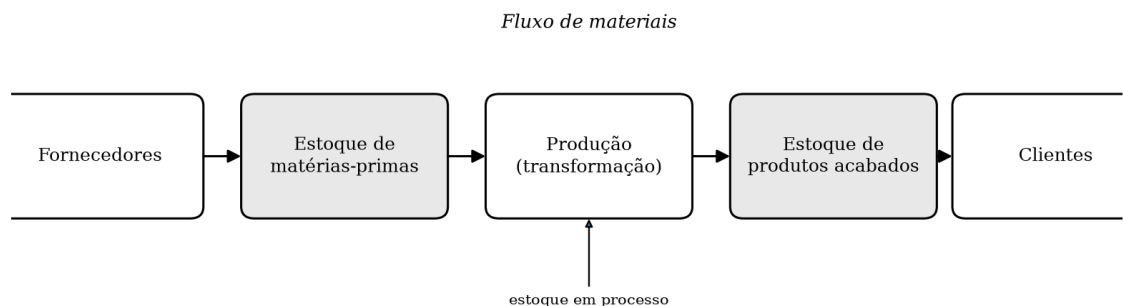
A gestão de estoque é a base conceitual sobre a qual se assenta o problema tratado neste trabalho. Antes de discutir a classificação multicritério e os materiais em *slow moving*, esta seção apresenta os fundamentos da área: a função do estoque, os custos que ele impõe, os modelos clássicos de reposição e a classificação ABC. Ballou (2006, p. 271) define estoque como a acumulação de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surge em diversos pontos do canal de produção e de distribuição.

2.1.1 Função do estoque e tipos de materiais

A manutenção de estoque atende, segundo Ballou (2006, p. 272), a duas finalidades principais: a melhoria do serviço ao cliente e a economia de custos. O estoque permite atender à demanda de imediato, sem que o cliente aguarde o ciclo completo de produção ou de suprimento, e absorve as variações de demanda e de prazo de entrega ao longo da cadeia. Em contrapartida, ele imobiliza capital que poderia ter outro emprego produtivo, com custo de oportunidade que, como observa Christopher (2005, p. 101), equivale ao retorno alternativo desse capital.

Quanto à posição no fluxo de materiais, o estoque distribui-se entre matérias-primas, materiais em processo e produtos acabados, conforme a Figura 1. Ballou (2006, p. 274) propõe ainda uma classificação por finalidade, em cinco categorias: o estoque no canal, em trânsito entre os elos da cadeia, que inclui o material em processo entre operações; o estoque de especulação, formado por antecipação a variações de preço ou a vendas sazonais; o estoque regular ou cíclico, necessário para atender à demanda média entre reposições sucessivas; o estoque de segurança, mantido como proteção contra a variabilidade da demanda e do prazo de entrega; e o estoque obsoleto, composto por itens deteriorados, vencidos ou sem giro.

Figura 1 – Tipos de estoque ao longo do fluxo de materiais



Fonte: elaborado pelo autor com base em Ballou (2006, p. 274).

A última categoria interessa diretamente a este trabalho. Materiais adquiridos para um projeto específico podem encerrar a operação como saldo sem movimentação, situação que a seção 2.3 detalha sob a designação de *slow moving*. A escolha do modelo de gestão mais adequado a cada item é, para Wanke (2012, p. 678), uma decisão de base empírica, dependente das características de consumo do material.

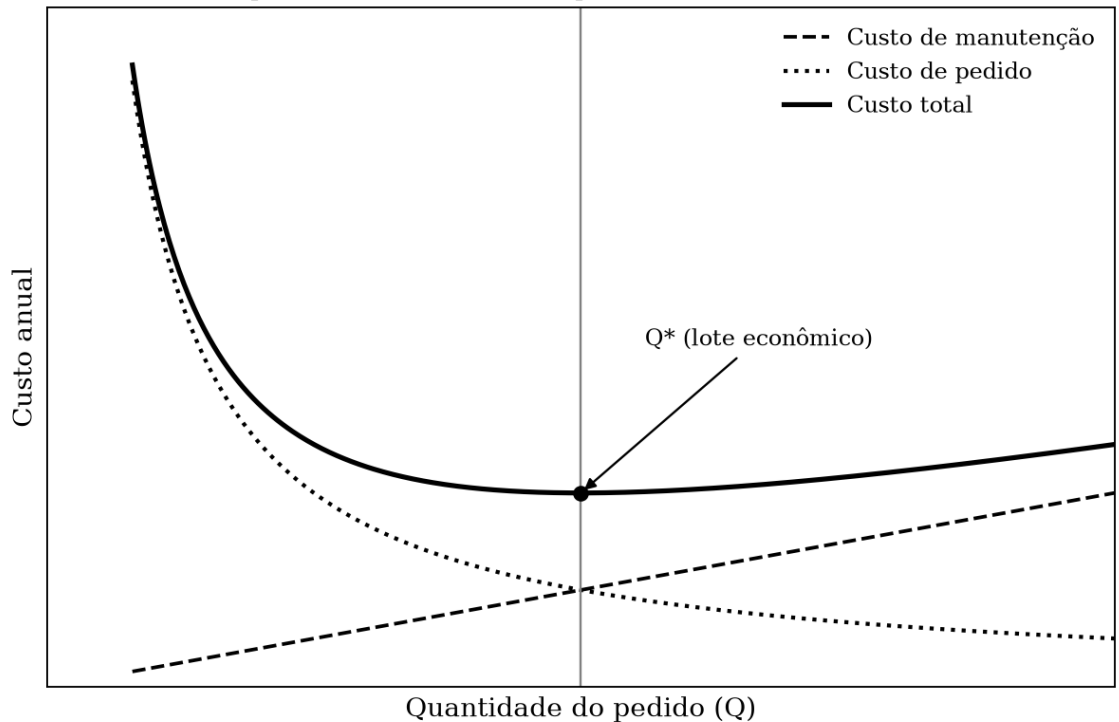
2.1.2 Custos de manter estoque

O custo de manter estoque reúne, conforme Ballou (2006, p. 279), três parcelas. A primeira é o custo de manutenção, ou de posse, que agrega o custo do capital imobilizado, a armazenagem, o seguro e as perdas por obsolescência. A segunda é o custo de pedido, associado à emissão e ao processamento de cada reposição. A terceira é o custo de falta, decorrente da incapacidade de atender à demanda quando o estoque se esgota.

Essas parcelas comportam-se de modo conflitante. Pedidos maiores e menos frequentes reduzem o custo de pedido, mas elevam o estoque médio e, com ele, o

custo de manutenção; pedidos menores e mais frequentes produzem o efeito inverso. Ballou (2006, p. 279) descreve a política de estoque como a busca do ponto que minimiza o custo total, conforme a compensação ilustrada na Figura 2.

Figura 2 – Compensação entre custo de pedido e custo de manutenção
Compensação entre custo de pedido e custo de manutenção



Fonte: elaborado pelo autor com base em Ballou (2006, p. 279).

Entre as parcelas, o custo do capital imobilizado é o que mais pesa nos itens de baixa rotatividade, pois, como aponta Christopher (2005, p. 101), o valor permanece retido sem gerar retorno enquanto o material aguarda uso. Esse é o fundamento econômico que justifica a reutilização de itens em *slow moving* proposta neste trabalho.

2.1.3 Modelos clássicos de reposição

O modelo do lote econômico de compra, formulado por Ford Harris em 1913, determina a quantidade de pedido que minimiza o custo total, ao equilibrar o custo de aquisição e o custo de manutenção, conforme apresenta Ballou (2006, p. 284). A quantidade ótima de pedido é dada pela Equação (1):

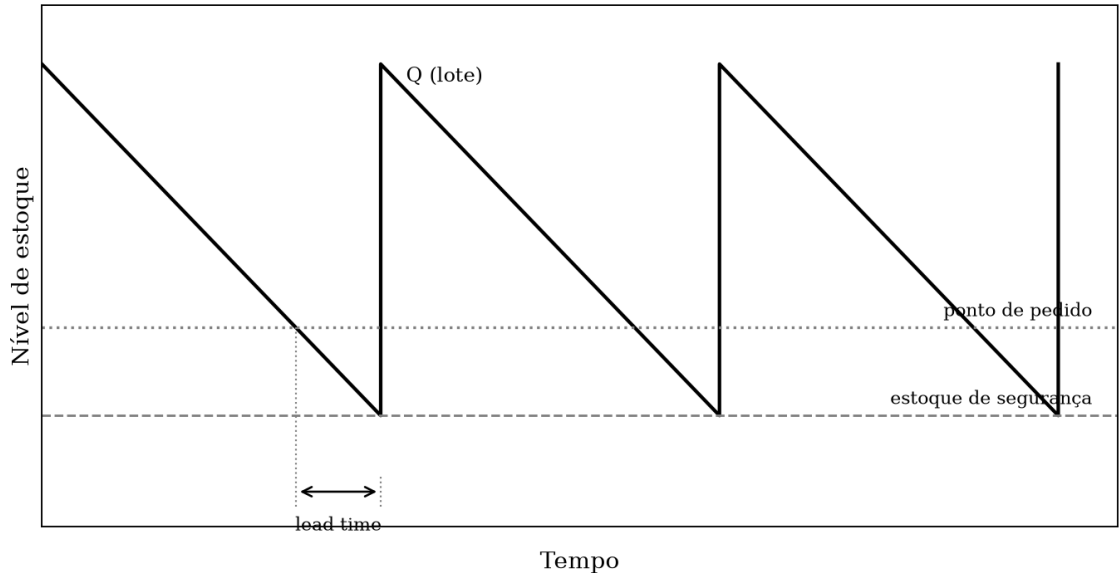
$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IC}} \quad (1)$$

em que D é a demanda do item, S o custo de cada pedido, I a taxa de manutenção do estoque e C o custo unitário do item. A Figura 3 representa a

evolução do nível de estoque ao longo do tempo segundo esse modelo, com reposições sucessivas que recompõem o estoque ao lote Q .

Figura 3 – Modelo do lote econômico: nível de estoque ao longo do tempo

Modelo do lote econômico: nível de estoque ao longo do tempo



Fonte: elaborado pelo autor com base em Ballou (2006, p. 284).

Ballou (2006, p. 287) explica que, quando o estoque atinge um nível predefinido, chamado de ponto de pedido, uma nova quantidade é solicitada ao fornecedor. O mesmo autor (2006, p. 289) acrescenta que, como a demanda e o prazo de entrega variam, mantém-se um estoque de segurança, que protege contra a falta enquanto a reposição não chega.

Esses modelos pressupõem demanda relativamente regular e contínua. Em ambientes de produção sob encomenda, nos quais muitos itens apresentam demanda intermitente ou nula após a conclusão do projeto, a aplicação direta dessas fórmulas é limitada, o que reforça a importância de critérios de classificação adequados, tratados a seguir.

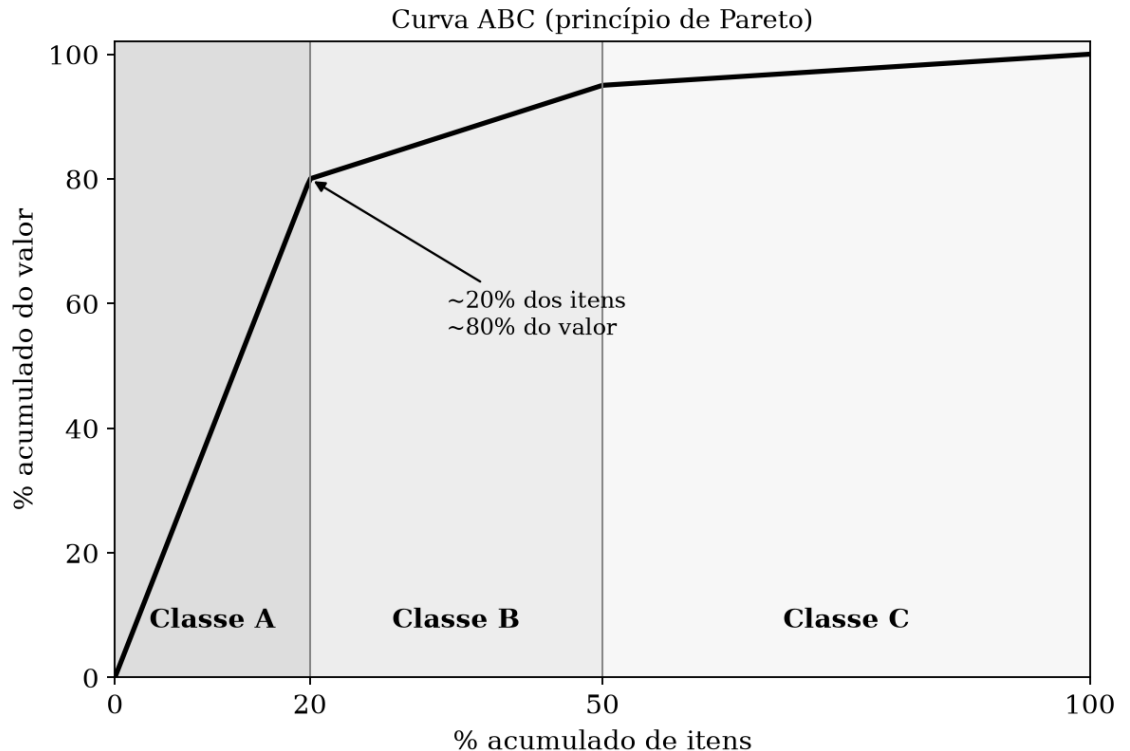
2.1.4 Classificação de materiais: a curva ABC

Nem todos os itens têm a mesma importância econômica, o que torna ineficiente aplicar a mesma política de controle a todo o estoque. A classificação ABC, apresentada por Ballou (2006, p. 305), diferencia os itens em um número reduzido de categorias e atribui a cada uma política própria. A técnica apoia-se no princípio de Pareto, segundo o qual uma parcela pequena dos itens responde pela maior parte do valor movimentado.

Os itens de classe A correspondem a cerca de 20% do total e concentram aproximadamente 80% do valor; os de classe B ocupam posição intermediária; e os

de classe C, embora numerosos, representam parcela reduzida do valor, conforme a Figura 4. Os materiais de classe A justificam controle rigoroso e acompanhamento frequente, ao passo que os de classe C admitem controle mais simples.

Figura 4 – Curva ABC e a classificação de materiais



Fonte: elaborado pelo autor com base em Ballou (2006, p. 305).

A classificação ABC é, como registram Szajubok, Alencar e Almeida (2006, p. 304), técnica consagrada na gestão de materiais. O critério único de valor, porém, mostra-se insuficiente quando outros fatores, como a criticidade do item ou o risco de obsolescência, são relevantes. As abordagens multicritério, apresentadas na seção 2.2, estendem a classificação para incorporar esses fatores.

2.2 GESTÃO DE ESTOQUE INDUSTRIAL E CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS

A gestão de estoque atua como amortecedor entre flutuações de oferta e demanda em ambientes industriais. Materiais armazenados absorvem capital, ocupam espaço, exigem manuseio e estão sujeitos a deterioração e obsolescência tecnológica. Christopher (2005, p. 101-102) detalha os componentes do custo de manter estoque: o custo de capital, normalmente o maior deles, somado a armazenagem e manuseio, obsolescência, danos e deterioração, furtos, seguro e custos administrativos. Segundo o autor, quando todos esses elementos são contabilizados, o custo real de manutenção situa-se em torno de 25% ao ano do valor contábil do estoque. Em projetos de engenharia, esses custos pesam

diretamente sobre o resultado financeiro de cada projeto, pois não são diluídos por escala de produção em série.

A classificação ABC, derivada do princípio de Pareto, agrupa itens em três categorias conforme sua relevância econômica. A categoria A contém os itens de maior valor financeiro acumulado, geralmente entre 70% e 80% do valor total com aproximadamente 20% dos itens em estoque. A categoria B reúne itens de relevância intermediária, e a categoria C reúne os itens de baixo valor unitário ou baixa frequência de uso. Theunissen, Bezuidenhout e Alam (2024, p. 7281-7283) apontam que a curva ABC clássica privilegia o critério monetário e ignora dimensões operacionais relevantes, como criticidade técnica, *lead time* (em tradução livre, o prazo de reposição) de reposição e padrão de demanda. Modelos multicritério baseados em *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) corrigem parte dessas limitações. No contexto brasileiro, Szajubok, Alencar e Almeida (2006, p. 306) já apontavam a insuficiência do critério puramente monetário, incorporando dimensões como obsolescência, prazo de reposição e impacto da falta do item na avaliação multicritério de materiais.

Londoño Ortega, Martínez Escobar e Rodríguez González (2025, p. 243-247) demonstram, em estudo de caso de manutenção industrial, que a integração entre AHP e classificação ABC multicritério reduz o erro de categorização em itens de demanda errática e de criticidade alta. O resultado é particularmente relevante para ambientes com mistura de itens de alto giro e de baixa rotatividade, onde a classificação puramente financeira induz desatenção a categorias C com impacto operacional desproporcional ao seu valor unitário.

A limitação principal da curva ABC em ambientes de produção sob encomenda decorre da própria natureza desse modelo. Itens adquiridos para um projeto específico podem terminar a operação como saldo, com movimentação histórica zero ou próxima de zero. Esses itens caem na categoria C por baixo giro, mas podem ter alto valor unitário. Theunissen, Bezuidenhout e Alam (2024, p. 7290-7293) caracterizam essa população como o grupo dos *infrequent and high-value items*, mais sensível a critérios operacionais (criticidade, possibilidade de reaproveitamento) do que ao critério monetário usual da ABC.

2.3 ENGINEER-TO-ORDER, BILL OF MATERIALS E SLOW MOVING

O modelo de produção *Engineer-to-Order* caracteriza-se pela definição da especificação técnica do produto após a chegada do pedido do cliente. Diferente da

manufatura repetitiva, cada projeto ETO produz uma engenharia própria, lista de materiais própria e fluxo de compras próprio. Aspeteg et al. (2025, p. 308-311) descrevem a complexidade adicional desse modelo na cadeia de suprimentos: *lead times* longos, fornecedores múltiplos por projeto, customizações de última hora e baixa repetibilidade entre projetos. Nesse cenário, a integração entre engenharia, suprimentos e operações deixa de ser opcional e passa a ser requisito para a execução do projeto.

A *Bill of Materials* é o artefato técnico que estrutura a lista hierárquica de componentes, submontagens e matérias-primas necessários para construir o produto final. Nambiar (2025, p. 2769-2770) descreve dois tipos centrais de BOM em manufatura industrial: a Engineering BOM (EBOM), gerada pela engenharia de projeto a partir das relações funcionais do produto, e a Manufacturing BOM (MBOM), reorganizada para refletir a sequência de processos e de montagem. As duas visões compartilham a base de itens, mas diferem em granularidade e ordenamento; a consistência entre elas é requisito de qualidade do dado mestre.

Slow moving é a designação operacional dos itens com rotatividade muito baixa, em geral sem movimentação por janela contínua de 90, 180 ou 365 dias, conforme a política de cada organização. O conceito distingue-se do dead stock, que designa itens sem perspectiva de uso futuro e candidatos ao descarte. *Slow moving* mantém potencial de aproveitamento técnico em projetos futuros, e nisso reside a oportunidade econômica de gerenciá-lo.

Entre as causas mais frequentes de acúmulo de *slow moving* em ambientes ETO: superdimensionamento de quantidades durante a fase de cotação, alterações de escopo solicitadas pelo cliente após a compra, cancelamentos de projeto, descontinuação de linha de produto pelo fornecedor e falhas de previsão para itens de demanda errática. Singh, Simha e Agarwal (2024, p. 4-6) acrescentam que padrões de demanda intermitente são particularmente difíceis de prever por modelos clássicos baseados em séries temporais, o que reforça o acúmulo natural de saldo em estoque mesmo com previsão estatística refinada. Wanke (2012, p. 677) acrescenta que a premissa de aderência da demanda à distribuição Normal gera distorções significativas em itens de baixo e baixíssimo consumo, recomendando selecionar o modelo de gestão conforme as características de cada item.

Os impactos do *slow moving* atingem três dimensões. A dimensão financeira concentra capital imobilizado em ativos que não geram receita, com custo de

oportunidade equivalente ao retorno alternativo do mesmo capital aplicado em outros usos, conforme Christopher (2005, p. 101). A dimensão operacional consome espaço de armazenagem, manuseio e seguro, mesmo quando o item não circula. A dimensão técnica está associada à obsolescência: equipamentos eletrônicos perdem suporte do fabricante, manuais e revisões técnicas são descontinuados, e o item pode tornar-se incompatível com versões mais recentes do projeto, levando ao descarte com perda integral do investimento.

Sistemas ERP padrão identificam itens *slow moving* a partir do histórico de movimentação, mas não resolvem o problema da reutilização. A decisão de substituir um item por outro é técnica, dependente de compatibilidade funcional, dimensional e elétrica, e ocorre na fase de desenvolvimento do projeto. Aspeteg et al. (2025, p. 320-323) ressaltam que a integração entre engenharia e suprimentos em ETO requer canais ativos de informação, não apenas relatórios passivos. Quando o engenheiro não recebe estímulo operacional para consultar o estoque de itens em baixa rotatividade no momento exato da especificação, o saldo permanece parado.

2.4 AUTOMAÇÃO LOW-CODE PARA INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS CORPORATIVOS

Low-code designa a categoria de plataformas de desenvolvimento que substituem grande parte da programação textual por composição visual, conectores pré-construídos e modelos declarativos. Shi, Dong e Gan (2025, p. 2-3) caracterizam essas plataformas como ambientes que aceleram a entrega de aplicações empresariais ao reduzir a barreira técnica de entrada e ao permitir que profissionais com conhecimento de domínio, sem formação específica em desenvolvimento de *software*, construam soluções funcionais. Em estudo multissetorial sobre padrões de adoção de *low-code*, os mesmos autores confirmam que essas plataformas democratizam o desenvolvimento de aplicações em setores industriais como o automotivo, a manufatura de equipamentos e a energia, com ganhos de eficiência operacional acompanhados de desafios de interoperabilidade, segurança e usabilidade. Silva et al. (2023, p. 41) relatam que a automação de processos apoiada em ferramentas *low-code* elimina tarefas repetitivas e reduz falhas humanas e custos operacionais, ainda que o desenvolvimento dependa da experiência prévia da equipe.

Arno (2025, p. 117390-117394) examina a adoção de *low-code* em pequenas e médias empresas a partir do ciclo de vida do Business Process Management. O autor observa que a maturidade da plataforma e a clareza do mapeamento do processo determinam o sucesso da implantação, mais do que a complexidade técnica do problema. Empresas que tratam *low-code* como ferramenta isolada obtêm ganhos limitados; empresas que o tratam como camada de orquestração entre sistemas existentes obtêm reorganização operacional mensurável. Esse achado é coerente com o uso do Power Automate descrito neste trabalho, em que a plataforma orquestra arquivos, listas e notificações entre Excel, SharePoint, Access e Tableau.

Em um estudo, *Total Economic Impact* encomendado pela Microsoft, a Forrester Consulting (2024, p. 3 e p. 18-21) reporta retorno sobre investimento de 216% em três anos para a organização composta analisada, com *payback* (tempo de retorno do investimento) inferior a seis meses. Os ganhos decorrem de redução do tempo de desenvolvimento por aplicação, queda no custo de manutenção corretiva e aceleração da entrega de soluções departamentais sem dependência crítica de equipes corporativas de tecnologia da informação. O estudo é evidência externa consistente com o resultado interno apurado neste trabalho, descrito no Capítulo 5.

A integração entre sistemas heterogêneos exige formato comum de troca de dados. JSON, especificado na RFC 8259 por Bray (2017, p. 5-7), é hoje o padrão de fato em integrações corporativas baseadas em *web services* (serviços web). Sua sintaxe é leve, textual, legível por humanos e processável de forma direta por qualquer linguagem de programação moderna, com suporte nativo a estruturas hierárquicas de objetos e *arrays*. Em comparação com XML, o JSON apresenta menor sobrecarga de marcação e maior simplicidade para representar estruturas de lista, características que o tornam adequado ao tráfego de BOMs entre aplicações.

A adoção de *low-code* em escala corporativa traz desafios de governança. Aplicações construídas por equipes de negócio podem proliferar sem controle de versão, sem inventário central e sem isolamento de dados sensíveis, como alerta Arno (2025, p. 117397-117399). A literatura recomenda três contramedidas: catálogo central das aplicações implantadas, papéis claros entre criador e administrador, e limites explícitos para o uso de conectores *premium* ou de integração externa não

aprovada. No contexto deste trabalho, a restrição corporativa de não acesso a conectores *premium* do Power Automate é exemplo concreto dessa governança.

2.5 STACK TECNOLÓGICA EMPREGADA NA SOLUÇÃO

Esta seção descreve as ferramentas que compõem a solução e o papel de cada uma na arquitetura: o Microsoft Excel com VBA na geração de dados, o SharePoint no armazenamento, o Power Automate na integração, o Access na interface de gestão e o Tableau na visualização executiva.

2.5.1 Microsoft Excel e Visual Basic for Applications

O Microsoft Excel atua como ambiente de hospedagem da aplicação responsável pela geração da BOM (MICROSOFT CORPORATION, 2022). O Visual Basic for Applications (VBA) é a linguagem de automação acoplada nativamente à suíte Microsoft Office, com acesso ao modelo de objetos do Excel e ao sistema operacional via File System Object (MICROSOFT CORPORATION, 2025c). Por esse caminho, a aplicação lê a planilha de projeto, executa a lógica de seleção de materiais e grava arquivos XML e JSON em pastas locais ou sincronizadas. A presença universal do Excel em ambientes corporativos e a familiaridade dos engenheiros com a ferramenta justificam sua escolha como camada de geração da solução, em vez de um aplicativo cliente desenvolvido em linguagem compilada.

2.5.2 Microsoft SharePoint

O Microsoft SharePoint é a plataforma de colaboração e gerenciamento de conteúdo do Microsoft 365 (MICROSOFT CORPORATION, 2025j). Na arquitetura descrita neste trabalho, o SharePoint cumpre dois papéis. O primeiro é o de pasta sincronizada: o arquivo JSON gerado pela aplicação VBA é depositado em uma biblioteca de documentos sincronizada com o computador do engenheiro, por meio do cliente OneDrive embarcado no sistema operacional. O segundo papel é o de repositório de dados estruturados: as SharePoint Lists abrigam as cinco tabelas que compõem o banco de dados da solução, com integração nativa ao Power Automate (disparadores em criação ou alteração de itens) e ao Microsoft Access (via Data Access Objects). A escolha do SharePoint para essas duas funções é deliberada: a plataforma oferece versionamento automático, controle de acesso por grupo do Active Directory e elimina a necessidade de servidor de banco de dados dedicado.

2.5.3 Microsoft Power Automate

O Microsoft Power Automate orquestra a integração entre componentes (MICROSOFT CORPORATION, 2025a). É serviço em nuvem que cria fluxos automatizados disparados por eventos, como criação de arquivos, atualização de registros ou intervalos de tempo. A solução utiliza fluxos automatizados em nuvem na licença standard corporativa, sem conectores premium. Cada fluxo executa três tarefas principais: abrir o arquivo JSON, validar os itens contra o estoque já cadastrado e atualizar registros nas tabelas de uso. Em adição, fluxos secundários enviam notificações ao engenheiro quando determinados patamares de *saving* são atingidos.

2.5.4 Microsoft Access

O Microsoft Access é o sistema gerenciador de banco de dados relacional embarcado da suíte Office, com formulários, consultas e relatórios construíveis em interface visual e código VBA (MICROSOFT CORPORATION, 2025b). Na arquitetura aqui descrita, o Access cumpre o papel de *front-end*: conecta-se às SharePoint Lists via Data Access Objects (DAO) com linked tables, oferecendo aos engenheiros a interface de trabalho com formulários para registro de comentários técnicos, consulta a itens em *slow moving* disponíveis e gestão do ciclo de vida das sugestões. As tabelas residem fisicamente nas SharePoint Lists; o Access opera sobre elas como cliente.

2.5.5 Tableau

O Tableau é a plataforma de *Business Intelligence* (inteligência de negócios) utilizada para a camada gerencial (TABLEAU SOFTWARE, 2026b). Conecta-se diretamente às fontes de dados que alimentam o Access e renderiza *dashboards* interativos de análise consolidada. O Tableau Blueprint (TABLEAU SOFTWARE, 2026a) define o modelo de governança recomendado, com separação entre fontes de dados publicadas, planilhas de trabalho e *workbooks* (pastas de trabalho) finais. A escolha do Tableau, em vez de uma solução nativa Microsoft Power BI, decorre da padronização corporativa adotada pela Schneider Electric.

3 METODOLOGIA

Este trabalho parte da seguinte pergunta de pesquisa: como economizar com materiais que podem se tornar obsoletos e inutilizados, reaproveitando-os na especificação de novos projetos? Para respondê-la, desenvolveu-se e implantou-se

uma solução tecnológica em ambiente real, na forma de uma pesquisa-ação. Este capítulo apresenta a classificação metodológica da pesquisa, o ambiente organizacional em que a solução foi concebida e as etapas de desenvolvimento, do levantamento de requisitos à validação em produção.

3.1 ABORDAGEM DO TRABALHO

Quanto à natureza, a pesquisa classifica-se como aplicada, pois resolve um problema concreto de uma organização industrial por meio do desenvolvimento de uma solução tecnológica integrada. O conhecimento gerado tem aplicação operacional imediata e produz efeito mensurável nos processos da Engenharia de Aplicação da Schneider Electric. Prodanov e Freitas (2013, p. 51) definem a pesquisa aplicada como aquela que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos.

Quanto aos procedimentos, o trabalho caracteriza-se como pesquisa-ação. Thiollent (2011, p. 20) define a pesquisa-ação como um tipo de pesquisa social com base empírica, concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, na qual pesquisadores e participantes representativos do problema estão envolvidos de modo cooperativo. É a situação deste trabalho: o autor atuou simultaneamente como pesquisador e como engenheiro do departamento, participando das reuniões com os usuários, do desenvolvimento da aplicação, da implantação e do acompanhamento dos resultados. O desenvolvimento seguiu o ciclo da pesquisa-ação descrito por Tripp (2005, p. 445-446): planeja-se uma mudança na prática, implementa-se, descrevem-se os efeitos e avalia-se o resultado, aprendendo-se ao longo do processo. Cada versão implantada foi observada em uso real, e o retorno dos engenheiros alimentou o planejamento do ciclo seguinte.

Quanto à abordagem, o trabalho combina perspectivas qualitativas e quantitativas. A dimensão qualitativa apoia-se em reuniões com os engenheiros, observação do fluxo de trabalho atual e *feedback* (retorno) colhido durante os ciclos de desenvolvimento. A dimensão quantitativa apoia-se em métricas de adesão da equipe, registros automáticos de execução dos fluxos e indicadores de *saving* extraídos dos *dashboards* do Tableau. Essas duas dimensões correspondem às abordagens qualitativa e quantitativa descritas por Prodanov e Freitas (2013, p. 70).

Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória e descritiva, nos termos de Prodanov e Freitas (2013, p. 51-52). É exploratória porque investiga oportunidade de

reaproveitamento técnico de materiais em *slow moving*, problema cuja extensão e formato de solução não estavam previamente caracterizados. É descritiva porque registra de forma sistemática as escolhas técnicas, os fluxos, a interface e os critérios de validação, produzindo documentação reaproveitável em outras unidades da empresa.

3.2 AMBIENTE ORGANIZACIONAL: SCHNEIDER ELECTRIC

3.2.1 Contexto da empresa e do departamento

A Schneider Electric é multinacional de origem francesa, com atuação em gestão de energia, automação industrial e digitalização, presente em mais de 100 países (SCHNEIDER ELECTRIC SE, 2025, p. 8). A unidade de Blumenau (SC) opera como centro regional de engenharia de aplicação para a América do Sul, com responsabilidade técnica sobre projetos elétricos e de automação para clientes industriais.

O departamento de Engenharia de Aplicação concentra os engenheiros que desenvolvem soluções customizadas a partir do portfólio Schneider Electric. Cada projeto segue o modelo *Engineer-to-Order*, com lista de materiais própria e fluxo de compras dedicado. A equipe é a usuária direta da solução descrita neste trabalho e foi também a fonte de requisitos durante o levantamento.

3.2.2 O problema do *slow moving*

A lacuna que a solução ataca concentra-se na fase de especificação de novos projetos. Ao montar a BOM, o engenheiro selecionava materiais a partir do catálogo padrão sem consultar o estoque parado, pois não havia mecanismo que sugerisse o reaproveitamento no momento da decisão. O resultado era a compra de itens equivalentes a outros já disponíveis em *slow moving*.

Para que um item *slow moving* seja considerado apto à reutilização, três condições precisam ser simultaneamente atendidas. A primeira é a integridade física e contratual: o item deve estar dentro do prazo de validade declarado pelo fabricante e em condição de armazenagem aceitável. A segunda é o valor unitário mínimo, abaixo do qual o esforço administrativo de movimentação supera o ganho. E a terceira, foco deste trabalho, é a compatibilidade técnica com o requisito do novo projeto, expressa por equivalência funcional, dimensional e elétrica. Essa equivalência é uma decisão do engenheiro, que a solução proposta registra no

relacionamento “De-Para” do Microsoft Access e disponibiliza automaticamente à aplicação VBA no momento da especificação.

3.2.3 Origem e natureza dos dados utilizados

A fonte primária de dados é o relatório de itens em *slow moving* extraído do ERP corporativo. O arquivo é gerado em formato estruturado e contém, por item, o código de material, a descrição, a quantidade em estoque, o valor unitário, a data da última movimentação e a localização. A periodicidade de extração é semanal.

A fonte secundária é a BOM gerada pela aplicação VBA descrita no Capítulo 4. Cada vez que um engenheiro exporta um projeto, a aplicação grava em paralelo um arquivo JSON com a lista completa de itens alocados. Esse arquivo é consumido pelos fluxos de automação para validar e registrar movimentações nas tabelas de uso da solução.

Os dados passam por tratamento prévio antes de alimentar a solução. Itens com saldo zero são descartados. Itens com valor unitário abaixo do limite definido pela gestão são suprimidos da visão de sugestão. Códigos com descrição inconsistente, derivados de alterações sucessivas no cadastro, são normalizados via tabela auxiliar de equivalências. Esses ajustes preservam a integridade da base e evitam ruído nos *dashboards* gerenciais.

3.3 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

3.3.1 Levantamento de requisitos

O levantamento de requisitos foi conduzido em duas frentes. A primeira foi a entrevista estruturada com os engenheiros usuários da aplicação VBA de alocação, com foco em pontos de fricção do fluxo atual e em expectativas sobre a futura ferramenta. A segunda foi a observação direta da rotina, conduzida pelo autor durante a operação normal do departamento. Popoola et al. (2024, p. 1212-1214) descrevem essa combinação como procedimento padrão para levantamento em sistemas corporativos, ao reduzir o viés de relato exclusivo das partes interessadas e ao captar tarefas implícitas que não emergem em entrevista.

Os requisitos funcionais consolidados foram: importação automatizada e periódica da lista de *slow moving* extraída do ERP; visualização filtrada dos itens disponíveis por código, descrição e valor; capacidade de registrar relacionamentos “De-Para” entre item especificado e item *slow moving* substituto; sincronização automática entre a aplicação VBA, o repositório SharePoint e o *front-end* de

consulta; e geração de notificações com o valor de *saving* acumulado por engenheiro. Os requisitos não funcionais incluem: facilidade de uso para engenheiros sem formação técnica em sistemas, operação robusta em condições de conectividade intermitente, integração não invasiva ao fluxo existente e conformidade com a política corporativa de segurança da informação.

3.3.2 Definição da arquitetura

A arquitetura adotada divide a solução em três camadas funcionais: geração, integração e apresentação. Tuunanen, Winter e vom Brocke (2024, p. 432-435) defendem a decomposição em camadas (*design echelons*, em tradução livre, camadas de projeto) como recurso para reduzir a complexidade de artefatos técnicos compostos por múltiplos componentes interdependentes. A descrição completa de cada camada e dos componentes técnicos é apresentada no Capítulo 4.

A escolha das ferramentas seguiu três critérios. O primeiro foi a disponibilidade de licença corporativa: todas as ferramentas usadas (Excel, SharePoint, Power Automate, Access e Tableau) já estão licenciadas e aprovadas pela Schneider Electric, eliminando custo adicional e processo de homologação. O segundo foi a manutenibilidade pela própria equipe: o departamento de Engenharia de Aplicação domina VBA, Power Automate e Access, o que permite evolução incremental sem dependência crítica das equipes corporativas de tecnologia da informação. O terceiro foi a integração nativa entre os componentes Microsoft, com fluxos disparados por eventos de plataforma e conectores oficiais.

3.3.3 Desenvolvimento e testes

O desenvolvimento foi conduzido em ciclos iterativos curtos, com duração média de duas semanas. A cada ciclo, uma versão funcional foi disponibilizada aos engenheiros, que exercitaram a ferramenta em cenários reais de projeto; as observações e os defeitos relatados foram priorizados e incorporados na versão seguinte.

Os testes contemplaram três categorias. Os testes funcionais validaram o comportamento de cada componente isolado: leitura correta da lista de *slow moving*, escrita do JSON pela aplicação VBA, processamento do JSON pelo Power Automate e renderização dos formulários do Microsoft Access. Os testes de integração validaram os fluxos completos entre as três camadas, com foco na

consistência das tabelas de uso após múltiplas movimentações. Os testes de usabilidade foram conduzidos com os engenheiros em ambiente real, observando a navegação, o tempo de resposta e a clareza dos relatórios.

3.3.4 Implantação e validação

A implantação ocorreu de forma gradual, com a solução já em produção durante a fase final de desenvolvimento. Os engenheiros utilizaram a aplicação em projetos reais enquanto novas versões eram entregues, o que reduziu o risco de descoberta tardia de defeitos e permitiu acumular dados operacionais para análise.

Os critérios de validação adotados foram três. O primeiro é a estabilidade da automação: o fluxo do Power Automate e a aplicação VBA devem operar sem falhas ao longo de períodos prolongados, com taxa de execução bem-sucedida acompanhada nos painéis de monitoramento. O segundo é a adesão dos engenheiros ao registro de sugestões “De-Para”: o crescimento contínuo do número de sugestões registradas indica que a ferramenta entrega valor percebido. O terceiro é a coerência das métricas consolidadas no Tableau frente aos registros operacionais; divergências entre o painel e os dados-fonte são tratadas como defeito a corrigir. A análise dos resultados obtidos por esses critérios é apresentada no Capítulo 5.

4 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

Este capítulo descreve a implementação técnica das três camadas funcionais introduzidas no Capítulo 1 e fundamentadas no Capítulo 2: geração de dados na aplicação VBA, integração com Power Automate e SharePoint Lists, e apresentação ao usuário no Microsoft Access com complemento de visualização gerencial no Tableau.

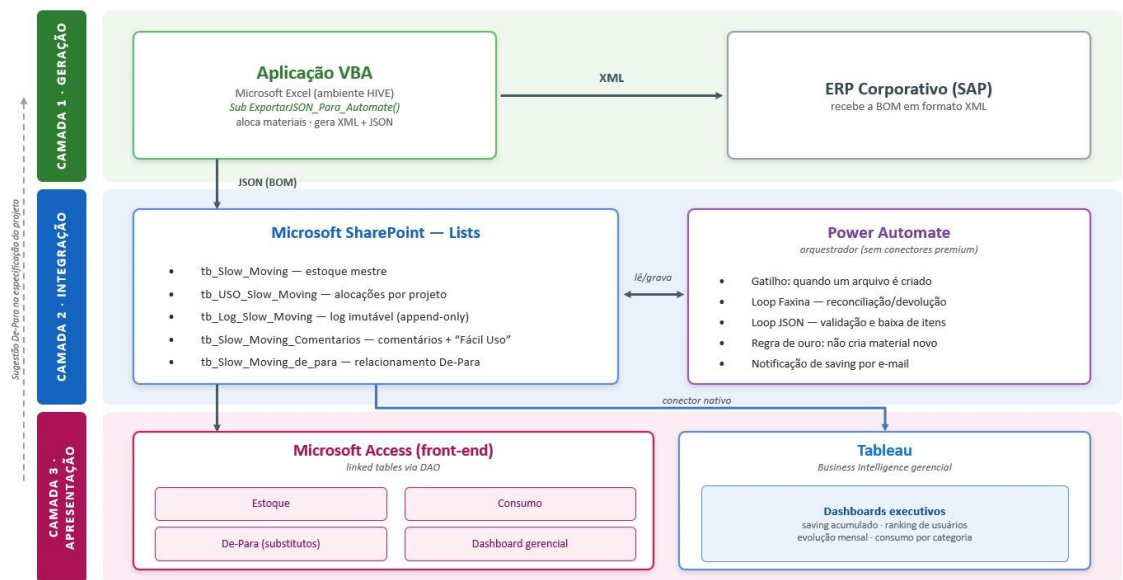
4.1 ARQUITETURA GERAL DO SISTEMA

A solução articula três camadas funcionais que se comunicam por padrões abertos. A primeira camada, de geração, é hospedada na aplicação VBA do Excel; ela produz arquivos JSON contendo a lista de materiais de cada projeto. A segunda camada, de integração, é o Power Automate, que detecta os arquivos JSON depositados em pasta sincronizada do SharePoint, valida o conteúdo contra as SharePoint Lists e atualiza as tabelas do banco de dados. A terceira camada, de apresentação, é o Microsoft Access, conectado às SharePoint Lists via DAO, complementado pelo Tableau para análise gerencial. O detalhamento conceitual da arquitetura foi apresentado no Capítulo 1.

O fluxo de dados completo segue rota linear desde a especificação do projeto até a visualização gerencial. O engenheiro aloca materiais na aba dedicada da aplicação VBA, que gera dois artefatos simultaneamente: o XML destinado ao ERP corporativo e o JSON destinado ao SharePoint. O JSON dispara o fluxo do Power Automate, que processa cada item, valida sua existência no estoque, atualiza as quantidades e registra a movimentação em *log* (registro) imutável. O Microsoft Access exhibe os dados em interface para os engenheiros e o Tableau consolida os indicadores em *dashboards* executivos. A Figura 5 sintetiza a arquitetura em três camadas e a Figura 6 representa o fluxo de dados em forma de diagrama de sequência, evidenciando a ordem temporal das interações entre os componentes.

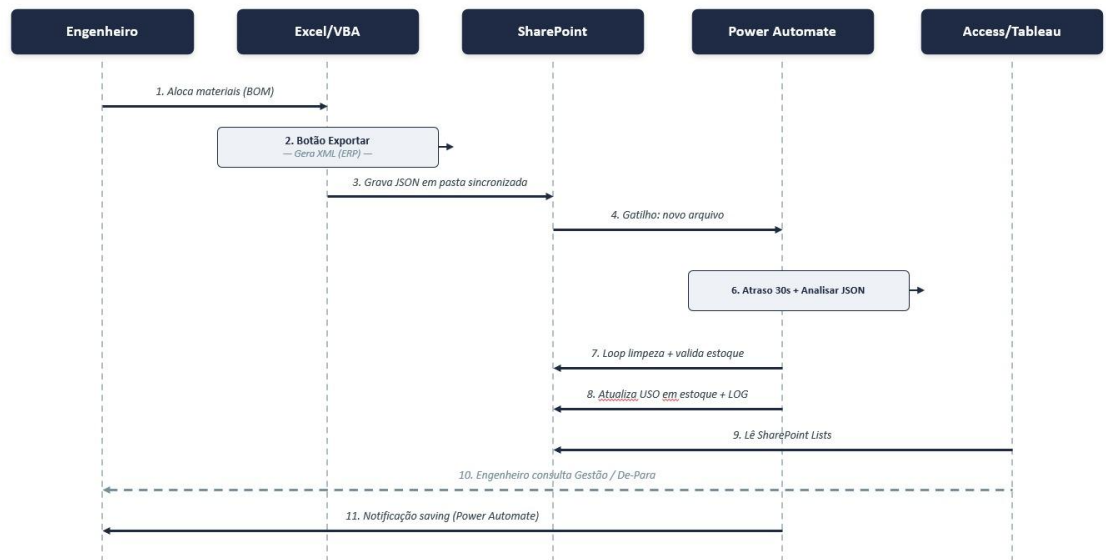
Figura 5 – Arquitetura em três camadas do sistema

Arquitetura em três camadas do sistema de gestão de slow moving



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 6 – Fluxo de dados entre os componentes do sistema

Fluxo de dados: da especificação à atualização gerencial

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A arquitetura é replicável a outras unidades da Schneider Electric. Koukaras (2025, p. 14-17) destaca que sistemas analíticos heterogêneos baseados em padrões abertos de troca de dados e em conectores nativos das plataformas hospedeiras minimizam o custo de adaptação para novos contextos organizacionais. No caso desta solução, a criação de novas listas SharePoint para uma planta adicional, a duplicação dos fluxos do Power Automate com pequenos ajustes de parâmetro e a configuração de uma cópia local do Access cobrem o esforço necessário, sem reescrita de código.

4.2 CAMADA 1: GERAÇÃO DE DADOS NA APLICAÇÃO VBA

4.2.1 A aplicação VBA e o processo de geração de BOM

A aplicação VBA pré-existente é o ponto de partida do ecossistema de dados (MICROSOFT CORPORATION, 2025h). Os engenheiros de aplicação utilizam essa ferramenta durante a fase de desenvolvimento de novas propostas comerciais, quando precisam alocar materiais do estoque ao projeto que está sendo configurado.

A aba de alocação de projetos oferece interface simples: o engenheiro seleciona o código do projeto, registra os códigos dos materiais necessários e informa as quantidades correspondentes. A estrutura permite associar múltiplos materiais a um único projeto, refletindo a complexidade típica de uma BOM industrial.

Após completar a entrada de todos os materiais, o engenheiro aciona o botão de exportação. Esse comando dispara, em sequência, a geração do arquivo XML destinado ao ERP corporativo e a geração do arquivo JSON destinado ao SharePoint. A execução em sequência garante consistência entre as duas saídas, com base na mesma fonte de dados em memória, e elimina retrabalho manual. A Figura 7 apresenta a aba de alocação da aplicação. O alerta exibido na Figura 7 surge porque a rotina compara cada material alocado com uma aba auxiliar da pasta de trabalho, denominada *Slow Moving*, que relaciona material, substituto, quantidade em estoque e valor unitário, conforme ilustra a Figura 8.

Figura 7 – Aba principal da aplicação VBA (HIVE): montagem da BOM do projeto e alerta de material em slow moving

The screenshot shows the VBA application interface. On the left, there is a BOM tree structure with levels 1 through 4. The main area displays a table with columns for material codes, descriptions, and various attributes. A Microsoft Excel dialog box is open, showing a warning message: "Material disponível em Slow Moving: 25276646". The dialog box has "OK" and "Cancel" buttons.

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 8 – Aba Slow Moving da aplicação VBA: tabela “De-Para” com material, substituto, quantidade em estoque e valor unitário

The screenshot shows the 'Slow Moving' table in the VBA application. The table has columns for Material, Substituto, Qtd. Estoque, and Valor Un. The first row shows Material 25276646 and Substituto ASH1107-97 with a quantity in stock of 362 and a unit value of 10.12. The table is displayed in a spreadsheet format with a grid background.

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

4.2.2 Exportação automática via VBA: geração do JSON

A rotina `Sub ExportarJSON_Para_Automate()` é o núcleo técnico da camada de geração. Ao ser invocada pelo botão de exportação, a rotina percorre a aba de alocação e compila as informações de cada material em um *array* (em tradução livre,

vetor) JSON, conforme a especificação RFC 8259, editada por Bray (2017, p. 5-7). Cada objeto do *array* contém cinco campos: o código do projeto, o código do material, a quantidade alocada, a identificação do usuário (campo SESA) e a data e hora da operação. A gravação do usuário e do instante da operação já na origem, pela própria aplicação VBA, preserva a rastreabilidade completa da movimentação desde a exportação até o registro na camada de integração (Seção 4.3).

O destino do arquivo é uma pasta local sincronizada com o SharePoint via cliente OneDrive, no caminho %USERPROFILE%\SharePoint\ABM Tools Group - 01. *Slow Moving*\. A pasta reside no computador do usuário e é replicada automaticamente para o repositório central do SharePoint pelo cliente embarcado no sistema operacional. O nome do arquivo segue o padrão export_YYYYMMDD_HHMMSS.json, com *timestamp* (em tradução livre, marca de tempo) da operação para garantir unicidade e permitir histórico rastreável de exportações sucessivas.

Algoritmo 1 – Trecho da rotina ExportarJSON_Para_Automate (geração do JSON)

```
Public Sub ExportarJSON_Para_Automate()
    Dim ws As Worksheet, fso As Object, ts As Object
    Dim caminho As String, nomeArq As String, jsonStr As String
    Dim i As Long, ultLin As Long, projeto As String
    Set ws = ThisWorkbook.Worksheets("Alocacao")
    ultLin = ws.Cells(ws.Rows.Count, 2).End(xlUp).Row
    ' Pasta sincronizada com o SharePoint via OneDrive
    caminho = Environ("USERPROFILE") & _
        "\SharePoint\ABM Tools Group - 01. Slow Moving\"
    nomeArq = "export_" & Format(Now, "yyyymmdd_hhnnss") & ".json"
    ' Monta o array JSON conforme RFC 8259
    jsonStr = "["
    For i = 2 To ultLin
        projeto = ws.Cells(i, 2).Value
        jsonStr = jsonStr & "{"
        jsonStr = jsonStr & """"projeto""":"""" & projeto & """, "
        jsonStr = jsonStr & """"material""":"""" & ws.Cells(i, 3).Value &
        """, "
        jsonStr = jsonStr & """"qtd""":"" & ws.Cells(i, 4).Value & ", "
        jsonStr = jsonStr & """"sesa""":"""" & Environ("USERNAME") & """, "
        jsonStr = jsonStr & """"data""":"""" & Format(Now, "yyyy-mm-ddThh:nn:ss") & """"
        jsonStr = jsonStr & "}"
        If i < ultLin Then jsonStr = jsonStr & ", "
    Next i
    jsonStr = jsonStr & "]"
    ' CreateTextFile com terceiro parâmetro False = ANSI (crítico!)
    Set fso = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
    Set ts = fso.CreateTextFile(caminho & nomeArq, True, False)
    ts.Write jsonStr
    ts.Close
End Sub
```

Fonte: elaborado pelo autor (2026), com base na implementação do sistema.

A criação do arquivo é feita pelo objeto `FileSystemObject` (FSO), instanciado via `Scripting.FileSystemObject` (MICROSOFT CORPORATION, 2025c). O método `CreateTextFile` (MICROSOFT CORPORATION, 2025a) recebe três argumentos: o caminho do arquivo, o sinalizador de sobrescrita e o sinalizador de codificação Unicode. Esse terceiro argumento é o ponto crítico da implementação.

O arquivo deve ser gravado em codificação ANSI, ou seja, com o terceiro parâmetro de `CreateTextFile` definido como `False`. Quando o arquivo é gravado em UTF-16 (parâmetro `True`), o conector "Analisar JSON" do Power Automate retorna erro 500 ao tentar interpretar o conteúdo, interrompendo todo o fluxo. Esse comportamento foi observado durante os testes e exigiu ajuste explícito da chamada à rotina. O detalhe ilustra um princípio recorrente em integração entre plataformas: a padronização de codificação é requisito de interoperabilidade, e divergências silenciosas no nível de bytes propagam-se como falhas em camadas superiores.

4.3 CAMADA 2: INTEGRAÇÃO E BACK-END COM POWER AUTOMATE E SHAREPOINT LISTS

4.3.1 Estrutura das SharePoint Lists

O banco de dados da solução é composto por cinco SharePoint Lists, modeladas como tabelas relacionais (MICROSOFT CORPORATION, 2025b). Cada lista cumpre uma responsabilidade específica no fluxo de movimentação de inventário, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Estrutura das SharePoint Lists e seus campos principais

Lista (tabela)	Função	Campos principais
<i>tb_Slow_Moving</i>	Tabela mestre dos itens em estoque com baixa rotatividade	código, descrição, quantidade, classificação ABC, valor unitário
<i>tb_USO_Slow_Moving</i>	Tabela transacional de saídas (alocações por projeto)	projeto, material, quantidade, data, engenheiro
<i>tb_Log_Slow_Moving</i>	Extrato imutável (append-only) de todas as movimentações	tipo, projeto, material, quantidade, data, engenheiro
<i>tb_Slow_Moving_Comentarios</i>	Comentários técnicos e indicador Fácil Uso	Title (material), comentário, <i>facil_uso</i>
<i>tb_Slow_Moving_de_para</i>	Relacionamento "De-Para" (item em <i>slow moving</i> e seu substituto)	Title (material), substituto

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A tabela ***tb_Slow_Moving*** é a tabela mestre, que consolida o universo de itens em estoque com baixa rotatividade. Seus campos principais são: código do material, descrição textual, quantidade em unidades, classificação ABC e valor

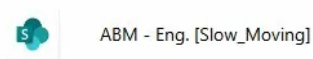
unitário em reais. Ela funciona como fonte de verdade do sistema; qualquer item movimentado pelo fluxo deve estar previamente cadastrado nessa tabela. A tabela **tb_USO_Slow_Moving** registra cada alocação de material a um projeto, funcionando como tabela de transações de saída, com campos para o código do projeto, o código do material, a quantidade movimentada, a data e hora da operação e a identificação do engenheiro.

A tabela **tb_Log_Slow_Moving** é o extrato contábil imutável: aceita somente operações de inserção, sem permitir edição ou exclusão de registros existentes. Esse comportamento append-only garante rastreabilidade histórica de todas as movimentações e atende a requisitos de auditoria interna. A tabela **tb_Slow_Moving_Comentarios** armazena os comentários técnicos registrados pelos engenheiros e o indicador "Fácil Uso". Os relacionamentos "De-Para" entre materiais substitutos são gravados na tabela **tb_Slow_Moving_de_para**, mantendo o esquema principal enxuto.

4.3.2 Fluxo de automação no Power Automate

O Power Automate orquestra o fluxo central da solução com base em gatilhos automáticos (MICROSOFT CORPORATION, 2025d, 2025e). O gatilho configurado é do tipo "Quando um arquivo é criado em uma pasta", oferecido pelo conector SharePoint Online (MICROSOFT CORPORATION, 2025g). O fluxo, identificado internamente como ABM - Eng. [Slow_Moving] e ilustrado na Figura 9, executa um atraso de segurança de 30 segundos antes de processar o arquivo, intervalo necessário para garantir que a escrita iniciada pelo VBA seja totalmente concluída e que o cliente OneDrive complete a sincronização do arquivo no servidor.

Figura 9 – Logotipo do fluxo no Microsoft Power Automate

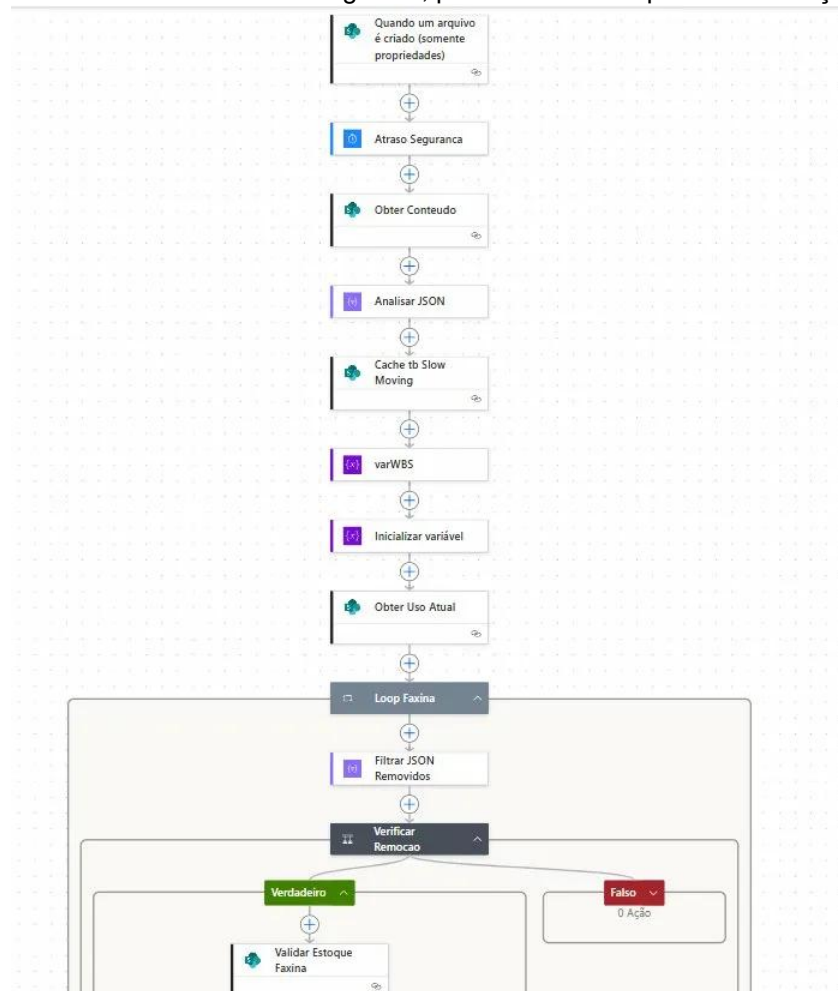


Fonte: captura de tela do Power Automate da Schneider Electric.

Após o atraso, o fluxo lê o conteúdo do arquivo e executa a ação "Analisar JSON", que decodifica o conteúdo textual em estrutura hierárquica acessível pelas etapas seguintes. Cada item do *array* é processado individualmente em laço; antes de processar as novas alocações, o fluxo executa um laço de reconciliação interno, denominado "Loop Faxina", que verifica os materiais previamente alocados ao mesmo projeto. Caso um material conste em versão anterior do JSON e não apareça na nova versão, o fluxo devolve automaticamente a quantidade ao estoque,

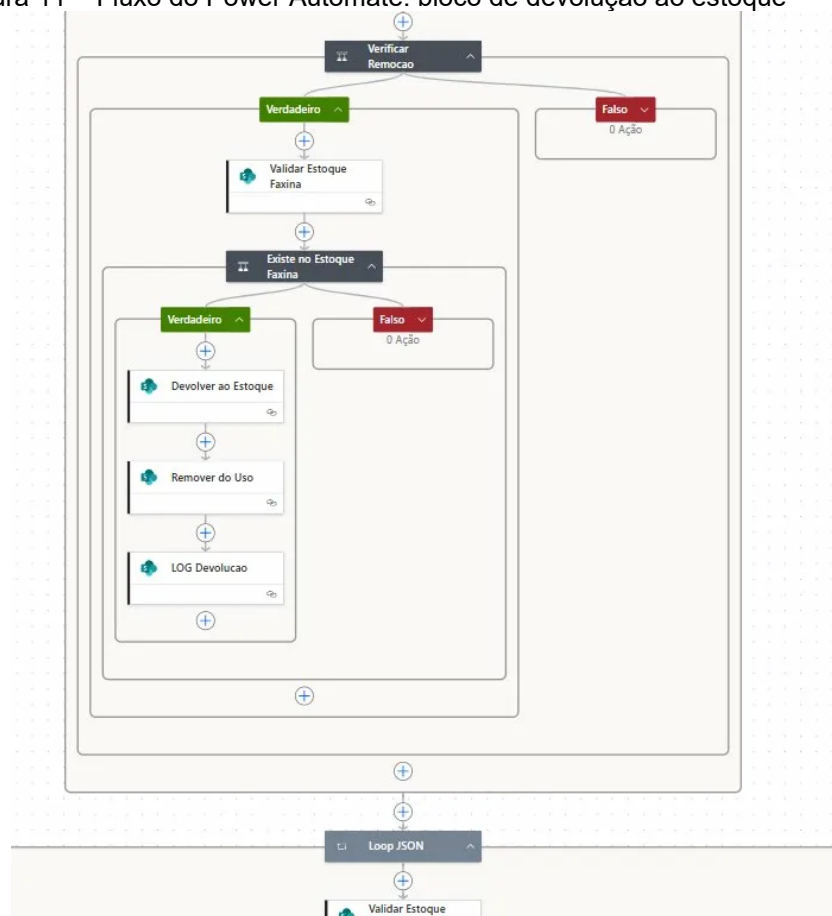
tratando atualizações e cancelamentos de projeto sem acúmulo de inconsistências. As Figuras 10 a 13 apresentam as etapas do fluxo no editor do Power Automate, em sequência.

Figura 10 – Fluxo do Power Automate: gatilho, parse JSON e loop de reconciliação



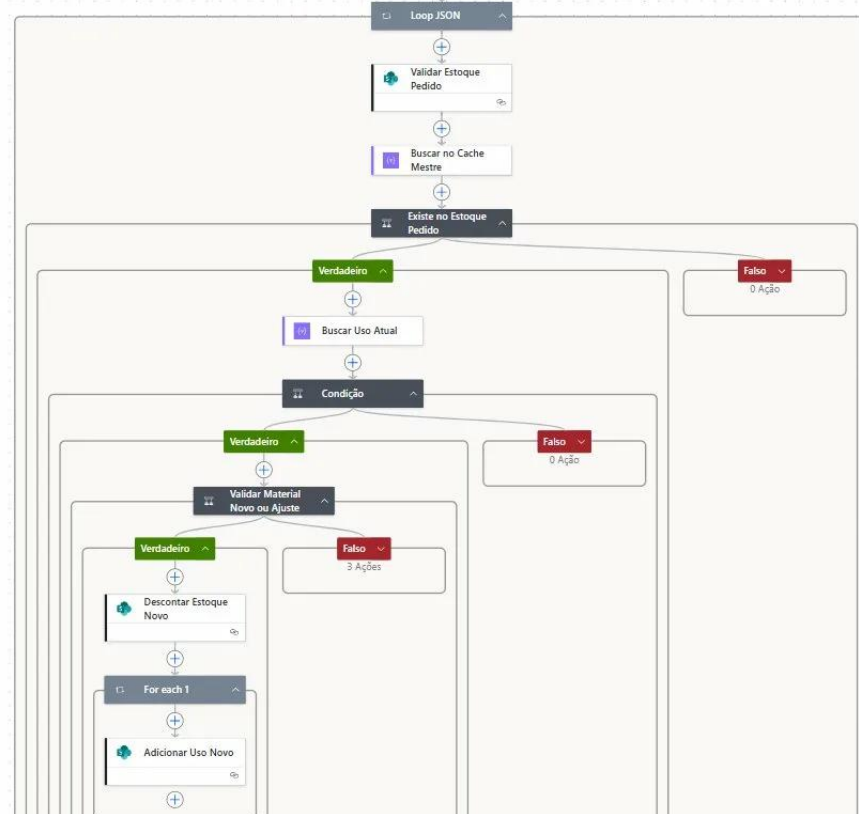
Fonte: captura de tela do Power Automate da Schneider Electric.

Figura 11 – Fluxo do Power Automate: bloco de devolução ao estoque



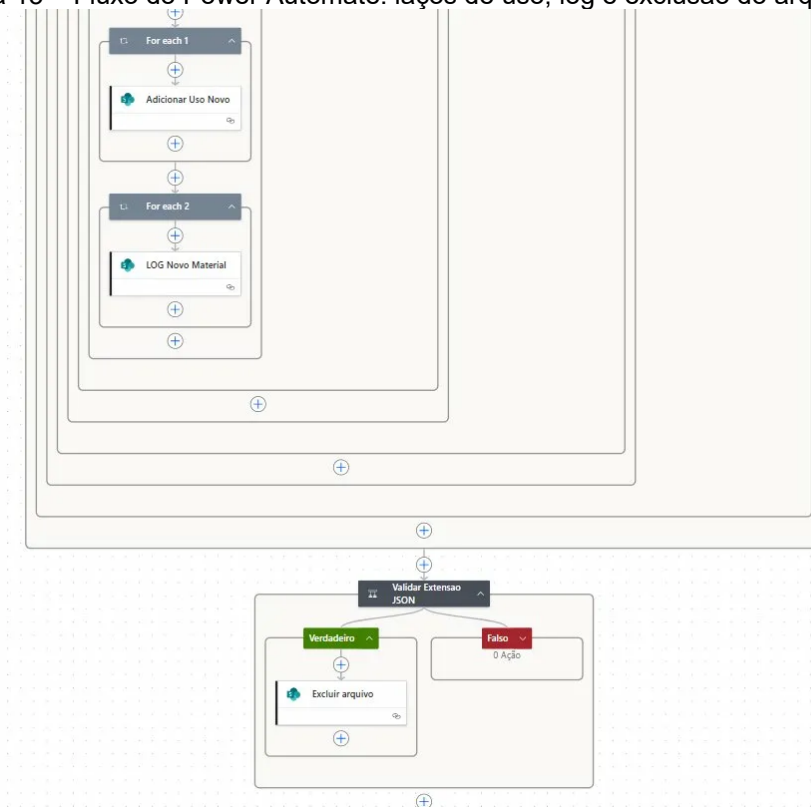
Fonte: captura de tela do Power Automate da Schneider Electric.

Figura 12 – Fluxo do Power Automate: validação e desconto do estoque



Fonte: captura de tela do Power Automate da Schneider Electric.

Figura 13 – Fluxo do Power Automate: laços de uso, log e exclusão do arquivo



Fonte: captura de tela do Power Automate da Schneider Electric.

Para cada material novo do JSON, o fluxo verifica sua existência na **tb_Slow_Moving**. Se o item for válido, três operações são executadas em sequência: o saldo da **tb_Slow_Moving** é decrementado, a alocação é registrada na **tb_USO_Slow_Moving** e um registro é inserido na **tb_Log_Slow_Moving**. Para reduzir a latência em projetos com muitos itens, o fluxo carrega previamente o estoque mestre em estrutura de dicionário em memória do Power Automate; consultas subsequentes acessam o dicionário, evitando chamadas repetidas ao conector SharePoint. Ao final, o arquivo JSON é excluído automaticamente da pasta sincronizada, mantendo o ambiente limpo para os próximos disparos.

O fluxo inclui ainda uma regra motivacional. Quando o valor de *saving* acumulado de um engenheiro atinge marcos predefinidos pela gestão, o Power Automate envia notificação automática por *e-mail* (correio eletrônico), com mensagem de parabenização. O reconhecimento imediato no instante em que o engenheiro contribui ativamente para a redução do estoque parado funciona como reforço positivo e estimula a consulta recorrente ao componente de sugestão “De-Para” descrito adiante.

4.3.3 Regras de negócio e integridade dos dados

A regra de ouro do sistema estabelece que o fluxo de automação não cria materiais novos autonomamente. Se um código presente no JSON não constar na **tb_Slow_Moving**, o item é simplesmente ignorado e o processamento avança para o próximo. Essa decisão é deliberada e protege o banco contra dois efeitos colaterais comuns em integrações automáticas: a contaminação por erros tipográficos do engenheiro e a importação inadvertida de códigos obsoletos derivados de versões antigas do projeto.

A segunda regra é aplicada na importação inicial da lista de *slow moving* extraída do ERP corporativo. Itens com saldo zero são descartados, pois não admitem movimentação. Itens com valor unitário inferior a um limite configurável, convencionalmente fixado em R\$ 500,00, também são descartados, pois o esforço administrativo de movimentação supera o ganho financeiro esperado. Os critérios são ajustáveis pela própria equipe sem alteração no código.

A terceira regra é a imutabilidade da **tb_Log_Slow_Moving**. Os registros são apenas inseridos, nunca atualizados ou excluídos, formando trilha de auditoria que sustenta a apuração dos valores de *saving* apresentados nos relatórios gerenciais.

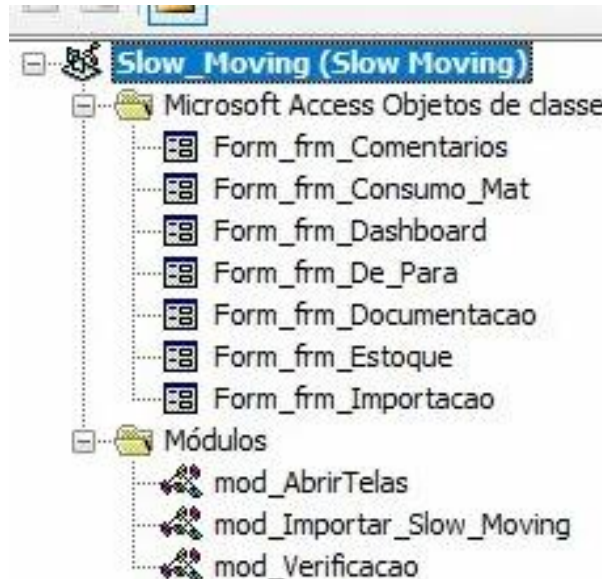
Essa propriedade é essencial para verificação retroativa de divergências e para conformidade com práticas internas de controle.

4.4 CAMADA 3: MICROSOFT ACCESS COMO FRONT-END

4.4.1 Arquitetura do front-end e sincronização

O Microsoft Access é o aplicativo cliente instalado localmente no computador do engenheiro. As tabelas da solução residem nas SharePoint Lists; o Access opera sobre elas como cliente, por meio de linked tables configuradas via Data Access Objects (DAO) (MICROSOFT CORPORATION, 2025f). Esse modelo combina a usabilidade de um aplicativo cliente local, com tempo de resposta baixo na interface, com a centralização e o controle de acesso oferecidos pelo SharePoint. A organização interna do banco de dados local é ilustrada na Figura 14, que mostra os formulários e módulos VBA responsáveis pela interface.

Figura 14 – Estrutura interna do banco de dados no Microsoft Access



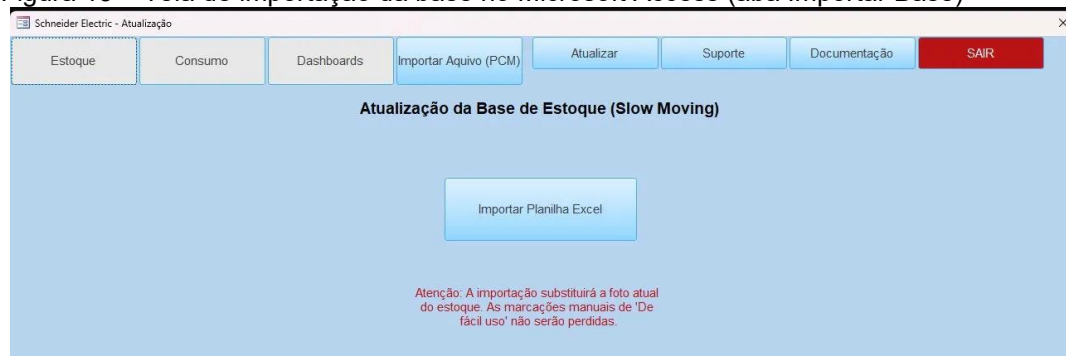
Fonte: captura de tela do sistema implantado.

Antes de iniciar qualquer operação, o Access executa a rotina **Sub VerificacaoSincronizacaoPasta()**, que detecta se a pasta sincronizada do SharePoint está disponível no computador do usuário. Se a pasta não for encontrada, o Access exibe mensagem de alerta com instruções passo a passo para ativar a sincronização pelo cliente OneDrive (MICROSOFT CORPORATION, 2025i). A verificação previne tentativas de operação em ambiente não preparado e reduz a frequência de chamados de suporte.

A importação da lista de *slow moving* extraída do **ERP** é orquestrada pela rotina **ImportarExcelParaEstoque()**, acessada pela aba "Importar Base". A rotina

abre diálogo de seleção de arquivo, lê os dados em memória, aplica as regras de filtragem (saldo zero e valor mínimo) e carrega os registros válidos para a **tb_Slow_Moving** em transação atômica delimitada por BeginTrans e CommitTrans. A transação garante que falhas parciais não deixem a tabela em estado inconsistente. Os itens descartados são gravados em tabela temporária com o motivo da rejeição, permitindo auditoria posterior. A Figura 15 apresenta a tela de importação da base.

Figura 15 – Tela de importação da base no Microsoft Access (aba Importar Base)



Fonte: captura de tela do sistema implantado.

4.4.2 Tela de Gestão de Slow Moving

A tela de Gestão de *slow moving*, ambiente principal do engenheiro, é apresentada na Figura 16. A interface apresenta grade com todos os materiais que possuem saldo ativo. Os campos exibidos são: código do material, descrição, quantidade em unidades, classificação ABC, valor unitário e indicador "Fácil Uso". A grade é alimentada pela *query* (consulta) **qry_Visao_Estoque**, que executa um LEFT JOIN entre **tb_Slow_Moving** e **tb_Slow_Moving_Comentarios**, com filtro WHERE Quantidade <> 0 que oculta automaticamente itens já zerados.

Figura 16 – Tela de Gestão de Slow Moving no Microsoft Access

Material	Descrição	Quantidade	Classificação	Valor Unitário	Comentários	Qtd. Comentários	Fácil Uso
		6	Slow Moving			0	
		2	Slow Moving			0	
		2	Slow Moving			0	
		2	Slow Moving			0	
		2	Slow Moving			0	
		2	Slow Moving			0	
		3	Slow Moving			0	
		1	Slow Moving			0	
		2	Slow Moving			0	
		3	Slow Moving			0	
		3	Slow Moving			0	
		1	Slow Moving			0	
		9	Slow Moving			0	
		1	Slow Moving			0	
		1	Slow Moving			0	
		3	Slow Moving			0	
		1	Slow Moving			0	
		2	Slow Moving			0	
		3	Slow Moving			0	

Fonte: captura de tela do sistema implantado.

Uma barra de pesquisa permite filtrar a grade dinamicamente por código ou descrição, com operador LIKE para busca por similaridade. A rotina **AplicarFiltros()** é responsável pela atualização da exibição em tempo real, sem necessidade de recarregar a grade. O componente foi dimensionado para operar com fluidez em listas com centenas de itens, dimensão típica do estoque consolidado da unidade.

4.4.3 Sistema de classificação "Fácil Uso"

A classificação "Fácil Uso" permite ao engenheiro marcar materiais com alta probabilidade de reutilização em projetos futuros. Cada linha da grade exibe um botão *toggle* (em tradução livre, botão de alternância) na coluna final; ao ser acionado, o campo **Fácil_Uso** da **tb_Slow_Moving_Comentarios** é atualizado para verdadeiro, persistindo a classificação. A marcação atua como sinal compartilhado entre os engenheiros: itens classificados são prioritariamente sugeridos como substitutos durante o desenvolvimento de novos projetos.

O cabeçalho da tela contém o botão "Mostrar Apenas Fácil Uso", que filtra a grade para exibir somente itens com a classificação ativa. A rotina **AplicarFiltros()** combina esse filtro com o filtro de texto livre, permitindo que ambos coexistam de forma não sobreposta. A composição entre o critério de busca e o critério de classificação acelera a identificação de candidatos viáveis durante a fase de especificação.

4.4.4 Relacionamento “De-Para” (materiais substitutos)

O “De-Para” é o componente central da solução do ponto de vista funcional, pois é nele que se registra a equivalência entre um item *slow moving* e o item que o engenheiro substituiria em um projeto novo. O acesso à funcionalidade é por duplo clique sobre o código de qualquer material da grade da tela de Gestão; o duplo clique abre janela pop-up dedicada ao gerenciamento dos relacionamentos do item selecionado, conforme a Figura 17.



Fonte: captura de tela do sistema implantado.

Na janela pop-up, o engenheiro registra um ou mais códigos de materiais substitutos diretos. Os registros são gravados na tabela **tb_Slow_Moving_de_para** e ficam disponíveis para consulta pela aplicação VBA durante a especificação de projetos futuros. Ao alocar um material que possui “De-Para” registrado, o engenheiro recebe alerta visual no próprio Excel, informando da existência de equivalente em estoque *slow moving* apto à reutilização.

O mecanismo fecha o ciclo entre as três camadas. A classificação registrada no Access alimenta a aplicação VBA da camada de geração; a aplicação consulta automaticamente o “De-Para” no instante em que o engenheiro especifica um material; o engenheiro recebe sugestão objetiva e contextual, sem precisar interromper o fluxo para consultar o estoque separadamente. A integração no momento exato da decisão é o que torna o “De-Para” um instrumento efetivo de mudança de prática operacional.

4.4.5 Tela de Consumo de Materiais

A aba "Consumo" do Microsoft Access, apresentada na Figura 18, consolida em uma única visão todos os movimentos de saída registrados pelos engenheiros, com colunas para data, usuário (SESA), material, projeto, quantidade, valor unitário e valor total. A tela é alimentada por *query* agregada sobre a **tb_USO_Slow_Moving** e permite à gestão rastrear, em qualquer instante, a contribuição individual de cada engenheiro e a destinação dos itens em *slow moving*.

Figura 18 – Tela de Consumo de Materiais Slow Moving

Data	Usuário	Material	Projeto	Quantidade	Valor Un.	Valor Total
						84
						84
						7,32
						7,32
						1,4
						6,1
						1,4
						1,12
						267
						2,14
						0,28
						1,22
						2,14
						0,28
						2,14
						1,22
						2,14

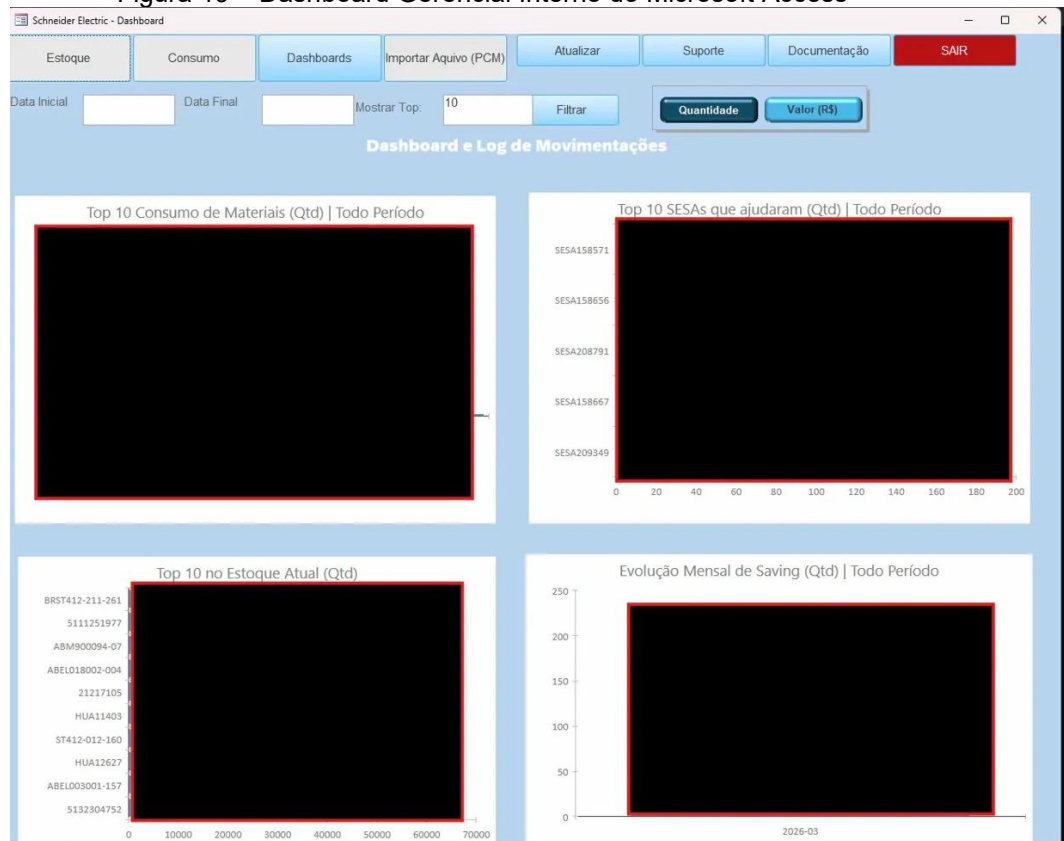
Fonte: captura de tela do sistema implantado.

4.4.6 Dashboard gerencial interno (Access)

O Access oferece *dashboard* interno acessível pela aba "Dashboard Gerencial" e apresentado na Figura 19, complementar à grade operacional. O painel é alimentado por três *queries* (consultas) de agregação: **qry_Dash_ConsumoMaterial** (consumo por material), **qry_Dash_Usuarios** (ranking de engenheiros) e **qry_Dash_EvolucaoMensal** (série temporal de movimentações). As consultas operam sobre a **tb_Log_Slow_Moving**, a fonte imutável de transações.

O *dashboard* consolida quatro indicadores principais: materiais com maior potencial de *saving* acumulado, ranking de engenheiros pelo valor reutilizado, evolução mensal do consumo de *slow moving* e saldo agregado por categoria de material. Os filtros de data permitem recortes temporais para comparações período a período. Esses indicadores complementam o detalhe operacional e fornecem aos supervisores subsídios para decisões sobre política de armazenagem e priorização de descarte.

Figura 19 – Dashboard Gerencial Interno do Microsoft Access



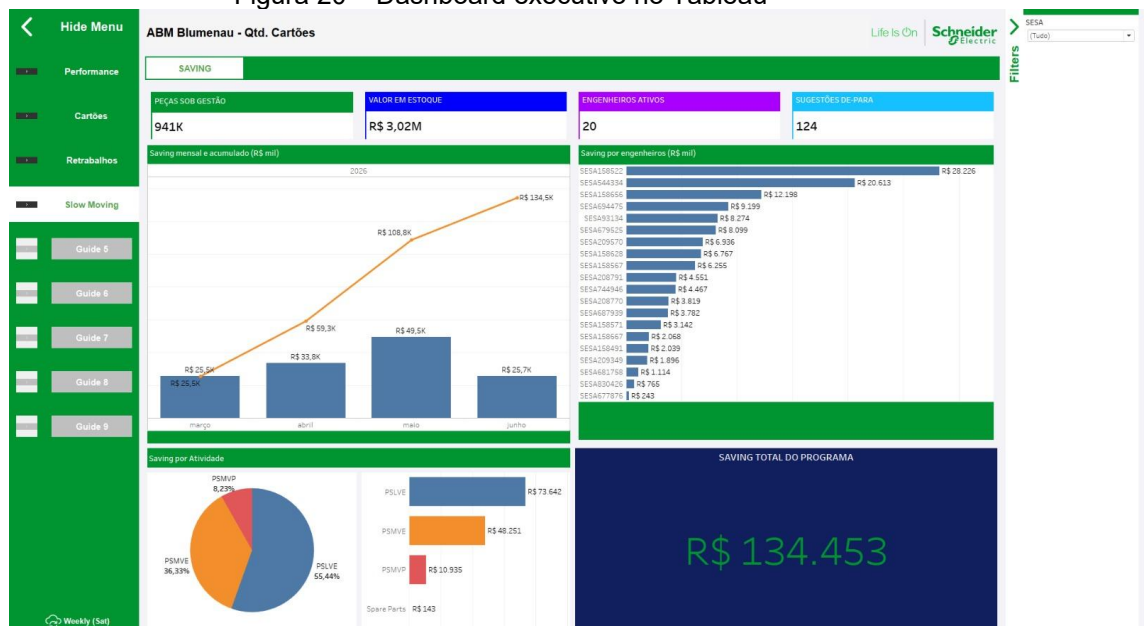
Fonte: captura de tela do sistema implantado.

4.5 INTEGRAÇÃO COM O TABLEAU

O Tableau é a plataforma de visualização gerencial usada pela liderança e pela diretoria da unidade. A conexão entre o Tableau e o repositório de dados é direta: o conector nativo do Tableau lê as SharePoint Lists em modo de atualização programada, sem etapa intermediária de extração ou transformação (TABLEAU SOFTWARE, 2026b). O modelo recomendado pelo Tableau Blueprint (TABLEAU SOFTWARE, 2026a) orienta a separação entre fontes de dados publicadas, planilhas de trabalho e workbooks finais; essa estrutura foi adotada na configuração corporativa.

Os *dashboards* do Tableau consolidam os indicadores agregados do programa. O painel principal exibe o *saving* acumulado total, a evolução mensal em gráficos de linha e barra, o ranking de engenheiros por contribuição em *saving* e a análise de consumo por categoria de material. O Tableau atende ao público gerencial e executivo, complementando o Access, que atende ao engenheiro em sua rotina operacional. A separação dos dois ambientes preserva a usabilidade adequada a cada perfil sem sobrecarregar uma única ferramenta com requisitos contraditórios. A Figura 20 apresenta o painel executivo consolidado no Tableau.

Figura 20 – Dashboard executivo no Tableau



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

5 ANÁLISE DA SOLUÇÃO E PERSPECTIVAS DE EVOLUÇÃO

Implantada no final de 2025, a solução opera continuamente no departamento de Engenharia de Aplicação da Schneider Electric. Os resultados financeiros e comportamentais, a avaliação da arquitetura em produção, as limitações observadas, as propostas de evolução e a síntese das contribuições do trabalho são apresentados a seguir.

5.1 RESULTADOS OBTIDOS

O *saving* acumulado pelo sistema alcançou R\$ 134.453. Esse valor corresponde ao montante dos materiais em *slow moving* reaproveitados em novos projetos, apurado pela soma, para cada movimentação lançada no registro imutável de transações, do produto entre a quantidade alocada e o respectivo valor unitário, equivalente à compra evitada de itens já disponíveis em estoque. Antes da solução, o tema do *slow moving* recebia atenção operacional reduzida; muitos materiais terminavam descartados por ausência de mecanismo prático de identificação e proposição de alternativas. A solução tornou visível um processo que estava distribuído entre planilhas individuais e conhecimento tácito da equipe.

A mudança mais relevante foi comportamental. Com o monitoramento contínuo no Tableau e as notificações geradas pela aplicação VBA no instante da especificação, o engenheiro passou a ter visibilidade tanto da existência quanto da relevância econômica do estoque parado. A adesão dos usuários confirma que,

integrada ao fluxo de trabalho, a participação na sugestão “De-Para” ocorre sem necessidade de cobrança ativa.

Os indicadores operacionais consolidados nos *dashboards* do Tableau registram 20 engenheiros ativos no sistema, cerca de 941.000,00 peças sob gestão. Esse montante corresponde ao valor total em reais parado em estoque, R\$ 3,02 milhões, o que representa uma oportunidade direta de economia. O sistema conta ainda com 124 sugestões “De-Para” cadastradas. A evolução mensal documentada nos painéis evidencia crescimento sustentado em participação e em volume de iniciativas de substituição.

A leitura desagregada dos indicadores oferece ainda dois elementos relevantes para a gestão. Primeiro, a curva de adesão da equipe: o número de engenheiros ativos cresce de forma monotônica desde a implantação, o que indica que a ferramenta atravessou a fase de massa crítica e passou ao regime de uso recorrente. Segundo, a concentração das sugestões “De-Para” em materiais com valor unitário acima do limite de R\$ 500,00 evidencia que o filtro estabelecido nas regras de negócio cumpre o papel pretendido: o engajamento opera sobre a parcela do estoque com maior potencial financeiro, sem dispersar atenção em itens economicamente irrelevantes.

O Quadro 1 sintetiza o contraste entre a prática anterior, baseada em planilhas manuais, o registro isolado no ERP corporativo e o sistema desenvolvido, nos critérios discutidos ao longo deste capítulo.

Quadro 1 – Comparativo entre a solução manual, o ERP corporativo e o sistema desenvolvido

Critério	Planilhas manuais	ERP corporativo	Sistema desenvolvido
Atualização dos dados	Manual e esporádica	Depende de extração manual	Automática, em tempo próximo ao real
Sugestão de reaproveitamento	Inexistente	Inexistente	Automática (“De-Para”) na especificação
Dashboard gerencial	Inexistente	Relatórios estáticos	Access e Tableau atualizados
Rastreabilidade	Frágil, arquivos dispersos	Parcial, sem vínculo com o projeto	Log imutável por transação
Identificação do slow moving	Visual, item a item	Relatório de movimentação	Alerta automático na montagem da BOM

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

5.2 EFICÁCIA DA INTEGRAÇÃO E FLUXO DE DADOS

A operação contínua da solução em ambiente de produção permite avaliar cada uma das três camadas funcionais. A camada de geração, hospedada no VBA do Excel, operou sem interrupção ao longo do período de uso. A camada de

integração, no Power Automate, manteve zero ocorrências de criação de itens incorretos, validando a regra de ouro descrita no Capítulo 4. A camada de apresentação, composta por Microsoft Access e Tableau, manteve tempo de resposta aceitável mesmo com volumes crescentes de transações no *log*. Aspeteg et al. (2025, p. 320-323) registram que a robustez de canais ativos de informação entre engenharia e suprimentos é condição para sustentação de ganhos em ambiente ETO.

A separação entre camadas trouxe vantagem operacional clara. Ajustes na lógica de validação do Power Automate ocorreram sem necessidade de parar a aplicação VBA do Excel ou o Microsoft Access, pois os contratos de troca (formato JSON, esquema das SharePoint Lists) permaneceram estáveis. Arno (2025, p. 117390-117394) observa que a decomposição em camadas é um dos fatores principais de sucesso na adoção de plataformas *low-code* em escala empresarial, justamente por reduzir o acoplamento entre componentes e permitir evolução independente.

A escolha do JSON (RFC 8259) como protocolo de troca entre o VBA e o SharePoint mostrou robustez em uso real. A inclusão de novos campos ao formulário “De-Para” exigiu apenas ajustes pontuais nas estruturas, sem reescrita dos fluxos do Power Automate. O baixo custo de evolução do esquema é característica relevante para soluções departamentais que evoluem continuamente conforme a demanda dos usuários.

5.3 LIMITAÇÕES DA SOLUÇÃO ATUAL

A primeira limitação é a dependência da sincronização local do SharePoint via cliente OneDrive. A aplicação VBA grava o JSON na pasta local sincronizada; o Microsoft Access conecta-se às SharePoint Lists por meio de DAO, que também demanda sincronização ativa para algumas operações. Em cenários de OneDrive desativado, restrição corporativa de rede ou estação de trabalho recém-instalada, a operação é prejudicada. Há um ponto único de falha do lado do cliente.

A segunda limitação é a necessidade inicial de registros “De-Para”. No período de adoção, os engenheiros precisam investir tempo em registrar pares de equivalência antes que o ciclo de sugestão automática produza valor visível. Esse fenômeno é típico de plataformas colaborativas dependentes de contribuição dos próprios usuários. Capatina et al. (2024, p. 4-7) demonstram que mecanismos de gamificação, como reconhecimento público e marcos de progresso, mitigam a curva

de aprendizado e aceleram a entrada na fase de retorno positivo. As notificações automáticas de parabenização do Power Automate, descritas no Capítulo 4, atendem a essa função na solução atual.

A terceira limitação é a dependência de patrocínio gerencial ativo na fase inicial. A velocidade de adoção mostrou-se fortemente condicionada pelo engajamento da liderança imediata, mais do que pela qualidade técnica do artefato isolado: a presença ativa do gerente do departamento na divulgação e no acompanhamento dos primeiros ciclos foi fator determinante para que a fase de massa crítica fosse superada.

5.4 PROPOSTAS DE EVOLUÇÃO

A primeira evolução prevista é a substituição do Microsoft Access por aplicação nativa Power Apps. O Power Apps oferece acesso via *web* e dispositivo móvel, com a mesma identidade corporativa do usuário, eliminando a necessidade de instalação local e abrindo a possibilidade de uso em campo, durante visitas a depósitos físicos ou no chão de fábrica. A interface ganharia adaptação a tablets e smartphones, ampliando o universo de situações em que a ferramenta é consultável.

A segunda evolução é a migração do banco de dados das SharePoint Lists para o Dataverse, plataforma nativamente integrada a Power Apps e Power Automate. O Dataverse remove a dependência da sincronização local via OneDrive e suporta volumes históricos maiores com consultas analíticas mais robustas. A migração resolve diretamente a primeira limitação descrita em 5.3.

A terceira evolução é a replicação a outras unidades da Schneider Electric. A arquitetura atual permite a criação de novos sites SharePoint e a duplicação dos fluxos do Power Automate com lógica condicional por planta, mantendo orquestração central única. O custo de adaptação é dominado por configuração e parametrização, não por desenvolvimento.

A quarta evolução é a integração direta com o ERP corporativo SAP. A extração da lista de *slow moving* é hoje feita manualmente, em ciclo semanal. A integração via API ou conector dedicado eliminaria a etapa manual e fecharia o ciclo automatizado de detecção, alerta e sugestão. A restrição corporativa atual quanto à automação de *script* no SAP GUI é fator a ser endereçado em conjunto com as equipes corporativas de tecnologia da informação antes de prosseguir.

5.5 SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES

A contribuição do trabalho situa-se em duas dimensões mensuráveis. A dimensão técnica é a integração coordenada de cinco ferramentas Microsoft (VBA, Power Automate, SharePoint, Access e Tableau) em arquitetura de três camadas, validada em ambiente industrial de grande porte, com cobertura de geração, integração e apresentação. A dimensão organizacional é a institucionalização de prática de reaproveitamento de materiais que estava distribuída em iniciativas individuais; o sistema deu visibilidade, mecanismo e reconhecimento ao processo.

Os resultados dialogam com a literatura recente sobre *low-code*, transformação digital e integração de sistemas. Sá et al. (2024, p. 421) caracterizam o *low-code* como abordagem que permite criar aplicações tanto por programadores quanto por não programadores, com entrega rápida e esforço reduzido de codificação e de configuração de ambientes, o que permite ao desenvolvimento acompanhar as necessidades da empresa. O presente caso confirma essa proposição em ambiente industrial: a solução foi construída e é mantida pela própria equipe de engenharia, sem código customizado em linguagens tradicionais. No plano da transformação digital, Shi, Dong e Gan (2025, p. 2-3) associam as plataformas *low-code* à aceleração da entrega de aplicações por usuários de negócio, movimento que este trabalho exemplifica. Quanto à integração de sistemas, o resultado reforça a recomendação de Koukaras (2025, p. 14-17) de apoiar sistemas analíticos heterogêneos em padrões abertos de troca de dados, papel cumprido pelo JSON especificado na RFC 8259.

A validação externa do modelo encontra apoio no estudo *Total Economic Impact* da Forrester Consulting (2024, p. 18-21), que reporta retorno sobre investimento de 216% em três anos para a Microsoft Power Platform e *payback* inferior a seis meses; o resultado interno do trabalho é coerente com essa ordem de grandeza. A replicabilidade da solução é alta: organizações que dispõem de ERP corporativo e suíte Microsoft licenciada podem adaptar o modelo às suas necessidades, observada a governança de dados local. A discussão das conclusões propriamente ditas é apresentada no Capítulo 6.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho desenvolveu e implantou, no departamento de Engenharia de Aplicação da Schneider Electric (Blumenau), um sistema integrado para gestão de materiais em *slow moving* que articula a aplicação VBA do Excel, o Microsoft Power

Automate, o Microsoft SharePoint, o Microsoft Access e o Tableau. O objetivo geral, formulado no Capítulo 1, foi tornar visível, mensurável e gerenciável o estoque de materiais subutilizados, com sugestão automática de substitutos no instante em que o engenheiro especifica um novo projeto. A estratégia metodológica adotada, descrita no Capítulo 3, foi a pesquisa-ação, com abordagem qualitativa e quantitativa, conduzida em ciclos iterativos curtos, com validação em ambiente de produção. A arquitetura escolhida, detalhada no Capítulo 4, separa a solução em três camadas funcionais: geração de dados na aplicação VBA, integração e *back-end* (em tradução livre, a camada de retaguarda) no Power Automate sobre as SharePoint Lists, e apresentação no Microsoft Access com visualização gerencial complementar no Tableau.

Os resultados, analisados no Capítulo 5, ultrapassaram a expectativa inicial. O *saving* acumulado alcançou R\$ 134.453. O sistema registra 20 engenheiros ativos, cerca de 941.000,00 peças sob gestão, com valor total de R\$ 3,02 milhões parados em estoque, e 124 sugestões “De-Para” cadastradas. Mais relevante que os indicadores numéricos, observou-se a institucionalização da prática de reaproveitamento de materiais: o *slow moving*, antes tratado por iniciativas individuais e planilhas dispersas, passou a integrar a rotina diária do departamento. O resultado é coerente com a evidência externa apresentada pelo estudo *Total Economic Impact* da Forrester Consulting (2024), que reporta retorno sobre investimento de 216% em três anos para a Microsoft Power Platform e *payback* inferior a seis meses.

A abordagem de pesquisa-ação mostrou-se adequada ao tipo de problema enfrentado. A proximidade do autor com o departamento, o engajamento direto com os engenheiros usuários e a sucessão de ciclos de desenvolvimento com validação no ambiente real permitiram que cada correção fosse incorporada na versão seguinte sem fricção entre desenvolvimento e operação. Essa sobreposição entre desenvolvimento e implantação reduziu o risco de descoberta tardia de defeito e gerou dados operacionais já durante a fase de construção. O ajuste pontual identificado nos testes (a necessidade de gravar o JSON em codificação ANSI para evitar erro 500 no *parse* do Power Automate) é exemplo concreto desse tipo de aprendizado tácito que só emerge em uso real.

Permanecem três limitações remanescentes na solução atual. A dependência da sincronização local via cliente OneDrive cria ponto único de falha do lado do

cliente. A necessidade de massa crítica inicial de registros “De-Para” impõe período de menor eficácia durante a curva de aprendizado, mitigado pelas notificações de gamificação implementadas no fluxo. A dependência de patrocínio gerencial ativo na fase de adoção limita a velocidade de expansão sem engajamento explícito da liderança. Como trabalhos futuros, prevê-se a substituição do Microsoft Access por aplicação nativa Power Apps, com migração do banco para o Microsoft Dataverse, eliminando a dependência de OneDrive e habilitando uso em dispositivos móveis. Em paralelo, prevê-se a replicação da arquitetura a outras unidades da Schneider Electric, com criação de novos sites SharePoint e duplicação dos fluxos do Power Automate. A integração direta com o ERP corporativo SAP, hoje impedida por restrição de acesso a *script* automatizado no SAP GUI, é objetivo de longo prazo, condicionado à aprovação das equipes corporativas de tecnologia da informação.

A solução descrita confirma que arquiteturas *low-code* construídas sobre ferramentas já licenciadas pela organização e ajustadas ao contexto operacional do usuário podem produzir resultado financeiro mensurável e mudança operacional sustentada. O modelo é replicável a outros departamentos de engenharia que enfrentem problemas análogos de gestão de estoque em ambientes *Engineer-to-Order*, observada a governança de dados aplicável a cada contexto corporativo. A combinação entre o conhecimento técnico do problema, a integração nativa entre os componentes Microsoft 365 e a manutenibilidade pela própria equipe operacional configura, neste caso, um caminho viável para a redução do desperdício de capital imobilizado em estoque, com baixo custo marginal de implementação.

REFERÊNCIAS

ARNO, Pavel. From Theory to Practice: Empirical Insights on BPM Lifecycle Adoption and Low-Code Utilization in SMEs. **IEEE Access**, v. 13, p. 117385-117403, 2025. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3585261. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/11062816>. Acesso em: 28 abr. 2026.

ASPETEG, Joakim; REHME, Jakob; GOSLING, Jonathan; HOLTSTRÖM, Johan. Procurement for supply chain integration: responding to complexity in engineer-to-order defence projects. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 45, n. 13, p. 305-331, 2025. DOI: 10.1108/IJOPM-02-2025-0155. Disponível em: <https://www.emerald.com/ijopm/article/45/13/305/1325526>. Acesso em: 28 abr. 2026.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BRAY, Tim (Ed.). **The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format**. Internet Engineering Task Force (IETF), RFC 8259, dez. 2017. Internet Standard 90. DOI: 10.17487/RFC8259. Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc8259>. Acesso em: 28 abr. 2026.

CAPATINA, Alexandru; JUÁREZ VARÓN, David; MICU, Adrian; MICU, Angela Eliza. Leveling up in corporate training: Unveiling the power of gamification to enhance knowledge retention, knowledge sharing, and job performance. **Journal of Innovation & Knowledge**, v. 9, n. 3, p. 100530, 2024. DOI: 10.1016/j.jik.2024.100530. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2444569X24000696>. Acesso em: 28 abr. 2026.

CHRISTOPHER, Martin. **Logistics & Supply Chain Management**. 3. ed. Harlow: Pearson Education, 2005.

FORRESTER CONSULTING. **The Total Economic Impact™ of Microsoft Power Platform**. Cambridge: Forrester Research, jul. 2024. Estudo encomendado pela Microsoft Corporation. Disponível em: <https://tei.forrester.com/go/microsoft/PowerPlatform2024/>. Acesso em: 28 abr. 2026.

KOUKARAS, Paraskevas. Data Integration and Storage Strategies in Heterogeneous Analytical Systems: Architectures, Methods, and Interoperability Challenges. **Information**, v. 16, n. 11, p. 932, 2025. DOI: 10.3390/info16110932. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2078-2489/16/11/932>. Acesso em: 28 abr. 2026.

LONDOÑO ORTEGA, Julio C.; MARTÍNEZ ESCOBAR, Nathaly; RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, Paola A. Inventory Management Policies for Maintenance Spare Parts: Integration of Analytic Hierarchy Process and Multicriteria ABC Classification. **International Journal of Integrated Engineering**, v. 17, n. 9, p. 233-254, 2025. DOI: 10.30880/ijie.2025.17.09.015. Disponível em: <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie/article/view/19606>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **CreateTextFile method**. Microsoft Learn, 2025a. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/en-us/office/vba/language/reference/user-interface-help/createtextfile-method>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Access desktop database reference**. Microsoft Learn, 2025b. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/office/client-developer/access/desktop-database-reference/>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **FileSystemObject object**. Microsoft Learn, 2025c. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/en-us/office/vba/language/reference/user-interface-help/filesystemobject-object>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **Get started with Power Automate**. Microsoft Learn, atualizado em 1 abr. 2025d. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-automate/getting-started>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **Triggers in Power Automate**. Microsoft Learn, 2025e. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-automate/triggers-introduction>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Data Access Objects reference**. Microsoft Learn, 2025f. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/office/client-developer/access/desktop-database-reference/microsoft-data-access-objects-reference>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft SharePoint connector reference**. Microsoft Learn, 2025g. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/en-us/connectors/sharepointonline/>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **Office Visual Basic for Applications (VBA) reference**. Microsoft Learn, 2025h. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/en-us/office/vba/api/overview/>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **Sincronizar arquivos do SharePoint com o cliente de sincronização do OneDrive**. Microsoft Support, 2025i. Disponível em: <https://support.microsoft.com/pt-br/office/sincronizar-arquivos-do-sharepoint-com-o-cliente-de-sincroniza%C3%A7%C3%A3o-do-onedrive-6de9ede8-5b6e-4503-80b2-6190f3354a88>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **Documentação do SharePoint Online**. Microsoft Learn, atualizado em 17 abr. 2025j. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/sharepoint/>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MICROSOFT CORPORATION. **Desenvolver soluções e personalizar o Excel**. Microsoft Learn, atualizado em 20 maio 2022. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/office/client-developer/excel/excel-home>. Acesso em: 28 abr. 2026.

NAMBIAR, Jitesh Sreedharan. Demystifying engineering BOM and manufacturing BOM. **World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences**, v. 15, n. 2, p. 2768-2774, 2025. DOI: 10.30574/wjaets.2025.15.2.0828. Disponível em: <https://wjaets.com/node/906>. Acesso em: 28 abr. 2026.

POPOOLA, Oladapo Adeboye; ADAMA, Henry Ejiga; OKEKE, Chukwuekem David; AKINOSO, Abiodun Emmanuel. Advancements and innovations in requirements elicitation: Developing a comprehensive conceptual model. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v. 22, n. 1, p. 1209-1220, 2024. DOI: 10.30574/wjarr.2024.22.1.1202. Disponível em: <https://wjarr.com/node/5008>. Acesso em: 28 abr. 2026.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. E-book.

REGO, José Roberto do; MESQUITA, Marco Aurélio de. Controle de estoque de peças de reposição em local único: uma revisão da literatura. **Produção**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 645-655, out./dez. 2011. DOI: 10.1590/S0103-65132011005000002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/kxpq3WLx4ycx5hN5TMpKnRD/>. Acesso em: 28 abr. 2026.

SÁ, Daniel; GUIMARÃES, Tiago; ABELHA, Antonio; SANTOS, Manuel Filipe. Low Code Approach for Business Analytics. **Procedia Computer Science**, v. 231, p. 421-426, 2024. DOI: 10.1016/j.procs.2023.12.228. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923022408>. Acesso em: 14 jul. 2026.

SCHNEIDER ELECTRIC SE. **2024 Universal Registration Document**. Rueil-Malmaison: Schneider Electric SE, 26 mar. 2025. Documento depositado junto à Autorité des Marchés Financiers (AMF). Disponível em: <https://www.se.com/ww/en/assets/564/document/510443/2024-universal-registration-document.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2026.

SHI, Zhengwu; DONG, Junyu; GAN, Yanhai. Democratizing Digital Transformation: A Multisector Study of Low-Code Adoption Patterns, Limitations, and Emerging Paradigms. **Applied Sciences**, v. 15, n. 12, art. 6481, 2025. DOI: 10.3390/app15126481. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/12/6481>. Acesso em: 28 abr. 2026.

SILVA, Alexandre Santiago da; ARAÚJO, Ezequiel Francisco Martin de; SOUSA, Karen Silva de; QUEIROGA, Tamara dos Anjos; FELISBINO, Carlos Henrique Duarte; CRUZ, João Roberto Ursino da. O Robotic Process Automation em ação e seus impactos nos ambientes corporativos. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 8, p. 37-44, 2023. DOI: 10.36560/16820231732. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1732>. Acesso em: 4 jun. 2026.

SINGH, Ashish Kumar; SIMHA, Jay B.; AGARWAL, Rashmi. Prediction of Intermittent Demand Occurrence using Machine Learning. **EAI Endorsed Transactions on Internet of Things**, v. 10, e1, 2024. DOI: 10.4108/eetiot.5381.

Disponível em: <https://publications.eai.eu/index.php/loT/article/view/5381>. Acesso em: 28 abr. 2026.

SZAJUBOK, Nadia Kelner; ALENCAR, Luciana Hazin; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Modelo de gerenciamento de materiais na construção civil utilizando avaliação multicritério. **Produção**, v. 16, n. 2, p. 303-318, 2006. DOI: 10.1590/S0103-65132006000200010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/xFkmRhyBQP3nKX58VBQVQmR/>. Acesso em: 1 jun. 2026.

TABLEAU SOFTWARE. **Tableau Blueprint**. Salesforce, 2026a. Disponível em: https://help.tableau.com/current/blueprint/pt-br/bp_overview.htm. Acesso em: 28 abr. 2026.

TABLEAU SOFTWARE. **Tableau Desktop and Web Authoring Help**. Salesforce, 2026b. Disponível em: <https://help.tableau.com/current/pro/desktop/pt-br/default.htm>. Acesso em: 28 abr. 2026.

THEUNISSEN, Frank Michael; BEZUIDENHOUT, Carel N.; ALAM, Shafiq. Exploring the shortcomings in formal criteria selection for multicriteria decision making based inventory classification models: a critical analysis. **International Journal of Production Research**, v. 62, n. 19, p. 7279-7299, 2024. DOI: 10.1080/00207543.2024.2320680. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2024.2320680>. Acesso em: 28 abr. 2026.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/3DkbXnqBQyq5bV4TCL9NSH/>. Acesso em: 14 jul. 2026.

TUUNANEN, Tuure; WINTER, Robert; VOM BROCKE, Jan. Dealing with Complexity in Design Science Research: A Methodology Using Design Echelons. **MIS Quarterly**, v. 48, n. 2, p. 427-458, 2024. DOI: 10.25300/MISQ/2023/16700. Disponível em: <https://misq.umn.edu/misq/article/48/2/427/2267/Dealing-with-Complexity-in-Design-Science-Research>. Acesso em: 28 abr. 2026.

WANKE, Peter. Quadro conceitual para gestão de estoques: enfoque nos itens. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 4, p. 677-687, 2012. DOI: 10.1590/S0104-530X2012000400002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/nsNWBQmYhGpVkJFZvgt9R8rf/>. Acesso em: 1 jun. 2026.