

**Avaliação de opções estratégicas para o
aumento da capacidade aeroportuária da região de Lisboa**

Anexo 11 – Vertiport



Relatório PACARL

**Plano de Ampliação da Capacidades Aeroportuária
da Região de Lisboa**

PT 2 – Planeamento e Desenvolvimento Aeroportuário

Coordenação: Rosário Macário

Dezembro de 2023

Comissão Técnica Independente

PT 2 – Planeamento e Desenvolvimento Aeroportuário

RELATÓRIO PACARL

“Plano de Ampliação da Capacidade Aeroportuária da Região de Lisboa”

ANEXO 11 – VERTIPOINT

Coordenação

Rosário Macário

Equipa Técnica

Vasco Reis

1 INTRODUÇÃO

Vertiportos são infraestruturas especializadas, especialmente projetadas para a decolagem, aterragem e manutenção de Veículos Aéreos de Decolagem e Aterragem Vertical (VTOL – Vertical Take Off and Landing). A Agência Europeia de Segurança na Aviação define Vertiporto como *“uma área de solo, água ou estrutura utilizada ou apropriada para ser utilizada na aterragem e decolagem de veículos VTOL”*¹.

A maioria das aeronaves VTOL são movidas por motores elétricos podendo-se designar por eVTOL. As aeronaves VTOL podem ser tripuladas. No caso de não serem tripuladas podem designar-se por drones ou UAVs² (Unmanned Aerial Vehicles ou Veículos Aéreos não Tripulados). As aeronaves VTOL podem ser destinadas ao transporte de pessoas ou de mercadorias.

Os Vertiportos são uma componente essencial nos ecossistemas emergentes da Mobilidade Aérea Urbana (UAM – Urban Aerial Mobility). Os Vertiportos são particularmente interessantes em zonas urbanas ou urbanizáveis pois permitem que os veículos VTOL e drones operem como pontes aéreas, contornando o congestionamento e outros obstáculos (ex.: escassez de estacionamento). Adicionalmente, os Vertiportos são também uma solução particularmente adaptável ao meio urbano pelos seguintes motivos:

- Requerem um espaço de implementação muito limitado, podendo ser instalados no topo de edifícios, permitindo ultrapassar a escassez de terra disponível para a criação de aeródromos com pistas;
- Ao operar com aeronaves VTOL conseguem ultrapassar os habituais obstáculos verticais (ex.: edifícios, postes, fios, zonas de exclusão, etc.) que dificultam ou impedem a implementação de cones de aproximação, necessários para que as aeronaves possam aproximar ou decolar em segurança, são por isso mais flexíveis que as aeronaves de aterragem longitudinal;
- Ao operar com aeronaves eVTOL ultrapassam as restrições ambientais (ex.: emissões, ruído, obstrução visual) que limitam ou impedem a utilização de aeronaves com motores a combustão interno ou o sobrevoo de zonas habitadas (em particular os perfis de perfuração para as descidas e subidas).
- O design dos Vertiportos é uma peça fundamental na sua eficácia e versatilidade. Esses locais multifacetados são concebidos para serem hubs dinâmicos que

¹ Fonte: <https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/vertiports-urban-environment>

² De notar que os drones ou UAVs só serão VTOL se tiverem a capacidade de aterrar ou decolar na vertical.

acomodam diversos tipos de aeronaves VTOL, permitindo a implementação de leque amplo de serviços de transporte de passageiros ou carga, para turismo, negócio e emergências.

Um dos principais elementos de design dos Vertiportos é a plataforma de decolagem e aterragem. Essas áreas são projetadas para acomodar a variedade de aeronaves VTOL que podem utilizá-las. Os Vertiportos dedicados ao transporte de passageiros incluem áreas de espera, pontos de check-in, segurança e serviços de apoio ao cliente. Os Vertiportos que disponibilizam serviços de carga incluem instalações de armazenamento, triagem e processamento. Naturalmente, a natureza e tipologia de serviços depende do espaço disponível, ou função do Vertiporto no sistema UAM entre outros. Adicionalmente, os Vertiportos disponibilizam serviços auxiliares tais como infraestrutura de recarga ou reabastecimento das aeronaves, serviços de manutenção e reparação, terminal de passageiros ou armazém para carga.

A localização dos Vertiportos depende de diversos fatores, nomeadamente, i) disponibilidade de infraestrutura (ex.: terra disponível, edifícios com infraestrutura adequada, etc.), ii) restrições do espaço aéreo (ex.: zonas de exclusão, zona de aproximação a aeroportos, etc), iii) hierarquia que desempenha no sistema de mobilidade urbana e logística da zona urbana, incluindo proximidade a outros nós da rede (ex.: estações multimodais de transporte com serviços regionais, nacionais ou internacionais, tal como aeroportos, estações de comboios, ou terminais de autocarros), diversidade de outros serviços de transporte (ex.: serviços urbanos de autocarros, metropolitano, comboio, shared mobility, etc.). Além disso, a localização próxima a hubs de transporte público é uma estratégia inteligente para otimizar a acessibilidade. A localização de Vertiportos próximos de nós da rede facilitam a integração dos serviços de transporte aéreo com a rede de transporte público já existente. Isso oferece uma solução de mobilidade verdadeiramente intermodal, permitindo que os passageiros passem facilmente de um modo de transporte para outro sem interrupções significativas, proporcionando uma experiência de viagem eficiente e confortável.

Uma opção para a localização dos Vertiportos é o topo de edifícios altos. Esta escolha aproveita o espaço vertical nas cidades, maximizando a eficiência de ocupação do solo em áreas urbanas densamente povoadas. Ao situar os Vertiportos nos telhados de edifícios, as cidades podem utilizar o espaço aéreo acima dos prédios existentes, criando uma infraestrutura adicional sem a necessidade de adquirir terra adicional ou interromper bairros já estabelecidos. Isso é particularmente benéfico em cidades onde o espaço é limitado e caro, sendo já uma opção comum nas megacidades.

Outra opção viável é a localização em estacionamentos. Vertiportos construídos em estacionamentos oferecem a vantagem de aproveitar áreas já dedicadas à mobilidade, com fácil acesso para passageiros que desejam combinar viagens aéreas com viagens terrestres. A proximidade a estruturas de estacionamento é especialmente conveniente para aqueles que desejam deixar seus veículos pessoais ou utilizar o transporte público para chegar ao Vertiporto, facilitando a viagem intermodal e minimizando a perturbação das rotinas diárias.

A infraestrutura necessária para o funcionamento eficaz dos Vertiportos é um elemento-chave. Um dos componentes da infraestrutura dos Vertiportos é o sistema de gestão de tráfego aéreo. Dado que múltiplas aeronaves VTOL podem operar num espaço aéreo relativamente pequeno, é imperativo haver sistemas avançados de controle de tráfego aéreo para garantir a segurança de todas as operações. Estes sistemas incluem radares, comunicações em tempo real, software de monitorização de tráfego, e até mesmo algoritmos de inteligência artificial para prevenir colisões e otimizar a eficiência das rotas de voo. Além disso, a infraestrutura terrestre desempenha um papel fundamental nos Vertiportos. Equipamentos de suporte terrestre, como guindastes para o carregamento de cargas pesadas, plataformas de manutenção, e instalações para carregamento rápido das baterias das aeronaves elétricas, são necessários para as operações diárias. A estação de recarga ou reabastecimento é um elemento essencial, especialmente no contexto de aeronaves elétricas. As baterias das aeronaves VTOL precisam ser carregadas regularmente para garantir que estejam prontas para o serviço. Assim, as estações de recarga devem ser projetadas para serem rápidas e eficientes, de modo a minimizar o tempo de espera das aeronaves e manter uma operação contínua.

A segurança dos Vertiportos é uma dimensão de elevada importância, atendendo a que estes locais operam no coração de áreas urbanas densamente povoadas e frequentemente próximas a edifícios, veículos e pessoas. Para garantir a operação segura de aeronaves VTOL, uma série de medidas e regulamentos rigorosos são implementados. Um dos principais focos da segurança em Vertiportos é a conformidade com regulamentos e padrões de segurança estabelecidos pelas autoridades de aviação e agências reguladoras. Atendendo ao carácter inovador e recente dos sistemas de UAM, incluindo os Vertiportos, a regulamentação é ainda escassa e dispersa. Habitualmente existem fortes limitações à utilização destes veículos, sendo sempre necessário recorrer a autorizações especiais dos reguladores³. Uma nota final para a ciber-segurança. A ciber-segurança cibernética é uma preocupação crescente à medida que a aviação urbana se torna mais automatizada e

³ A nível Europeu a EASA – European Union Aviation Safety Authority é uma boa fonte de informação. A nível nacional a responsabilidade recai sobre a ANAC

conectada digitalmente. Vertiportos devem adotar medidas de segurança robustas para proteger os sistemas de controle e comunicação contra ameaças cibernéticas.

A mitigação de ruído é outra preocupação crítica em ambientes urbanos. A operação de aeronaves VTOL pode ser mais silenciosa do que aeronaves de operação longitudinal, mas ainda assim, o ruído é uma consideração importante, especialmente em áreas residenciais. Os Vertiportos e as aeronaves VTOL devem ser dotados de tecnologias de redução de ruído, como hélices mais silenciosas ou implementação de rotas de voo que minimizam o impacto sonoro. Além disso, horários de operação podem ser ajustados para evitar voos noturnos ou em horários sensíveis ao ruído.

O futuro dos Vertiportos é auspicioso pois espera-se um rápido crescimento da frota das aeronaves VTOL e eVTOL, o que vai implicar o desenvolvimento de Vertiportos nas zonas urbanas. Aliás, a EASA é clara quando indica que *“Urban Air Mobility is expected to become a reality in Europe within 3-5 years”*⁴. Corroborando esta previsão observa-se em várias cidades europeias a implementação de Vertiportos.

No sistema UAM a tecnologia das aeronaves deverá evoluir em paralelo com a infraestrutura – Vertiportos, gestão de tráfego aéreo e outras – de forma a garantir um sistema eficaz, eficiente e seguro. Neste sentido, os Vertiportos estão bem posicionados para desempenhar um papel cada vez mais crucial no futuro das cidades e da mobilidade.

A expansão da presença dos Vertiportos nas paisagens urbanas é uma tendência que se espera que ganhe força, à medida que novos modelos de negócios e investimentos são desenvolvidos e implementados. Neste sentido, podemos esperar um aumento da quantidade e diversidade de Vertiportos e, conseqüentemente, da disponibilidade de serviços de transporte VTOL, tornando-os uma opção cada vez mais acessível e conveniente para os cidadãos e empresas.

A convergência de tecnologias emergentes, como veículos eVTOL eficientes e UAVs autônomos, amplia ainda mais o potencial dos Vertiportos. Gradualmente haverá a implementação de novos serviços, desde o transporte de passageiros em horários de pico até a entrega rápida e eficiente de produtos farmacêuticos e outros. Estes serviços vão contribuir para a redução do congestionamento do tráfego urbano, e proporcionar uma melhoria da qualidade dos serviços de transportes. Em termos de sustentabilidade ambiental, os Vertiportos têm o potencial de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a melhoria da qualidade do ar nas cidades. Neste sentido, a utilização de aeronaves eVTOL elétricas é crítico para a obtenção daqueles objetivos.

⁴ Fonte: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/urban-air-mobility-uam>

Adicionalmente, espera-se um impacto económico positivo dos sistemas UAM e consequentemente dos Vertiportos. Os Vertiportos podem i) atuar como hubs de criação de empregos local nas áreas onde estão localizados, ii) estimular o desenvolvimento de novas tecnologias, startups e indústrias relacionadas à aviação urbana; e iii) ultimamente, impulsionar a inovação e a economia em geral, criando um ambiente propício ao desenvolvimento social, económico e ambiental.

2 DESAFIOS À INTRODUÇÃO DE VERTIPORTOS NO SISTEMA DE TRANSPORTE AÉREO URBANO

O desenvolvimento de veículos VTOL, incluindo UAVs, já se iniciou há vários anos. Porém, só recentemente, os avanços tecnológicos permitiram ambicionar o desenvolvimento de soluções comercialmente viáveis. Atualmente, diversas empresas encontram-se em fase avançadas de construção de veículos VTOL para UAM – ex.: Volocopter, Airbus, Lilium, Vertical Aerospace, Archer Aviation, EHang.

A introdução destas aeronaves no espaço aéreo requer uma análise detalhada a múltiplos fatores, nomeadamente: integração com outras aeronaves (ex.: aviões e helicópteros) e com espaço aéreo existente (ex.: cones de aterragem e descolagem de aviões nos aeroportos, zonas de exclusão aérea), manobras de aterragem e descolar – incluindo dimensionamento de Vertiportos, utilização do espaço aérea urbano (baixa altitude), comunicação, etc.

Autoridades e reguladores a nível Europeu e Mundial discutem a melhor forma de introduzir estes veículos no espaço aéreo urbano em segurança, mantendo a racionalidade económica.

O Eurocontrol, em particular, tem vindo a trabalhar ativamente neste domínio. Recentemente, em cooperação com a empresa Volocopter, publicou uma reflexão sobre os principais desafios à introdução de veículos VTOL em UAM que se resume de seguida⁵ - a ideia base é que não se trata de introduzir um novo tipo de aeronave, mas de integrar um novo conjunto de operações num contexto complexo como o urbano, em conquistar a confiança pública e em criar um contexto regulatório.

O primeiro tópico a ser abordado é a *certificação das aeronaves*. Para operar voos comerciais de passageiros na Europa, os eVTOLs precisam ser certificados de acordo com os mais altos padrões de segurança fornecidos pela Agência Europeia de Segurança da Aviação (EASA) SC VTOL, que é de 10^{-9} para condições de falha catastrófica. Isso supera consideravelmente os níveis de segurança de drones, helicópteros ou aeronaves gerais de

⁵ Fonte: <https://www.eurocontrol.int/article/how-bring-urban-air-mobility-life>

aviação convencional para permitir voos sobre áreas congestionadas do ponto de vista da segurança. Embora o objetivo final seja ter veículos autónomos, numa primeira fase espera-se que os veículos VTOL sejam manobrados por pilotos. O principal motivo é acelerar a entrada em serviço e ajudar na aceitação pública dessa nova tecnologia. O piloto poderá estar na aeronave, ou estar remoto (i.e., pilotado remotamente). Isso significa que dois regimes regulatórios diferentes podem ser aplicados aos eVTOLs: tripulados ou não tripulados, o que também apresenta alguns desafios.

Um outro tópico importante, especialmente no contexto de operações em ambiente urbano, é a *infraestrutura terrestre – ou seja, instalação de Vertiportos*. Embora aeronaves VTOL possam usar heliportos ou aeródromos existentes, tais locais não são suficientes para conectar os destinos desejados da UAM à medida que as operações aumentam. Portanto, locais dedicados de descolagem e aterragem, conhecidos como Vertiportos, terão de ser instalados na infraestrutura física de uma cidade para dar suporte às operações da UAM. As principais diferenças dos Vertiportos em relação aos heliportos tradicionais incluem maior capacidade de passageiros, restrições diferentes de obstáculos de voo, menor assinatura de ruído e infraestrutura de carregamento de baterias, essencial para as operações de eVTOLs.

No que diz respeito à *integração e integridade do espaço aéreo*, o objetivo é voar com segurança, eficiência e coexistir com todos os outros usuários do espaço aéreo. A criação de um sistema de gerenciamento de tráfego aéreo é uma grande, porém complexa, oportunidade para a UAM. Em primeiro lugar, esse sistema precisará ser harmonizado com os sistemas e procedimentos de ATM existentes para operações de voo em espaços aéreos controlados. Os controladores de tráfego aéreo (ATCOs) devem estar envolvidos o mínimo possível nas operações padrão.

O uso diferente do espaço aéreo com novos utilizadores está previsto especificamente em *espaços aéreos de (muito) baixa altitude* e em áreas urbanas, onde novos sistemas, procedimentos, regras de voo e funções terão de ser estabelecidos, especialmente em espaços aéreos anteriormente não controlados. Enquanto na Europa vemos uma abordagem mais integrada com o espaço aéreo U⁶, outras regiões estão a considerar uma subdivisão adicional desse espaço aéreo em espaço aéreo para a UAM (embora determinar os critérios de diferenciação possa tornar-se difícil). Em qualquer caso, o conceito de espaço aéreo deve ser desenvolvido levando em consideração as várias partes interessadas. Estas incluem, mas

⁶ Espaço aéreo U (ou U space): conjunto de serviços e procedimentos específicos concebidos para garantir o acesso seguro e eficiente de um grande número de drones ao espaço aéreo e que se baseiam em elevados níveis de digitalização e automatização. Fonte: <https://www.ecac-ceac.org/activities/unmanned-aircraft-systems/uas-bulletin/22-uas-bulletin/504-uas-bulletin-2-what-is-u-space>

não se limitam a prestadores de serviços de navegação aérea (ANSPs); autoridades de aviação civil (CAAs) e autoridades de segurança; operadores de Vertiportos e usuários do espaço aéreo, como aviação geral, e operadores de voos de interesse público, como polícia, serviços médicos de emergência de helicóptero/busca e resgate (HEMS/SAR). Além disso, devido à natureza local das operações, autoridades regionais e municípios provavelmente quererão ter uma palavra na organização final do sistema UAM. Por enquanto, a segurança é assegurada pela separação dos vários tipos de tráfego, por exemplo, por meio da reconfiguração dinâmica do espaço aéreo ou pelo estabelecimento de corredores dedicados para os serviços da UAM. Devido à natureza dos voos de curta distância, a questão das altitudes mínimas de voo deve ser abordada. As regras de separação da ICAO (que já estão refletidas nas regras Europeias (SERA)) incluem limitações de voos sobre áreas congestionadas, e permitem que as autoridades locais possam alterar as altitudes padrão (restringir ou aliviar) e as rotas permitidas das operações da UAM.

Além disso, a cobertura dos serviços de *Comunicações, Navegação e Vigilância* (CNS) em zonas urbanas pode ser limitada, devido às baixas altitudes de voo. O desafio inclui a introdução de mecanismos confiáveis de detecção e desvio. Outro fator será a *informação meteorológica*: os serviços meteorológicos atuais podem não ser adequados o suficiente para relatórios meteorológicos urbanos da UAM, onde podem ocorrer rajadas locais ou mudanças de temperatura. Além do espaço aéreo e da regulamentação, a interoperabilidade e a conectividade também estão na lista de desafios da indústria o que requer um serviço de conectividade de qualidade aeronáutica no ambiente urbano.

Autoridades a nível mundial tem vindo a desenvolver esforços no sentido de produzir regulamentos e orientações para a introdução de veículos VTOL e Vertiportos em UAM. Com o propósito de exemplificar a diversidade de iniciativas, apresentamos de seguida algumas iniciativas:

- Na China, as Autoridades publicaram, em maio de 2023, regulamentação que visa regular a atividade de veículos VTOL, incluindo UAVs, em contexto urbano⁷.
- No Canada, o Ministério dos Transportes publicou, em junho de 2023, uma proposta de regulamento para regular a atividade de veículos UAVs, incluindo VTOL, pilotados remotamente⁸.
- Na Austrália, a Autoridade Nacional de Aviação Civil publicou, julho de 2023 Orientações para o desenho de Vertiportos⁹.

⁷ Fonte: http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/content/202306/content_6888799.htm

⁸ Fonte: <https://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2023/2023-06-24/html/reg6-eng.html>

⁹ Fonte: <https://www.casa.gov.au/node/229232>

- Nos Estados Unidos, a Autoridade Federal de Aviação Civil publicou, em setembro de 2022, orientações técnicas para o desenho de Vertiportos¹⁰.
- Na Europa, a EASA e a Comissão Europeia publicaram, em maio de 2022, especificações e orientações técnicas (versão protótipo) para o desenho de Vertiportos¹¹.

3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA O DESENHO DE VERTIPORTOS

Neste capítulo resume-se as principais especificações e orientações técnicas publicadas pela EASA (Agência Europeia para a Segurança na Aviação) no documento: “Prototype Technical Design Specifications for Vertiports”¹². Apresenta-se de seguida as principais orientações do documento.

A Figura 1¹³ e a Figura 2¹⁴ apresenta as principais áreas funcionais de um Vertiporto numa possível configuração (layout). Assim temos:

- FATO: Final Approach and Take Off Area – área designada para a realização das manobras de aterragem e descolagem do veículo VTOL. É a placa de aterragem e descolagem;
- TLOF: Touchdown and Lift Off Area – área dimensionada para suportar a aterragem e descolagem de veículos VTOL;
- Safety/Protection Area: área de exclusão de segurança que serve para acomodar eventuais desvios do veículo VTOL durante as manobras de aterragem e descolagem;
- Pad: zona de aterragem e descolagem;
- Taxiway: caminho de circulação do veículo VTOL até o local de paragem;
- Stand/Gate: local de paragem do veículo VTOL adequado para a movimentação de passageiros e carga, ou realização de atividades de manutenção e apoio (ex.: carregamento);
- Towing Cart: veículo de apoio que faz a movimentação do veículo VTOL entre o TLOF e o Stand/Gate

¹⁰ Fonte: https://www.faa.gov/airports/engineering/engineering_briefs/engineering_brief_105_vertiport_design

¹¹ Fonte: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technical-design-specifications-vertiports>

¹² Fonte: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technical-design-specifications-vertiports>

¹³ Fonte: <https://doi.org/10.3390/drones6070179>

¹⁴ Fonte: <https://www.casa.gov.au/node/229232>

- Vertiport (airside): área do lado ar do Vertiporto (acesso condicionado a pessoas autorizadas)
- Vertiport (land side): área do lado terra do Vertiporto, onde são realizados os diversos serviços de apoio.

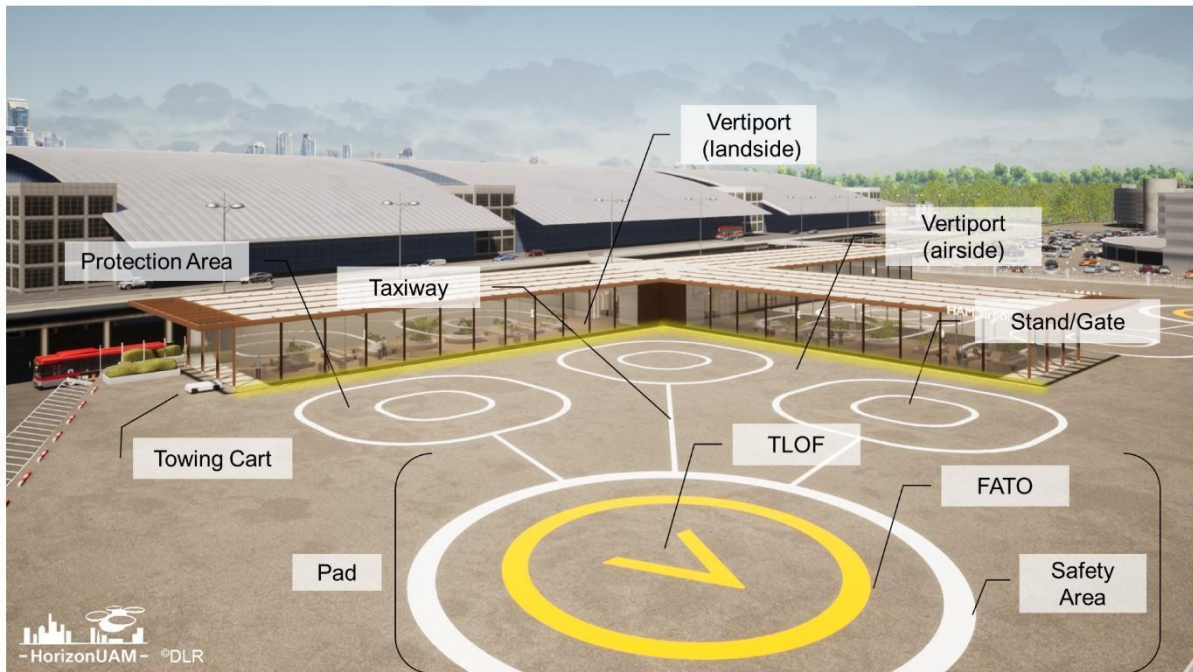


Figura 1: Principais áreas funcionais de um vertiporto (esquema) (Fonte: EASA)

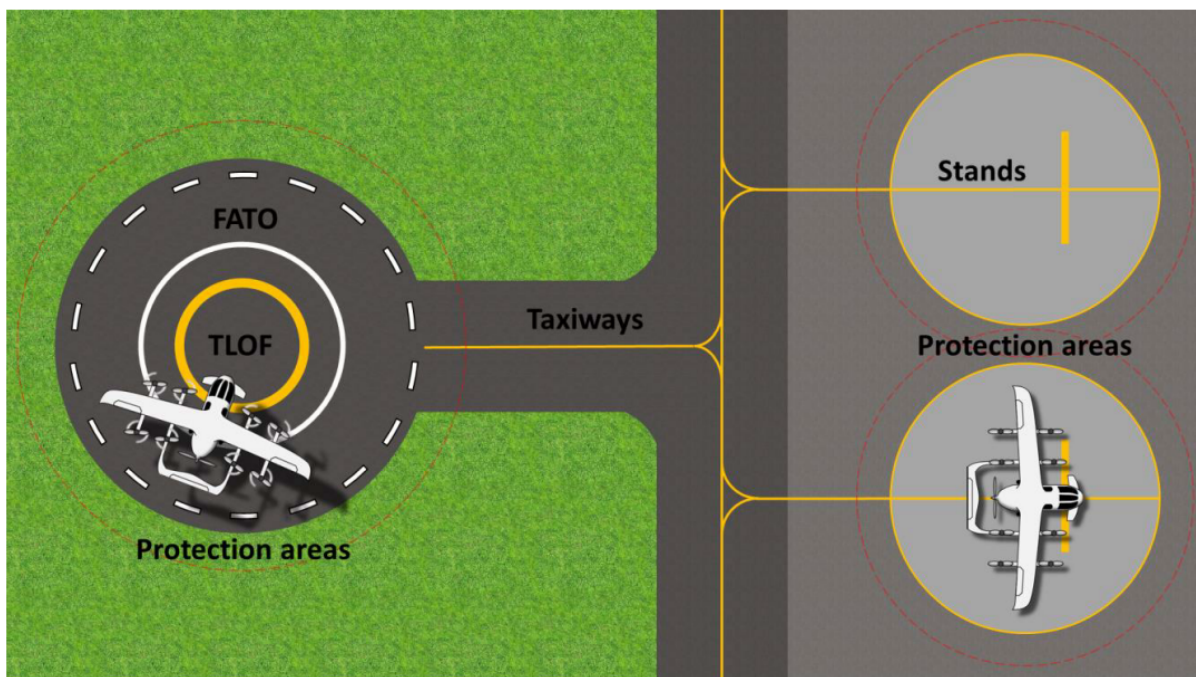


Figura 2: Principais áreas funcionais de operação (fonte: EASA)

Na sua essência um Vertiporto é constituído pelo Pad – TLOF, FATO e Safety Area. No Capítulo seguinte são apresentados alguns exemplos de Vertiportos – reais e conceptuais.

O parâmetro base de dimensionamento é o valor D (Figura 3¹⁵). O valor D designa o diâmetro do círculo mais pequeno que envolve a projeção de uma aeronave VTOL num plano horizontal, quando a aeronave se encontra na configuração de descolagem ou aterragem, com o(s) rotor(es) a rodar, se aplicável. De notar que um determinado veículo VTOL pode ter mais do que um valor D, se tiver partes amovíveis, tal como por exemplo: asas amovíveis, rotores móveis, etc. O valor D é definido pelo construtor do veículo VTOL.

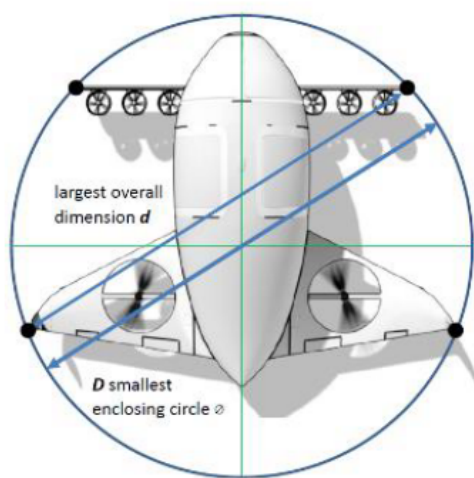


Figura 3: Representação gráfica do Valor-D (fonte EASA)

A Tabela 1 e a Figura 4 à Figura 6, apresentam os parâmetros de dimensionamento do Vertiporto (FATO) e da área de aproximação¹⁶. A dimensão da placa de aterragem – FATO – é calculada como sendo 1.5vezes o valor D do veículo VTOL. Portanto, o Vertiporto é definido para determinado tipos de veículos. Adicionalmente, é preciso incluir uma zona de segurança – Safety Área – com uma dimensão mínima de 0.25 vezes o valor D ou 3 metros (o que for maior). A nível da área de aproximação, o veículo VTOL eleva-se até uma determinada altitude na vertical – h1 – antes de começar a se deslocar na horizontal. A altitude h1 é definida pelo construtor. A área de aproximação aumenta com a altitude até uma largura máxima de 5 vezes o valor D.

¹⁵ Fonte:

<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technical-design-specifications-vertiports>

¹⁶ A fonte da tabela e de todos os esquemas é

<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technical-design-specifications-vertiports>

Uma nota final para indicar que a largura do taxiway deverá ser de 1.5 vezes a largura do veículo VTOL, no caso de veículos que façam o *taxiing* no solo – ground-taxi, ou 2 vezes, no caso de veículos que faça, o *taxiing* no ar – air-taxi.

Tabela 1: Parâmetros Genéricos de dimensionamento de um Vertiporto e área de aproximação (fonte EASA)

Parameter	Short Description	Reference Volume Type 1
D	D-Value	VTOL aircraft specific
h_1	Low hover height	-
h_2	High hover height	$> h_1$
TO_{width}	Width at h_2	$\leq 5 D$
TO_{front}	Front distance at h_2	$\leq 5 D$
TO_{back}	Back distance at h_2	$\leq 5 D$
$FATO_{width}$	Width of the FATO	$\geq 1.5 D$
$FATO_{front}$	Front distance of the FATO	$\geq 0.75 D$
$FATO_{back}$	Back distance of the FATO	$\geq 0.75 D$
α_{app}	Slope of approach surface	$\geq 4.5\%$
α_{dep}	Slope of departure surface	$\geq 4.5\%$

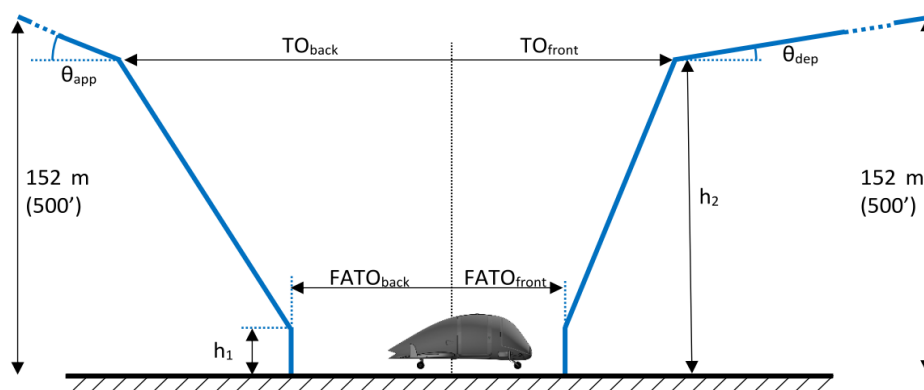


Figura 4: Limites genéricos (perfil), zonas de aterragem e decolagem (fonte EASA)

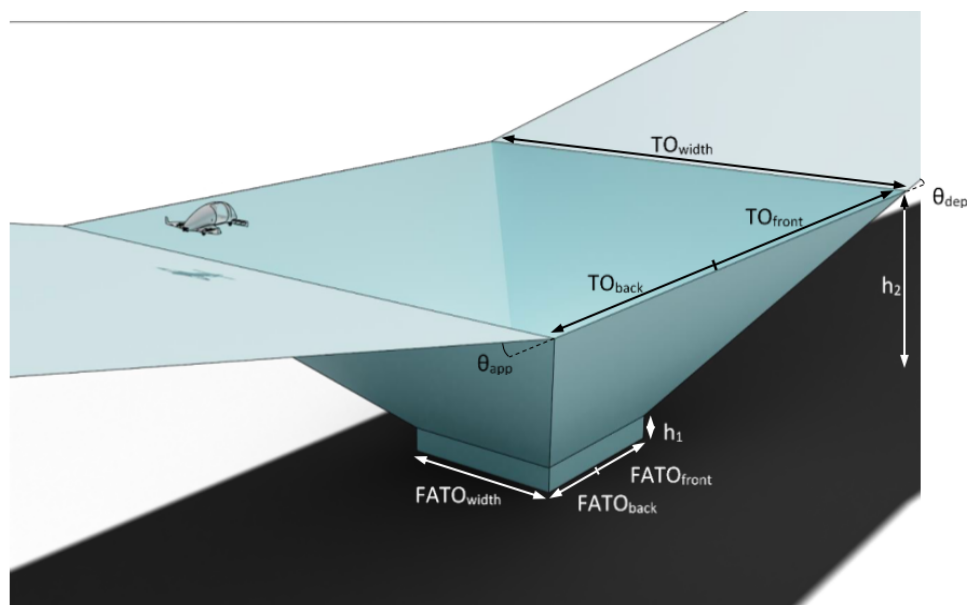


Figura 5: Limites genéricos (volume) da zona de aterragem e descolagem (fonte EASA)

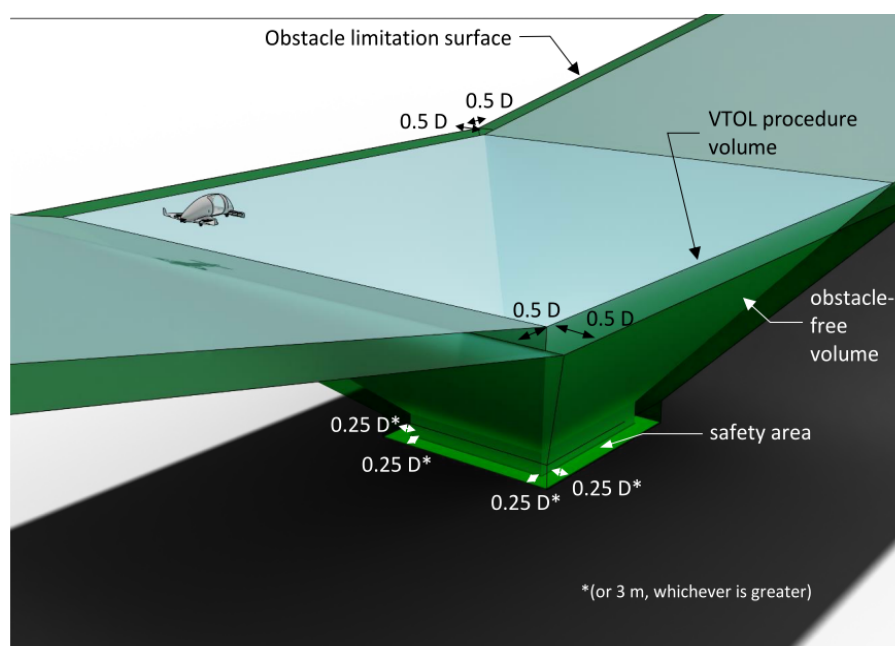


Figura 6: Limites genéricos (volume), adicionado de Safety Area, da zona de aterragem e descolagem (fonte EASA)

A título exemplificativo apresenta-se os cálculos da Tabela 1 para o Volocopter VoloCity¹⁷. Não foi possível obter o valor D , nem o valor $h1$ do fornecedor. Após uma análise às especificações técnicas publicadas considerou-se um valor D de 11.30 metros e um valor de

¹⁷ Fonte: <https://transportup.com/volocopter-volocity/>

h_1 de 2.0 metros. Foi ainda considerado que o veículo VTOL tem de aterrar num local entre prédios de 6 pisos. Portanto, fixou-se o valor h_2 em 25 metros.

Tabela 2: Parâmetros Genéricos de dimensionamento de um Vertiporto para um Volocopter VoloCity

Parameter	Short Description	Reference Volume Type 1
D	D-Value	11.30 m
h_1	Low hover height	2 m
h_2	High hover height	25 m
TO_{width}	Width at h_2	≤ 56.5 m
TO_{front}	Front distance at h_2	≤ 56.5 m
TO_{back}	Back distance at h_2	≤ 56.5 m
$FATO_{width}$	Width of the FATO	≥ 16.95
$FATO_{width}$ w/ SA	Width of the FATO with Safet Area	$\geq 19.95(*)$
$FATO_{front}$	Front distance of the FATO	≥ 8.48 m
$FATO_{back}$	Back distance of the FATO	≥ 8.48 ,
α_{app}	Slope of approach surface	$\geq 4.5\%$
α_{dep}	Slope of departure surface	$\geq 4.5\%$

Nota: (*) A área de segurança é o valor máximo entre $0.25 \cdot D = 2.82$ m ou 3 metros. Neste caso, são 3 metros.

Em conclusão, um Vertiporto na sua configuração mais simples ocupa um espaço relativamente limitado correspondendo a 1.5 vezes o valor de D, ao a qual acresce 0.25 vezes o valor de D ou 3 metros (o que for maior). No caso do exemplo da VoloCity, o espaço ocupado é de aproximadamente 400 m² (20 * 20 metros – FATO width w/ SA).

4 EXEMPLOS DE VERTIPORTOS

Devido à novidade do conceito, à ausência de enquadramento regulamentar e autorizações governamentais – ainda não existem serviços comerciais que recorrem a veículos VTOL¹⁸. Na ausência de serviços comerciais a disponibilidade de Vertiportos é também praticamente

¹⁸ O presente texto foi escrito em agosto de 2023.

inexistente pois, não há racional económico para realizar custos numa infraestrutura que não será utilizada.

A Tabela 3 apresenta um levantamento de notícias sobre planos públicos para a construção de Vertiportos.

O único Vertiporto em funcionamento está localizado em Coventry no Reino Unido. O Vertiporto abriu em abril de 2022.

Tabela 3: Exemplos de Vertiportos

Localização	País	Data de Abertura	Estado	Área (m2)	Link
Coventry	UK	Apr-22	Running	1579	https://www.urbanairport.com/airone
Emilia Romagna	Italy		Under construction		https://news.italy24.press/local/460753.html
Caribbean Park, Melbourne	Australia		Under construction		https://www.theurbandeveloper.com/articles/skyportz-vertiport-unveiled-victoria
Pontoise-Cormeilles	France	2024	Testbed		https://skyports.net/vertiport-testbed-for-european-urban-air-mobility-testing-inaugurated-in-paris/
Fiumicino airport	Italy		Pilot test		https://www.airport-suppliers.com/airport_press_release/italys-first-vertiport-deployed-at-fiumicino-airport/
Munich airport	Germany		Study		https://verticalmag.com/q-and-a/munich-airports-ivonne-kuger-on-the-air-mobility-initiative-and-the-strategic-behind-vertiport-development/
Singapore	Singapore	2024	Under Construction		https://techwireasia.com/2022/02/volocopter-to-launch-commercial-air-taxi-services-in-singapore/
Orlando	USA	2025	Plan		https://tavistockdevelopment.com/project/lilium-lake-nona-vertiport/
Zaragoza	Spain		Under Construction	7500	https://www.eltis.org/in-brief/news/zaragoza-green-lights-construction-europes-first-vertiport-1
Dubai	UAE	2024	Under Construction		https://www.constructionweekonline.com/projects-tenders/dubai-new-vertiport-to-start-construction-next-year
Guangzhou	China	2022	Running		https://electrek.co/2022/01/10/ehang-opens-5g-connected-vertiport-for-evtol-in-guangzhou-china/
Nice	France		Plans		https://www.urbanv.com/en/about-us/#where-we-operate
Venice	Italy		Plans		
Bologna	Italy		Plans		
Roma	Italy		Plans		
São Paulo Airport	Brazil	2023	Under Construction		https://www.futuretravelexperience.com/2022/08/vports-to-build-and-operate-vertiport-hub-at-sao-paulo-international-airport/
Ras Al Khaimah	UAE	2024	Plans	929	https://www.zawya.com/en/business/transport-and-logistics/ports-in-deal-to-set-up-first-vertiport-in-ras-al-khaimah-da6etxi1
Mohammed bin Rashid Aerospace Hub	UAE	2024	Plan		https://www.passengerterminaltoday.com/news/airport/vports-initiates-certification-process-for-vertiports.html

O Vertiporto de Coventry, localizado no Westminster Car Park, foi desenvolvido pela empresa Urban-Air Port (Figura 7¹⁹). A inauguração decorreu a 25 de abril de 2022. Nas três semanas seguintes, mais de 100 voos bem-sucedidos de drones e UAVs foram demonstrados, tendo contado com uma audiência superior a 15.000 visitantes, incluindo empresas globais, funcionários governamentais, imprensa, escolas e universidades, e o público em geral.

Apoiado pelo programa Future Flight Challenge do Governo do Reino Unido, o Vertiporto foi concebido como um demonstrador para mostrar como as infraestruturas terrestres propositadamente construídas podem libertar o potencial da Mobilidade Aérea Avançada (AAM) para descarbonizar os transportes e reduzir a poluição atmosférica e o congestionamento, proporcionando ao mesmo tempo viagens de passageiros e entregas sem descontinuidades²⁰.



Figura 7: Imagem do Vertiporto em Coventry.

¹⁹

Fonte:

<https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-10743751/Worlds-VERTIPORT-opens-Coventry-Air-One-serve-hub-drones-flying-taxis.html>

²⁰ Fonte: <https://www.urbanairport.com/airone>

5 CONCLUSÕES

Vertiportos são infraestruturas especializadas, especialmente projetadas para a descolagem, aterragem e manutenção de Veículos Aéreos de Descolagem e Aterragem Vertical (VTOL – Vertical Take Off and Landing).

Os Vertiportos são particularmente interessantes em zonas urbanas ou urbanizáveis pois permitem que os veículos VTOL e drones operem como pontes aéreas, contornando o congestionamento e outros obstáculos (ex.: escassez de estacionamento ou congestionamento). Adicionalmente, os Vertiportos são uma solução particularmente adaptável ao meio urbano pois requerem pouco espaço, permitem aterragem e descolagem na vertical, ou têm baixas emissões.

Os Vertiportos são muito flexíveis e podem ser instalados em diversos locais, tal como solo, água (ex.: rios ou lagos) ou estruturas (ex.: topo de edifícios).

Não obstante, o desenvolvimento de veículos VTOL, incluindo UAVs, já se ter iniciado há vários anos; só recentemente é que os avanços tecnológicos permitiram o desenvolvimento de soluções comercialmente viáveis. Atualmente, diversas empresas encontram-se em fase avançadas de construção de veículos VTOL para UAM – ex.: Volocopter, Airbus, Lilium, Vertical Aerospace, Archer Aviation, EHang.

A inserção de veículos VTOL em contexto urbano aéreo é complexo, e a legislação e regulamentos atuais são muito limitadores. Na prática inviabilizam tais serviços de transporte aéreo. As autoridades e reguladores a nível Europeu e Mundial têm vindo a discutir a melhor forma de introduzir estes veículos no espaço aéreo urbano em segurança, mantendo a racionalidade económica. Os principais desafios à introdução de veículos VTOL em espaço urbano incluem: certificação de aeronaves, infraestrutura terrestre – ou seja, instalação de Vertiportos, integração e integridade do espaço aéreo, serviços de Comunicações, Navegação e Vigilância, ou informação meteorológica.

Ao longo dos últimos meses têm sido diversas autoridades – Austrália, Canadá, China, Estados Unidos –publicaram regulamentos que visam regular a serviços de transporte aéreo em meio urbano, incluindo orientações para o desenho de Vertiportos.

No espaço da União Europeia, a EASA Agência Europeia para a Segurança na Aviação publicou o Prototype Technical Design Specifications for Vertiports que contém um conjunto de orientações técnicas para o dimensionamento e instalação de vertiportos.

A Figura 1 apresenta um conceito de Vertiporto com as várias áreas funcionais. As áreas respetivas são: i) FATO: Final Approach and Take Off Area – área designada para a realização das manobras de aterragem e descolagem do veículo VTOL. É a placa de aterragem e

descolagem, ii) TLOF: Touchdown and Lift Off Area – área dimensionada para suportar a aterragem e descolagem de veículos VTOL, iii) Safety/Protection Area: área de exclusão de segurança que serve para acomodar eventuais desvios do veículo VTOL durante as manobras de aterragem e descolagem, iv) Pad: zona de aterragem e descolagem, v) Taxiway: caminho de circulação do veículo VTOL até o local de paragem, vi) Stand/Gate: local de paragem do veículo VTOL adequado para a movimentação de passageiros e carga, ou realização de atividades de manutenção e apoio (ex.: carregamento), vii) Towing Cart: veículo de apoio que faz a movimentação do veículo VTOL entre o TLOF e o Stand/Gate, viii) Vertiport (airside): área do lado ar do Vertiporto (acesso condicionado a pessoas autorizadas), e ix) Vertiport (land side): área do lado terra do Vertiporto, onde são realizados os diversos serviços de apoio.

Conforme se referiu, na sua essência um Vertiporto é constituído pelo Pad – TLOF, FATO e Safety Area. O parâmetro base de dimensionamento é o valor D (Figura 3²¹). O valor D designa o diâmetro do círculo mais pequeno que envolve a projeção de uma aeronave VTOL num plano horizontal, quando a aeronave se encontra na configuração de descolagem ou aterragem, com o(s) rotor(es) a rodar, se aplicável. De notar que um determinado veículo VTOL pode ter mais do que um valor D, se tiver partes amovíveis, tal como por exemplo: asas amovíveis, rotores móveis, etc. O valor D é definido pelo construtor do veículo VTOL.

A Tabela 1 apresentam os parâmetros de dimensionamento do Vertiporto (FATO) e da área de aproximação. A dimensão da placa de aterragem – FATO – é calculada como sendo 1.5vezes o valor D do veículo VTOL. Portanto, o Vertiporto é definido para determinados tipos de veículos. Adicionalmente, é preciso incluir uma zona de segurança – Safety Área – com uma dimensão mínima de 0.25 vezes o valor D ou 3 metros (o que for maior).

A empresa Volocopter tem em desenvolvimento o VoloCity, um eVTOL com capacidade para transportar duas pessoas até 35 km com uma velocidade de ponta de 110 km/h.. O diâmetro máximo do veículo é de 11.30 metros. Assumindo valores plausíveis, o Vertiporto – FATO e Safety Area – tem uma dimensão aproximada mínima de $400 \text{ m}^2 - 20 * 20 \text{ metros}^2$.

De referir, por fim, que várias iniciativas de instalação de Vertiportos estão em curso a nível mundial. A Tabela 3 lista um conjunto de iniciativas em curso a nível global. Porém, se a certificação de veículos VTOL, a construção de Vertiportos é irrelevante. O Vertiporto de Coventry, no Reino Unido, é o único funcional que foi identificado.

²¹ Fonte:

<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technical-design-specifications-vertiports>

