XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.2/31

Uso de IA como Ferramenta de Suporte à Decisão em Suprimentos em Empresa de Fundações

Willians Nascimento de Almeida

Analista de Suprimentos Pleno, Geofix Engenharia e Fundações, São Paulo, Brasil, willians.nascimento@geofix.com.br

Giuliano Silva Castro de Oliveira

Engº Civil, Geofix Engenharia e Fundações, São Paulo, Brasil, giuliano.oliveira@geofix.com.br

Marcio Abreu de Freitas

Engº Civil, Geofix Engenharia e Fundações, São Paulo, Brasil, marcio.freitas@geofix.com.br

RESUMO: Este trabalho apresenta um agente de Inteligência Artificial (IA) como ferramenta de suporte à decisão de suprimentos em uma empresa de fundações. O agente é baseado em modelos de linguagem de grande porte comerciais (Anthropic Claude e Azure OpenAI), operados por prompts estruturados, com regras de ponto de pedido e validação humana da equipe de suprimentos antes de qualquer decisão; não é um modelo treinado do zero, mas uma camada generativa de interpretação, diagnóstico e recomendação auditável sobre os dados do ERP. Aplicado a dados reais do almoxarifado da Geofix Engenharia (3.879 movimentações de janeiro/2026 e fichas de doze meses), corrigiu parâmetros de dois itens (arame MIG 1.2 e eletrodo 557), com economia estimada de cerca de R$ 11.888, e revelou um ciclo invisível de perda de cabo de cobre no setor de lama, resolvido por padronização e rastreabilidade. A proposta não exige integração complexa com o ERP e pode ser adotada de forma gradual.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência artificial, suprimentos, almoxarifado, obras de fundações, estoque, nível de serviço.

ABSTRACT: This paper presents an Artificial Intelligence (AI) agent used as a decision-support tool for supply management in a foundation contractor, aimed at keeping construction workfronts supplied and reducing stoppages from missing materials. The agent runs on commercial large language models, in a hybrid setup with Anthropic Claude and Azure OpenAI: for each item it reads the movement history and the parameters registered in the ERP and returns a diagnosis (average consumption, days of coverage, risk of stockout or excess) and a recommended action with its justification, reviewed by the supply team before acting. The replenishment logic follows classic inventory theory. The agent was validated on real warehouse data from Geofix Engenharia: 3,879 outbound transactions in January 2026 and twelve-month item histories (April 2025 to March 2026). The analysis found three concrete problems affecting the work: a maximum stock level nearly three times higher than needed (MIG wire 1.2, about R$ 9,870 tied up); a minimum parameter above real consumption (electrode 557, about R$ 2,018 freed); and an invisible material-loss cycle from the lack of return traceability (copper grounding cable, slurry sector). The approach does not require complex ERP integration and can be adopted gradually.

KEYWORDS: Artificial intelligence, supplies, warehouse, foundation works, inventory, service level.

1 INTRODUÇÃO

Em obras de fundações, a continuidade das frentes depende do abastecimento constante de materiais e insumos de apoio. Quando o almoxarifado falha em atender itens críticos no momento certo, o efeito é imediato: paralisação de frentes de serviço, reprogramação e compras emergenciais. O problema nem sempre

está no grande insumo. Muitas vezes a interrupção ocorre por itens de giro alto e reposição recorrente, ligados à manutenção, operação e segurança (Ballou, 2006).

Na prática, o setor de suprimentos lida com três causas recorrentes de ruptura: solicitação sem padrão definido, visibilidade insuficiente do consumo real por frente e decisão de reposição baseada em percepção, sem indicadores objetivos. Um exemplo direto: o arame MIG 1.2 (item 19276) ficou seis meses sem reposição enquanto o consumo continuava, e a compra só aconteceu quando o saldo já havia caído a níveis críticos, bem abaixo do lead time do fornecedor. A proposta deste artigo é tratar o almoxarifado como componente de confiabilidade operacional da obra, usando um agente de Inteligência Artificial (IA) para apoiar decisões de reposição, priorização e rastreabilidade, com adoção gradual e sem depender de integrações complexas com o ERP. Neste trabalho, nível de serviço do almoxarifado é definido por dois indicadores objetivos: percentual de solicitações atendidas sem ruptura e número de compras emergenciais por mês, ambos diretamente impactados pela qualidade das decisões de reposição (Chopra & Meindl, 2016).

2 PROPOSTA DO AGENTE DE IA PARA SUPRIMENTOS

O agente proposto funciona como camada de suporte à decisão que organiza o fluxo de suprimentos e reduz o tempo entre o sinal de consumo e a ação de reposição. A ideia não é automatizar tudo, mas padronizar o que é repetitivo, registrar o que hoje se perde e transformar histórico em decisões práticas. A Figura 1 ilustra o fluxo operacional.

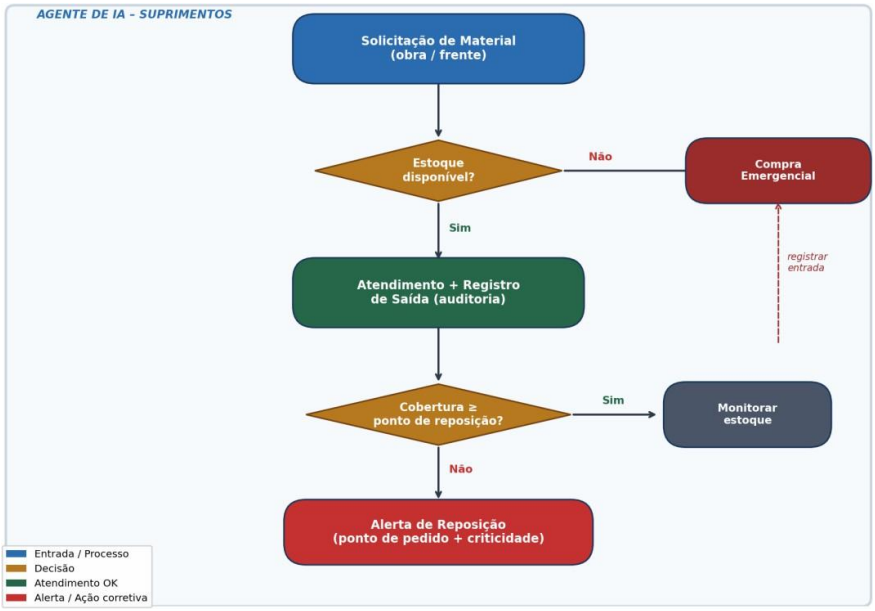


Figura 1. Fluxograma operacional do agente de IA para suprimentos.

O agente atua em três funções complementares. Na primeira, estrutura a solicitação com campos padronizados (item, quantidade, frente, prioridade e prazo) e registra auditoria completa de entradas e saídas. Isso permite medir nível de serviço de forma objetiva (Ballou, 2006). Na segunda, cruza o histórico de consumo com os parâmetros de cobertura e estima risco de ruptura por item, sugerindo prioridade de ação com justificativa: consumo recente, tendência e cobertura em dias, como identificado nos casos do arame MIG e do eletrodo 557 analisados em jan–mar/2026 (Silver et al., 1998) e apresentados no item 4 desse trabalho. Na terceira, monitora anomalias (saídas sem solicitação vinculada, entradas sem conferência e itens cujo consumo diverge do histórico), reduzindo surpresas no canteiro (Tao & Qi, 2019).

O agente de suporte à decisão usa modelos de linguagem comercial de grande porte (LLMs), em configuração híbrida com o Anthropic Claude e o Azure OpenAI. Optou-se por um agente generativo e não por um modelo estatístico treinado (como regressão, árvores de decisão, florestas aleatórias ou uma rede neural treinada) por uma razão prática: a decisão de reposição depende de ler os dados em forma de texto,

como as requisições das frentes, o histórico de movimentações e os parâmetros do ERP, e de explicar a recomendação em linguagem natural para a equipe de compras. Não há base rotulada que permita treinar um modelo supervisionado e o setor precisa de uma recomendação que o comprador entenda e consiga auditar, não apenas de um valor isolado entregue sem justificativa.

A primeira versão da solução foi prototipada em automação de fluxos (n8n) para validar a ideia do chat do comprador e depois reescrita em código e hospedada no Azure, o que manteve os dados da empresa em ambiente seguro e com custo previsível.

O agente é operado por prompts estruturados. A cada consulta, o agente recebe o extrato de movimentações do item e os parâmetros do ERP, devolvendo um diagnóstico (consumo médio, cobertura em dias, risco de ruptura ou de excesso) e a ação recomendada, sempre com a respectiva justificativa. O ajuste foi interativo: as primeiras respostas foram refinadas incorporando lead time e variabilidade de consumo, sendo validadas com o conhecimento da equipe de suprimentos.

Para chegar à recomendação, o agente aplica a lógica clássica de ponto de pedido: sinaliza a reposição quando o saldo se aproxima do consumo previsto durante o lead time somado a uma folga de segurança, ajustada à criticidade do item e limita o estoque a uma cobertura-alvo para não imobilizar o caixa da empresa. Na prática, o comprador recebe em minutos uma recomendação auditável para um item crítico, seja de obra ou de manutenção de equipamento, em vez de decidir por percepção (subjetivo).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para caracterizar o problema e orientar a solução, foi analisado um conjunto de registros de movimentação de almoxarifado (entradas e saídas) de uma empresa de fundações, referente ao mês de janeiro de 2026. Os dados incluem datas, quantidades, valores, unidade de medida e centro de consumo. A análise foi feita em duas camadas: (a) visão geral do mês, como fotografia do esforço de atendimento; e (b) visão operacional, filtrando itens que não representam consumo típico do almoxarifado de obra (por exemplo, fretes e aquisições pontuais de equipamentos), para focar no que o agente precisa gerir no dia a dia.

Os materiais foram agrupados em famílias operacionais (combustíveis; lubrificantes e fluidos; metálicos e tração; EPI e uniformes; tubos e conexões; consumíveis de manutenção; limpeza e descartáveis; gases industriais; insumos de fluido estabilizante; apoio). Para cada família, calcularam-se participação em valor e em número de movimentações. A partir daí, definiu-se uma lógica de criticidade baseada em dois eixos: impacto na continuidade da frente (paralisação se faltar) e recorrência (giro). Esses eixos são os que alimentam o suporte à decisão do agente (Chopra & Meindl, 2016).

3.1 Operação do agente e refinamento dos prompts

A análise de cada item foi conduzida com o agente baseado em LLMs (Claude e Azure OpenAI), operado por prompts estruturados. A cada consulta, o agente recebe o histórico de movimentações, o saldo, os parâmetros do ERP e o lead time, e devolve consumo médio, cobertura em dias, risco de ruptura ou excesso, ponto de pedido, estoque máximo e lote de compra, com justificativa; as premissas são sinalizadas e a decisão final é validada pela equipe. O prompt foi refinado de forma iterativa. Em forma resumida:

"Você é um agente de apoio à decisão de suprimentos para obras de fundações. Com base no histórico de movimentações, saldo, parâmetros do ERP e lead time, calcule consumo médio, cobertura em dias, risco de ruptura ou excesso, ponto de pedido, estoque máximo e lote de compra; justifique em linguagem objetiva, sinalize as premissas e deixe a decisão final para validação da equipe de suprimentos."

Tabela 1. Caracterização da base mensal (janeiro/2026).

Indicador	Valor
Período analisado	03/01/2026 a 31/01/2026
Movimentações de saída (n)	3.879
Valor total das saídas (R$)	6.686.686,11
Itens distintos movimentados (n)	1.189
Base operacional – saídas (n)	2.589
Base operacional – valor (R$)	2.888.422,93

4 RESULTADOS E ANÁLISE

4.1 Diagnóstico geral do almoxarifado

A Tabela 1 mostra que o mês analisado concentrou alto volume de movimentações. Na visão operacional (sem fretes e compras pontuais de equipamentos), mantêm-se 2.589 saídas e cerca de R$ 2,89 milhões em consumo de materiais típicos de almoxarifado de obra. Esse recorte é o mais relevante para o agente, porque representa o ciclo repetitivo onde uma pequena ruptura vira atraso. A Tabela 2 detalha a distribuição por famílias operacionais, e a Figura 2 apresenta essa distribuição graficamente.

Tabela 2. Distribuição por famílias operacionais (base operacional, janeiro/2026).

Família	Mov.	% Mov.	Saídas (R$)	% Valor
Metálicos e tração	413	16,0%	1.187.566,44	41,1%
Outros	919	35,5%	853.001,45	29,5%
Combustíveis	257	9,9%	568.391,64	19,7%
Lubrificantes/Fluidos	106	4,1%	116.122,02	4,0%
Tubos e conexões	145	5,6%	75.456,69	2,6%
EPI/Uniformes	300	11,6%	47.092,35	1,6%
Gases industriais	44	1,7%	10.972,20	0,4%
Limpeza/Descartáveis	203	7,8%	8.513,72	0,3%
Solda e corte	41	1,6%	8.399,62	0,3%
Apoio	32	1,2%	4.335,35	0,2%
Insumos p/ fluido	31	1,2%	4.314,48	0,1%

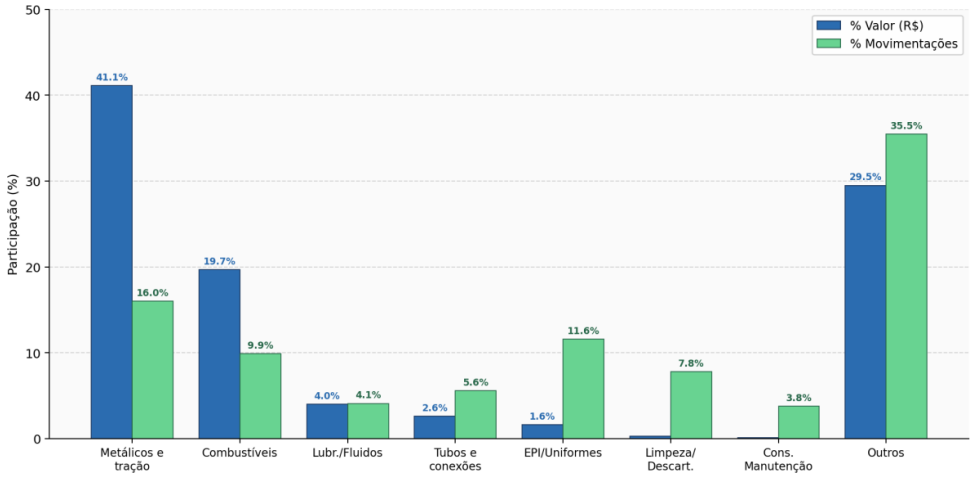


Figura 2. Distribuição das famílias operacionais por valor e por movimentações (base operacional, janeiro/2026).

Do ponto de vista de impacto na obra, três blocos merecem atenção. O primeiro é "Metálicos e tração", que responde por cerca de 41% do valor na base operacional, refletindo materiais que costumam ter criticidade elevada e prazos de reposição mais sensíveis. O segundo é "Combustíveis", com participação próxima de 20% do valor e alta recorrência, por sustentar deslocamentos e a operação de equipamentos. O terceiro é "Lubrificantes/Fluidos" e demais itens de manutenção, que, apesar de menor peso em valor, têm papel direto em evitar paradas por falhas simples (Ballou, 2006).

Quando se observa giro (movimentos), aparecem também famílias de suporte que raramente são tratadas como risco, mas param a obra quando faltam: EPI e uniformes, tubos e conexões e itens de limpeza/descartáveis. Um exemplo prático é o efeito de itens como óleos hidráulicos, graxas, filtros, eletrodos e consumíveis de solda no atendimento diário do canteiro, além de itens como desengripantes e estopa. Um caso ilustrativo: a família "Solda e corte" representa apenas 1,6% das movimentações e 0,3% do valor total, mas o arame MIG 1.2 (item 19276), pertencente a esse grupo, ficou seis meses sem entrada e chegou a 72 kg em março/2026, equivalente a 3,6 dias de cobertura. Não é o item mais caro que possa interromper a obra; é o item sem controle. Esses padrões reforçam que a decisão de reposição precisa ser orientada por dados de consumo e criticidade, e não por percepção (Chopra & Meindl, 2016).

4.2 Da análise à decisão: dois casos de correção de parâmetros

Com o histórico em mãos, o agente cruza entradas e saídas, calcula cobertura em dias e verifica se o ritmo de reposição é compatível com o consumo. Quando o saldo se aproxima do lead time sem pedido emitido, ou quando os parâmetros do ERP divergem do consumo real, sinaliza e sugere ação com justificativa. Os dois casos abaixo foram analisados em conjunto pelo setor de suprimentos com apoio de ferramentas de análise de dados.

4.2.1 Arame Solda MIG 1.2 (item 19276): estoque máximo superestimado e compra reativa

O arame MIG 1.2 não é item de canteiro: é consumível da manutenção dos equipamentos de perfuração e escavação (clamshells, trados, entre outros), feita no depósito. Mesmo assim, sua falta trava a manutenção e pode parar um equipamento, refletindo na frente de fundação. O histórico de 12 meses (abr/2025–mar/2026, extraído do ERP) revelou dois problemas. O primeiro, de processo: o ERP não tinha ponto de pedido ativo; a reposição só era disparada ao atingir o estoque mínimo cadastrado, na prática por percepção. Esse mínimo de 900 kg equivalia a ~1,5 mês para um lead time de apenas 20 dias, folga acima do necessário, e ainda assim não era respeitado: em março/2026 o saldo caiu a 72 kg (3,6 dias). O segundo era o estoque máximo de 1.800 kg, quase 3 meses parados (~R$ 9.870 imobilizados). Pelo consumo real e o lead time, o agente definiu ponto

de pedido de 606 kg (30 dias), máximo de 910 kg (1,5 mês) e lote de 304 kg. A evidência do superdimensionamento: o mínimo antigo (900 kg) estava no nível do máximo corrigido (910 kg). Com saldo de 72 kg, recomendou compra imediata de 838 kg.

Tabela 3. Diagnóstico de parâmetros do arame Solda MIG 1.2 (item 19276).

Parâmetro	No ERP (antes)	Corrigido pela IA
Consumo médio mensal	Não monitorado	607 kg/mês (20,2 kg/dia)
Estoque mínimo / PP	900 kg 🔴	606 kg (30 dias)
Estoque máximo	1.800 kg 🔴 (3,0 meses)	910 kg (1,5 mês)
Lote de compra	Não definido (inadequado)	304 kg (máx. − mín.)
Saldo em mar/2026	72 kg 🔴 (3,6 dias)	Compra imediata de 838 kg
Capital imobilizado evitado	—	~R$ 9.870 (890 kg × R$ 11,08)

Legenda: Inadequado = falha identificada no ERP; Adequado = parâmetro recalculado pela IA

4.2.2 Eletrodo 557 (ELETR NCS 7804 4,0×450mm): parâmetros descalibrados em relação ao consumo real

O eletrodo 557 é usado principalmente no depósito, em manutenção e corte, e eventualmente enviado à obra para corte, sobretudo em obras com perfis metálicos. No mesmo período (abr/2025–mar/2026), o eletrodo 557 apresentou o problema inverso: o mínimo cadastrado de 304 kg estava acima do consumo médio real de 267 kg/mês, o que gerava alertas de reposição prematuros e compras acima do necessário. O máximo de 350 kg, por sua vez, ficava abaixo do ideal de 1,5 mês de cobertura. Com o consumo diário de 8,9 kg e lead time de 20 dias, o agente recalculou o ponto de pedido correto em 180 kg e o máximo em 400 kg, reduzindo o mínimo em 124 kg e liberando cerca de R$ 2.018 em capital antes imobilizado. Os dois casos juntos demonstram que comprar com inteligência tem dois lados: evitar a ruptura e não comprar além do necessário (Chopra & Meindl, 2016).

Tabela 4. Diagnóstico de parâmetros do Eletrodo 557 / ELETR NCS 7804 4,0×450mm.

Parâmetro	No ERP (antes)	Corrigido pela IA
Consumo médio mensal	Não monitorado	267 kg/mês (8,9 kg/dia)
Estoque mínimo / PP	304 kg (inadequado, acima do real)	180 kg (LT 20d × 8,9 kg/dia)
Estoque máximo	350 kg (inadequado, abaixo do ideal)	400 kg (1,5 mês)
Lote de compra	Não definido (inadequado)	220 kg (máx. − mín.)
Saldo atual	50 kg, crítico (5,6 dias)	Compra imediata de 350 kg
Capital liberado	—	~R$ 2.018 (124 kg × R$ 16,28)

Legenda: Inadequado = falha identificada no ERP; Adequado = parâmetro recalculado pela IA

4.3 Caso de padronização: cabo de cobre de aterramento no setor de lama

Em janeiro e fevereiro de 2026, o agente identificou uma anomalia no histórico do cabo de cobre nu 16mm para aterramento: 42 metros saíram do almoxarifado em três movimentações (R$ 385,00), sem nenhuma entrada correspondente no período. No sistema, parecia consumo normal, mas a ausência total de retorno indicava que o material não estava sendo reaproveitado entre obras. A investigação mostrou o motivo: o cabo era instalado exposto no solo, próximo a silos e equipamentos, onde ficava sujeito a danos mecânicos por tráfego de máquinas e pessoas (pisoteio), além de degradação por chuva e furtos. O resultado era um ciclo invisível de perda que o sistema jamais conseguiria detectar sem rastreabilidade de retorno.

A solução foi padronizar a instalação: cabo protegido em conduíte corrugado enterrado, caixas de inspeção identificadas interligando os pontos e terminais fixos por equipamento para facilitar a desmontagem e o reaproveitamento. O padrão seguiu a sequência real dos equipamentos no setor (silos → minicentral → bomba), tornando a execução repetível entre obras. A Tabela 5 resume o contraste entre o cenário anterior e o modelo proposto com suporte do agente.

Tabela 5. Antes e depois da padronização do cabo de cobre de aterramento, setor de lama.

Aspecto	Antes da padronização	Depois (com IA + padronização)
Instalação do cabo	Exposto no solo, próximo a silos e equipamentos	Conduíte corrugado enterrado, caixas de inspeção identificadas
Rastreabilidade	Saída registrada, zero retornos; material desaparecia do controle	Entrada, saída e retorno auditados pelo agente
Causa da perda	Danos mecânicos por tráfego de máquinas e pessoas (pisoteio), degradação por chuva e furto	Identificável: agente sinaliza quando índice de retorno cai abaixo do esperado
Critério de compra	Recorrente e sem critério; reposição sempre que o saldo zera	Baseada em consumo real e retorno; compra só quando necessário
Dado que revelou o problema	*42 m de cabo saíram em jan–fev/2026 (R$ 385); zero entradas no período*	*Agente cruzou saídas sem entrada correspondente e sinalizou ciclo de perda*

Legenda: coluna "Antes da padronização" = situação anterior ao diagnóstico; coluna "Depois (com IA + padronização)" = modelo proposto.

Esse caso ilustra uma dimensão do suporte à decisão que vai além da reposição: a IA só consegue distinguir consumo real de perda quando há rastreabilidade de retorno. A padronização operacional é, portanto, pré-requisito, não complemento. Com o padrão implantado, cada saída fica vinculada a um ponto de uso identificado, e o agente passa a monitorar o índice de retorno do material. Quando esse índice cai, o sistema sinaliza automaticamente, transformando uma perda antes invisível em informação acionável (Tao & Qi, 2019). O ganho relevante não está nos R$ 385,00 de um período, mas na rastreabilidade criada e na prevenção de perdas recorrentes entre obras.

5 DISCUSSÃO

Os resultados apontam dois problemas que se alimentam. O primeiro é a falta de previsibilidade: sem acompanhar a tendência de consumo, a decisão de comprar chega tarde, como no arame que ficou seis meses sem reposição. O segundo é a falta de rastreabilidade: sem registro confiável de entrada e retorno, não há base para ajustar parâmetro nem para separar consumo de perda, como no cabo de aterramento. O agente atua sobre os dois ao estruturar o registro, auditar as movimentações e converter o histórico em alertas justificados.

Os casos do arame e do eletrodo mostram que a recomendação pode ser tanto comprar mais quanto comprar menos, conforme o parâmetro esteja abaixo ou acima do consumo real. Já o aterramento deixa claro

um limite do método: a IA só distingue consumo de perda quando existe rastreabilidade de retorno, então a padronização operacional é pré-requisito, não complemento (Tao & Qi, 2019).

O diferencial do trabalho não está no algoritmo, mas na aplicação ao fluxo real de suprimentos da obra: requisição da frente, saldo, lead time, cobertura, criticidade, ponto de pedido, compra e rastreabilidade de retorno. A implantação foi incremental, partindo da análise de janeiro/2026 para identificar os itens de maior risco e, a partir deles, corrigir parâmetros e criar rastreabilidade onde antes havia perda invisível.

5.1 Limitações

As recomendações do agente dependem da qualidade dos dados: cadastro correto dos itens, lançamento disciplinado de entradas e saídas, lead time atualizado e validação do comprador. Os resultados dependem da qualidade dos lançamentos e não dispensam a conferência física de estoque. O agente apoia a decisão e não a substitui.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho aplicou um agente de IA generativa como ferramenta de apoio à decisão no setor de suprimentos da Geofix Engenharia. O agente usa modelos comerciais de linguagem em configuração híbrida (Anthropic Claude e Azure OpenAI), operados por prompts estruturados sobre os dados de movimentação e os parâmetros do ERP. Ele não decide sozinho: cada recomendação vem justificada e passa pela validação da equipe de compras antes de virar parâmetro ou pedido.

Os resultados saíram de itens reais. No arame MIG 1.2, o estoque máximo caiu de 1.800 kg para 910 kg, evitando cerca de R$ 9.870 em capital imobilizado. No eletrodo 557, a recalibração do estoque mínimo de 304 kg para 180 kg liberou aproximadamente R$ 2.018. Só nesses dois itens, o ganho direto estimado chegou a R$ 11.888, sem contar a queda do risco de ruptura por falta de um ponto de pedido ativo. No cabo de cobre de aterramento, o agente expôs uma perda que o sistema vinha registrando como consumo normal; a padronização da instalação e do retorno transformou esse desperdício invisível em algo que o setor passa a acompanhar.

O ganho que mais pesa não é o financeiro, é a qualidade da decisão: comprar na hora certa, na quantidade certa, com justificativa e rastro. A solução roda sem integração complexa com o ERP e pode crescer item a item, sustentada por um acompanhamento mensal de rupturas, compras emergenciais, cobertura de estoque, acurácia de cadastro e capital imobilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballou, R. H. (2006). Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial. Porto Alegre: Bookman.

Chopra, S.; Meindl, P. (2016). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 6. ed. Boston: Pearson.

Silver, E. A.; Pyke, D. F.; Peterson, R. (1998). Inventory Management and Production Planning and Scheduling. 3. ed. New York: Wiley.

Tao, F.; Qi, Q. (2019). Digital Twin and Big Data Toward Smart Manufacturing and Industry 4.0. IEEE Access, v. 7, p. 161-170.