

IA na indústria de fertilizantes

A inteligência artificial (IA) já está entregando ganhos de dois dígitos em eficiência, redução de custos e sustentabilidade em operações de processamento mineral e de fertilizantes ao redor do mundo. Para uma misturadora de minérios como a **Equilíbrio Fertilizantes**, as oportunidades concentram-se em sete frentes: otimização de blends, controle de qualidade on-line, manutenção preditiva, eficiência energética via gêmeos digitais, orquestração da cadeia de suprimentos, segurança/ESG e atendimento ao cliente. Os casos descritos abaixo mostram que boa parte da tecnologia necessária já existe e pode ser testada em ciclos rápidos de 90 dias, aproveitando os dados que a empresa coleta hoje e sensores de baixo custo para novas variáveis.

1. Otimização de blends e formulações

Desafio	Como a IA ajuda	Ganhos típicos
Manter especificações químicas (N-P-K, micronutrientes) com matérias-primas de composição variável	Algoritmos de otimização (programação linear, redes neurais, deep RL) que sugerem a combinação de fontes mais barata e ainda dentro das tolerâncias	1–3 p.p. de redução no custo da matéria-prima e menor descarte MDPIYokogawa
Variabilidade do minério que chega da mina ou de terceiros	Sensores de fluorescência de nêutrons ou NIR no correia-caixa cruzada alimentando modelos preditivos em tempo real	Ajustes automáticos a cada poucos minutos, evitando lotes fora de especificação Malvern Panalytical

Exemplo real – A aquisição on-line de dados mineralógicos combinada com um otimizador de blends economiza “centenas de milhares de dólares por mês” em beneficiamento, segundo a Malvern Panalytical [Malvern Panalytical](#).

Pesquisa acadêmica – Deep reinforcement learning alcançou 7 % de redução de custo total em um estudo de blending multi-objetivo de minério [MDPI](#).

2. Controle de qualidade e processos em tempo real

- **Visão computacional e espectroscopia:** câmeras RGB/hiperespectrais monitoram granulometria e contaminações em correias ou big-bags [ScienceDirect](#).
- **Modelos de processo baseados em IA:** a Weir Group relatou aumentos de até 5 % no throughput de moagem ao acoplar redes neurais aos controladores avançados existentes [global.weir](#).

3. Manutenção preditiva de ativos críticos

Equipamento	Sinais usados	Resultados reportados
Misturadores, moinhos, correias	Vibração, corrente, temperatura	30–50 % menos paradas não planejadas na planta piloto da Rio Tinto Mining Technology
Britadores e peneiras	Áudio + pressão hidráulica (modelos CNN/LSTM)	+4 p.p. de disponibilidade MDPI

- **Plataformas de otimização de processo** como a Basetwo criam um gêmeo digital do forno ou da linha de granulação; o algoritmo gera set-points que reduzem até 20 % do consumo de combustível e 40 % dos custos totais basetwo.ai.
- A mesma arquitetura pode ser aplicada ao secador/flex mixer de fertilizantes, apontando temperatura e rotação ideais minuto a minuto.

- Modelos de séries temporais e **transformers** combinam dados de safra, clima e preços de commodities para prever demanda de cada formulação NPK, otimizando estoque e cash-flow greengubregroup.com.
- Roteirização dinâmica economiza combustível e reduz emissões na distribuição a granel. Cases na indústria de CPG mostram ganhos de até 8 % greengubregroup.com.

- **Analytics de fadiga e visão computacional** detectam operadores sonolentos, zonas de risco e condições geotécnicas instáveis fatiguescience.com.
- Previsões de eventos ambientais (poeira, ruído, efluentes) facilitam relatórios ESG e evitam multas.

- **Assistentes generativos** orientam agricultores sobre doses e épocas de aplicação, integrando modelos tipo Fertilizer AI que consideram clima de curto prazo [IT Innovation Centre](#).
- Laboratórios virtuais baseados em IA sugerem novas formulações com fontes alternativas de fósforo e potássio, reduzindo pegada de carbono do produto.

- o POC de manutenção preditiva nos misturadores de maior criticidade.
- o Instalação de sensor NIR na correia de alimentação para alimentar otimizador de blend.

- Construir gêmeo digital da linha de mistura e secagem.
- Implementar modelo de previsão de demanda/link SUPPLY & S&OP.

3. Transformação (18-36 meses)

- Centro de operações integrado (dados de produção, manutenção, logística).
- Roadmap ESG com métricas em tempo real de CO₂ por tonelada.

9. Indicadores de ROI que o mercado já captura

Alavanca	Indicador	Faixa de melhoria observada
Custo de MP	% custo/ton	-2 a -5 %
Disponibilidade	OEE	+3 a +7 p.p.
Energia	kWh / t	-10 a -20 %
Qualidade	Lotes fora de spec	-30 a -60 %
Segurança	Taxa de incidentes	-15 a -40 %

Referências principais

1. Weir Group, "Using AI to boost mineral processing", 30 jan 2025 [global.weir](#)
2. Malvern Panalytical, "Predictive real-time analysis in the mine" [Malvern Panalytical](#)
3. Basetwo AI, "AI-enabled process optimization for cement" [basetwo.ai](#)
4. Green Gubre Group, "AI in fertilizer supply chains", 16 mai 2025 [greengubregroup.com](#)
5. Fatigue Science, "Top 7 Ways AI Is Enhancing Safety in Mining", 16 abr 2025 [fatiguescience.com](#)
6. Mining-Technology, "Predictive maintenance and the rise of AI in mining", 2024 [Mining Technology](#)
7. Feng et al., "Efficient Ore-Blending via Deep RL", *Sustainability* 15 (6), 2023 [MDPI](#)
8. Yokogawa, "Blending Optimization System" [Yokogawa](#)
9. IT Innovation Centre, "Fertilizer AI project vision" [IT Innovation Centre](#)
10. IntelliSense.io, "System of AI Agents optimizes every stage of the mining value chain", fev 2025 [Intellisense](#)

Com esses casos e um plano de ação pragmático, a Equilíbrio Fertilizantes pode capturar valor tangível já no primeiro ano e construir uma vantagem competitiva sustentável baseada em dados.



Fontes