

DRONES NO SALVAMENTO AQUÁTICO: EFICIÊNCIA E APLICAÇÕES NO CORPO DE BOMBEIROS DO PARANÁ

DRONES IN WATER RESCUE: EFFICIENCY AND APPLICATIONS IN THE PARANÁ FIRE DEPARTMENT

Marcos Roberto Schumacher¹

RESUMO: Este artigo analisa o potencial uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), popularmente conhecidas como drones, em operações de salvamento aquático conduzidas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (CBMPR). A pesquisa baseia-se em revisão bibliográfica e em experiências documentadas em outros corpos de bombeiros no Brasil e exterior. Analisa-se a legislação vigente para operação de drones no Brasil, destacando o modelo DJI Matrice 350 RTK, enfatizando autonomia de voo, resistência ao vento e capacidade potencial para transporte de materiais de resgate. Conclui-se que, se inseridos em protocolos operacionais específicos e operados por equipes treinadas, drones poderiam aumentar significativamente a eficiência das operações de salvamento aquático.

Palavras-chave: Drones. Salvamento Aquático. Corpo de Bombeiros.

ABSTRACT: This article analyzes the potential use of Remotely Piloted Aircraft (RPA), popularly known as drones, in water rescue operations conducted by the Paraná Military Fire Department (CBMPR). The research is based on a literature review and documented experiences in other fire departments in Brazil and abroad. The current legislation for drone operation in Brazil is analyzed, highlighting the DJI Matrice 350 RTK model, emphasizing flight autonomy, wind resistance and potential capacity for transporting rescue materials. It is concluded that, if inserted into specific operational protocols and operated by trained teams, drones could significantly increase the efficiency of water rescue operations.

669

Keywords: Drones. Aquatic Rescue. Fire Department.

RESUMEN: Este artículo analiza el potencial uso de Aeronaves Pilotadas Remotamente (ARP), conocidas popularmente como drones, en operaciones de rescate acuático realizadas por el Cuerpo de Bomberos Militares de Paraná (CBMPR). La investigación se basa en una revisión bibliográfica y experiencias documentadas en otros cuerpos de bomberos de Brasil y del exterior. Se analiza la legislación vigente para la operación de drones en Brasil, destacando el modelo DJI Matrice 350 RTK, destacando la autonomía de vuelo, la resistencia al viento y la capacidad potencial para transportar materiales de rescate. Se concluye que, si se insertan en protocolos operativos específicos y son operados por equipos capacitados, los drones podrían aumentar significativamente la eficiencia de las operaciones de rescate acuático.

Palabras clave: Drones. Rescate Acuático. Departamento de Bomberos.

¹Pós-graduado em Direito Militar pela Universidade Cândido Mendes. Bacharel em Direito pela Unisep.

I. INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (CBMPR) tem modernizado suas operações com o uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), ou drones, tornando o salvamento aquático mais ágil e seguro. Esses equipamentos alcançam áreas de difícil acesso, auxiliam na localização de vítimas e aumentam a eficiência das equipes de resgate.

Quando equipados com câmeras de alta resolução e sistemas de liberação de flutuadores, os drones reduzem significativamente o tempo de resposta em casos de afogamento, fator essencial para aumentar as chances de sobrevivência da vítima (MATOS, 2017). No Paraná, sua aplicação poderia se estender à áreas litorâneas, rios e barragens, onde a rapidez do primeiro atendimento é determinante.

O uso desses equipamentos segue normas específicas da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Este artigo analisa o impacto dos drones no salvamento aquático do CBMPR, abordando sua evolução, regulamentação, experiências de uso, análise do DJI Matrice 350 RTK e a viabilidade de um dispositivo externo para liberação de equipamentos de resgate.

A seguir, será explorada a trajetória do desenvolvimento dessas aeronaves e suas principais aplicações no salvamento aquático.

670

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Evolução e Uso de Drones

O surgimento dos primeiros veículos aéreos não tripulados ocorreu no início do século XX, e durante a Primeira Guerra Mundial foram desenvolvidos aviões controlados remotamente para treinamentos militares. Mas foi somente com o advento da Segunda Guerra Mundial que surgiram os antecessores dos drones. Na década de 1970 foram desenvolvidos os drones como conhecemos hoje em dia, no entanto eram necessárias 30 pessoas para pilotá-los (DJI, 2024).

Os drones evoluíram de ferramentas militares para essenciais em operações civis. Sua versatilidade e capacidade de adaptação são potencializadas por avanços tecnológicos contínuos, incluindo inteligência artificial, sistemas autônomos e sensores avançados, indicando um futuro promissor para segurança pública.

Com as melhorias tecnológicas nas décadas de 1990 e 2000, os drones deixaram de estar limitados ao setor militar e começaram a desempenhar um papel significativo numa vasta gama de aplicações civis. Os avanços em sistemas de navegação por satélite, como GPS e GLONASS, junto ao desenvolvimento de sensores sofisticados e câmeras de alta resolução, ampliaram as aplicações dos drones. Atualmente, eles são usados em monitoramento ambiental, agricultura de precisão, inspeções industriais e segurança pública. (AEROENGENHARIA, 2023).

Atualmente, os drones são essenciais em emergências e operações humanitárias. Em desastres naturais, eles ajudam a mapear áreas afetadas, apoiar buscas e reconhecer territórios de difícil acesso. (EURONEWS, 2024).

Diante desse cenário, fica evidente que a principal vantagem dos drones é sua capacidade de adaptação a diferentes contextos. Essas aeronaves possibilitam a coleta de dados em tempo real, ampliam a consciência situacional e, principalmente, reduzem a exposição humana a ambientes de alto risco, tornando-se uma ferramenta valiosa para tomada de decisões estratégicas em diversas áreas (EURONEWS, 2024).

Com base nessa evolução, diversas corporações de bombeiros no Brasil passaram a adotar drones em suas operações, conforme será apresentado a seguir.

2.2 Experiências em Corpos de Bombeiros do Brasil e no mundo

No Brasil, o uso de drones por Corpos de Bombeiros em salvamento aquático remonta a meados de 2016, quando várias corporações começaram a testar o equipamento em praias e rios com altas taxas de afogamento (MATOS, 2017). Destacam-se as seguintes iniciativas:

- São Paulo: Drones usados desde 2015 para operações de salvamento e monitoramento.
- Rio de Janeiro: Uso para identificação de criadouros do *Aedes aegypti* e salvamento em praias.
- Espírito Santo: Empregados para combate a incêndios e planejamento para resgate aquático.
- Santa Catarina: Monitoramento de praias e testes com drones equipados com câmera térmica.
- Goiás: Utilização em rios e lagos com forte correnteza para lançar flutuadores.

As iniciativas citadas evidenciam que, a partir de 2016, o uso de drones se firmou como parte essencial dos protocolos de salvamento aquático em diversas regiões. Com operações mais ágeis e maior alcance, essas aeronaves remotas elevam a eficiência do resgate, diminuem riscos para os guarda-vidas e possibilitam economia de recursos ao otimizar a mobilização de equipes (NUNES, 2017).

No âmbito internacional, os resultados também são significativos:

- **Austrália:** Em janeiro de 2018, um resgate pioneiro ocorreu na praia de Lennox Head, em New South Wales, quando dois banhistas foram socorridos a cerca de 700 metros da costa por meio de um drone equipado com um dispositivo flutuante, permitindo que retornassem à areia com segurança (EXAME, 2018).
- **Espanha:** Em 2022, um adolescente de 14 anos foi salvo na praia de Sagunto graças ao lançamento de um colete salva-vidas por um drone. Esse dispositivo, desenvolvido por uma startup local, possibilitou que a vítima se mantivesse à tona até a chegada da equipe humana, evidenciando o potencial dos drones para encurtar o tempo de resposta em salvamentos aquáticos (TERRA, 2022).

2.3 Uso de drones no Corpo de Bombeiros Militar do Paraná: breve panorama histórico

672

O Corpo de Bombeiros Militar do Paraná iniciou suas operações com drones em 2018, quando recebeu 19 drones a título de doação da Receita Federal. No mesmo ano, realizou-se o primeiro curso de capacitação para operadores de aeronaves remotamente pilotadas, que teve como objetivo principal formar equipes para o uso de drones no mapeamento de áreas de risco, monitoramento de desastres naturais e apoio a operações de busca e salvamento (DEFESA CIVIL, 2018).

Os drones foram gradualmente introduzidos nas atividades do CBMPR como parte de uma estratégia inovadora, o que abriu caminho para sua utilização em uma gama mais ampla de missões nos anos seguintes.

2.4 Normas e Requisitos para Aeronave e Piloto

O uso de drones no Brasil segue normas que garantem a segurança operacional e evitam riscos à navegação aérea. Além disso, essas regras minimizam interferências em sistemas de comunicação essenciais.

Para operações de salvamento aquático e outras missões de segurança pública, órgãos como a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) estabelecem diretrizes específicas. A seguir, detalham-se os principais requisitos para a operação legal de drones no contexto do Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (CBMPR).

2.4.1 Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)

A ANAC estabelece normas para o uso de drones através do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial – RBAC-E nº 94, de 2017. Esse regulamento classifica os drones conforme seu Peso Máximo de Decolagem (PMD) e o tipo de operação realizada:

- a) Classe 1: Drones com PMD acima de 150 kg, exigem certificação de aeronavegabilidade, licença de piloto e autorização de voo para cada operação.
- b) Classe 2: Drones entre 25 kg e 150 kg, requerem registro na ANAC, habilitação do piloto e autorização para voos fora da linha de visada (BVLOS – *Beyond Visual Line of Sight*).
- c) Classe 3: Drones com PMD de até 25 kg, que devem ser cadastrados no SISANT (Sistema de Aeronaves Não Tripuladas da ANAC) para uso profissional.

Além do enquadramento por classe, os voos recreativos e comerciais têm altura máxima permitida de 120 metros (400 pés), salvo autorização específica. Os voos acima desse limite ou operações além da linha de visada (BVLOS) exigem documentação adicional, análise de risco operacional e, em alguns casos, certificação do drone como projeto de aeronave.

Para uso na segurança pública, a ANAC flexibiliza algumas regras e permite a operação de drones em cenários críticos sem necessidade de autorização prévia, bastando para isso que o operador esteja vinculado a um órgão público e seguir protocolos internos de segurança e mitigação de riscos.

Para os pilotos de drones acima de 25 kg a exigência é maior, eles precisam de habilitação específica e certificado médico aeronáutico, sendo que esse documento assegura que o operador esteja apto para conduzir missões de longa duração e em ambientes adversos.

2.4.2 Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)

O DECEA, órgão responsável pelo gerenciamento do espaço aéreo brasileiro, determina regras para o uso de drones em seu território, especialmente quando essas aeronaves operam próximas a aeródromos, cidades ou áreas sensíveis.

A Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA 100-40) e o Manual do Comando da Aeronáutica (MCA 56-5) estabelecem que:

a) Todos os voos de drones devem ser cadastrados no sistema SARPAS (Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas).

b) Para operações em áreas controladas, o operador deve solicitar permissão com antecedência, detalhando horário, local e objetivo do voo.

c) Drones utilizados para segurança pública podem operar em caráter emergencial, desde que o piloto mantenha contato via rádio com o órgão de controle de tráfego aéreo mais próximo.

d) Voos noturnos são permitidos, desde que o drone esteja equipado com luzes de navegação visíveis.

e) É proibido sobrevoar diretamente sobre pessoas aglomeradas, exceto em operações de emergência e desde que respeitadas normas de segurança.

Além disso, o DECEA recomenda que, sempre que possível, os operadores de drones de segurança pública realizem testes de voo e calibração em áreas previamente definidas.

2.4.3 Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL)

A ANATEL regulamenta a utilização de radiofrequências para o controle de drones e transmissão de imagens ao vivo. Como drones profissionais utilizam redes sem fio para comunicação com a estação de solo, é necessário que esses equipamentos passem por homologação junto à ANATEL.

Faz-se necessário que: a) Não haja interferência em serviços de comunicação crítica, como redes aeronáuticas ou sinais de emergência; b) O equipamento atenda às normas brasileiras de radiofrequência, evitando falhas de comunicação ou quedas por perda de sinal; e c) A transmissão de dados seja segura, evitando riscos de interceptação por terceiros ou ataques cibernéticos.

Quando o drone é adquirido diretamente de fornecedores nacionais geralmente já vem homologado. No entanto, quando são realizadas importações ou uso de equipamentos modificados é exigida certificação individual, sendo um processo que pode demorar para ser aprovado.

2.5 Benefícios e Desafios da Utilização de Drones no Salvamento Aquático

A inserção do uso de drones no salvamento aquático vem para contribuir e aumentar a velocidade da resposta ofertada e proporcionar maior segurança para as equipes de resgate. A tecnologia vem se desenvolvendo cada vez mais rápida nas mais diversas áreas e trazendo benefícios consideráveis para a humanidade, todavia podemos encontrar algumas dificuldades no seu uso.

2.5.1 Benefícios

O uso de drones em salvamentos aquáticos traz uma série de benefícios que otimizam o tempo de resposta e reduzem riscos, tornando as operações mais ágeis e seguras:

a) **Rapidez de Resposta:** A rapidez de resposta é um dos principais benefícios do uso de drones no salvamento aquático. Segundo Szpilman (2013), oferecer flutuação à vítima rapidamente é crucial para evitar afogamentos e minimizar riscos. As ARPs se destacam pela capacidade de alcançar a vítima em poucos segundos e lançar dispositivos de flutuação, como cintos de salvamento ou boias infláveis. Isso reduz o tempo de resposta e aumenta as chances de sucesso no resgate.

b) **Ampliação da Percepção Situacional:** Pelo fato de estarem equipados com câmeras de alta resolução, zoom digital e sensores térmicos, os drones permitem a detecção de vítimas mesmo em situações de baixa visibilidade. Além do fato de poderem auxiliar na identificação de correntes de retorno e colaborar com informações para as equipes de resgate.

c) **Redução do Risco ao Resgatista:** o guarda-vidas pode se tornar uma segunda vítima caso o mar esteja muito agitado e com correntes de retorno fortes. O drone é capaz de realizar a primeira fase do atendimento de maneira remota, onde ocorrerá a estabilização da vítima até a chegada de um resgatista (NUNES, 2017).

d) **Integração com Outras Forças de Resgate:** Os drones possibilitam a transmissão de imagens em tempo real para salas de comando, facilitando a coordenação de múltiplas equipes. Isso permite uma resposta mais eficiente e integrada entre ambulâncias, embarcações de resgate e até helicópteros, otimizando a gestão dos recursos disponíveis (CHAVES, 2013, *apud* MATOS, 2017).

e) **Custo-efetividade e Sustentabilidade:** Em comparação com aeronaves tripuladas e embarcações de resgate, os drones apresentam um custo operacional significativamente menor.

Além da economia de combustível e manutenção, a utilização de drones reduz o desgaste de equipamentos e aumenta a eficiência na alocação de recursos, tornando-se uma alternativa viável a longo prazo.

Os drones apresentam uma alternativa muito mais econômica em comparação com helicópteros e embarcações de resgate. Enquanto o custo médio de operação de um helicóptero ultrapassa R\$ 10.000 por hora e uma embarcação (lança) pode chegar a R\$ 3.000, os drones operam por cerca de R\$ 500 por hora.

Tabela 1 - Comparação de Custo Operacional Médio.

Equipamento	Custo Médio por Hora
Helicóptero	R\$ 10.000
Embarcação (lança)	R\$ 3.000
Drone	R\$ 500

Fonte: Adaptado de Loja DJI (2023), Nord Investimentos (2023) e Voejetsbra (2023).

2.5.2 Desafios Operacionais e Técnicos

Apesar das vantagens, algumas limitações técnicas e regulamentares devem ser levadas em consideração para garantir o uso eficiente e seguro dos drones no salvamento aquático:

a) **Autonomia de Bateria Limitada:** A duração do voo dos drones profissionais varia entre 20 e 55 minutos, dependendo do modelo, das condições climáticas e do peso dos acessórios embarcados. O uso de câmeras, alto-falantes e sistemas de liberação de flutuadores reduz significativamente a autonomia, exigindo planejamento operacional eficiente, com baterias extras e pontos estratégicos de recarga para garantir que o equipamento esteja sempre pronto para uso (DA SILVA, 2015).

b) **Influência de Condições Meteorológicas:** O desempenho dos drones pode ser comprometido por fatores climáticos adversos, como ventos fortes, chuvas intensas, neblina e tempestades. Em tais condições, a estabilidade do voo e a transmissão de imagens podem ser prejudicadas, demandando protocolos específicos para avaliar a viabilidade da operação (MATOS, 2017).

c) **Custo de Aquisição e Manutenção:** Embora os drones reduzam custos operacionais a médio e longo prazo, a aquisição de modelos avançados, equipados com sensores térmicos e

câmeras de alta resolução, ainda representa um investimento elevado. Além disso, esses equipamentos exigem manutenção especializada e substituição periódica de componentes, como baterias e hélices, o que pode impactar o orçamento das corporações de resgate (CHAVES, 2013, *apud* MATOS, 2017).

d) **Normas e Procedimentos Administrativos:** A operação de drones no Brasil está sujeita às regulamentações da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), do DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) e da ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). Isso inclui o registro do equipamento, a homologação da frequência de comunicação e, em alguns casos, a obtenção de autorizações específicas para voos em áreas controladas. O cumprimento dessas exigências pode demandar tempo e planejamento, representando um desafio para a implementação de drones em caráter emergencial (BRASIL, 2017).

e) **Questões Éticas e de Privacidade:** O uso de drones em áreas frequentadas por banhistas pode levantar preocupações relacionadas à privacidade e ao uso indevido de imagens captadas durante as operações. Para evitar possíveis conflitos, é fundamental que os operadores sigam diretrizes claras sobre a captação, armazenamento e uso de imagens, garantindo que o foco da operação esteja exclusivamente voltado à segurança pública.

677

Em resumo, apesar dos desafios inerentes ao uso de drones no salvamento aquático, as vantagens proporcionadas por essa tecnologia superam as dificuldades, desde que a operação seja realizada por profissionais capacitados e alinhada a protocolos rigorosos de segurança e modo de operação. Com planejamento adequado e investimentos contínuos em capacitação e infraestrutura, os drones representam uma ferramenta indispensável para aprimorar a eficiência e a precisão das ações de resgate em ambientes aquáticos.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem exploratória e descritiva, conforme preconizado por Gil (2008), visando analisar o uso de drones no salvamento aquático, com ênfase na experiência do Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (CBMMPR) e de outras corporações nacionais. Para isso, foram utilizados três principais métodos de investigação:

3.1 Revisão Bibliográfica

Levantamento e análise de artigos científicos, dissertações, trabalhos de conclusão de curso (TCCs) e relatórios técnicos relacionados à aplicação de drones em salvamento aquático. A pesquisa contempla experiências nacionais e internacionais desde 2016, permitindo um panorama evolutivo do uso dessa tecnologia na segurança pública e no resgate de vítimas em meio aquático.

3.2 Análise Documental

A análise documental envolveu o exame das normativas brasileiras que regulamentam a operação de drones, incluindo o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E nº 94) da ANAC, que estabelece as regras para o uso de aeronaves remotamente pilotadas no Brasil. Também foi considerada a ICA 100-40, do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), que disciplina o acesso de drones ao espaço aéreo controlado, além da MCA 56-5, que define as diretrizes operacionais para o uso dessas aeronaves por órgãos de segurança pública e defesa civil.

Além das normativas, foi analisado o manual técnico da fabricante DJI, com foco nas especificações do modelo Matrice 350 RTK (DJI, 2023), amplamente utilizado por corporações de bombeiros no Brasil.

3.3 Observação de Práticas em Corpos de Bombeiros

Levantamento de experiências reais de utilização de drones em salvamento aquático nos Corpos de Bombeiros de São Paulo (CBPMESP), Rio de Janeiro (CBMERJ), Espírito Santo (CBMES), Santa Catarina (CBMSC), Goiás (CBMGO) e Paraná (CBMPR). Foram analisados os anos de implementação do uso de drones nessas corporações e a melhora do serviço prestado. Também foram coletados dados informais sobre cenários de salvamento e a infraestrutura disponível para o emprego dos drones no CBMPR.

A partir desse arcabouço metodológico, este estudo busca discutir a adoção de drones pelo Corpo de Bombeiros Militar do Paraná, avaliando seu potencial de otimização no tempo de resposta a ocorrências aquáticas, bem como identificando as principais limitações operacionais e desafios regulatórios associados ao uso dessa tecnologia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dessa abordagem metodológica, os dados coletados permitiram avaliar a efetividade da aplicação de drones no salvamento aquático, conforme discutido a seguir.

4.1 Uso de Drones no Litoral Paranaense

O litoral do Paraná, apesar de contar com apenas 98 km de extensão, recebe um grande fluxo de turistas durante a alta temporada, especialmente nos balneários de Matinhos, Pontal do Paraná e Guaratuba. Além disso, o estado abriga uma extensa rede de rios e represas, como a Represa do Passaúna, a Represa de Chavantes e o Lago de Itaipu, frequentemente utilizadas para lazer, esportes aquáticos e abastecimento hídrico. No entanto, esses ambientes apresentam desafios operacionais significativos, dificultando o deslocamento rápido de guarda-vidas e equipes de resgate, especialmente em áreas de difícil acesso.

A Operação Verão 2024/2025, realizada entre 12 de dezembro de 2024 e 9 de março de 2025, teve como objetivo reforçar a segurança dos banhistas no litoral e ampliar a capacidade de resposta a emergências aquáticas. Nesse período, a escala dos guarda-vidas foi organizada em dois turnos: das 8h às 13h30 e das 13h30 às 19h.

Além do trabalho das equipes de resgate convencionais, a operação contou diariamente com um militar escalado exclusivamente como piloto de drone, com jornada das 8h às 20h. A utilização dessas aeronaves foi essencial para a realização de rondas preventivas durante a manhã e à tarde, bem como para operações de apoio após as 19h, período em que a visibilidade reduzida e o menor efetivo em serviço aumentavam os desafios do salvamento aquático.

4.1.1 Estatísticas Operacionais da Utilização de Drones na Operação Verão

A utilização de drones nas operações de salvamento aquático e monitoramento do litoral paranaense durante a Operação Verão 2024/2025 resultou em uma série de intervenções estratégicas, otimizando a resposta a emergências e fortalecendo a segurança pública. O levantamento de dados operacionais permitiu mensurar a efetividade dessa tecnologia, evidenciando sua contribuição para a redução do tempo de resposta e para o aprimoramento do planejamento tático das equipes de resgate.

Ao longo do período compreendido entre 12 de dezembro de 2024 e 9 de março de 2025, os drones foram empregados em diversas frentes, incluindo patrulhamento preventivo, busca e

resgate de vítimas, apoio em desastres naturais e suporte a eventos de grande porte. Durante esses três meses de operação intensificada, os registros apontam um alto índice de empregabilidade da tecnologia em múltiplos cenários críticos.

Os dados coletados demonstram que os drones realizaram um número expressivo de patrulhamentos preventivos, cobrindo uma ampla extensão de faixa litorânea e regiões de represas utilizadas para lazer. Além disso, os drones estiveram presentes em eventos de grande porte, como shows e festividades realizadas em Matinhos, onde foram empregados para controle de banhistas durante os shows e suporte na segurança pública.

Em relação às ações diretas de busca e salvamento, os drones foram fundamentais em seis ocorrências de busca por vítimas no mar, ampliando a capacidade das equipes de identificar pontos críticos e direcionar com precisão os guarda-vidas ao local exato da ocorrência. Além do litoral, a tecnologia também foi empregada em duas operações de busca em Curitiba, reforçando seu potencial de aplicabilidade em diferentes cenários operacionais.

Um dos destaques da Operação Verão foi a utilização dos drones em situações de desastres naturais, especialmente nas cheias que atingiram Guaratuba em 07/02/2025. As aeronaves remotamente pilotadas foram empregadas para mapear áreas alagadas, avaliar os danos e identificar pontos críticos de resgate, garantindo que as equipes pudessem atuar de maneira mais eficaz e segura.

680

Os números registrados evidenciam que o emprego de drones na Operação Verão 2024/2025 foi determinante para o fortalecimento da segurança pública e a modernização das táticas de salvamento aquático. A continuidade desse investimento representa um avanço significativo para a otimização dos atendimentos emergenciais, consolidando os drones como uma ferramenta indispensável para o Corpo de Bombeiros Militar do Paraná nas próximas edições da operação.

4.2 Drone DJI Matrice 350 RTK

Diante das demandas operacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (CBMPR) para missões de salvamento aquático, monitoramento de áreas de risco e suporte a emergências, o DJI Matrice 350 RTK, equipado com a câmera Zenmuse H30T, destaca-se como uma solução robusta e versátil. Este conjunto proporciona funcionalidades avançadas que atendem às necessidades críticas de operações em ambientes desafiadores, garantindo maior precisão, eficiência e segurança nas missões.

4.2.1 Configuração do Equipamento Utilizado pelo CBMPR

O equipamento adotado para as operações de salvamento aquático pelo CBMPR é configurado conforme descrito abaixo:

- Modelo: DJI Matrice 350 RTK;
- Câmera: Zenmuse H30T;
- Acessórios adicionais: Alto-falante CZI MP130 V2 e holofote CZI GL60;
- 6 baterias extras (TB65).

4.2.2 Ficha Técnica

a) Estrutura e Design

- Dimensões (dobrado): 430 × 420 × 430 mm;
- Dimensões (aberto, sem hélices): 810 × 670 × 430 mm;
- Material: Liga de alumínio e fibra de carbono;
- Resistência climática: IP55 (resistência à poeira e água);
- Peso (com bateria): 6,47 kg (sem carga útil).

681

b) Desempenho de Voo

- Tempo de voo máximo: Até 55 minutos (sem carga útil);
- Velocidade máxima: 23 m/s (~82 km/h);
- Altitude máxima de voo: 7.000 m;
- Resistência ao vento: Até 12 m/s (~43 km/h);
- Temperatura de operação: -20°C a 50°C;
- Sistema de detecção de obstáculos: Sensores omnidirecionais;
- Tecnologia RTK: Posicionamento de alta precisão.

c) Sistema de Energia

- Bateria: TB65 (LiPo 6S, 5.880 mAh);
- Autonomia: Até 55 minutos;
- Tempo de recarga: Aproximadamente 90 minutos;

- Gerenciamento inteligente: Otimização da distribuição de energia.

d) Controle e Transmissão

- Controle remoto: DJI RC Plus com tela de 7 polegadas de alto brilho;
- Alcance máximo de transmissão: Até 20 km em condições ideais;
- Frequência de comunicação: 2,4 GHz / 5,8 GHz;
- Software de controle: DJI Pilot 2;
- Compatibilidade com missões automatizadas: Sim.

4.2.3 Câmera – Zenmuse H30T

- Zoom óptico: 20x;
- Zoom digital: Até 200x;
- Resolução da câmera RGB: 12 MP;
- Câmera térmica: 640×512 px;
- Faixa de temperatura: -20°C a 1500°C;
- Medição de temperatura em tempo real;
- Peso: 925g.

4.2.4 Acessórios Adicionais

a) Alto-Falante CZI MP130 V2

- Compatibilidade: DJI Matrice 300 e 350 RTK;
- Nível máximo de volume: Acima de 130 dB;
- Alcance efetivo de transmissão: 300 a 500 metros, com alcance máximo superior a 1.000 metros;
- Modos de reprodução: Transmissão de voz em tempo real, reprodução de arquivos de áudio e conversão de texto em fala;
- Peso: 550 g.

b) Holofote CZI GL60 Plus

- Compatibilidade: DJI Matrice 300 e 350 RTK;

- Potência de iluminação: Alta intensidade, adequada para operações em ambientes com pouca luz;
- Distância de iluminação: até 150 metros;
- Área iluminada: 1.225 m²;
- Peso: 750g.

4.2.5 Faixa de Preço no Mercado Brasileiro

O custo do DJI Matrice 350 RTK e seus acessórios varia conforme o fornecedor e os itens adicionais adquiridos. Abaixo, os valores médios no mercado brasileiro (Modelismo BH, 2024):

- DJI Matrice 350 RTK com Zenmuse H30T (homologado pela ANATEL): R\$ 153.274,85;
- Holofote CZI GL60 Plus: R\$ 20.019,30;
- Alto-falante CZI MP130 V2: R\$ 21.955,30.

Os preços podem variar de acordo com a política comercial dos fornecedores, a disponibilidade de estoque e os custos adicionais de importação, especialmente para acessórios que ainda não possuem ampla distribuição no Brasil.

4.2.6 Considerações sobre a Aplicabilidade do DJI Matrice 350 RTK

Dada sua autonomia estendida, resistência ao vento, alta capacidade de carga e precisão georreferenciada, o DJI Matrice 350 RTK se consolida como a melhor opção para missões de salvamento aquático e monitoramento de desastres naturais. Sua capacidade de transportar e lançar equipamentos de resgate, aliada à tecnologia de transmissão em tempo real, o torna um aliado fundamental para o CBMPR em operações críticas.

Além disso, sua robustez operacional permite emprego eficaz em situações adversas, como condições meteorológicas instáveis, busca por vítimas em áreas de difícil acesso e suporte a equipes terrestres e aéreas. Seu custo de aquisição, embora elevado, deve ser analisado sob a perspectiva do custo-benefício a longo prazo, considerando a redução do tempo de resposta a emergências, a segurança dos operadores e o aumento da eficiência das missões.

A adoção do DJI Matrice 350 RTK no contexto do CBMPR representa um avanço significativo na modernização das operações de resgate, consolidando a integração de tecnologia de ponta no atendimento de emergências e na mitigação de desastres ambientais.

4.3 Salvamento com Dispositivo Externo de Liberação

Uma das inovações mais relevantes no uso de drones para salvamento aquático é a adoção de dispositivos externos de liberação de flutuadores ou cintos de salvamento. Esse mecanismo permite que o drone transporte e solte equipamentos de salvamento diretamente sobre a vítima, garantindo um suporte imediato antes da chegada do guarda-vidas (MATOS, 2017).

Principais Vantagens do Dispositivo de Liberação

a) **Rapidez na Entrega do Flutuador:** O equipamento é acionado remotamente e libera o dispositivo de flutuação em poucos segundos, garantindo que a vítima tenha apoio até a chegada do resgatista.

b) **Segurança para a Equipe de Resgate:** Evita que o guarda-vidas precise se expor a correntes perigosas, ondas fortes ou vítimas em pânico, reduzindo o risco de que o socorrista se torne uma segunda vítima (SZPILMAN, 2013).

c) **Facilidade de Uso e Integração com Drones de Maior Capacidade:** Drones como o DJI Matrice 350 RTK são ideais para essa função, pois possui um *payload* (peso máximo que consegue transportar) máximo de 2,7 kg, permitindo a integração do drone com câmeras térmicas e sistemas de liberação de carga sem comprometer sua autonomia operacional.

Em síntese, a utilização de um mecanismo de liberação acoplado ao drone potencializa o sucesso das missões de salvamento aquático, ampliando a capacidade de resposta das equipes de resgate e reduzindo riscos para as vítimas e os profissionais envolvidos. A adoção desse recurso representa um avanço estratégico na modernização das operações do CBMPR, reforçando a eficiência e segurança nas ações de salvamento.

4.3.1 Implementação do Dispositivo CZI TH4 V2

Para aprimorar as operações do CBMPR, recomenda-se a adoção do CZI TH4 V2, um dispositivo de liberação de carga para drones, projetado especialmente para aeronaves da linha DJI Matrice. Esse equipamento é fabricado pela CZI, a mesma marca dos acessórios refletor e alto-falante já utilizados pelo CBMPR, garantindo compatibilidade total e padronização dos equipamentos.

a) Características e Funções do CZI TH4 V2:

- Capacidade de carga: Possui quatro ganchos independentes, cada um suportando até 3 kg, permitindo múltiplos lançamentos em sequência. No entanto, o DJI Matrice 350 RTK possui um *payload* máximo de 2,7 kg, o que exige planejamento na distribuição da carga para manter o equilíbrio e eficiência operacional do drone.
- Peso do dispositivo: 320 g, impactando minimamente o *payload* total do drone.
- Liberação remota precisa: O operador pode ativar individualmente cada ponto de soltura, garantindo posicionamento exato e seguro.
- Integração com DJI Matrice 350 RTK: Projetado para suportar as demandas operacionais do CBMPR, garantindo estabilidade e segurança durante o voo.

Essa configuração permite ao CBMPR definir a melhor estratégia para cada operação, distribuindo o peso da carga dentro do limite operacional do drone.

4.3.2 Cálculo de Peso para Operação com *Lifebelt*

O *lifebelt* é um flutuador compacto e robusto que garante a segurança da vítima. Considerando todos os acessórios necessários para a operação, o *payload* real do drone fica dentro dos limites operacionais do DJI Matrice 350 RTK, o que pode ser visto na tabela abaixo:

685

Tabela 2 - Distribuição do peso dos componentes acoplados ao DJI Matrice 350 RTK com *lifebelt*.

Componente	Peso (g)
CZI TH4 V2	320
Câmera térmica H30T	925
Lifebelt	600
Dual Gimbal	280
Total (Payload Real)	2.125 g (2,13 kg) ✓

Fonte: Especificações dos fabricantes (DJI, CZI, 2024).

Como o *payload* máximo permitido é de 2,7 kg, essa configuração está dentro do limite operacional do DJI Matrice 350 RTK, garantindo uma operação segura e eficiente.

4.3.3 Otimização com um Dispositivo Menor e Mais Leve

Diante da possibilidade de otimizar a operação e permitir o resgate de duas vítimas simultaneamente, uma alternativa viável é o uso das boias autoinfláveis da marca ONEUP, que são mais leves e permitem o transporte de duas unidades em uma única missão. Dados na tabela abaixo.

Tabela 3 - Distribuição do peso dos componentes acoplados ao DJI Matrice 350 RTK com duas boias ONEUP.

Componente	Peso (g)
CZI TH4 V2	320
Câmera térmica H30T	925
Duas boias ONEUP (390 g cada)	780
Dual Gimbal	280
Total (Payload Real)	2.305 g (2,31 kg) ✓

Fonte: Especificações dos fabricantes (DJI, CZI, 2024).

Assim como na configuração anterior, o *payload* real de 2,31 kg está dentro do limite operacional do DJI Matrice 350 RTK. Essa configuração oferece a vantagem de dobrar a capacidade de resgate, permitindo que duas vítimas recebam suporte simultaneamente.

4.3.4 Comparação das Configurações

Ambas as configurações estão dentro do *payload* suportado pelo DJI Matrice 350 RTK, e a escolha entre o *lifebelt* e as boias ONEUP depende da estratégia operacional:

a) *Lifebelt*: Proporciona um flutuador maior e mais robusto, sendo ideal para resgatar uma única vítima em condições críticas.

b) Duas boias ONEUP: Aumentam a capacidade de salvamento, permitindo atender duas vítimas ao mesmo tempo, tornando-se mais eficaz em cenários com múltiplos afogamentos.

Tabela 4 - Comparação de Peso e Capacidade de Resgate.

Equipamento	Peso Total	Capacidade de Resgate
Lifebelt	2,125 kg	Uma vítima
Boias ONEUP	2,305 kg	Dois vítimas

Fonte: Adaptado de especificações técnicas DJI e CZI (2024).

A incorporação dessas tecnologias melhora a eficiência e segurança das operações do CBMPR, reduzindo o tempo de resposta e ampliando o alcance dos resgates aquáticos.

5. CONCLUSÃO

A proposta de adoção de drones pelo CBMPR alinha-se à tendência global de modernização tecnológica das forças de segurança. Apesar das restrições regulatórias e custos associados, o potencial benefício operacional é considerável, especialmente em termos de redução significativa do tempo potencial de resposta em futuras operações de salvamento aquático. Sugere-se ampliar treinamentos práticos e explorar avanços tecnológicos, como sistemas autônomos e inteligência artificial, visando otimizar continuamente futuras operações.

Embora persista a necessidade de cumprir rigorosamente normas da ANAC, DECEA e ANATEL, e de realizar investimentos em aquisição e manutenção, a análise sugere que os benefícios superam os desafios, sobretudo quando se trata de salvar vidas. O uso de um dispositivo de liberação de boia ou cinto de salvamento reforça ainda mais a eficiência desse recurso.

No que tange à escolha do modelo, drones como o DJI Matrice 350 RTK oferecem maior *payload*, robustez e resistência ao vento, sendo a melhor ARP no atualmente para uso em missões de salvamento.

687

Para pesquisas futuras, recomenda-se que o CBMPR mensure a redução no tempo de salvamento e avalie o impacto financeiro de cada solução. Também se sugere a ampliação dos treinamentos práticos, com uso de simuladores e voos em condições adversas, a fim de padronizar os protocolos de atuação, consolidando o drone como um instrumento confiável, seguro e eficaz para o salvamento aquático.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Drone para prevenção de afogamentos é atração nas praias do Rio.** *Agência Brasil*, 17 fev. 2017. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-02/drone-para-prevencao-de-afogamentos-e-atracao-nas-praias-do-rio>. Acesso em: 27 fev. 2025.

ACRÍTICA NET. **Drone ajuda Corpo de Bombeiros nas praias do Rio de Janeiro.** *A Crítica*, 27 jan. 2017. Disponível em: <https://www.acritica.net/editorias/geral/drone-ajuda-corpo-de-bombeiros-nas-praias-do-rio-de-janeiro/159365/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

AEROENGENHARIA. **História dos Drones: Por trás desta nova era tecnológica.** 03/08/2023. Disponível em: <https://aeroengenharia.com/historia-dos-drones-a-nova-era-tecnologica/>. Acesso em: 2 mar. 2025.

AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS DO PARANÁ. **Bombeiros usam drones de alta tecnologia para reforçar proteção de banhistas no Litoral.** 2024. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br>. Acesso em: 04/03/2025.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E nº 94): dispõe sobre requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil, 2023.**

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **ICA 100-40: Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por Aeronaves Não Tripuladas, 2023.**

DA SILVA, P. C. R. **O emprego de veículos aéreos não tripulados no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

CZI. **CZI - Payloads Matrice 300/350 RTK - Webinar Online.** YouTube, 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EKCSRioDNVA>. Acesso em: 3 mar. 2025.

DEFESA CIVIL DO PARANÁ. **Defesa Civil realizou curso de Drone para Regionais do Paraná, que será usado para mapear.** Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Noticia/Defesa-Civil-realizou-curso-de-Drone-para-Regionais-do-Parana-que-sera-usado-para-mapear>. Acesso em: 26 fev. 2025.

DJI. **Matrice 350 RTK.** Disponível em: <https://enterprise.dji.com/pt-br/matrice-350-rtk?site=enterprise&from=nav>. Acesso em: 26 fev. 2025.

EURONEWS. **Como os drones estão a revolucionar a guerra na Ucrânia.** Disponível em: <https://pt.euronews.com/next/2024/09/25/como-os-drones-estao-a-revolucionar-a-guerra-na-ucrania/>. Acesso em: 2 mar. 2025.

EXAME. **Drone é usado em resgate na Austrália pela 1ª vez no mundo.** Disponível em: <https://exame.com/mundo/drone-e-usado-em-resgate-na-australia-pela-1a-vez-no-mundo/>. Acesso em: 26 fev. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007. Apud NUNES, T. J. **Aplicação da tecnologia através de drones no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.** Araranguá: UFSC, 2017.

LOJA DJI. **História dos drones.** Blog Loja DJI, 2024. Disponível em: <https://blog.lojadji.com.br/historia-dos-drones/>. Acesso em: 02 mar. 2025.

MATOS, G. S. **A viabilidade do uso de drone em salvamento aquático no âmbito do CBMGO.** Goiânia, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) – CAEBM.

MODELISMO BH. **Loja online de drones e acessórios.** 2024. Disponível em: <https://www.modelismobh.com.br>. Acesso em: 3 mar. 2025.

NORD INVESTIMENTOS. **Quanto custa uma lancha?** 2024. Disponível em: <https://www.nordinvestimentos.com.br/blog/quanto-custa-uma-lancha/>. Acesso em: 5 mar. 2025.

NUNES, T. J. **Aplicação da tecnologia através de drones no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.** Araranguá: UFSC, 2017.

OLHAR DIGITAL. **Salva-vidas usam drone para resgatar duas pessoas que estavam se afogando.** Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2018/01/18/seguranca/salva-vidas-usam-drone-para-resgatar-duas-pessoas-que-estavam-se-afogando/>. Acesso em: 26 fev. 2025.

SANFELICE, Lucas Oliveira. **Emprego das aeronaves remotamente pilotadas (ARP) no conflito entre Ucrânia e Rússia.** 2023. 20 f. Artigo (Especialização) – Curso de Gerência de Manutenção de Aeronaves, Centro de Instrução de Aviação do Exército, Taubaté, SP, 2023. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/13656/1/%20Artigo%20Cient%C3%ADfico%20-%20Sanfelice.pdf>. Acesso em: 02/03/2025.

SZPILMAN, D. **Afogamento: prevenção, tratamento e reabilitação.** 1. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2013.

VOEJETS BRA. **Táxi aéreo de helicóptero: quanto custa e vale a pena?** 2024. Disponível em: <https://voejetsbra.com.br/taxi-aereo-de-helicoptero-quanto-custa-e-vale-a-pena>. Acesso em: 5 mar. 2025.

YOUTUBE. **Drone salva-vidas em ação no resgate de afogados.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pomp8HI5mDc>. Acesso em: 26 fev. 2025.