

Nexa M1

Inteligência multimodal
para operações reais

Análise, recomendação, diagnóstico e relatórios a partir de visão computacional, sensores, estações meteorológicas e dados operacionais.

Nexa M1

APRESENTAÇÃO

Dados isolados não explicam o mundo real

O Nexa M1 foi concebido para integrar sinais diferentes e transformar contexto em ação.



Uma operação agrícola, industrial ou robótica produz dados de naturezas diferentes. Quando esses sinais permanecem separados, perdem contexto. O Nexa M1 organiza, compara e interpreta essas fontes para revelar padrões, priorizar ações e documentar decisões.

Este e-book descreve fundamentos, arquitetura e capacidades-alvo da plataforma. Algumas telas, indicadores e fluxos são representações conceituais e podem evoluir durante o desenvolvimento e a validação em campo.



01

O que é o Nexa M1

Uma camada de inteligência artificial multimodal capaz de combinar dados do mundo físico e operacional.



ANÁLISE

Organiza múltiplas fontes, detecta padrões, tendências e anomalias.



RECOMENDAÇÃO

Sugere ações compatíveis com o contexto, restrições e prioridades.



DIAGNÓSTICO

Relaciona evidências para apontar causas prováveis e níveis de risco.



RELATÓRIOS

Gera sínteses executivas, mapas, indicadores e histórico de decisões.



INTEGRAÇÃO

Conecta visão computacional, sensores, clima, telemetria e APIs.



APRENDIZADO

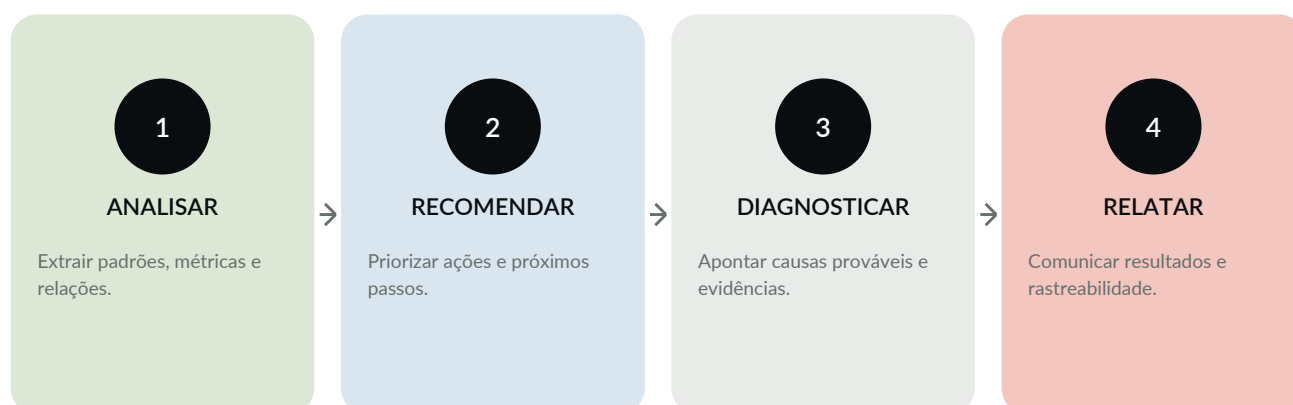
Evolui com novos dados, validações e modelos especializados.



02

O que a plataforma entrega

Quatro entregas organizam a passagem do dado bruto para a decisão.





SUMÁRIO

Estrutura do e-book

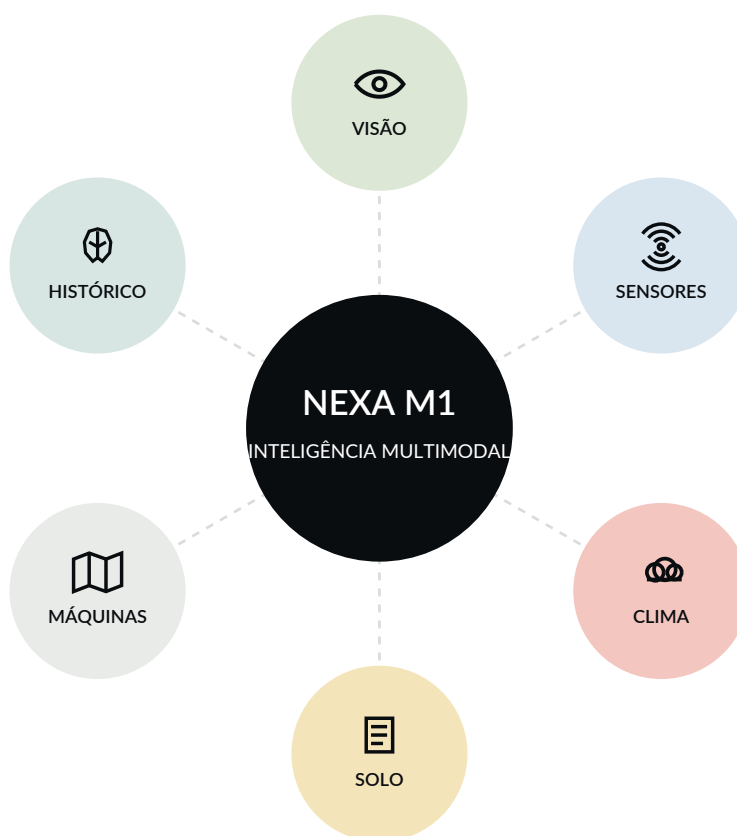
01	Inteligência multimodal	11-20
02	Fontes de dados	21-31
03	Motor analítico	32-43
04	Plataforma e relatórios	44-54
05	Aplicações	55-64
06	Implantação e futuro	65-70

03

Visão geral da operação

O Nexa M1 funciona como uma camada que conecta percepção, contexto e resultado.

Em vez de tratar cada fonte de forma isolada, a plataforma procura entender o que mudou, onde mudou, quando mudou e quais evidências sustentam uma decisão.





04

Da percepção à decisão

Um ciclo contínuo transforma sinais do campo em ações documentadas.



05

Desafios que exigem multimodalidade

Operações reais envolvem variáveis que mudam ao mesmo tempo e em escalas diferentes.



VARIABILIDADE

Solo, clima, relevo, manejo e genética criam respostas diferentes.



TEMPO

Uma anomalia pode evoluir rapidamente entre a detecção e a intervenção.



ESCALA

Grandes áreas e muitos ativos dificultam inspeções exclusivamente manuais.



INCERTEZA

O mesmo sintoma visual pode ter causas diferentes.



RASTREABILIDADE

Decisões precisam de evidências, histórico e responsáveis.



INTEGRAÇÃO

Sistemas, sensores e formatos diferentes precisam conversar.



06

Nexa M1 e Nexa Vision

O Nexa Vision interpreta imagens. O Nexa M1 combina essa percepção com clima, sensores e contexto operacional.

NEXA VISION

- Detecção, classificação, segmentação e mapas de imagem.
- Responde ao que está visível em uma imagem ou sequência.
- Gera evidências visuais e métricas espaciais.
- Pode operar em edge ou nuvem.

NEXA M1

- Integra imagem, sensores, clima, histórico e regras.
- Relaciona sinais para explicar contexto e causas prováveis.
- Transforma evidências em diagnóstico, recomendação e relatório.
- Orquestra módulos, modelos, usuários e decisões.



01

INTELIGÊNCIA MULTIMODAL

Combinar diferentes modalidades permite interpretar situações que nenhum sensor isolado explica completamente.



1.1

Por que combinar modalidades

Cada fonte observa uma parte diferente do problema.



IMAGEM

Mostra forma, cor, textura, posição e evolução visual.



CLIMA

Explica condições ambientais e janelas de risco.



SENSOR

Mede variáveis contínuas no ponto de interesse.



HISTÓRICO

Mostra recorrência, sazonalidade e resposta a intervenções.



OPERAÇÃO

Registra o que foi aplicado, executado ou alterado.



CONHECIMENTO

Incorpora regras, protocolos e experiência técnica.



1.2

Modalidades complementares

A plataforma trata as fontes como evidências complementares, não como substitutas.

MODALIDADE	O QUE OBSERVA	LIMITAÇÃO ISOLADA
Visão computacional	Sintomas, objetos, cobertura e danos	Pode confundir causas visualmente semelhantes
Clima	Temperatura, chuva, vento e umidade	Não localiza sozinho a anomalia
Solo e IoT	Condições locais e contínuas	Cobertura espacial limitada
Telemetria	Operações, velocidade e desempenho	Depende da qualidade do registro
Histórico	Persistência e recorrência	Não explica mudanças inéditas



1.3

Fusão de dados

A integração ocorre em camadas: tempo, espaço, identidade e significado.

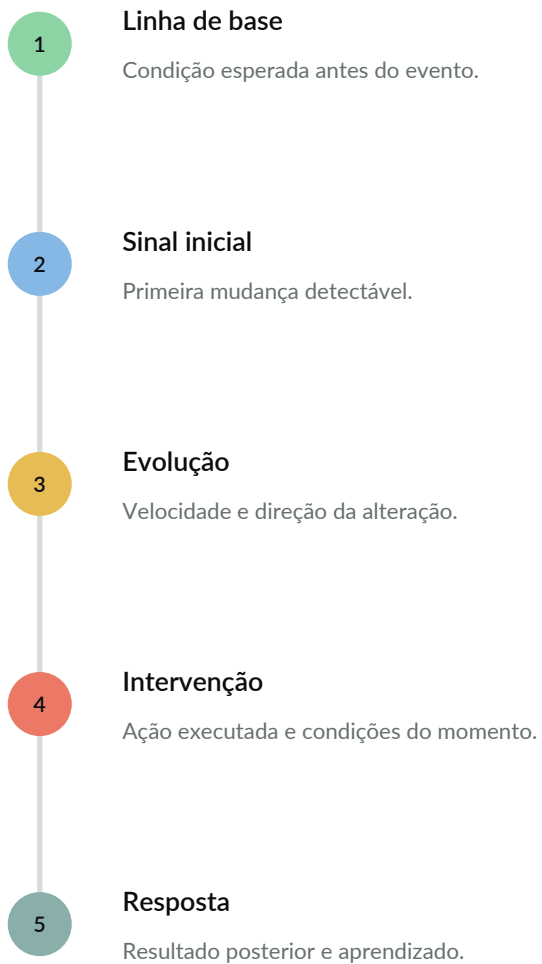




1.4

Contexto temporal

Saber quando um sinal surgiu é tão importante quanto saber onde ele está.

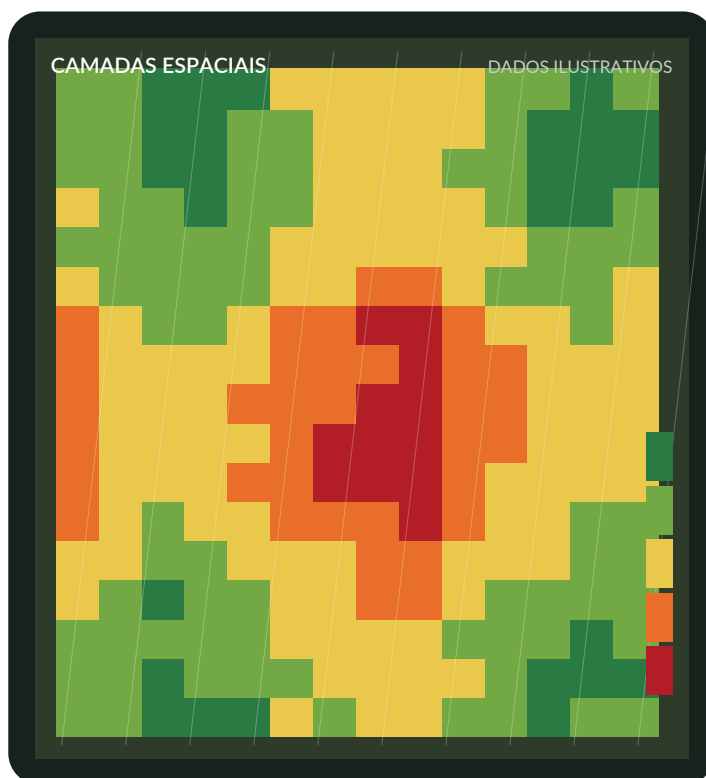


1.5

Contexto espacial

Talhões, linhas, zonas, plantas, máquinas e estruturas exigem escalas diferentes.

O motor espacial associa cada observação a uma geometria e a uma escala de decisão. Uma anomalia pode ser pontual, formar uma reboleira, acompanhar uma linha de plantio ou repetir-se em uma zona histórica.

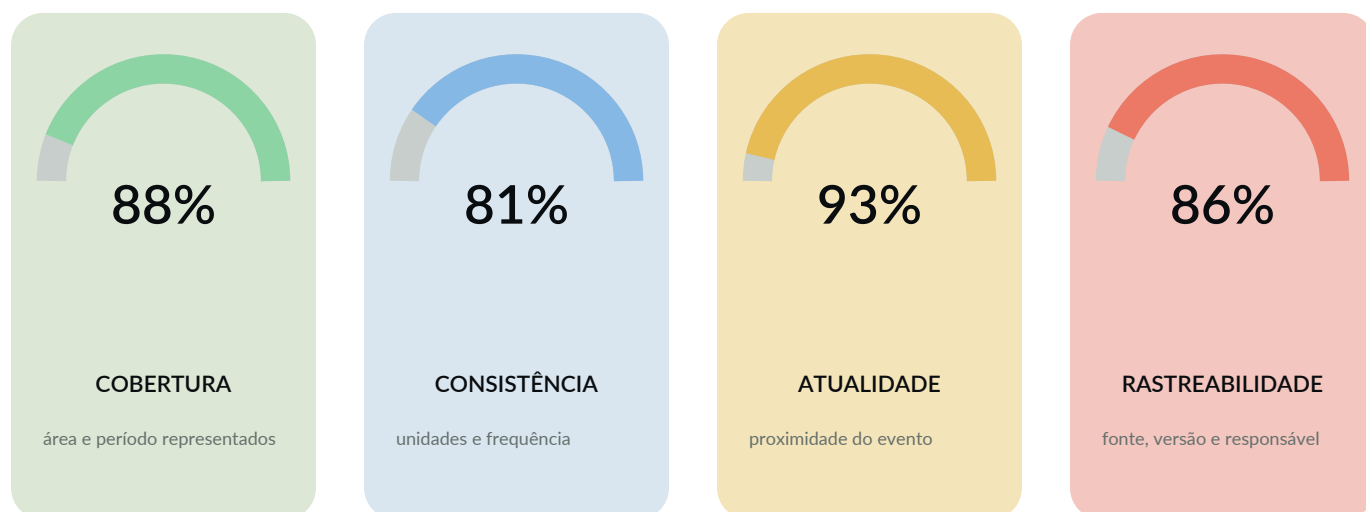




1.6

Qualidade dos dados

Uma IA confiável começa pelo controle de origem, integridade e consistência.



Indicadores ilustrativos.



1.7

Incerteza e confiança

A plataforma deve separar evidência forte, hipótese provável e informação insuficiente.

RESPOSTA FRÁGIL

- Afirma uma causa sem medir a evidência.
- Ignora dados ausentes ou contraditórios.
- Entrega uma única ação genérica.
- Oculta a origem da conclusão.

RESPOSTA CONFIÁVEL

- Apresenta confiança, evidências e alternativas.
- Sinaliza lacunas e conflitos.
- Prioriza opções conforme contexto e risco.
- Mantém rastreabilidade das fontes e modelos.

1.8

Explicabilidade operacional

Uma boa resposta precisa mostrar por que merece confiança.



EVIDÊNCIAS

Imagens, leituras e eventos que sustentam a conclusão.



RELAÇÕES

Como as fontes se conectam no tempo e no espaço.



CONFIANÇA

Probabilidade estimada e condições que podem alterá-la.



ALTERNATIVAS

Hipóteses concorrentes e testes recomendados.



IMPACTO

Consequências esperadas de agir ou não agir.



HISTÓRICO

Casos anteriores e resposta observada.



1.9

Humano no circuito

O Nexa M1 apoia decisões técnicas; não elimina a validação de campo quando ela é necessária.





02

FONTES DE DADOS

O Nexa M1 recebe sinais de diferentes sensores, plataformas e sistemas para construir uma visão operacional integrada.



2.1

Visão computacional

Imagens RGB, NIR, multiespectrais, térmicas e vídeos geram evidências espaciais detalhadas.



RGB

Cor, textura, forma e sintomas visíveis.



NIR

Vigor e resposta da vegetação.



RED EDGE

Mudanças sutis de clorofila e estresse.



TÉRMICA

Temperatura de dossel, ativos e superfícies.



VÍDEO

Movimento, comportamento e continuidade.



3D

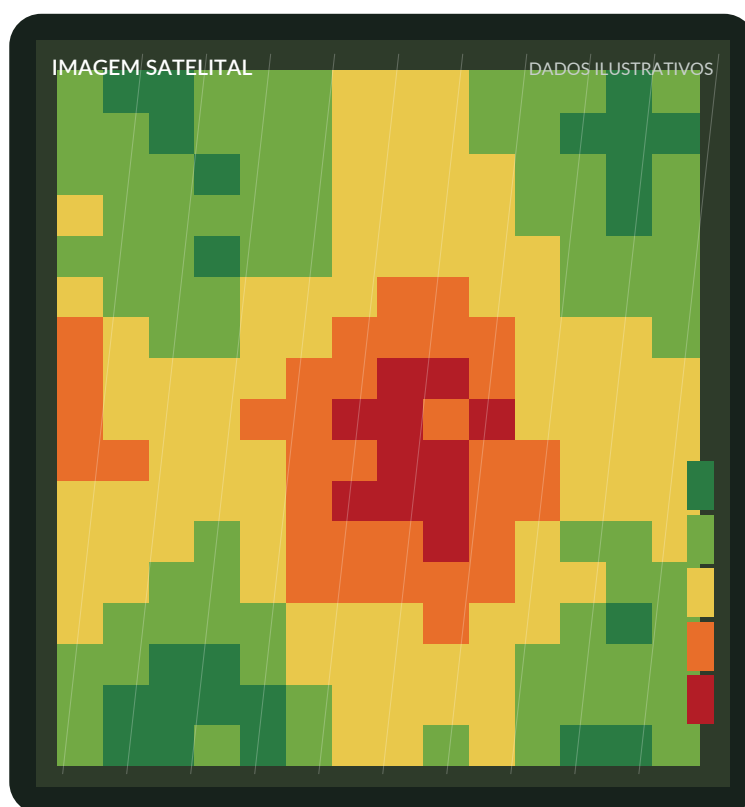
Estrutura, volume, altura e geometria.

2.2

Imagens de satélite

Cobertura recorrente para acompanhar grandes áreas e comparar períodos.

- Monitoramento regional e histórico.
- Índices espectrais e séries temporais.
- Detecção de mudanças entre datas.
- Priorização de áreas para inspeção.



Mapa sintético para demonstração visual.



2.3

Drones e plataformas aéreas

Maior resolução espacial para missões direcionadas e levantamentos sob demanda.





2.4

Câmeras em robôs e máquinas

O monitoramento próximo da cultura permite observar detalhes milimétricos e registrar o ambiente durante a operação.



CÂMERA FRONTAL

Inspeção da rota e detecção de obstáculos.



CÂMERA DE CULTURA

Sintomas, plantas, frutos e danos.



CÂMERA TÉRMICA

Temperatura e estresse.



VISÃO ESTÉREO

Profundidade e distância.



ILUMINAÇÃO CONTROLADA

Consistência em diferentes horários.



EDGE AI

Inferência local com baixa latência.



2.5

Estações meteorológicas

O clima local ajuda a interpretar risco, janela operacional e evolução de doenças.

VARIÁVEL	USO NO NEXA M1	EXEMPLO
Temperatura	Risco térmico e desenvolvimento	graus-dia e estresse
Umidade relativa	Condições para doenças	molhamento e pressão de infecção
Chuva	Balanço hídrico e operação	lâmina acumulada
Vento	Pulverização e deriva	janela segura
Radiação	Fotossíntese e evapotranspiração	disponibilidade energética



2.6

Sensores IoT

Leituras contínuas ampliam a capacidade de detectar tendências antes que sejam visíveis.



UMIDADE DO SOLO

Disponibilidade hídrica por profundidade.



TEMPERATURA

Solo, ar, produto ou equipamento.



CONDUTIVIDADE

Sais, soluções e zonas de solo.



PRESSÃO E FLUXO

Irrigação, pulverização e processos.



VIBRAÇÃO

Condição mecânica e manutenção.



NÍVEL E PESO

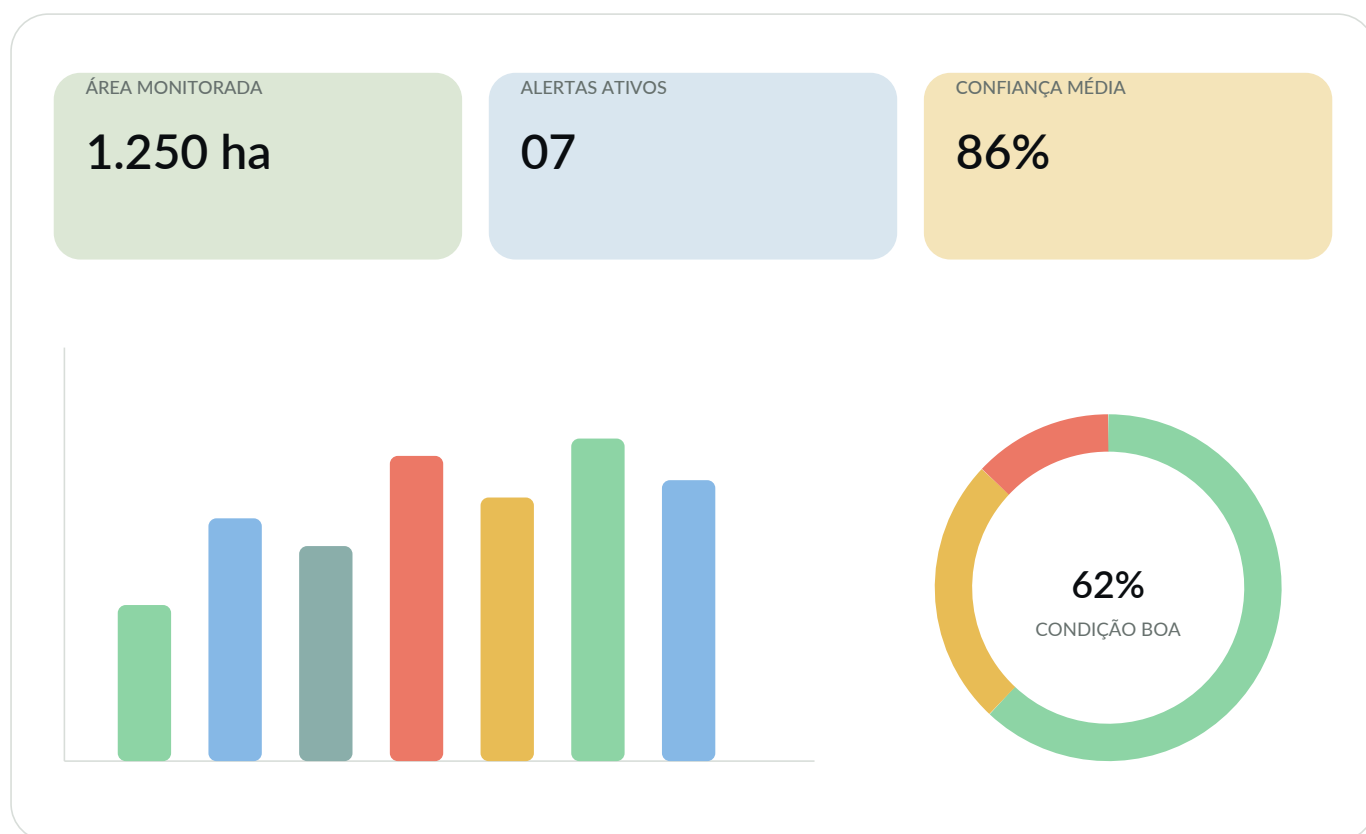
Tanques, silos, insumos e produção.



2.7

Telemetria de máquinas

A operação executada precisa ser comparada com o resultado observado.



Painel conceitual com dados ilustrativos.



2.8

Solo e laboratório

Análises físicas, químicas e biológicas ajudam a diferenciar sintomas semelhantes.

DADO	ESCALA	APLICAÇÃO
pH, CTC e nutrientes	amostra/zona	fertilidade e correção
Textura e compactação	ponto/perfil	retenção hídrica e raízes
Microbiologia	amostra	saúde e atividade do solo
Foliar	planta/talhão	estado nutricional
Patologia	planta/amostra	confirmação de agentes



2.9

Dados operacionais

Plantio, aplicação, irrigação, colheita e manutenção explicam parte importante do resultado.

AUDITORIA

quem, quando e com qual recurso

RESULTADO

efeito observado

TELEMETRIA

como a operação ocorreu

EXECUÇÃO

o que foi realizado

PLANEJAMENTO

o que deveria acontecer



2.10

Dados históricos e externos

Contexto de safras anteriores, preços, previsões e referências amplia a interpretação.



SAFRAS

Mapas e resultados de ciclos anteriores.



PREVISÕES

Clima, demanda e risco futuro.



MERCADO

Preços, disponibilidade e logística.



PROTOCOLOS

Regras técnicas e operacionais.



CADASTROS

Talhões, ativos, culturas e usuários.



APIS

Sistemas corporativos e plataformas externas.



03

MOTOR ANALÍTICO

O motor analítico transforma dados heterogêneos em evidências, hipóteses, recomendações e relatórios.



3.1

Ingestão e normalização

Antes da IA, os dados precisam ter formato, unidade e contexto confiáveis.

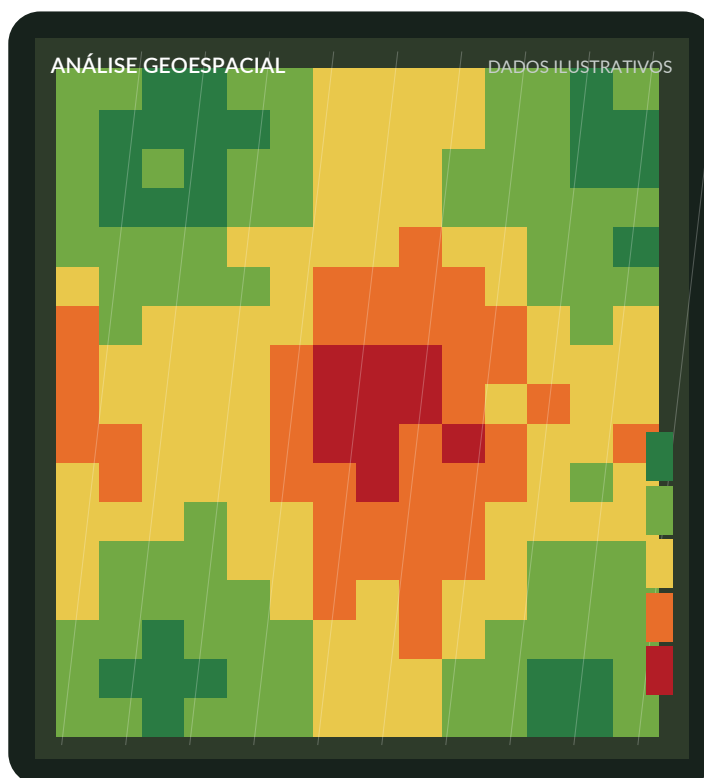


3.2

Geoprocessamento

A localização conecta a imagem, o sensor, a máquina e a decisão ao mesmo espaço.

O motor geoespacial organiza polígonos, pontos, linhas, rasters e trajetórias. Isso permite cruzar mapas de vigor, aplicações, solo, produtividade e inspeções no mesmo talhão ou ativo.





3.3

Detecção e classificação

Modelos identificam objetos, sintomas, condições e categorias de interesse.



DETECÇÃO

Localiza objetos e regiões em uma imagem.



CLASSIFICAÇÃO

Atribui uma categoria à imagem ou recorte.



TRACKING

Acompanha objetos em vídeo.



OCR

Lê códigos, placas e instrumentos.



ANOMALIA

Encontra padrões fora da linha de base.



QUALIDADE

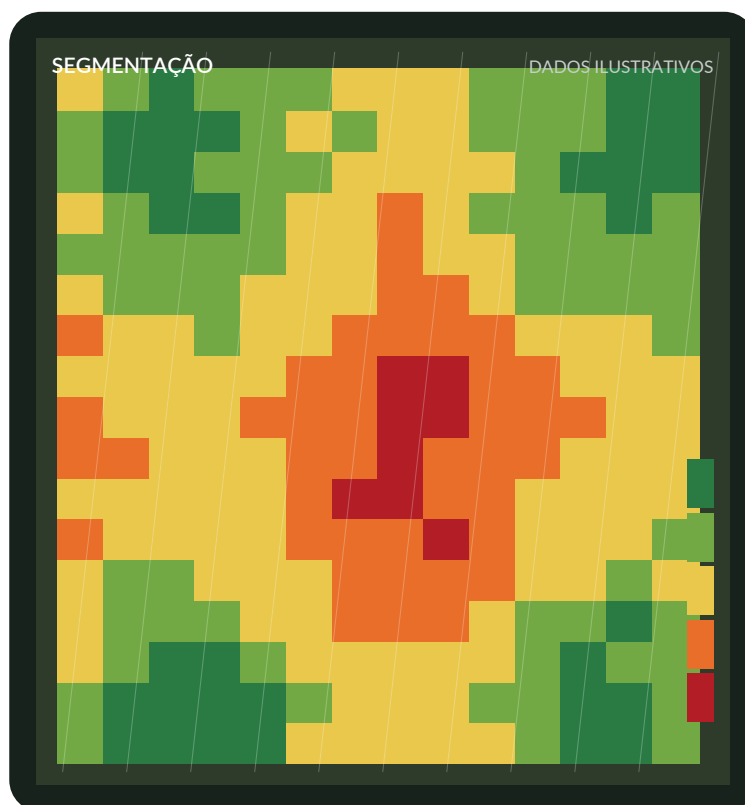
Avalia captura, foco, exposição e cobertura.

3.4

Segmentação e contagem

Separar pixels e instâncias permite medir cobertura, área, população e severidade.

- Segmentação semântica por classe.
- Segmentação de instâncias por objeto.
- Contagem e densidade espacial.
- Área afetada e severidade relativa.

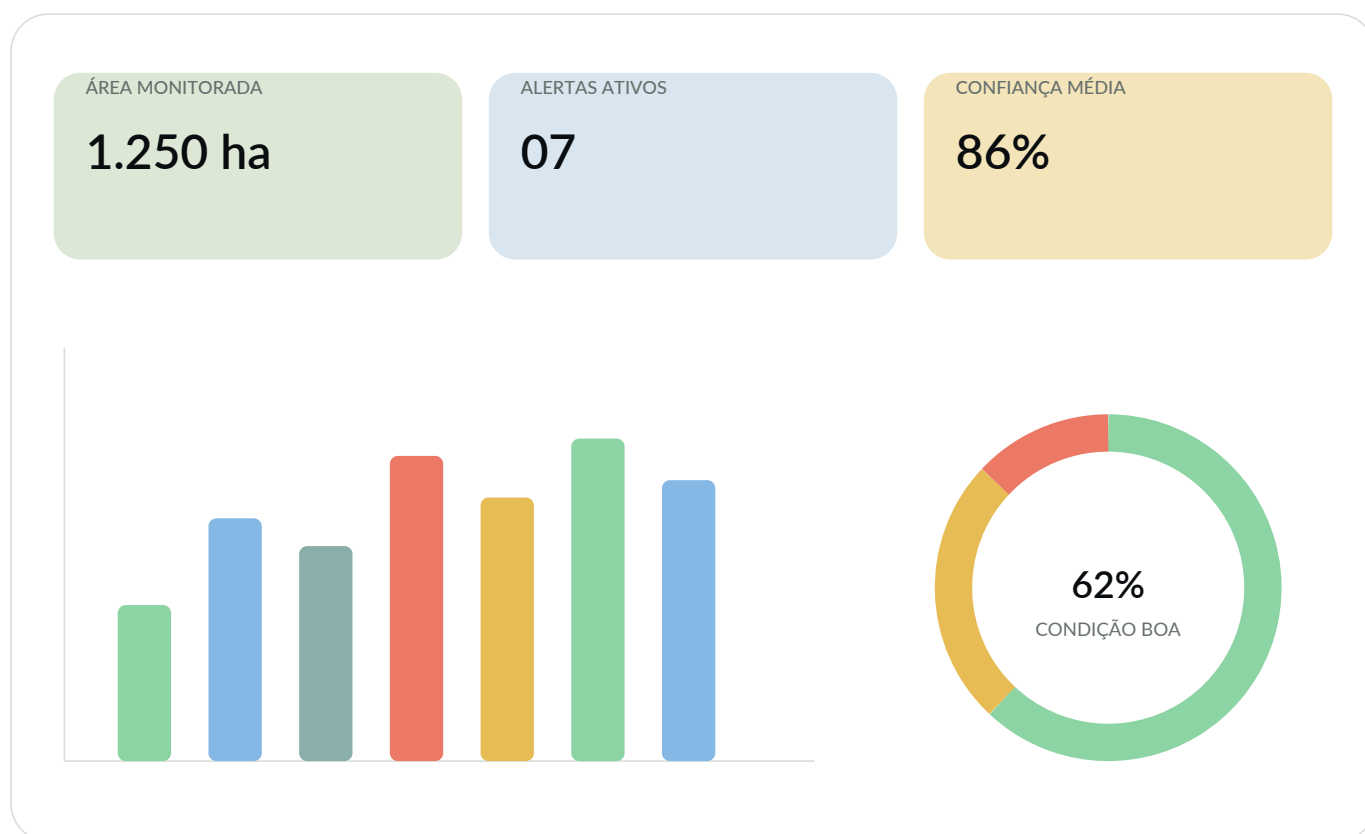




3.5

Séries temporais

A evolução do sinal revela tendência, estabilidade e velocidade de mudança.



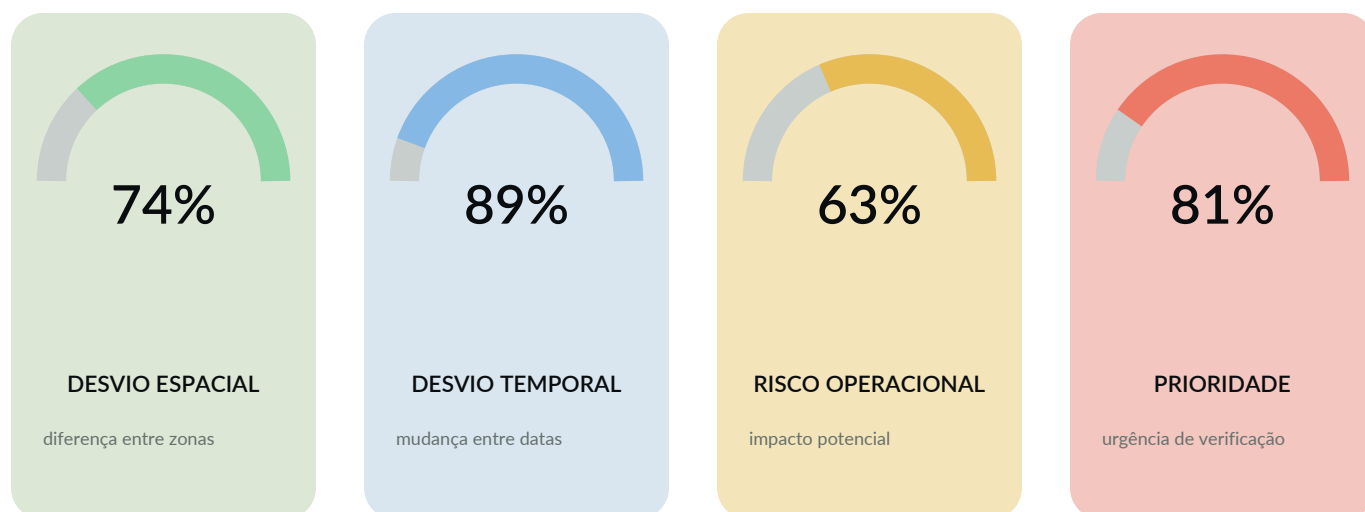
Gráficos e valores meramente ilustrativos.



3.6

Detecção de anomalias

Uma anomalia é uma diferença relevante em relação ao esperado para aquele contexto.



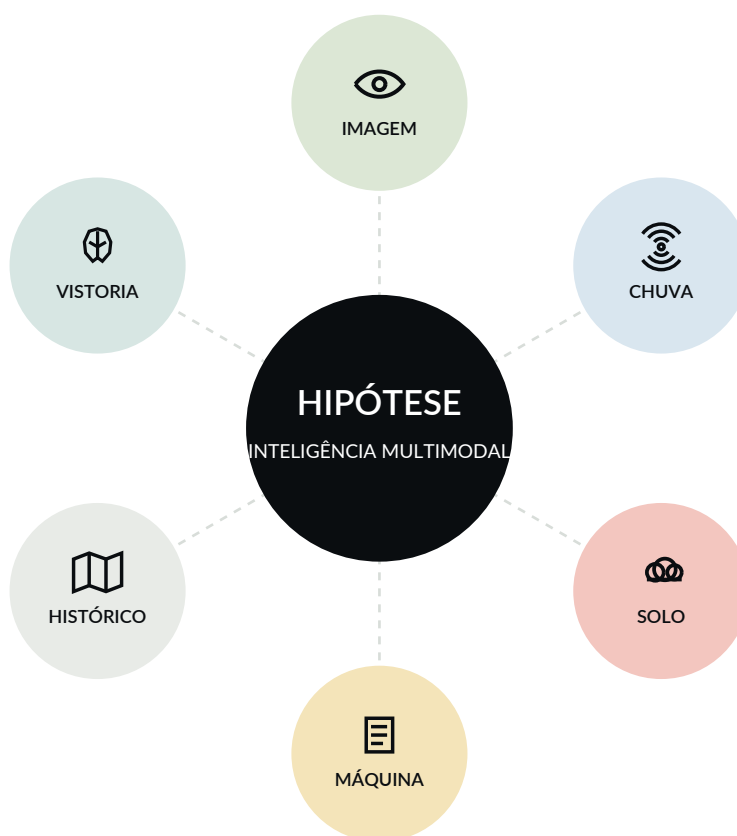
Scores conceituais.

3.7

Correlação multimodal

Sinais coincidentes aumentam a força da hipótese; sinais contraditórios exigem cautela.

Exemplo: uma mancha de baixo vigor pode ser interpretada de forma diferente quando coincide com compactação, falha de aplicação, déficit hídrico ou recorrência histórica.





3.8

Diagnóstico baseado em evidências

O diagnóstico organiza causas prováveis, evidências favoráveis e verificações necessárias.

HIPÓTESE	EVIDÊNCIAS	PRÓXIMO TESTE
Déficit hídrico	temperatura alta + sensor seco	vistoria e perfil de umidade
Falha operacional	faixa linear + telemetria incompleta	auditar aplicação
Doença foliar	padrão visual + clima favorável	amostra e confirmação
Compactação	recorrência espacial + baixo crescimento	penetrômetro e raízes
Deficiência nutricional	sintoma + análise foliar/solo	validar recomendação



3.9

Recomendações contextualizadas

Uma recomendação útil considera impacto, urgência, restrições e confiança.



AÇÃO

O que fazer e em qual área.



PRIORIDADE

Quando agir e qual risco está associado.



RECURSO

Equipe, máquina, insumo ou inspeção necessária.



JANELA

Condição climática ou operacional adequada.



VALIDAÇÃO

Critérios para confirmar a ação.



RETORNO

Como medir se a intervenção funcionou.



3.10

Priorização de ações

Nem toda anomalia exige a mesma resposta.

BAIXA PRIORIDADE

- Sinal fraco, estável e de baixo impacto.
- Área pequena sem tendência de expansão.
- Sem janela operacional imediata.
- Baixa confiança e dados incompletos.

ALTA PRIORIDADE

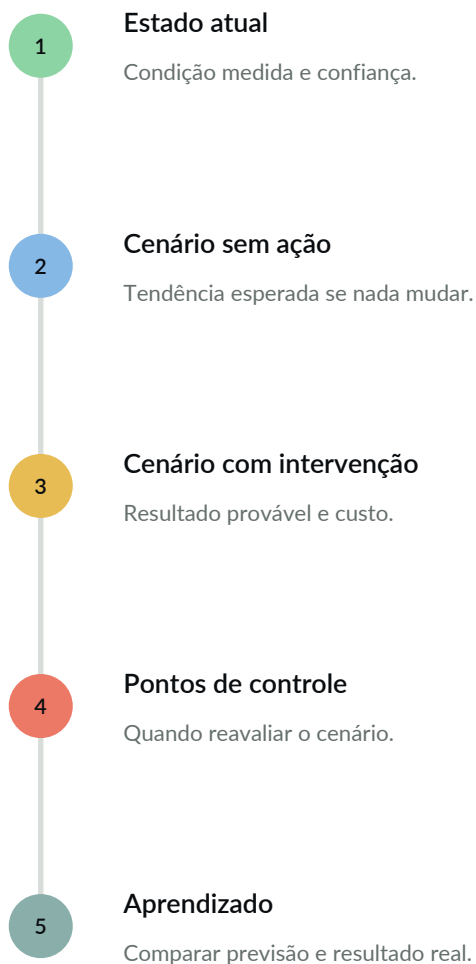
- Evidência consistente e risco crescente.
- Área relevante ou expansão rápida.
- Janela curta para evitar perdas.
- Múltiplas fontes confirmam a hipótese.



3.11

Previsões e cenários

Modelos podem estimar evolução provável, desde que as premissas sejam explícitas.





3.12

Do insight ao resultado

O valor não está apenas em detectar um problema, mas em fechar o ciclo da decisão.





04

PLATAFORMA E RELATÓRIOS

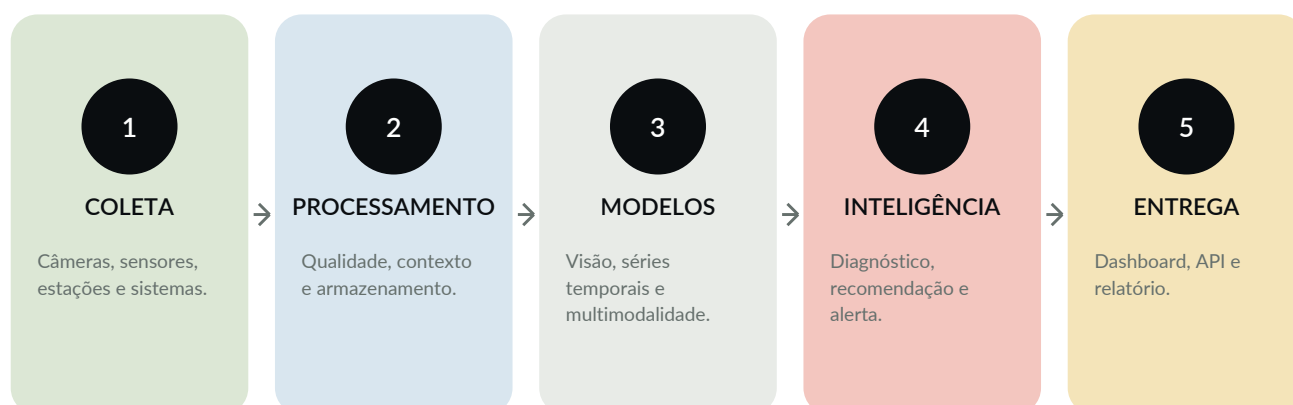
O Nexa M1 organiza usuários, modelos, mapas, alertas, integrações e relatórios em uma arquitetura escalável.



4.1

Arquitetura da plataforma

Uma arquitetura modular permite combinar edge, nuvem, APIs e modelos especializados.





4.2

Integração com Nexa Vision

O Nexa Vision fornece a percepção visual que alimenta o raciocínio multimodal.

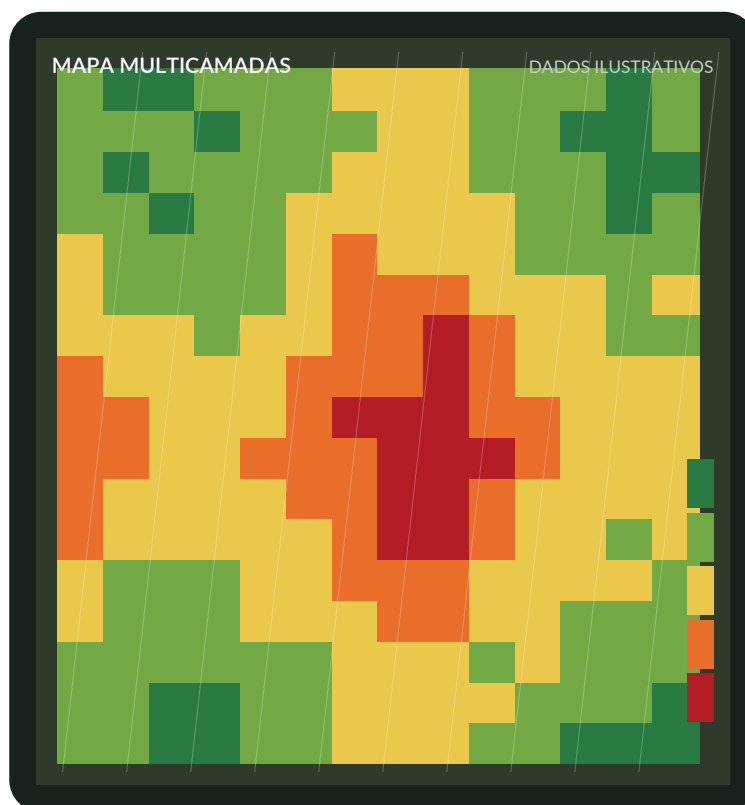


4.3

Mapas inteligentes

Cada camada responde a uma pergunta diferente sobre a área ou o ativo.

- Mapa RGB para inspeção visual.
- Índices para vigor e tendência.
- Hotspots para priorização.
- Severidade e zonas de manejo.

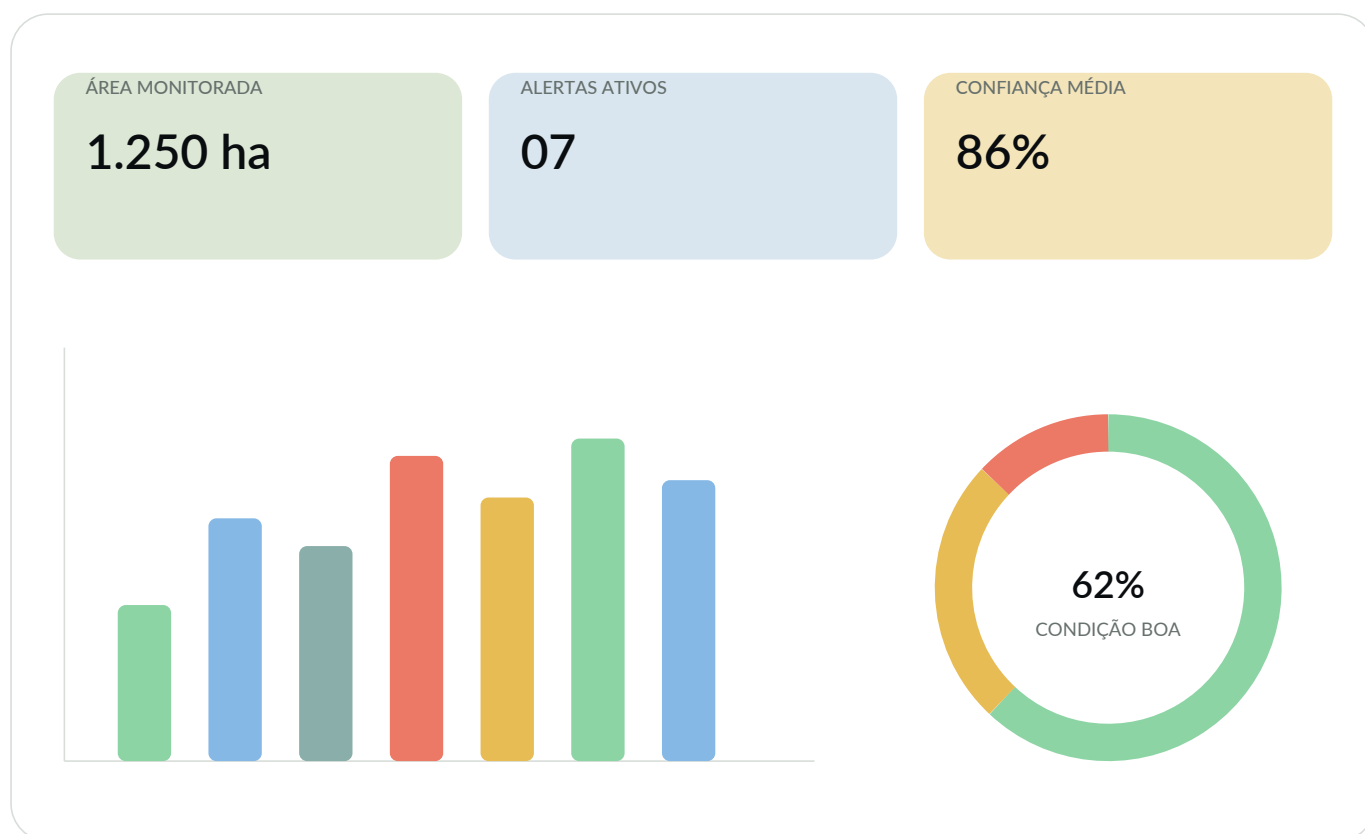




4.4

Dashboards operacionais

Indicadores sintetizam o que exige atenção sem ocultar a evidência detalhada.



Dashboard conceitual.

4.5

Alertas e eventos

Alertas devem ser acionáveis, explicáveis e configuráveis.



CRÍTICO

Risco elevado e necessidade de resposta imediata.



ATENÇÃO

Mudança relevante que exige verificação.



INFORMATIVO

Atualização de contexto ou nova captura.



OPERACIONAL

Falha de sensor, missão ou integração.



PREVISÃO

Condição futura que pode alterar o plano.



RESOLVIDO

Ação concluída e resultado registrado.

4.6

Relatórios automáticos

O relatório transforma análise técnica em comunicação clara para diferentes públicos.



EXECUTIVO

Resumo de risco, prioridade e impacto.



TÉCNICO

Evidências, mapas, métodos e confiança.



OPERACIONAL

Lista de ações, locais e janelas.



HISTÓRICO

Comparação entre datas e intervenções.



CONFORMIDADE

Auditoria de dados e responsáveis.



PERSONALIZADO

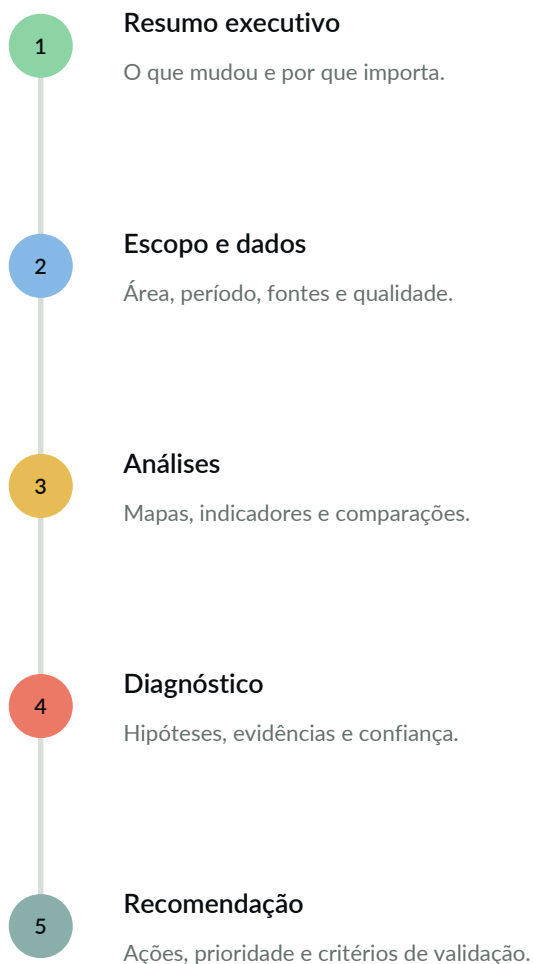
Módulos conforme cultura, setor ou contrato.



4.7

Estrutura de um relatório Nexa M1

Uma sequência consistente facilita a leitura e a tomada de decisão.





4.8

APIs e integrações

A plataforma deve trocar dados com sistemas existentes sem exigir duplicação de trabalho.



API REST

Consulta e envio de dados estruturados.



WEBHOOKS

Eventos e alertas para outros sistemas.



GIS

GeoJSON, GeoTIFF, Shapefile e serviços de mapa.



ERP/CRM

Clientes, operações, ordens e custos.



MÁQUINAS

Telemetria e registros de execução.



IDENTIDADE

Usuários, permissões e auditoria.



4.9

Edge e cloud

Cada tarefa pode ser executada no local, na nuvem ou em uma arquitetura híbrida.

EDGE

- Baixa latência e operação com conexão limitada.
- Inferência próxima ao sensor ou robô.
- Modelos otimizados e recursos restritos.
- Resposta imediata para segurança e controle.

CLOUD

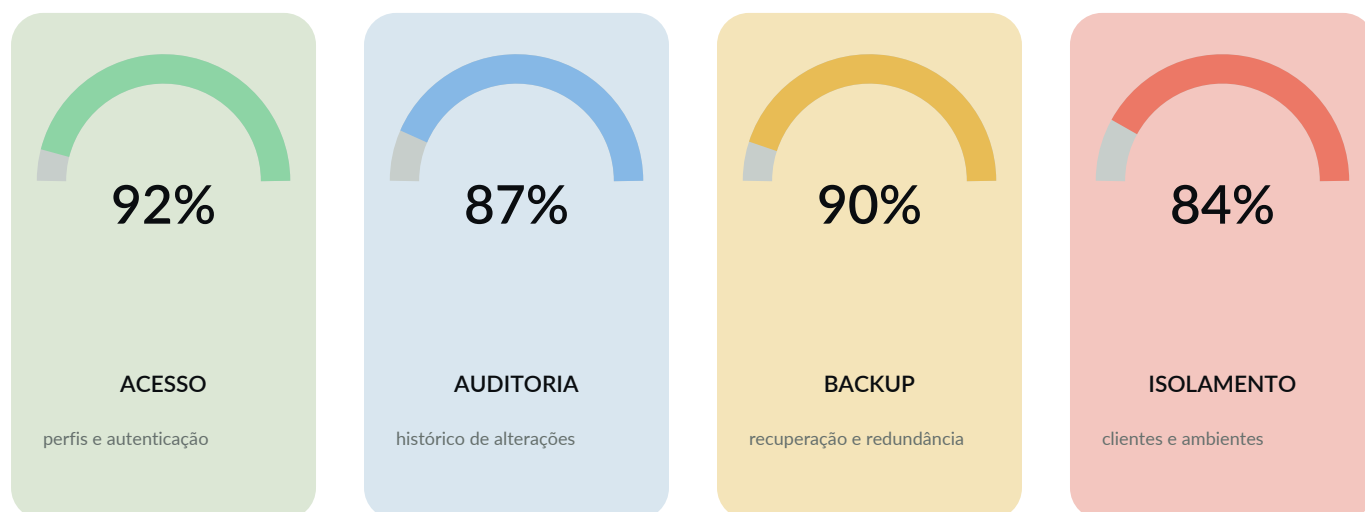
- Escala, histórico e processamento intensivo.
- Integração de múltiplas fazendas e ativos.
- Modelos maiores e atualização centralizada.
- Análises temporais, relatórios e colaboração.



4.10

Segurança e permissões

Dados operacionais precisam de controle de acesso, integridade e rastreabilidade.



Indicadores ilustrativos.



4.11

Governança de modelos

Modelos precisam de versão, métricas, limites e monitoramento após a implantação.

CONTROLE	PERGUNTA	EVIDÊNCIA
Versão	Qual modelo gerou a resposta?	ID, data e configuração
Validação	Em quais dados foi testado?	métricas e recortes
Drift	O desempenho mudou?	monitoramento contínuo
Fallback	O que ocorre com baixa confiança?	regras e revisão humana
Atualização	Como substituir o modelo?	aprovação e rollback



05

APLICAÇÕES

A mesma arquitetura multimodal pode ser especializada para agricultura, pecuária, indústria, infraestrutura e robótica.



5.1

Agricultura

O Nexa M1 conecta imagem, clima, solo e operação para apoiar o manejo.



VIGOR

Mapas e tendências de desenvolvimento.



FITOSSANIDADE

Doenças, pragas e anomalias.



ÁGUA

Estresse hídrico e irrigação.



NUTRIÇÃO

Sintomas, solo e análise foliar.



OPERAÇÕES

Plantio, aplicação e colheita.



PRODUTIVIDADE

Estimativas, zonas e histórico.



5.2

Pecuária

Visão, sensores e ambiente ajudam a acompanhar comportamento, saúde e instalações.



CONTAGEM

Animais por lote ou instalação.



COMPORTAMENTO

Movimento, alimentação e atividade.



TERMOGRAFIA

Sinais térmicos e triagem.



AMBIENTE

Temperatura, umidade e gases.



ALIMENTAÇÃO

Consumo, estoque e distribuição.



ALERTAS

Eventos fora do padrão esperado.



5.3

Indústria

O motor multimodal pode relacionar visão, vibração, processo e manutenção.

MONITORAMENTO ISOLADO

- Alarmes separados por equipamento.
- Manutenção baseada em calendário.
- Relatórios manuais e fragmentados.
- Baixa visão do impacto operacional.

NEXA M1 INDUSTRIAL

- Correlação entre processo, imagem e condição.
- Priorização por risco e tendência.
- Evidências e relatórios automáticos.
- Contexto de produção, qualidade e segurança.



5.4

Mineração e construção

Imagens, telemetria e sensores apoiam inspeção, segurança e produtividade.



ESTRUTURAS

Fissuras, deformações e evolução.



FROTAS

Ciclos, trajetórias e condição.



VOLUMES

Pilhas, escavações e progresso.



SEGURANÇA

Áreas restritas e eventos.



AMBIENTE

Poeira, ruído e água.



RELATÓRIOS

Evidência georreferenciada e auditoria.



5.5

Energia e infraestrutura

A combinação de imagens, sensores e histórico melhora inspeção e manutenção.

COMPROVAÇÃO

registro antes/depois

PLANEJAMENTO

ordem de serviço e janela

RISCO

falha, degradação e impacto

PERCEPÇÃO

imagem, térmica e sensores

ATIVOS

linhas, painéis, torres e equipamentos



5.6

Robótica e autonomia

O Nexa M1 pode funcionar como camada de inteligência para robôs que percebem, decidem e aprendem.

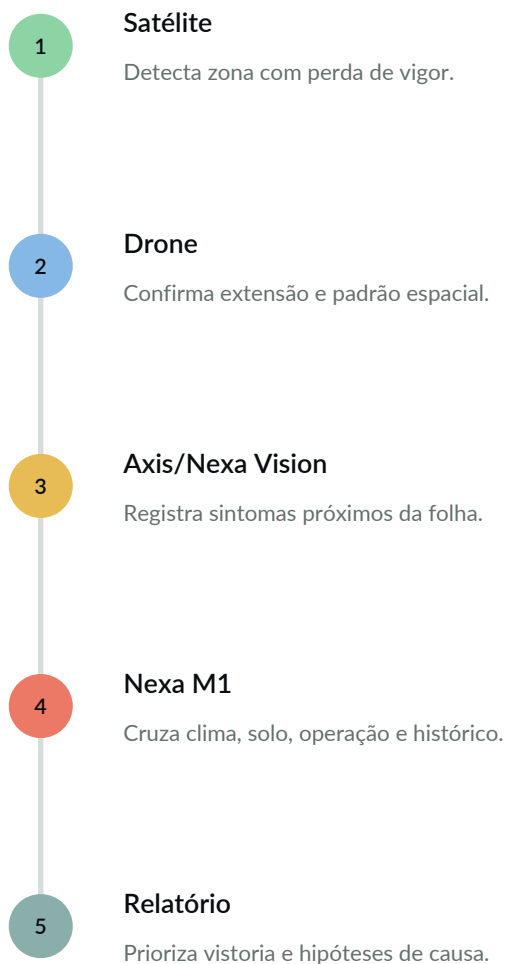




5.7

Caso conceitual: cana-de-açúcar

Um exemplo de integração entre satélite, drone, robô, clima e histórico.



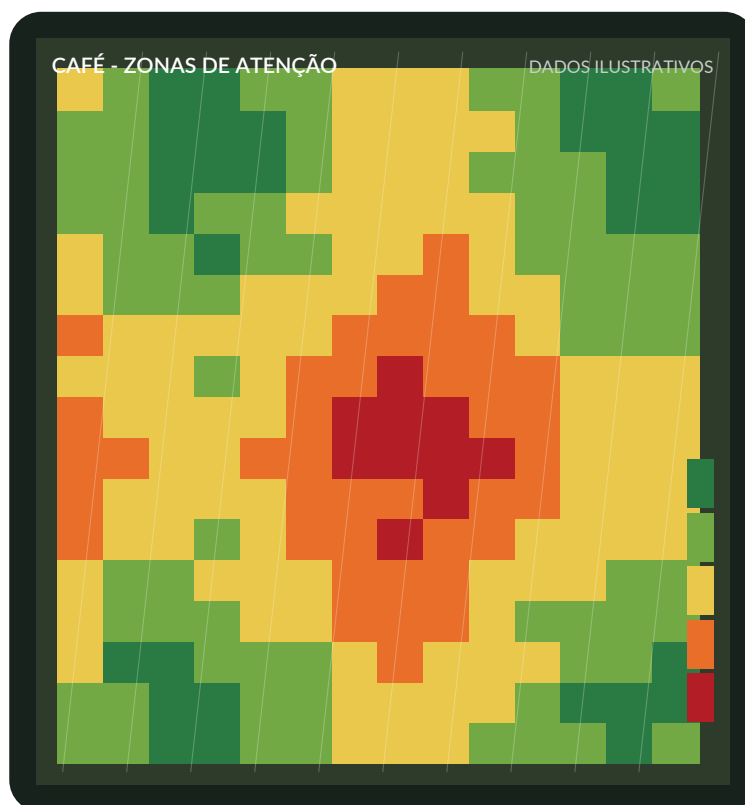
Fluxo conceitual para demonstração.

5.8

Caso conceitual: café

A inteligência multimodal pode acompanhar vigor, carga, microclima e estresse.

- Variação de vigor por talhão.
- Contagem de frutos em imagens próximas.
- Microclima e risco de doenças.
- Histórico de manejo e produtividade.



Mapa sintético para demonstração.



5.9

Caso conceitual: robô Axis

O Axis produz dados contínuos enquanto executa missões sobre a lavoura.



MISSÃO

Rota, velocidade e módulo instalado.



PERCEPÇÃO

RGB, NIR, térmica e proximidade.



AMBIENTE

Clima local e condições da cultura.



AÇÃO

Pulverização, irrigação ou inspeção.



CONTROLE

Synapse Control e telemetria.



INTELIGÊNCIA

Nexa M1 interpreta e documenta o resultado.



5.10

Valor para diferentes usuários

A mesma análise precisa ser apresentada de acordo com a responsabilidade de cada pessoa.

USUÁRIO	NECESSIDADE	ENTREGA
Produtor	o que exige ação hoje	alertas e prioridades
Agrônomo	evidência e hipótese técnica	mapas, diagnóstico e histórico
Operação	onde, quando e como executar	ordem e janela operacional
Gestão	risco, custo e resultado	painel executivo
Pesquisa	dados e desempenho	exportação e rastreabilidade



06

IMPLANTAÇÃO E FUTURO

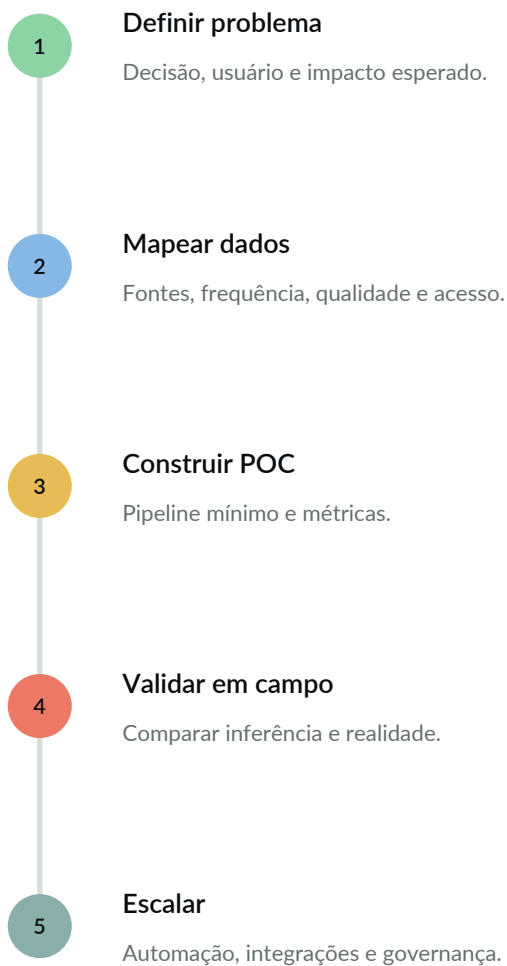
A implantação começa com um problema claro, dados disponíveis e critérios objetivos de sucesso.



6.1

Fluxo de implantação

Começar pequeno e medir resultado reduz risco técnico e operacional.

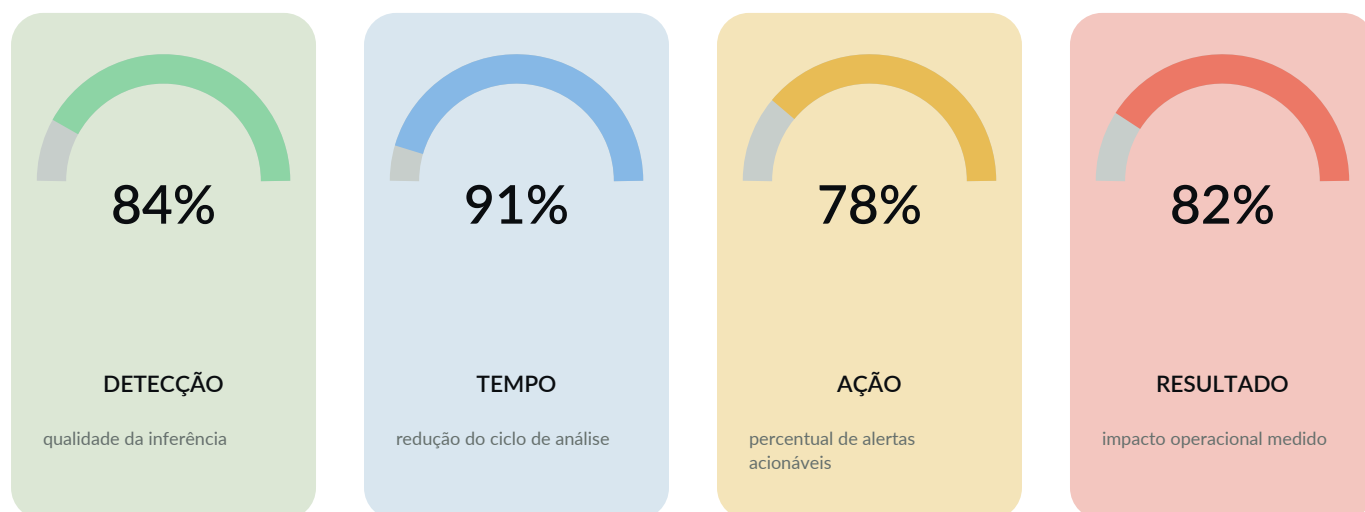




6.2

Indicadores de sucesso

A qualidade do modelo é apenas uma parte do resultado.



Indicadores ilustrativos.



6.3

Roadmap do Nexa M1

A plataforma pode evoluir por camadas, preservando dados, modelos e integrações.



6.4

Limites e uso responsável

Uma plataforma séria precisa declarar o que sabe, o que não sabe e quando pedir validação.



DADOS AUSENTES

Sinalizar lacunas antes de concluir.



BAIXA CONFIANÇA

Encaminhar para revisão ou nova coleta.



DOMÍNIO NOVO

Não generalizar sem validação.



IMPACTO ALTO

Exigir aprovação humana.



PRIVACIDADE

Minimizar e proteger dados.



AUDITORIA

Registrar modelo, evidência e decisão.



6.5

Glossário essencial

Termos que organizam a arquitetura e o uso da plataforma.

TERMO	DEFINIÇÃO	EXEMPLO
Modalidade	tipo de sinal ou dado	imagem, clima, sensor
Inferência	resultado de um modelo	detecção ou previsão
Contexto	informação que dá significado	tempo, local e cultura
Confiança	grau estimado de segurança	score e intervalo
Drift	mudança no padrão dos dados	nova safra ou sensor
Edge AI	IA próxima ao dispositivo	robô ou câmera local

Inteligência multimodal para o mundo físico.

O Nexa M1 conecta percepção, dados e contexto para apoiar decisões em agricultura, pecuária, indústria e robótica.

Nexa M1

Plataforma multimodal em desenvolvimento pela Convex Robótica

convex-robotica.com