Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07251 - USO DE DRONE EM FISCALIZAÇÕES REGULATÓRIAS DE SANEAMENTO BÁSICO: *ANÁLISE DE RELATÓRIOS E CONTRIBUIÇÕES AO REGULADOR NO CEARÁ*

Marcella Facó Soares
Alceu de Castro Galvão Júnior
Geraldo Basilio Sobrinho
Flávio Lucas Fernandes Oliveira
Maria Luiza Madeiro Barros Leal

O desafio da Fiscalização e das Condições Operacionais

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Mandato Regulatório

A Lei 14.026/2020 exige das agências fiscalização efetiva sobre a conservação dos ativos e a conformidade das metas de universalização.

Superação da assimetria de informação.

Barreiras de Campo

Acesso a reservatórios elevados e ETEs envolve escadas sem gaiola, risco de queda em altura e exposição a atmosferas perigosas.

Limitações da inspeção convencional de solo.

Adoção de VANTs civis (< 250 g) para inspeção visual detalhada de estruturas críticas, reduzindo riscos ocupacionais da equipe fiscalizadora.

Objetivo: Avaliar impacto e aplicabilidade real.

Questão central: em quais situações o drone agrega valor à fiscalização regulatória?

Especificações do VANT e Condicionantes do Ceará

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Características da Aeronave (DJI Mini 2 SE)

Peso de Decolagem:	246 g (dispensa cadastro SISANT recreativo)
Câmera e Resolução:	12 MP • Vídeo 2,7K (2720×1530 px a 30 fps)
Estabilização:	Gimbal mecânico de 3 eixos
Autonomia de Voo:	Até 31 minutos por bateria
Resistência a Vento:	Até 10,7 m/s (Escala Beaufort nível 5)





Regime Eólico Cearense (FUNCEME)

No **Litoral (9,5–10,5 m/s)** e nas **Serras (8,9–11,4 m/s)**, rajadas superam o limite da aeronave, especialmente no 2º semestre (estação seca).

Fator Pluviométrico

Chuva impede decolagem de VANTs leves sem proteção IPX. No 1º semestre, operações em reservatórios elevados foram suspensas pontualmente por chuva.

Ambiente Operacional Favorável

Sertão Central e Região Sul apresentaram velocidade de vento amena (5,8–7,5 m/s), viabilizando voos com estabilidade plena de imagem.

Imagens ilustrativas

Metodologia de Pesquisa

Etapa 1: Triagem Censitária

34 Relatórios de 2025

Exclusão de 8 relatórios restritos a faturamento, pressão e dados comerciais. **26 relatórios com inspeção visual** avançaram.

Exame de todos os relatórios com identificação de escopo, verificação de existência de registros fotográficos e classificação se os registros pertenciam a um VANT (imagens aéreas sem marcação de data e local)

Etapa 2: Classificação

1.383 Achados e 1.282 Fotos

Estruturação em 4 categorias analíticas e **8 tipologias operacionais** (conservação, estrutural, segurança, elétrica, etc.).

Além da triagem manual, utilizou ferramentas de inteligência artificial para avaliar quais tipos de problemas foram mais frequentemente documentados por imagens aéreas ou drone, em quais sistemas o recurso apresentou maior utilidade e em que situações sua contribuição foi limitada.

Etapa 3: Avaliação de Utilidade

Classificação do ganho em Alto (eliminação de risco/exclusividade), Médio (melhor visualização) e Baixo (visível do solo).

Análise dos dados por meio de planilhas e Business Intelligence. Nos casos de sobreposição entre categorias, adotou-se a categoria predominante do achado. Avaliou-se se uma inspeção convencional, identificaria os problemas que o VANT ajudou a identificar.

Panorama dos registros de fiscalização

Cerca de 10% dos achados foram fundamentados em registros feitos por drone.

19 de 26

Relatórios com registros de drone

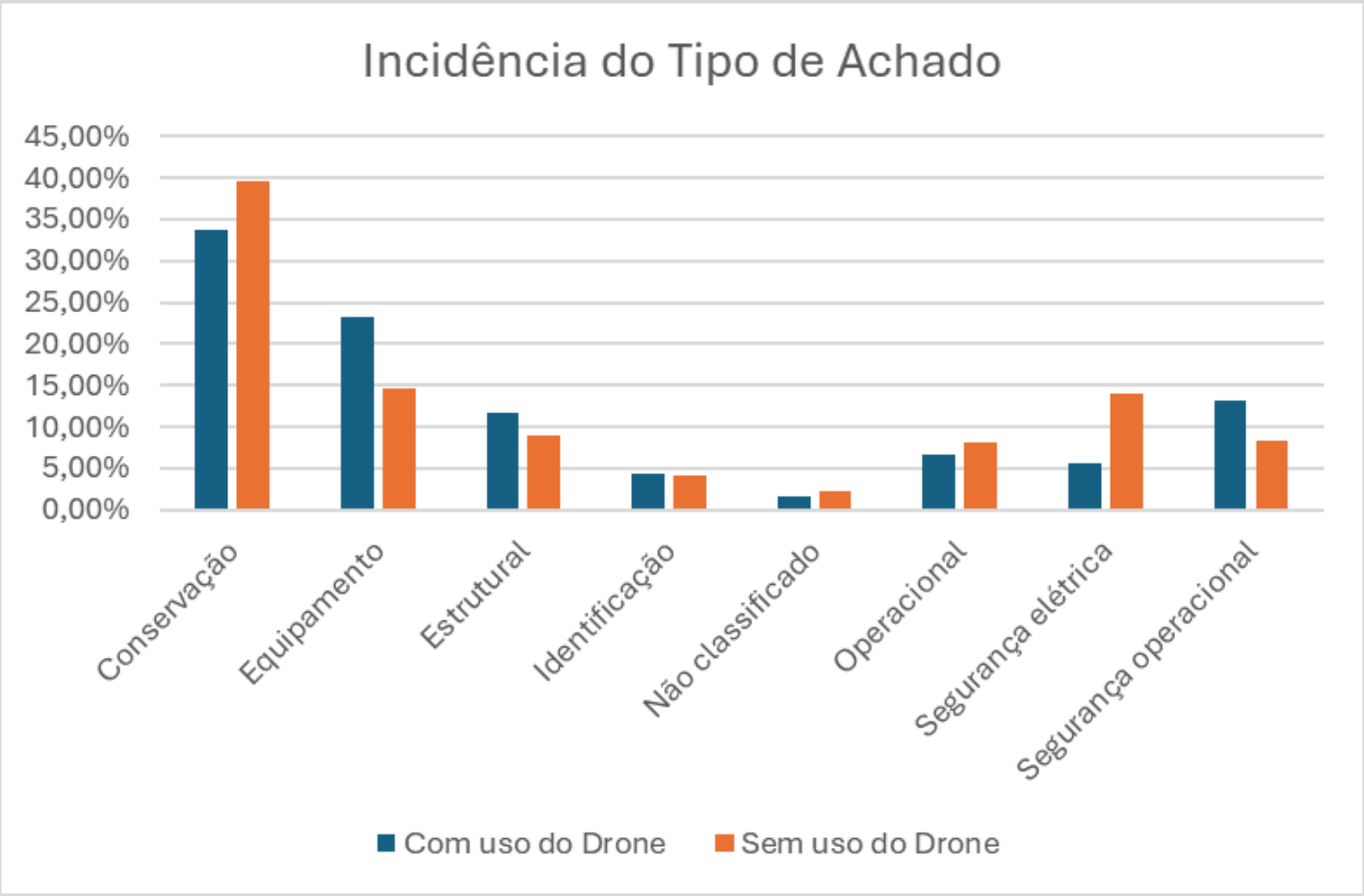
O percentual agregado é limitado, mas a contribuição é concentrada onde a inspeção em solo é mais difícil ou arriscada.







Tipos de Achado: drone x inspeção convencional

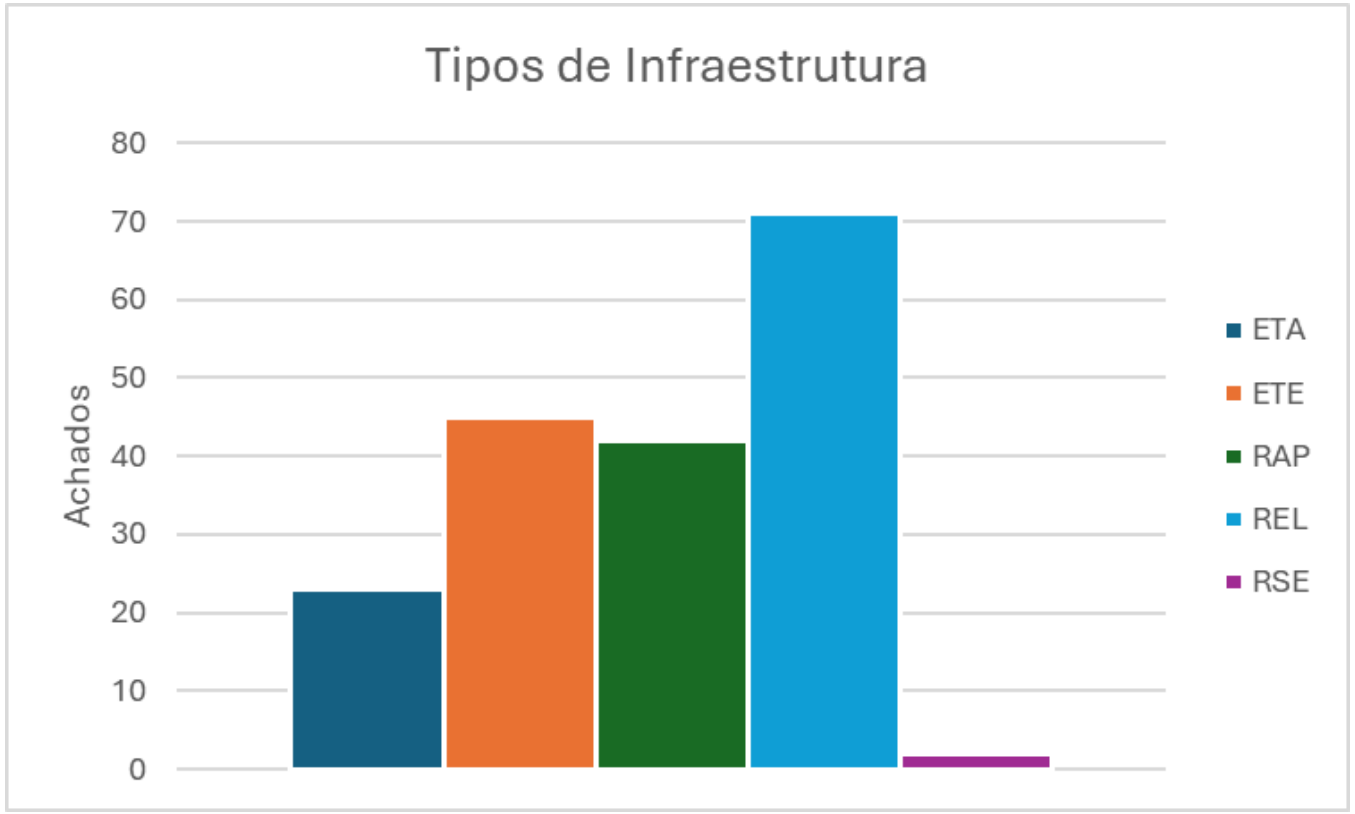


Fonte: artigo, Figura 1 – distribuição percentual por tipologia operacional.

Conservação, equipamentos e problemas estruturais predominam nos dois grupos.

O drone não substitui a inspeção em solo: complementa as evidências.

Onde o drone foi mais utilizado?

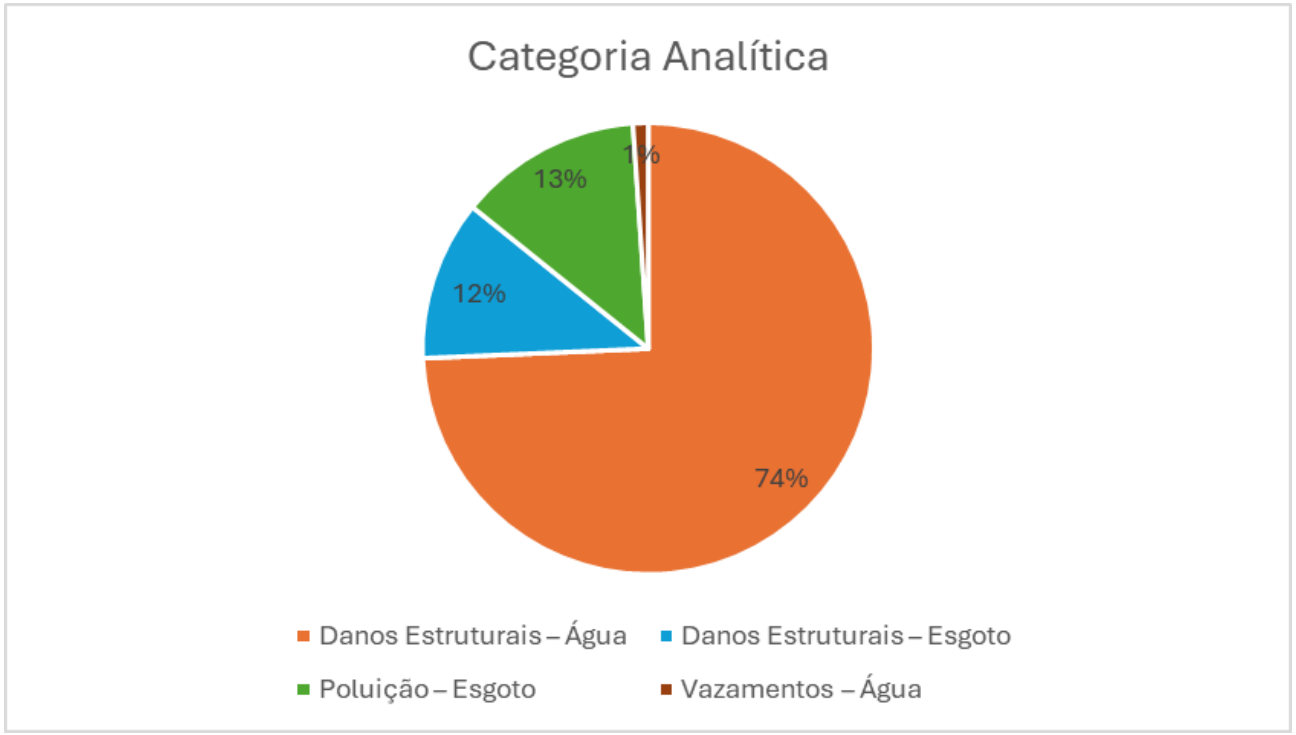


Fonte: artigo, Figura 2 – incidência de achados por tipo de infraestrutura.

Maior incidência em:

- Reservatórios elevados (REL)
- Estações de tratamento de esgoto (ETE)
- Reservatórios apoiados (RAP)
- Estações de tratamento de água (ETA)

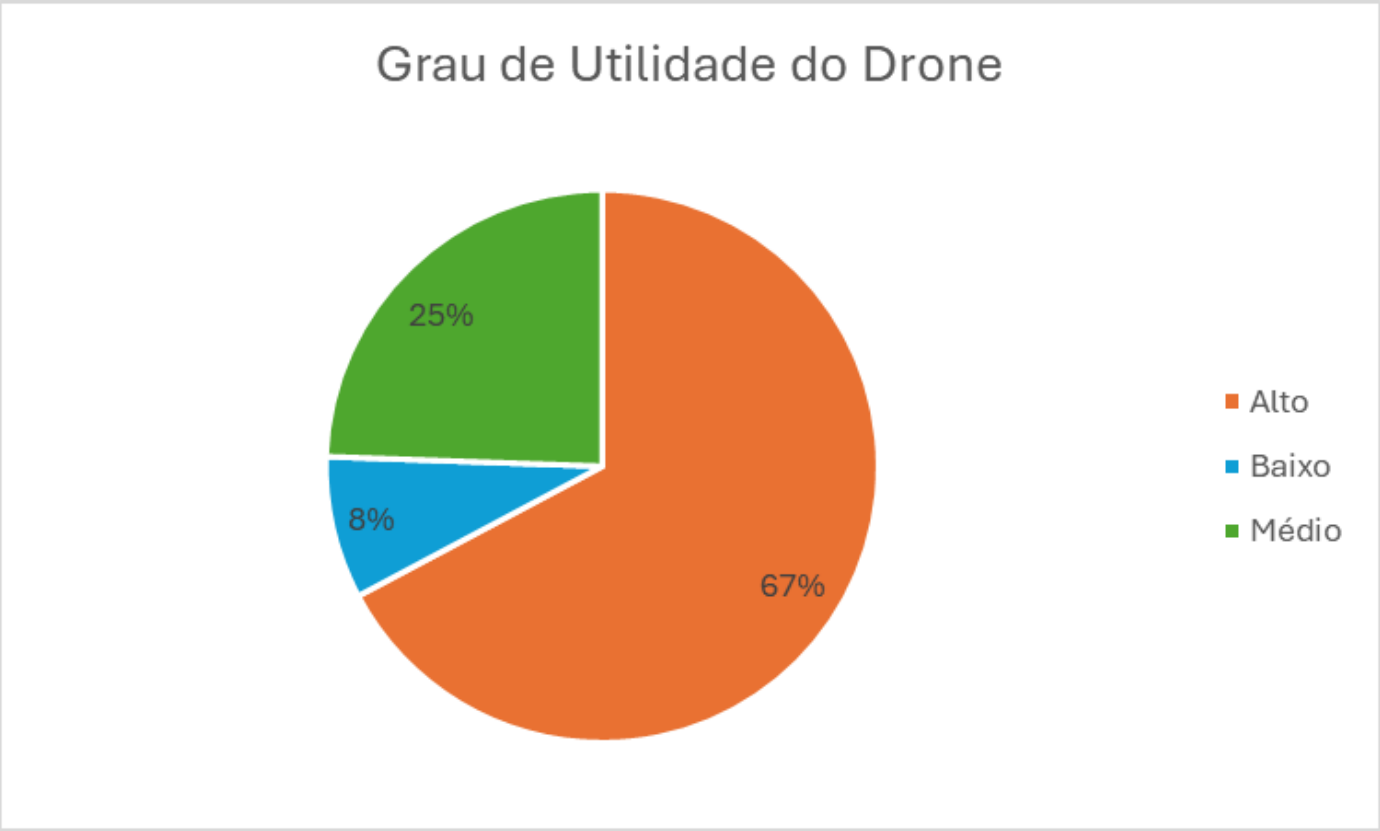
Quais os problemas as imagens aéreas evidenciaram?



74% dos achados associados ao drone se concentraram na categoria “danos estruturais – água”.

Inclui falhas de conservação, fissuras, infiltrações e armaduras expostas.

Utilidade: um olhar além da quantidade de registros



Fonte: artigo, Figura 5 – avaliação qualitativa dos achados registrados com drone.

67% de alta utilidade

Alto: registro inviável sem o drone ou redução de risco.

Médio: melhor visualização.

Baixo: registro eficiente também em solo.

92% de utilidade agregada relevante (Alto + Médio): O uso do drone não foi meramente ilustrativo, mas determinante para a qualidade da prova documental.

Mitigação ou Eliminação de Riscos Ocupacionais

Hierarquia de Controle de Riscos (Normas Regulamentadoras)

1. ELIMINAÇÃO DO RISCO (Atuação do Drone)
O fiscal não sobe escadas degradadas nem entra em zonas de risco de queda.

2. Medidas de Proteção Coletiva (EPC)
Gaiolas e guarda-corpos frequentemente ausentes nas instalações.

3. Equipamento de Proteção Individual (EPI)
Cinturão tipo paraquedista e trava-quedas — mitigam o impacto, não evitam a exp

NR- **Trabalho em Altura (> 2,0 m)**
Reservatórios elevados chegam a mais de 10 m. O drone elimina a necessidade de escalada em estruturas precárias e sem linha de vida.

NR- **Espaços Confinados e ETEs**
Evita contato com atmosferas com H_2S, metano, agentes biológicos e taludes instáveis em lagoas de tratamento de efluentes.

CASO EMBLEMÁTICO DOS RELATÓRIOS

Inspeção Remota em Área Inacessível (Pacoti-CE)

Reservatório localizado em serra fechada, mata densa e a mais de 3 km da sede urbana. A equipe fiscalizadora operou o VANT a distância, registrando a integridade física do ativo sem expor os agentes ao terreno acidentado.

Registro Contínuo em Alta Resolução
Gravação de vídeo em 2,7K / 30 fps permitindo aproximação por zoom digital e constatação de fissuras milimétricas em lajes e flanges.

Desafios e próximos passos

Limitações Operacionais

Clima Severo
Impossibilidade de voo sob chuva e em rajadas de vento acima de 10,7 m/s (serras e litoral).

Classificação Manual
Ausência de carimbo de GPS e hora nos metadados demandou esforço manual dos analistas.

Dependência de Smartphone
Exigência de celular compatível acoplado ao rádio-controle.

Necessidade de aeronaves com grau IPX maior.

Ganhos Consolidados



Ampliação Visual
Visão zenital de 100% da cúpula de reservatórios e superfície de lagoas.



Segurança Física
Zero acidentes ocupacionais em altura nas fiscalizações com VANT.

Robustez Legal
Evidências fotográficas incontestáveis para determinações e penalidades.

Aperfeiçoamento dos autos de infração da ARCE.

Fronteira Tecnológica

IA

Visão Computacional

Identificação preditiva automatizada de fissuras, corrosão e desagregação de armaduras

Análise direta nos vídeos captados



Futuro: Regulação 4.0 automatizada.

Obrigada!

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Marcella Facó Soares
Marcella.faco@arce.ce.gov.br

Coautores

Alceu Galvão
alceu.galvao@arce.ce.gov.br

Geraldo Basílio
geraldo.basilio@arce.ce.gov.br

Lucas Fernandes
lucas.fernandes@arce.ce.gov.br

Maria Luiza Leal
luiza.leal@arce.ce.gov.br