

PEDRO BREDA CHAVES

**ENTREGA DE ALIMENTOS POR DRONE NO BRASIL: UMA ANÁLISE DE
VIABILIDADE DE NEGÓCIO**

São Paulo

2023

PEDRO BREDA CHAVES

**ENTREGA DE ALIMENTOS POR DRONE NO BRASIL: UMA ANÁLISE DE
VIABILIDADE DE NEGÓCIO**

Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do diploma de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Clóvis Armando Alvarenga Netto

São Paulo

2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, por terem me ensinado sobre a importância do estudo, assim como da dedicação e resiliência necessários não somente para ingressar na Escola Politécnica, como também para sair graduado dela.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que entregou seu Filho Jesus para morrer por mim e me salvar, é para Ele que faço todas as coisas.

A minha esposa, Gabriela, pela companhia nos momentos bons e ruins, pelas palavras de apoio e incentivo, pelas orações, por ser minha motivação diária e por todos os sacrifícios que já fez para que eu pudesse ser bem sucedido na graduação, e que demonstram todo seu amor por mim.

Aos meus pais, Aniel e Anabela, pela educação que me deram desde meu nascimento, por me instruírem nos caminhos do Senhor e serem responsáveis pelo homem que me tornei.

Ao meu irmão, Filipe, pelos anos juntos de faculdade dividindo apartamento, compartilhando dificuldades e me dando conselhos e incentivos, a minha cunhada Marjorie, pelas orações e palavras de apoio.

Aos meus sogros, Robson e Silvia, e meu cunhado Otávio, por serem minha segunda família e terem me acolhido como um filho, pelas orações, pelas palavras de incentivo e pelas celebrações.

Aos meus amigos queridos por terem me acompanhado de perto nesses anos compartilhando de dificuldades e alegrias.

Ao Professor Doutor Clóvis Armando Alvarenga Netto, pelas orientações e ajuda ao longo deste Trabalho.

À Escola Politécnica da USP, pela formação de excelência e pelas portas abertas em minha vida acadêmica e profissional.

RESUMO

O mercado global de *food delivery* atingiu um valor superior a US \$200 bilhões em 2021, sendo impulsionado principalmente pela pandemia da covid-19. Na América Latina, o Brasil é o maior consumidor do serviço com quase 50% dos pedidos de *delivery*. Porém, embora o setor tenha experimentado um crescimento explosivo, as plataformas de entrega, com poucas exceções, permaneceram não lucrativas. Com margens apertadas, uma das grandes dores é a operação logística de última milha, que representa 47% da margem bruta. De outro lado, o mercado de drones em 2022 atingiu um valor de receita anual de USD 30 bilhões, e a aplicação dessa tecnologia em *food delivery* vem sendo testada desde 2017 com a promessa de reduzir custos e tempo de entrega. Todavia, após seis anos de testes e algumas entregas comerciais, poucas são as empresas que conseguiram fazer algumas centenas de entregas por dia. No Brasil, o ainda mais incipiente, e diante disso, esse trabalho analisa a viabilidade de negócio da entrega de comida por drone, avaliando diferentes modelos de negócio, casos de sucesso globais, barreiras de implementação entre outros. Estima-se um potencial de escala do negócio em um cenário otimista (3,4 milhões de entregas por mês - 5,4% dos pedidos de *delivery*) e compara-se o potencial de redução de custo (R\$3,96 por pedido para o drone contra R\$5,70 para a moto). Mesmo com um potencial promissor, através de uma análise SWOT identificou-se que ameaças como a regulamentação e segurança são impeditivos do avanço do negócio. Porém, embora as barreiras sejam grandes, há importantes ações ainda em desenvolvimento além das regulamentações que podem viabilizar esse modo de operação num futuro não distante.

Palavras-chave: Drone, Drone delivery, Last-mile delivery, Entrega de comida, iFood, Análise de negócio.

ABSTRACT

The global food delivery market reached a value of over \$200 billion in 2021, primarily driven by the COVID-19 pandemic. In Latin America, Brazil is the largest consumer of the service, accounting for nearly 50% of delivery orders. However, despite the sector experiencing explosive growth, delivery platforms, with few exceptions, have remained unprofitable. With tight margins, one of the major challenges is the last-mile logistics operation, which accounts for 47% of the gross margin. On the other hand, the drone market reached an annual revenue value of \$30 billion in 2022, and the application of this technology in food delivery has been tested since 2017 with the promise of reducing costs and delivery time. However, after six years of testing and some commercial deliveries, only a few companies have managed to make a few hundred deliveries per day. In Brazil, the market is even more nascent. In light of this, this study examines the business feasibility of food delivery by drone, evaluating different business models, global success cases, implementation barriers, among others. The potential for business scale is estimated in an optimistic scenario (3.4 million deliveries per month - 5.4% of delivery orders), and the potential cost reduction is compared (R\$2.22 per order for drones against R\$5.70 for motorcycles). Despite the promising potential, a SWOT analysis has identified threats such as regulation and safety as impediments to the advancement of the business. However, although the barriers are significant, there are important ongoing developments beyond regulations that can make this mode of operation viable in a not so distant future.

Keywords: Drone, Drone delivery, Last-mile delivery, Food delivery, iFood, Business analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Crescimento em vendas das plataformas de delivery 2018-2021 (McKinsey, 2022).....	21
Figura 2: Unit economics de uma plataforma de delivery (McKinsey, 2021).....	22
Figura 3: Unit economics de empresa iFood (iFood, 2022).....	23
Figura 4: Investimento no segmento de robótica (Pitchbook, 2022).....	25
Figura 5: Previsão de crescimento global do mercado de drone (Drone Industry Insights, 2022).....	25
Figura 6: Empresas por segmento do mercado de drones (Drone Industry Insights, 2022)....	26
Figura 7: Valor global do mercado de drone, por segmento (Grand View Research, 2023)...	27
Figura 8: N° de entregas comerciais feitas por drone no mundo (McKinsey, 2022).....	28
Figura 9: Visão da população europeia sobre o uso de drones na cidade (EASA e McKinsey, 2021).....	29
Figura 10: Probabilidade de pessoas usarem serviço de drone delivery (EASA, 2022).....	29
Figura 11: Receita do mercado de drone por continente (Drone Industry Insights, 2022)....	30
Figura 12: Principal razão para escolha do drone no delivery (McKinsey, 2021).....	31
Figura 13: Principal preocupação sobre uso de drone no delivery (McKinsey, 2021).....	31
Figura 14: Potencial de aquecimento global de um drone vs moto (Jiyoung Park et al, 2018).)	32
Figura 15: Emissão de CO ₂ (gCO ₂) para 1h de entrega de drone (Maynooth Uni., 2022)....	33
Figura 16: Emissão de CO ₂ (gCO ₂) para 1km de entrega de drone (Maynooth Uni., 2022).	33
Figura 17: Indicadores de crescimento chave citados por empresas de drone (CompTIA, 2019).....	34
Figura 18: Quiosques de pouso e coleta de pedidos da Meituan (MIT, 2023).....	43
Figura 19: Processo de abastecimento do drone com o pedido (MIT, 2023).....	44
Figura 20: Imagens do software de controle de drones da Meituan (MIT, 2023).....	44
Figura 21: Crescimento estimado do share de drone na Meituan, 2022-2030 (Autor).....	49
Figura 22: Fluxo do processo logístico convencional do iFood - motocicleta (iFood, 2022).....	50
Figura 23: Fluxo do processo logístico por drone no iFood (iFood, 2022).....	51
Figura 24: Fotos das etapas de abastecimento do drone (iFood, 2022).....	51
Figura 25: Tempo para fazer rota de carro vs drone (iFood, 2022).....	53

Figura 26: Tipos de rota no modelo logístico vigente do iFood (iFood, 2022).....	56
Figura 27: Precificação por tipo de rota do modelo logístico do iFood (iFood, 2022).....	57
Figura 28: Comparação do custo unitário de delivery por drone com outros modais (McKinsey, 2023).....	58
Figura 29: Custo logístico para entregar uma distância de 15 km com modal moto (iFood, 2023).....	59
Figura 30: <i>Share</i> de entregas por método de despacho de delivery com drone (McKinsey, 2023).....	64
Figura 31: Custo logístico para entregar uma distância de 15 km com modal moto (iFood, 2023).....	65
Figura 32: Régua do Índice de Favorabilidade (Jornada do gestor, 2015).....	70
Figura 33: Gartner Hype Cycle (Wikipedia).....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de drones, vantagens, desvantagens e aplicações	24
Tabela 2: Nº pedidos entregues por drone por shopping em Shenzhen - Meituan	46
Tabela 3: Estimativa de entregas por drone na China - cenário de shoppings	46
Tabela 4: Estimativa de share do modal logístico drone	47
Tabela 5: Base de cálculo por demanda	47
Tabela 6: Estimativa de usuários que recebem pedido de drone - base Shenzhen	48
Tabela 7: Relação nº de shoppings por população - Brasil e China	54
Tabela 8: Média de nº restaurantes shopping na plataforma do iFood	54
Tabela 9: Estimativa de pedidos de shopping no iFood.....	55
Tabela 10: Custo por pedido - cenários pessimista e otimista	60
Tabela 11: Custo de operação logística com drone - cenário de escala	61
Tabela 12: Custo por pedido cenário de escala	61
Tabela 13: Investimento inicial - cenário de escala	62
Tabela 14: Retorno sobre Investimento da operação logística de drone - cenário de escala	63
Tabela 15: Prós e contras dos modelos de despacho - <i>Dock x Tether</i>	67
Tabela 16: Análise SWOT - FORÇAS	68
Tabela 17: Análise SWOT - OPORTUNIDADES	68
Tabela 18: Análise SWOT - FRAQUEZAS	68
Tabela 19: Análise SWOT - AMEAÇAS.....	69
Tabela 20: Análise SWOT - Índice de Favorabilidade	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Empresa e o autor	15
1.2. Contexto	15
1.3. Objetivos do trabalho	16
1.4. Estrutura	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Last-mile Food Delivery	18
2.2. O mercado de drones	20
2.3. Pesquisa com usuários	25
2.3. Impacto ambiental	28
2.4. Legislação e Regulamentação	31
2.4.1. Legislação Brasileira	33
3. ESTUDOS DE CASO	37
3.1. China- Meituan	37
3.1.1. Caso de uso - Áreas Urbanas	37
3.1.2. Análise da operação	38
3.1.3. Resultados e Aprendizados	41
3.1.4. Estimativa de Potencial	41
3.1.4.1. Cálculo por oferta	41
3.1.4.2. Cálculo por demanda	43
3.2. Brasil - iFood	45
3.2.1. Caso de uso 1 - Áreas urbanas	46
3.2.2. Resultados caso de uso 1	48
3.2.3. Caso de Uso 2 - Barreira Geográfica	48
3.2.4. Estimativa de Potencial	49
4. ANÁLISE DE CENÁRIOS E MODELOS DE NEGÓCIO	52
4.1. Análise de custos	52
4.1.1. Modelo de custo vigente (motocicleta)	52
4.1.2. Análise de custo logístico do modal drone	54
4.2. O desafio do “last-meter” na entrega	59
4.2.1. Modelo Tether (fio)	60
4.2.2. Modelo Dock (drone port)	61
4.3. Análise SWOT	63
4.3.1. Variáveis e pontuação	63
4.3.2. Índice de Favorabilidade	65
5. CONCLUSÃO	67
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1. INTRODUÇÃO

1.1. Empresa e o autor

Para que o leitor deste trabalho tenha entendimento sobre a relação do autor com a organização em questão, dedica-se esta seção para um breve contexto. No momento de elaboração deste trabalho o autor possui relação trabalhista (empregado legal) na companhia IFOOD AGENCIA DE SERVICOS DE RESTAURANTES LTDA, mais conhecida como iFood. O autor atua desenvolvendo novos negócios dentro da área de inovação, sendo responsável por: estudar e propor novos modelos de negócio, através de um trabalho de pesquisa (mapeamento de tendências, investimentos em startups, etc) que culmina em teses de negócio; além de gerenciar um time (em média 5 pessoas) que transforma tais teses de negócio em produtos mínimos viáveis (*MVPs*) para validação das mesmas e eventual escala do negócio.

O iFood é uma empresa brasileira atuante no ramo de entrega de refeições por meio da internet, que tem como negócio principal o “food delivery”. Assim, trata-se de uma empresa de tecnologia que oferece uma plataforma online de marketplace e faz a operação logística. Para efetivar seu principal negócio existem três perfis de clientes: i) o restaurante parceiro, que oferta seus produtos dentro do aplicativo marketplace; ii) o entregador, que realiza a logística de entrega do pedido a partir do restaurante para o cliente final; e iii) o consumidor final que faz o uso do aplicativo, realizando o pedido de produtos aos restaurantes.

Além disso, a empresa aposta em modelos de negócio inovadores, com a utilização de novas tecnologias que melhorem a eficiência e tenham sinergia com o negócio principal da organização. É nesse contexto que a aplicação de drones surge como interesse do iFood.

1.2. Contexto

O mercado global de *food delivery* atingiu um valor superior a US \$200 bilhões em 2021, sendo impulsionado principalmente pela pandemia da covid-19 (Globe Newswire, 2022). Na América Latina, o Brasil é o maior consumidor do serviço com quase 50% dos pedidos de *delivery* (Statista, 2022). Porém, embora o setor tenha experimentado um

crescimento explosivo, as plataformas de entrega, com poucas exceções, permaneceram não lucrativas. Com margens apertadas, uma das grandes dores é a operação logística de última milha, que representa 47% da margem bruta, além de ser um serviço de alta exigência de qualidade pelo consumidor, e principal proposta de valor para o negócio das empresas de *food delivery*.

De outro lado, existe um mercado global de drones que experimentou um crescimento relevante nos últimos anos, impulsionado pelas múltiplas aplicações dessa tecnologia. Em 2022 o mercado atingiu um valor de receita anual de USD 30 bilhões (Grand View Research, 2022). Especialistas projetam que o mercado de drones atingirá uma receita anual de USD 55,8 bilhões em 2030, com uma taxa de crescimento anual composta (CAGR, em inglês) de 7,8% (Drone Industry Insights, 2022). Ainda que a aplicação de *food delivery* tenha representado menos de 5% da receita do mercado de drone em 2022, a previsão é de que este seja o segmento de maior crescimento até 2030, com 44% em CAGR (Grand View Research, 2022), empurrado principalmente pelo potencial que essa tecnologia possui em reduzir o tempo de entrega e o custo de operação, através de automatização.

No contexto brasileiro, entretanto, o uso comercial de drones na logística é incipiente. Existem apenas nove modelos de aeronave que possuem autorização para fazer voos comerciais, desses, seis são usados para o mercado agrícola e apenas um para uso de entregas comerciais, no caso, entrega de comida (ANAC, 2023). Somado a isso, observa-se no Brasil o desenvolvimento inicial de leis e normas para reger esse mercado; o primeiro Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) foi obtido em 2020, e a primeira autorização para entregas comerciais por drone apenas em 2022 (ANAC, 2022).

É diante desse cenário que surge a oportunidade de fazer uma análise sobre a viabilidade de negócio para aplicação do drone como um modal logístico alternativo para o *food delivery*. Com os avanços globais, é necessário analisar quais foram os aprendizados obtidos pelas empresas mais maduras na operação logística de drone nos últimos anos, comparando diferentes modelos de negócio, casos de uso e tipos de aeronave, assim como analisando custos de operação, potencial de escala e barreiras de implementação.

1.3. Objetivos do trabalho

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise abrangente da viabilidade de negócio do uso de drones para a entrega de comida no Brasil, considerando o atual cenário do mercado brasileiro de logística e as barreiras existentes. Serão analisados casos de uso e detalhes de

operação de empresas que estão na vanguarda da entrega com drone. Também serão considerados fatores como regulamentação, infraestrutura, custos, aceitação do mercado e aspectos ambientais. O estudo buscará avaliar se há condições favoráveis para a escalabilidade desse modal logístico no Brasil, trazendo uma visão realista do diagnóstico atual e do potencial futuro que essa tecnologia emergente possui para o segmento de entrega de alimentos.

1.4. Estrutura

O trabalho será estruturado em 5 capítulos. Nesta introdução, i.e. o primeiro capítulo, são apresentados contexto, objetivos e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, será realizada a revisão da literatura do tema e da bibliografia utilizada como fonte. Serão esclarecidos conceitos-chave abordados ao longo do trabalho, junto de um levantamento das normas, regulamentos e leis nacionais referentes ao uso do drone. Também haverá um aprofundamento do mercado de drones, explicando os tipos de aeronaves, aplicações e tamanho (receita e investimentos) de cada segmento.

No terceiro capítulo dois estudos de caso serão analisados, um da empresa chinesa Meituan, e outro da empresa brasileira iFood. Em cada estudo, serão analisados, no detalhe, os casos de uso de aplicação de drone, fluxos do processo logístico, modelo de negócio, barreiras encontradas e potencial de mercado.

No quarto capítulo será feita uma análise sobre os principais cenários de aplicação e modelos de negócio para o drone, passando pelo desafio operacional e técnico do despacho do pedido, pela análise de recortes geográficos e demográficos para priorização do drone como modal, e pela análise de custo de operação logístico com o drone, comparado com os custos de operação com a motocicleta.

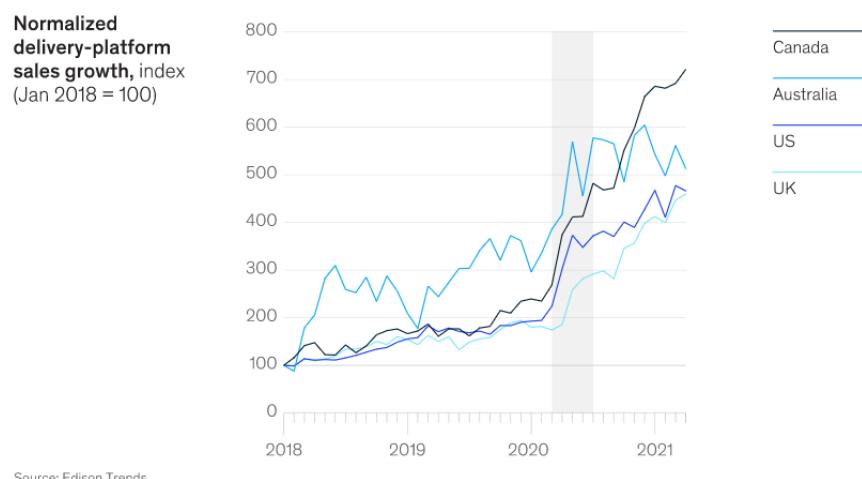
Por fim, no último capítulo será apresentada a conclusão, que inclui um diagnóstico sobre a viabilidade do uso de drone como modal logístico para entrega de comida. Esse diagnóstico compreende toda a discussão abordada no segundo, terceiro e quarto capítulos, trazendo uma visão concreta do quanto maduro está o segmento no Brasil e qual é o real potencial de aplicação do drone, isto é, em quais casos de uso a tecnologia garante melhoria e qual é o cenário futuro que pode se esperar em relação substituição ou não dos modais atuais pelo drone.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Last-mile Food Delivery

O mercado de entrega de alimentos se tornou um mercado global de mais de US \$150 bilhões, tendo mais do que triplicado desde 2017. De acordo com Kabir et al 2021, em pesquisa da McKinsey de 2021, houve um crescimento exponencial de food delivery nos últimos anos, principalmente por conta da pandemia da covid-19.

Figura 1: Crescimento em vendas das plataformas de delivery 2018-2021 (McKinsey, 2022)



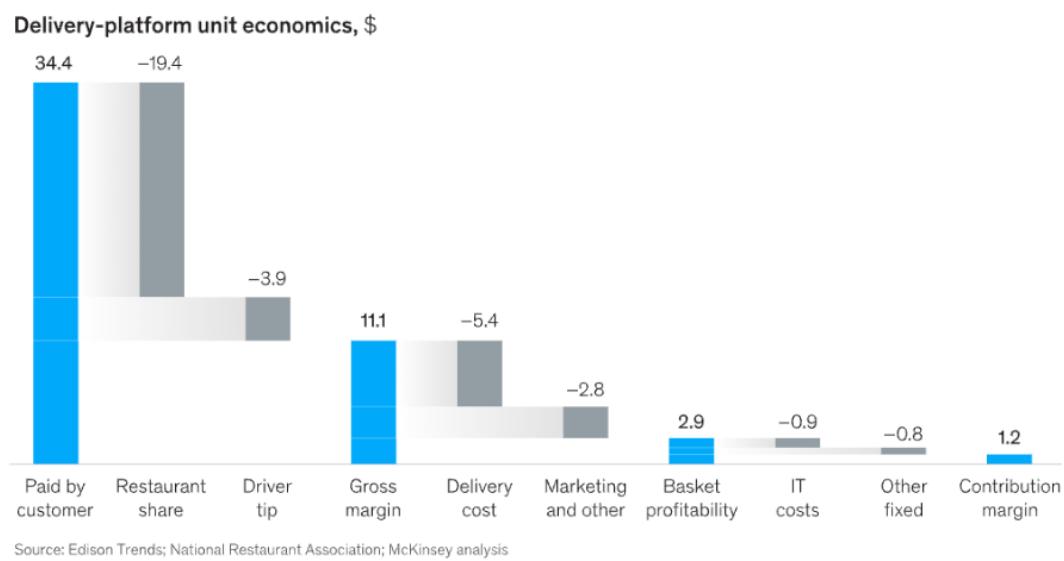
Em 2022, na América Latina, o Brasil aparece como destaque, sendo responsável por quase metade dos números do delivery, 51,97%; em seguida estão México e Colômbia, com 29,84% e 6,08%, respectivamente (Statista, 2022). Segundo estudo da consultoria Kantar, a penetração do delivery no Brasil aumentou de 80% em 2020 para 89% em 2022 (Morais, 2023).

Embora o setor tenha experimentado um crescimento explosivo durante a pandemia global, as plataformas de entrega, com poucas exceções, permaneceram não lucrativas, ao menos até 2021 (Kabir Ahuja et al, 2021). Christopher Payne, diretor de operações da Doordash (líder de food delivery nos EUA) disse: “Este é um negócio de custo intensivo,

margem baixa e impulsionado pela escala”. Isso é válido para outros mercados, como o Brasil, em que o iFood, líder de mercado com 70% de *share* até o ano de 2022 não conseguiu gerar lucro com suas operações (iFood, 2022). Ao observar um gráfico de *unit economics* do modelo de negócio de plataforma de delivery, pode-se observar que a margem líquida é bastante apertada (ver figura 2).

Figura 2: Unit economics de uma plataforma de delivery (McKinsey, 2021)

Despite explosive growth, online food-delivery platforms are still struggling to make a profit.



Dentre os custos presentes nesse demonstrativo de lucros e perdas, o que mais chama atenção é o custo logístico, que do valor pago pelo consumidor, representa 27% (*delivery tip* + *delivery cost*), e do valor de margem bruta (*gross margin*) ele representa 48% (*delivery cost*). Ou seja, quase metade da receita da empresa é destinada ao custo logístico. No Brasil, tomando o caso do iFood como exemplo, o cenário é semelhante. Um pedido de restaurante tem um ticket médio de R\$54,00, desse valor, R\$10 é receita e R\$11 custos e despesas, sendo que metade desse custo é representado pela logística.

Figura 3: Unit economics da empresa iFood (iFood, 2022)

iFood (Sep/22)	
AOV	R\$ 54,91
Net Revenue	R\$ 10,11
Comission	R\$ 5,69
Commission	10%
Delivery Fee	R\$ 2,42
OLP, fixed fee...	R\$ 2,00
Cost os Sales (direct)	-R\$ 3,75
Delivery Cost	-R\$ 3,31
OLP, chargeback	-R\$ 0,44
Cost os Sales (indirect)	-R\$ 5,52
diversos	-R\$ 1,38
marketing	-R\$ 2,01
staff cost	-R\$ 1,79
overhead	-R\$ 0,34
EBITDA	R\$ 0,84
Ebitda margin	8,3%

Portanto, uma das maiores dores das empresas de *food delivery* é o custo logístico, difícil de reduzir, uma vez que o cliente exige qualidade e velocidade na entrega e que existe uma dependência de mão de obra atrelada. Nesse contexto, inovações tecnológicas como o drone aparecem como opções para que se atinja uma redução de custos, sem perder eficiência logística.

2.2. O mercado de drones

De acordo com o dicionário Michaelis o termo Drone é definido como “Avião não tripulado, controlado à distância por meios eletrônicos e computacionais, geralmente usado para fins militares *em patrulhamento de fronteiras, operações de espionagem, bombardeios etc*”. Neste trabalho o termo Drone será utilizado para se referir a essa aeronave, abrangendo as mais diversas aplicações citadas na definição e podendo ser referenciado como UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) ou ainda VANT (Veículo Aéreo Não-Tripulado). Na maior parte dos casos os nomes se referem as aeronaves não tripuladas de pequeno ou médio porte, destinadas a transporte de mercadorias, não a pessoas.

Existem tipos de drones com características e aplicações específicas, atendendo a necessidades diversas e em variados setores e ambientes. Cada aeronave possui vantagens e

limitações, que estão relacionadas ao uso aplicado em cada caso. A seguir estão os seis principais tipos de drone, com as aplicações de cada um.

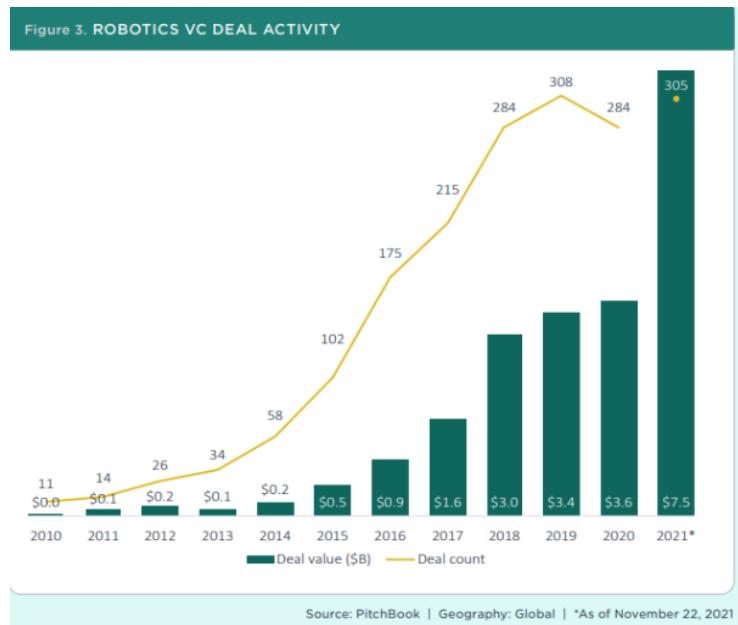
Tabela 1: Tipos de drones, vantagens, desvantagens e aplicações (Autor)

Tipo de Drone	Vantagens	Desvantagens	Uso
Multirotores	<ul style="list-style-type: none"> - Manobrabilidade superior - Facilidade de decolagem e aterrissagem vertical - Acesso a áreas restritas e espaços confinados 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor autonomia de voo - Limitada capacidade de carga - Menor estabilidade em condições de vento 	<ul style="list-style-type: none"> - Fotografia e videografia aérea - Inspeção de infraestruturas e construções - Mapeamento e monitoramento agrícola
Asa fixa	<ul style="list-style-type: none"> - Maior autonomia de voo - Alta eficiência energética - Capacidade de transportar cargas maiores - Maior resistência a condições climáticas adversas 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita de espaço para decolagem e pouso - Requer habilidades avançadas de pilotagem - Menor manobrabilidade em espaços confinados - Requer pista de decolagem e pouso 	<ul style="list-style-type: none"> - Mapeamento topográfico e geoespacial - Vigilância e monitoramento de longo alcance - Monitoramento ambiental e florestal - Busca e salvamento
VTOL <i>"Vertical Take-Off and Landing"</i> <i>(Decolagem Vertical)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilidade de decolagem e pouso vertical - Não necessita de pista de decolagem e pouso - Capacidade de pairar e voar estacionário - Pode operar em áreas urbanas e espaços limitados 	<ul style="list-style-type: none"> - Complexidade mecânica e de controle - Menor autonomia de voo e carga - Maior consumo de energia - Mais suscetível a danos em poucos forçados 	<ul style="list-style-type: none"> - Entrega de pacotes e suprimentos em áreas remotas - Inspeção e monitoramento de infraestruturas - Mapeamento aéreo e monitoramento de áreas extensas
Drones Subaquáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Exploração e inspeção subaquática 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependência de fatores ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesquisa marinha e monitoramento de vida marinha
ROVs <i>(Remotely Operated Vehicle)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Coleta de dados e imagens submarinas - Operação remota segura 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitações de profundidade e pressão - Necessidade de infraestrutura de suporte 	<ul style="list-style-type: none"> - Inspeção de estruturas submersas e dutos - Resgate e recuperação de objetos submersos
Drones Terrestres	<ul style="list-style-type: none"> - Acesso a terrenos difíceis e perigosos 	<ul style="list-style-type: none"> - Restrição à locomoção em terrenos complexos 	<ul style="list-style-type: none"> - Agricultura de precisão e monitoramento de colheitas
UGVs <i>(Unmanned Ground Vehicle)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Inspeção e monitoramento em áreas inacessíveis 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidade e eficiência limitadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Vigilância e segurança patrimonial

Sabe-se que a tecnologia do Drone ganhou força no mercado a partir de 2015 (Pitchbook, 2022), em que fundos de *Venture Capital* mundialmente reconhecidos começaram a investir em empresas de tecnologia baseadas em drone, apostando que essa tecnologia seria amplamente utilizada em novos modelos de negócio, trazendo maior eficiência e qualidade

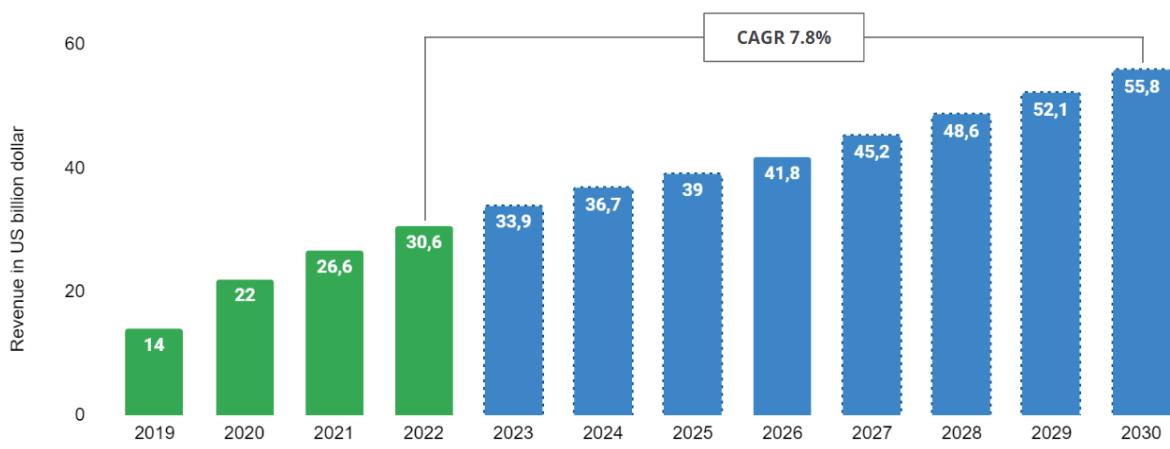
para os processos. De acordo com dados da plataforma *Pitchbook* pode-se perceber que de fato há um aumento significativo ao longo de 6 anos (2015 - 2021) tanto no número de investimentos, quanto no valor total investido em empresas do ramo de robótica, o que demonstra um interesse e evolução nas aplicações de drone e robótica.

Figura 4: Investimento no segmento de robótica (Pitchbook, 2022)



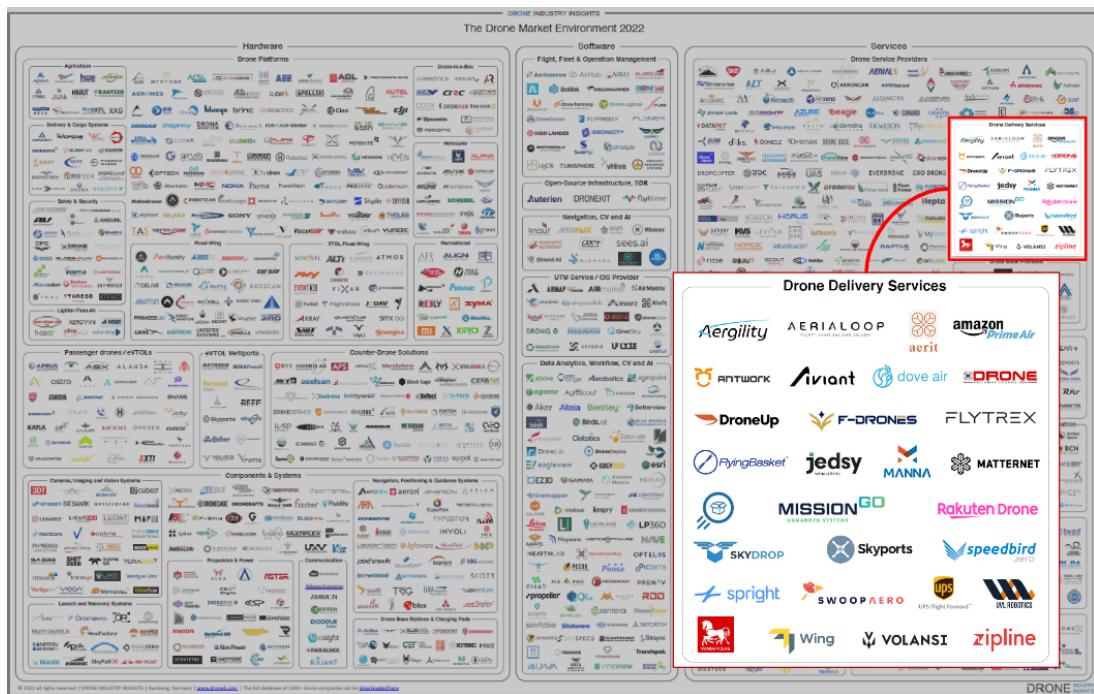
Em relação ao tamanho do mercado global de drones, este atingiu no ano de 2022 o valor de USD 30B em receita anual. Previsões de ambas as empresas apontam que haverá um crescimento linear ao longo dos próximos anos, vindo a atingir USD 55,8B de receita anual em 2030, com um crescimento *CAGR* (*Compound Annual Growth Rate*) de 7,8%.

Figura 5: Previsão de crescimento global do mercado de drone (Drone Industry Insights, 2022)



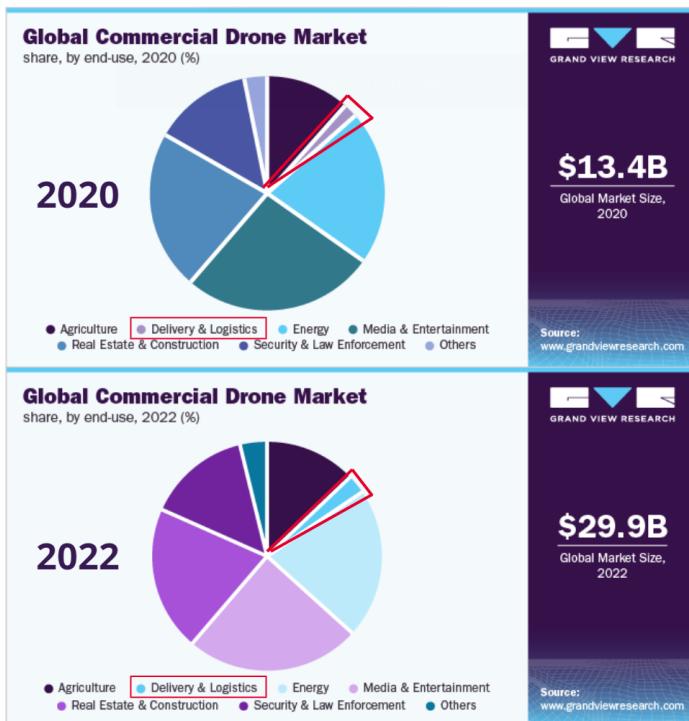
Tal valor de mercado e crescimento engloba todas as diversas aplicações do uso de drone. A empresa *Drone Industry Insights*, no entanto, divide o mercado de drone em três grandes áreas: hardware, software e serviços. Dentro dessas, foram criadas mais de 40 segmentações, como agricultura, segurança, imagem & entretenimento, comunicações, sistema de navegação, *open source infra*, operação de voo, *data analytics & AI*, simulação e treinamentos e serviços de delivery, para citar alguns. Ao todo, há mais de 1050 empresas no mundo que possuem seu modelo de negócio baseado em drones.

Figura 6: Empresas por segmento do mercado de drones (Drone Industry Insights, 2022)



Dentre as tantas segmentações, observa-se que ao longo dos últimos anos o ramo de *delivery & logistics* não é o que mais movimentou valores monetários, representando apenas 4% do mercado em 2022. Enquanto isso, as aplicações que mais geram receita, de acordo com pesquisa de 2022 da *Grand View Research* são: mídia e entretenimento, imobiliário e construção, e energia (ver Figura 7). Uma das principais causas do segmento de *delivery & logistics* não ser tão relevante é a dificuldade de escala deste modal logístico por questões como regulamentação, custos e operação, que serão tratados neste trabalho com profundidade.

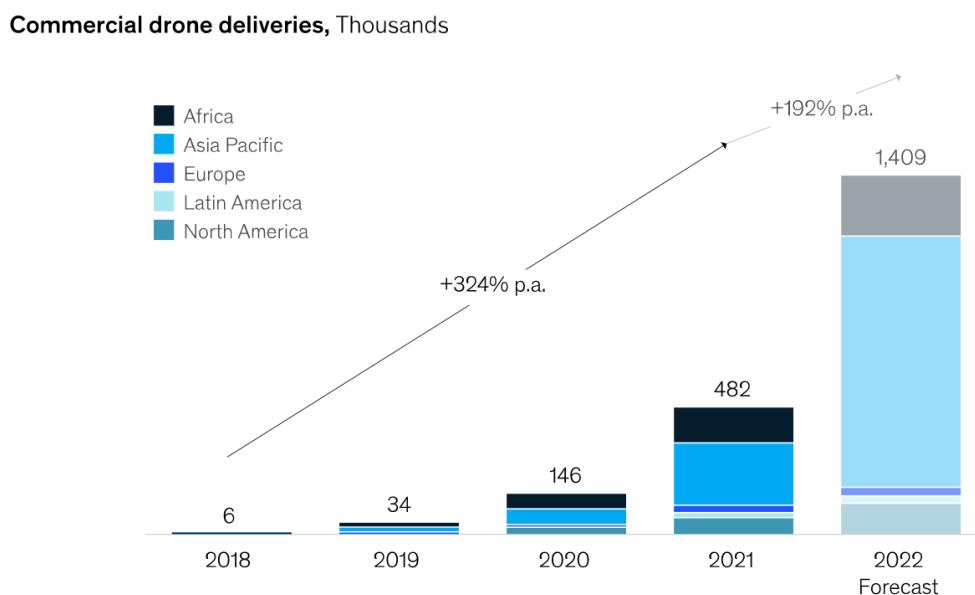
Figura 7: Valor global do mercado de drone, por segmento (Grand View Research, 2023)



Por outro lado, a mesma pesquisa da *Grand View* aponta que o segmento de entrega e logística é o que terá a maior taxa de crescimento anual composta (CAGR), de mais de 44% ao longo do período de previsão (2022 - 2030). Devido ao crescimento do setor de e-commerce, muito impulsionado pela pandemia da covid-19, os drones ganharam visibilidade como potenciais revolucionários do setor de entrega e logística globalmente. Com a crescente demanda por entrega rápida de mercadorias, drones estão sendo utilizados principalmente para entrega de produtos FMCG (*fast moving consumer goods* - produtos vendidos de forma rápida a um custo baixo, geralmente embalados). De acordo com pesquisa realizada pela McKinsey em Março de 2022, o segmento de uso comercial de drones de fato está crescendo globalmente. Nos anos de 2019 a 2021 foram feitas mais de 660 mil entregas de drones comerciais a clientes, sem incluir os inúmeros voos de teste para desenvolver e provar a tecnologia (ver Figura 8). No início de 2022, era estimado que mais de 2.000 entregas de drones estivessem ocorrendo diariamente em todo o mundo. A taxa de crescimento projetava cerca de 1,5 milhão de entregas em 2022, contra pouco menos de meio milhão em 2021. E tudo isso sem aprovação regulatória geral, o que leva a crer que ainda há

muito espaço para crescimento, estando o mercado ainda em desenvolvimento regulatório, com uma demanda reprimida não identificada.

Figura 8: N° de entregas comerciais feitas por drone no mundo (McKinsey, 2022)



Note: Number of deliveries represents number of parcels delivered, not total number of items within the parcels.
Source: McKinsey Drone Delivery Tracker and Forecast

As entregas por drones de hoje cobrem uma ampla gama de produtos: vacinas e suprimentos médicos, pizza e hambúrgueres, eletrônicos e pasta de dente. As empresas líderes no espaço incluem Flytrex, Manna, Matternet, Skysports, Swoop Aero, Wing e Zipline, para citar algumas. Essas e outras empresas de entrega por drones receberam mais de US\$ 1 bilhão em financiamento divulgado nos últimos 10 anos, contribuindo para o forte crescimento do setor. Em comparação com a aviação comercial, a entrega por drones é menos intensiva em capital devido aos tamanhos menores de aeronaves e à tecnologia disponível comercialmente. Com barreiras de entrada relativamente baixas, mais de 100 empresas competem atualmente neste segmento.

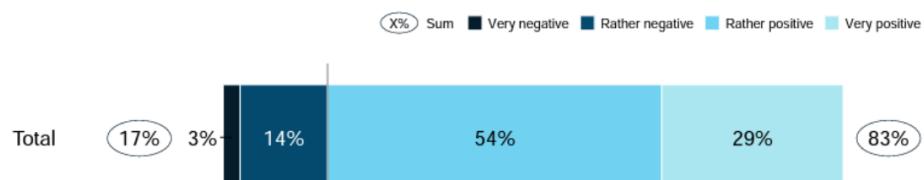
2.3. Pesquisa com usuários

Em pesquisa realizada pela EASA (European Union Aviation Safety Agency) em conjunto com a consultoria McKinsey, em 2021, nota-se que, de maneira geral, a maior parte das pessoas (83%) tem uma visão positiva sobre a utilização de drones na cidade.

Figura 9: Visão da população europeia sobre o uso de drones na cidade (EASA e McKinsey, 2021)

Overall, 83% of respondents have a very positive or rather positive attitude towards UAM...

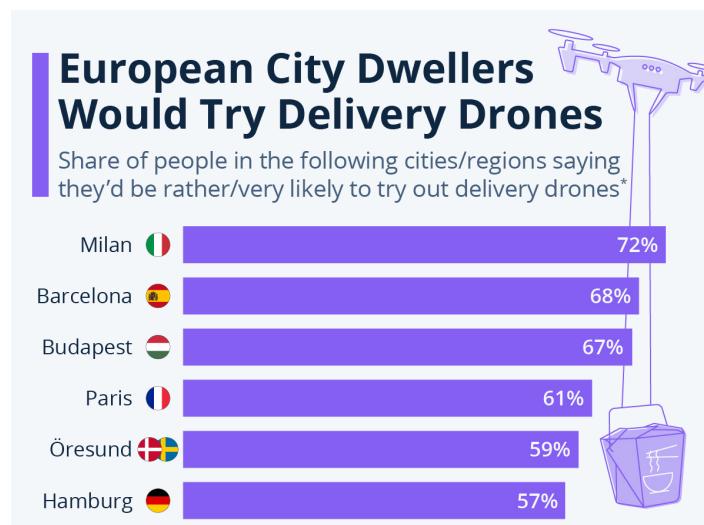
General attitude towards urban air mobility



Source: EASA UAM social acceptance survey question S5. What would be your overall perception if urban air mobility solutions (such as those shown in the video) were to be introduced in your city? Please select one answer.

Em relação ao interesse e aceitação das pessoas em utilizar a entrega por drones, também vê-se um cenário positivo na Europa. A mesma pesquisa da EASA entrevistou em diversas cidades europeias pessoas de 18 a 75 anos, e a probabilidade destes usarem o serviço de drone para entrega de comida (ou produtos de pequeno porte) ficou entre 57% e 72%.

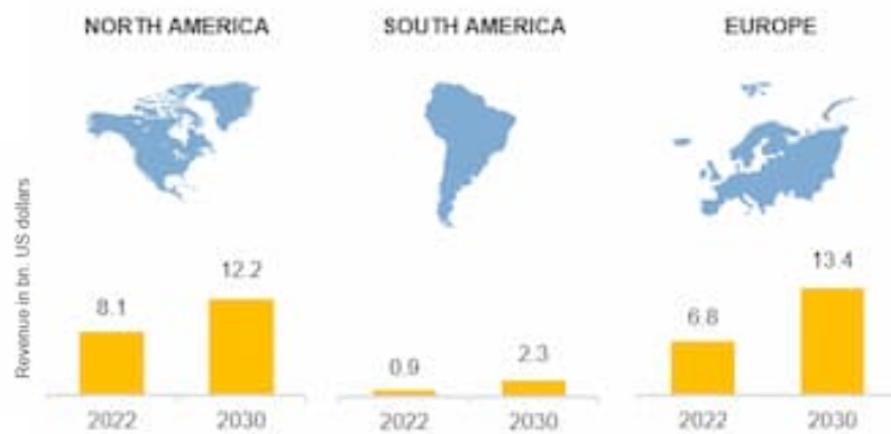
Figura 10: Probabilidade de pessoas usarem serviço de drone delivery (EASA, 2022)



É válido, entretanto, pontuar que o mercado de drones em continentes como Europa e América do Norte é mais maduro e desenvolvido do que na América do Sul, isto é, fazem uso

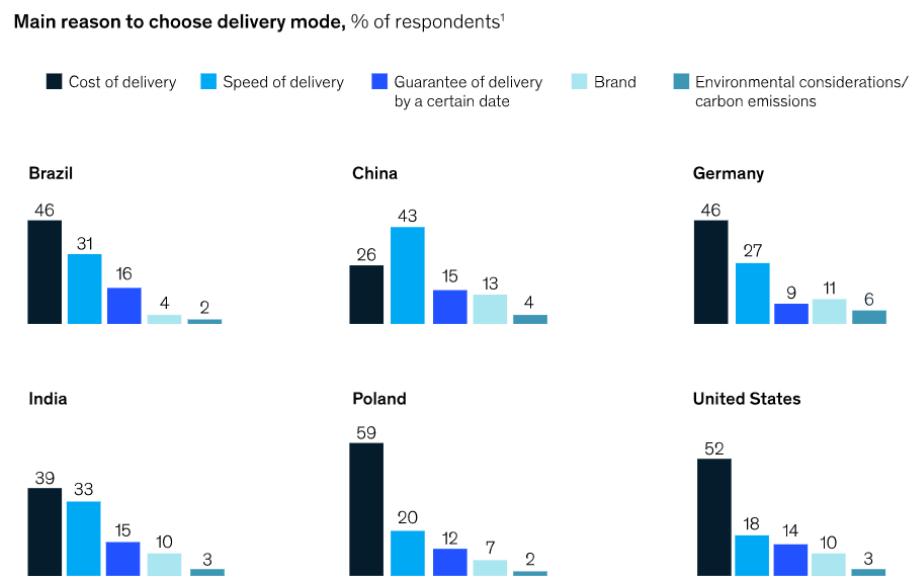
comercial do drone a mais tempo e geram maior receita com esse mercado, o que leva a crer que a aceitação das pessoas pelo serviço de drone seja maior nesses continentes, no presente momento.

Figura 11: Receita do mercado de drone por continente (Drone Industry Insights, 2022)



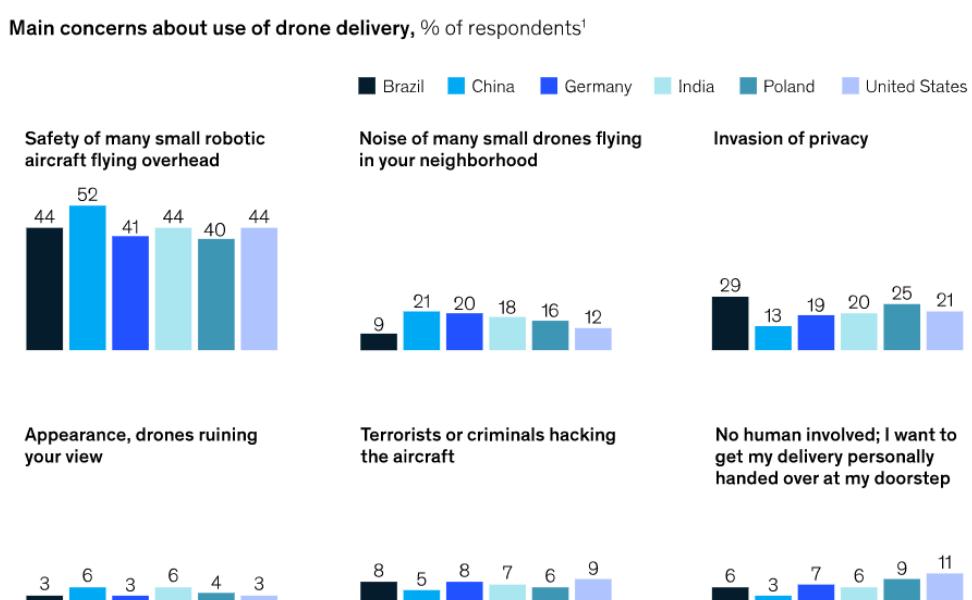
Em outra pesquisa da McKinsey de 2021, os autores Benedikt Kloss e Robin Riedel entrevistaram respondentes de seis países (incluindo Brasil), questionando a respeito de motivações e preocupações em relação ao uso de drones para entrega de mercadorias. Dentre os insights gerados, notou-se que o preço do serviço é a principal alavanca para ganhar participação de mercado. Na maioria dos países o custo seria a principal razão para escolher o modal logístico, quase metade dos brasileiros (46%) citaram essa como a maior preocupação, seguida de “velocidade de entrega” (31%), “garantia de prazo” (16%), “marca” (4%) e “questões ambientais” (2%). Essas descobertas sugerem que, para que os drones consigam substituir outros modais logísticos de *last-mile*, eles precisarão de preços competitivos.

Figura 12: Principal razão para escolha do drone no delivery (McKinsey, 2021)



A segurança é outro fator que aparece como fundamental para a aceitação dos usuários ao serviço. Em todos os países entrevistados mais de 40% deles tinha ressalva em relação aos riscos de ter uma grande frota de drones sobrevoando a cidade ao mesmo tempo. Além desse fator, teve destaque no Brasil a possível invasão de privacidade que esses drones podem representar. Por outro lado, não há preocupação em relação aos drones não serem pilotados por humanos, o que favorece a escala da operação.

Figura 13: Principal preocupação sobre uso de drone no delivery (McKinsey, 2021)

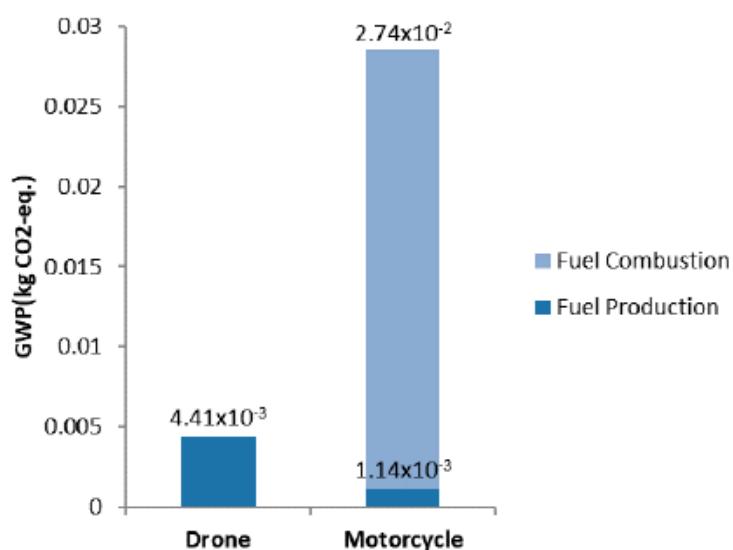


Por fim, Benedikt Kloss e Robin Riedel apontam em sua pesquisa que itens de conveniência como mantimentos e alimentos prontos para consumo são os casos de uso mais promissores para entrega instantânea por meio de drones. Em todos os países, cerca de 48% dos entrevistados escolheram esses produtos como primeira opção para receber via drone.

2.3. Impacto ambiental

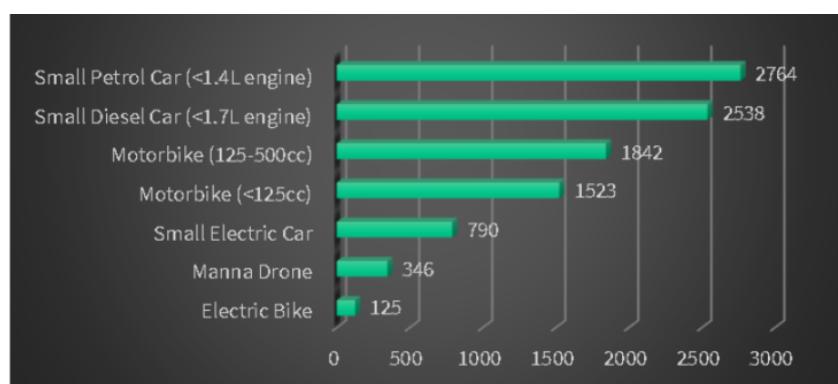
Muito se fala a respeito de modais elétricos serem uma saída para a redução da emissão de gases do efeito estufa, principalmente o CO₂. Uma eventual substituição, parcial ou completa, das motocicletas a combustão por drones elétricos, na entrega de comida, resultaria em uma redução dessa emissão. Um estudo de 2018 dos autores Jiyoong Park, Solhee Kim e Kyo Suh comparou o potencial de aquecimento global (*GWP - global warming potential*) entre um drone e uma motocicleta a combustão, analisando a emissão de CO₂-eq. para percorrer um trajeto de um quilômetro. O *GWP* de 1 km percorrido por drone foi de $4,41 \times 10^{-3}$ kg CO₂-eq. e o da motocicleta foi de $2,85 \times 10^{-2}$ kg CO₂-eq. Considerando a emissão gerada na produção da energia isoladamente, o consumo para produzir a energia elétrica tem maior impacto que a produção de gasolina. No entanto, o *GWP* gerado na combustão da gasolina é quase 7 vezes maior que a produção de energia elétrica, ou seja, de forma geral, o drone tem um impacto 7 vezes menor em emissão de CO₂ do que a moto, sendo um modal muito mais limpo.

Figura 14: Potencial de aquecimento global de um drone vs moto (Jiyoong Park et al, 2018)



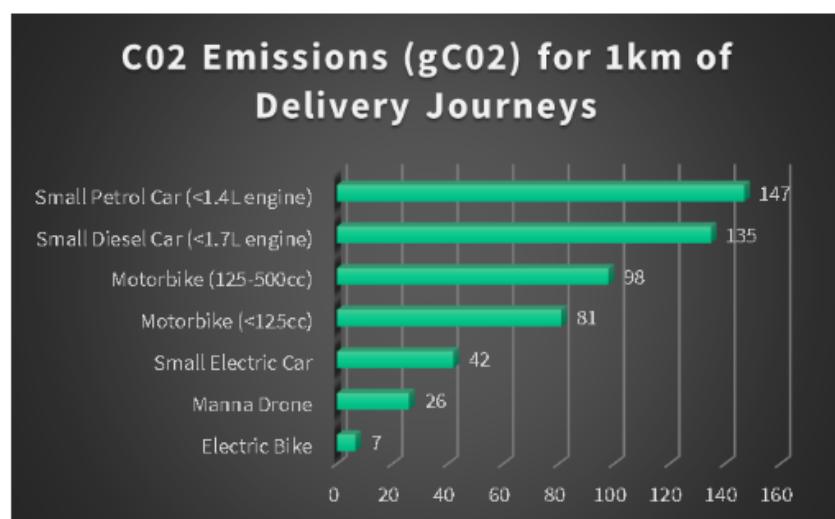
Um outro estudo, da Universidade de Maynooth de 2022, comparou as emissões de CO₂ reais geradas pelas entregas de drone da empresa *Manna* (que realizou mais 100 mil voos até final de 2022) com outros modais logísticos. O estudo apresenta dois cenários distintos de comparação, um que tem como base uma hora de atuação dos transportes e outro que tem como base a distância de 1 km percorrida. No primeiro cenário nota-se que o drone é um modal mais limpo que o carro e moto, apesar de não ser o mais limpo (perdendo para a bicicleta elétrica). Trazendo para a realidade brasileira de *food delivery* o drone deve ser comparado com a moto de baixa cilindrada, a mais comum usada para entrega no Brasil. Nesse caso, o drone representa 22% das emissões geradas pela motocicleta.

Figura 15: Emissão de CO₂ (gCO₂) para 1h de entrega de drone (Maynooth Uni., 2022)



Já no segundo cenário, de distância percorrida, a situação muda um pouco pelo fato de um carro (e até uma moto) conseguirem carregar mais de um pedido ao mesmo tempo, enquanto o drone carrega apenas um. Nesse caso, o ranking das emissões se mantêm, porém o drone passa a representar 32% das emissões de uma motocicleta de baixa cilindrada.

Figura 16: Emissão de CO₂ (gCO₂) para 1km de entrega de drone (Maynooth Uni., 2022)

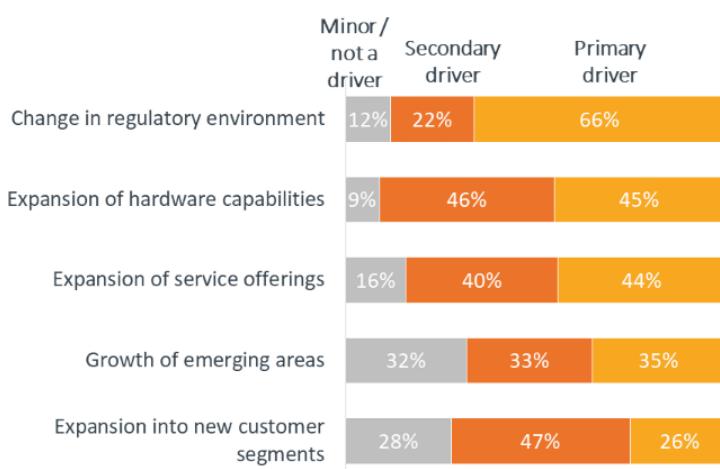


Um estudo de 2017 realizado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) relatou que dentre os automóveis rodoviários o carro é o maior responsável pelas emissões de CO₂ com 71%, seguido dos ônibus com 25% e das motocicletas com apenas 4%. No Brasil, os meios de transporte são responsáveis por cerca de 9% das emissões de CO₂ (CNT, 2009). Sendo assim, as motocicletas representam ao todo algo próximo de 0,36% das emissões nacionais de CO₂. Considerando que o uso das motos para entrega de comida representa apenas uma parcela das motos, esse número é ainda menor. Portanto, a substituição das motos de entrega por drones não é algo que vai fazer grandes diferenças nos números a nível nacional, mas pode contribuir para o compromisso estabelecido na COP 26 pelo Brasil de reduzir suas emissões em 50% até 2030.

2.4.Legislação e Regulamentação

Um assunto de extrema relevância para entender o cenário atual das entregas comerciais por drone é o de regulamentação. Por se tratar de um modelo de negócio novo, que envolve o transporte aéreo não tripulado carregando cargas comerciais, existe a necessidade de se criar uma série de regulamentações para reger esse negócio, que tem como princípio garantir a segurança das operações. Sendo assim, o avanço da tecnologia não depende apenas das empresas que desenvolvem o drone e seus sistemas, pelo contrário, a maior barreira para crescimento do mercado de drones segundo seus provedores é a regulamentação (CompTIA, 2019).

Figura 17: Indicadores de crescimento chave citados por empresas de drone (CompTIA, 2019)



Com isso em mente, vê-se que até o presente momento (2023) as principais empresas atuantes no ramo de “drone delivery” enfrentam dificuldades de vencer a barreira da regulamentação. Toma-se como exemplo a FAA (Federal Aviation Administration) nos EUA, agência que regula todos os aspectos de aviação no país. A FAA criou uma certificação chamada “Part 135” que basicamente concede isenções para regras que não se aplicam a drones. O órgão emite “certificados de transportadora aérea” para os requerentes, com base no tipo de serviços que planejam fornecer e onde desejam conduzir suas operações. A primeira empresa a conseguir o certificado foi a *Wing Aviation* em 2019, seguida da *UPS Flight Forward, Inc.* também em 2019, depois a *Amazon* em 2020, a *Zipline* em 2022 e por fim a *Flytrex* em 2023 (FAA, 2023). No total, apenas 5 empresas possuem esse certificado para entrega de mercadorias com drone, em todo o território americano.

Jeff Bezos, ex-CEO da Amazon, previu em 2013 que uma frota de drones da sua empresa chegaria aos céus em cerca de cinco anos (2018). Mas foi apenas em dezembro de 2022 que a Amazon conseguiu permissão para fazer entregas em duas cidades de teste – College Station, Texas, e Lockeford, Califórnia, esta última com cerca de 3.500 pessoas. Isso aconteceu porque mesmo nessas cidades de teste a FAA não permitiu grande avanço das operações da Amazon, principalmente pela condição de segurança que não foi devidamente conquistada (Lakshmi; Long, 2023). Em 2021 houve um acidente na cidade de Pendleton, relatado pela FAA, em que um drone caiu de forma descontrolada e causou um incêndio por conta de uma explosão da sua bateria de lítio. Em 2022 outro acidente de queda descontrolada veio a acontecer. Nas 2 cidades de teste que a Amazon tem permissão para fazer entregas, menos de 10 famílias foram atendidas em um período de 2 meses. Isso se deu principalmente pelas condições de voo impostas pela FAA. Para o drone atravessar uma rua cumprindo as regras da FAA, os funcionários da Amazon precisam atuar como observadores para garantir que nenhum veículo estivesse chegando quando o drone precisasse voar pela rua. Algumas das principais condições da FAA são:

- a) Sobrevoar pessoas é proibido.
- b) Sobrevoar usinas é proibido;
- c) É proibido o sobrevoo de escolas durante os horários de funcionamento (ex.: fundamental, médio, médio, pré-escolar e creche);
- d) As operações acima ou dentro de 76 metros laterais de veículos em movimento são proibidas.

- e) É proibido o sobrevoo de qualquer área considerada de alto risco pelo Operador durante o processo de desenho da rota de voo;
- f) O voo sustentado dentro de 250 pés lateralmente às rodovias é proibido e as transições sobre as rodovias são proibidas
- g) O UAV deve permanecer a pelo menos 100 pés lateralmente de qualquer pessoa durante todas as fases do voo.
- h) Os voos não podem ultrapassar um raio de 6,4 quilômetros do seu local de decolagem.

Sendo assim, fica evidente a dependência que as empresas têm desses órgãos de regulamentação, e que a tecnologia precisa estar madura e extremamente confiável para que possam haver avanços na operação comercial. Em uma recente reportagem analisando as dificuldades da Amazon, o jornalista bem pontuou “Um drone feito para substituir pessoas necessita de pessoas observando-o e controlando-o para poder funcionar.” (Sean Hollister, THE VERGE), o que resume de certa forma a dependência que esse modelo de negócio tem das regulamentações.

2.4.1. Legislação Brasileira

No Brasil, o uso de drones em geral é regulado por dois órgãos: a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). De forma indireta há também a Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), que pode ser envolvida na regulamentação de drones em relação a questões que envolvam a utilização de sistemas de comunicação entre o drone e o operador remoto, como o uso de radiofrequência para comunicação, transmissão de dados e imagens, entre outras questões relacionadas à tecnologia de comunicação sem fio. Nesses casos, a Anatel pode colaborar com a ANAC e o DECEA para definir as regras e padrões necessários que garantam a segurança e eficiência na utilização de drones para fins comerciais.

A ANAC é o órgão responsável por estabelecer as normas, requisitos e procedimentos para o uso seguro e adequado dos drones, tanto para uso recreativo quanto para uso comercial. Entre as principais atribuições da ANAC em relação aos drones, estão:

- a) Regulamentação: A ANAC é responsável por criar e atualizar as resoluções e regulamentos que definem as regras para o registro, certificação, operação e segurança dos drones no país. Por meio dessas normas, a ANAC estabelece os requisitos técnicos, documentação necessária, responsabilidades do operador e outras diretrizes para garantir a operação segura dos drones.
- b) Registro de drones: A ANAC é responsável por estabelecer os procedimentos e requisitos para o registro dos drones no Brasil. Essa medida visa manter um controle sobre os drones em operação, facilitar a identificação dos proprietários e garantir a conformidade com as regulamentações.
- c) Certificação de aeronavegabilidade: A ANAC estabelece os critérios e processos para a certificação de aeronavegabilidade dos drones. Essa certificação atesta que o drone atende a padrões de segurança, desempenho e confiabilidade estabelecidos pela agência.
- d) Licenciamento de operadores: A ANAC emite as licenças de operação para os pilotos de drones. Os operadores precisam passar por um processo de treinamento e avaliação para obter a licença, que certifica sua competência e conhecimento sobre as regulamentações e práticas seguras de operação de drones.
- e) Autorização de voos: A ANAC estabelece os procedimentos para a obtenção de autorização de voos comerciais de drones. Os operadores devem solicitar autorização prévia para cada voo, informando detalhes como a rota, a altura e o horário de operação. Essa autorização é necessária para garantir a segurança do espaço aéreo e evitar conflitos com outras aeronaves.
- f) Fiscalização e penalidades: A ANAC também é responsável por fiscalizar o cumprimento das regulamentações relacionadas aos drones. Caso sejam identificadas infrações ou violações das normas, a agência pode aplicar penalidades e medidas corretivas, visando garantir o cumprimento das regras e a segurança nas operações com drones.

Já o DECEA é responsável pela regulamentação e controle do espaço aéreo no Brasil, incluindo a operação de drones em áreas onde há compartilhamento com outras aeronaves. Seu papel está na regulamentação e operação de drones no Brasil nas normas e procedimentos para o uso seguro e eficiente dos drones. Entre as atribuições do DECEA, destacam-se:

- a) estabelecer as regras e procedimentos para o uso de drones em áreas controladas e não controladas;
- b) emitir autorizações para operações de drones em áreas restritas, como aeroportos e helipontos;
- c) fiscalizar o cumprimento das normas e procedimentos relacionados ao uso de drones;
- d) elaborar e atualizar cartas aeronáuticas e publicações relacionadas ao uso de drones;
- e) estabelecer limitações para a operação de drones em relação a altura, peso e outras características técnicas;
- f) realizar estudos e pesquisas para o aprimoramento da regulamentação e operação de drones no país;

Em relação ao uso comercial de drones no Brasil, é importante ressaltar que as normas que regem esse mercado estão em constante atualização, dado que os primeiros testes de drone com fins comerciais foram realizados há 5 anos (2017) e desde então alguns casos de uso foram testados e com eles a necessidade de os órgãos criarem e regulamentarem o mercado. As normas acompanham a demanda e evolução tecnológica do mercado.

Em 2017, a ANAC publicou a Resolução nº 400, que regulamenta o uso de drones no Brasil. De acordo com a resolução, os drones usados para transporte comercial precisam ser registrados na ANAC e seguir uma série de requisitos, incluindo a certificação de aeronavegabilidade, licença de operação, seguro obrigatório, entre outros. Além disso, o transporte de cargas por drones é regulado pela Portaria nº 2.561/2019 do DECEA, que define os procedimentos e requisitos técnicos para a operação de drones na categoria de aeronavegabilidade especial. Entre os requisitos estão a identificação do operador do drone, a identificação do equipamento, a autorização prévia do DECEA para cada voo e o acompanhamento por um sistema de monitoramento em tempo real.

Para compreender a regulamentação específica no que diz respeito ao uso comercial para entrega de alimentos, é necessário explicar alguns conceitos. Existem três tipos de operação de voo em relação a observação da aeronave, o VLOS (Visual Line of Sight Operation), o EVLOS (Extended Visual Line of Sight Operation) e o BVLOS (Beyond Visual Line of Sight Operation). O primeiro é o voo em que o piloto remoto tem alcance visual do

drone a olho nu, em todo tempo de voo; o segundo é o caso em que o piloto remoto não consegue o contato visual e portanto necessita do auxílio de observadores; e o último é o voo em que o piloto remoto não tem contato com visual com a nave, nem precisa de observadores (monitoramento por GPS ou similares).

Para se ter dimensão do quanto limitado é o uso comercial de drones ainda no ano de 2023 basta ver o número de modelos autorizados pela ANAC para exercer voos comerciais: um total de nove. Desses, existem seis que são usados principalmente para mapeamento agrícola, um para inspeção de linhas de transmissão de energia, um para segurança e defesa e um para entrega de comida (delivery). Ou seja, dentro do mercado de drones, ainda há muito para evoluir e ganhar escala, principalmente dentro do uso específico do drone para delivery de comida no Brasil. O único modelo de aeronave com autorização para realizar voos comerciais de entrega de alimentos é o DLV-1 Neo, da startup Speedbird, que possui parceria com a maior empresa nacional de entrega de comida, o iFood.

Diante desse contexto, é importante entender, por fim, o impacto desses órgãos no avanço do uso de drones para food delivery. A primeira autorização concedida pela ANAC foi em 2020, que permitia a realização de voos experimentais de até 2,5 quilômetros para entregas de até 2 quilos. A autorização teve validade de um ano (até agosto de 2021) lista-se os principais procedimentos para uso comercial, aplicados no Brasil:

- a) **Registro do drone na ANAC:** O drone precisa ser registrado na ANAC e ter uma certificação de aeronavegabilidade emitida pela agência (cadastro realizado no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) da ANAC);
- b) **Licença de operação:** O operador do drone precisa ter uma licença de operação emitida pela ANAC, que é obtida por meio de um processo de treinamento e avaliação;
- c) **Seguro obrigatório:** O operador do drone precisa ter um seguro obrigatório que cubra danos a terceiros causados durante a operação do equipamento;
- d) **Autorização para voos:** O operador do drone precisa obter autorização do DECEA para cada voo, que deve ser solicitada com antecedência e informar detalhes como a rota, a altura e o horário de operação;
- e) **Identificação do operador do drone:** O drone precisa estar identificado com o nome e o telefone do operador, além do número do registro da ANAC;

- f) **Identificação do equipamento:** O drone precisa ter uma identificação única, que deve ser gravada na fuselagem ou em uma etiqueta afixada ao equipamento;
- g) **Acompanhamento por um sistema de monitoramento em tempo real:** o drone deve ser acompanhado em tempo real por um sistema de monitoramento, que deve ser capaz de detectar qualquer falha ou anormalidade na operação;
- h) **Condições de operação:** o drone só pode ser operado em condições meteorológicas favoráveis e em áreas devidamente autorizadas pelo DECEA;
- i) **Capacidade de carga do drone:** O drone precisa ter uma capacidade de carga adequada para o transporte de cargas comerciais, que deve ser informada na solicitação de autorização de voo;

Além desses procedimentos, as regras gerais da ANAC para Drones Classe 3 (RPA com peso máximo de decolagem maior que 250g e até 25 kg) continuam valendo, assim como as normas da DECEA, recentemente atualizada na ICA 100-40 que tem validade a partir de julho de 2023 e atualiza alguns pontos relevantes para operação de UAVs como a proibição do voo em zonas de segurança (refinarias, plataformas de exploração de petróleo, depósitos de combustível, estabelecimentos penais, áreas militares, usinas hidrelétricas,, redes de abastecimento de água ou gás, entre outros). É válido ressaltar que mesmo não tendo sido encontrada nas normas do DECEA nenhuma restrição de sobrevoo além das zonas de segurança, algumas propriedades definem regras para uso de UAVs dentro da área delimitada, como é o caso da USP, que definiu a resolução Nº 7383, de acordo com a Reitoria da Universidade de São Paulo (19 de julho de 2017):

Artigo 2º – A Prefeitura do Campus USP da Capital poderá permitir a operação de aeronaves remotamente pilotadas nas áreas comuns do campus para fins acadêmicos, jornalísticos ou em eventos previamente autorizados, preservadas as suas atividades-fim.

§ 1º – A autorização para sobrevoo de aeronaves remotamente pilotadas deverá ser solicitada com ao menos quinze dias de antecedência à data de realização da atividade, para análise da PUSP-C.

§ 2º – A autorização de que trata o caput deste artigo fica sujeita à apresentação de:

I – formulário constante do anexo I desta Resolução preenchido, explicando a finalidade do uso da aeronave remotamente pilotada, bem como a data e horário de início e término da atividade, identificação de todas as pessoas que dela participarão e área de sobrevoo do equipamento;

II – cópia de autorização emitida pelos órgãos legais competentes, tais como ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) e DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo).

3. ESTUDOS DE CASO

A iniciativas de P & D (pesquisa e desenvolvimento) das empresas para inserir o drone como modal logístico para entrega de alimentos iniciou em 2013. Desde então algumas empresas desenvolveram suas tecnologias e realizaram diversos testes, tendo algumas delas sucesso e outras não. Todavia, fato é que nenhuma empresa ainda conseguiu vencer todas as barreiras regulamentares, nem sacramentar qual é o modelo de entrega mais eficiente com drone (via *drone ports*, entrega por cabos, etc), muito menos comprovar uma eficiência de custos da operação, e não apenas de tempo de entrega.

Por outro lado, ao longo dos últimos dez anos muitos aprendizados foram obtidos pelas empresas que lideraram esse setor, principalmente nos últimos dois anos em que houve maior evolução nos números de entrega com drone. Portanto, este trabalho propõe-se a analisar através de 2 estudos de caso quais são os casos de uso mais relevantes para aplicação de drone, qual o potencial de escalabilidade desse modal diante do modal vigente (ex: moto) e quais as barreiras que mais colocam em risco o futuro desse modelo.

3.1. China- Meituan

A China é um dos países de maior referência em avanço tecnológico, e quando se fala em drone, não é diferente. Existem diversas empresas de serviços logísticos que investem em pesquisa e desenvolvimento para o uso de drones, como JD.com, Alibaba e Meituan. Nesta seção, será analisada em detalhe a operação de drone para entrega de comida da Meituan, maior empresa de “*food delivery*” da China.

A Meituan é uma plataforma (aplicativo mobile) de compras estilo “marketplace” que tem como principal receita a venda e entrega de comida. Fundada em 2010, ela possui mais de 300 milhões de usuários ativos mensais e faz a entrega de mais de 30 milhões de pedidos por dia na China. A Meituan começou a explorar o serviço de entrega por drones em 2017 e iniciou a operação experimental no início de 2021.

3.1.1. Caso de uso - Áreas Urbanas

Diferente da maioria dos casos de uso pelo mundo, a Meituan escolheu experimentar o serviço de entregas por drone no que é potencialmente o ambiente mais desafiador: bairros urbanos densos. A cidade onde acontece a operação é a de maior densidade demográfica da China, Shenzhen. Com quase 20 milhões de habitantes e mais de 2 mil quilômetros quadrados, a cidade tem densidade demográfica próxima de 9 mil hab/km². A escolha do modelo, apesar de desafiador, faz sentido na China, onde a maioria das pessoas vive em arranha-céus em cidades populosas e muitas delas pedem entrega de comida diariamente. A cidade de Shenzhen também é referência no mercado de drone, sendo a maior produtora industrial de drones com mais de 1.300 empresas de UAV. Por isso é um local avançado tanto em infraestrutura quanto em regulamentação, o que facilita a evolução da Meituan com seu modelo.

Até o final de 2022, a Meituan atendeu mais de 20.000 usuários em Shenzhen com entregas de drone e no início de 2023 a empresa conseguiu aprovação da Administração de Aviação Civil da China para conduzir operações de carga em baixa altitude (nível da cidade) e escalar o negócio de comercialização de drones para o resto do país. Isso foi resultado de uma evolução na tecnologia da Meituan, que nos últimos meses fez ajustes técnicos para garantir que seus drones possam voar com segurança nas cidades, como optar por designs de asas mais estáveis em ventos fortes e desenvolver seu próprio sistema de navegação baseado em visão computacional para complementar sinais fracos de GPS entre edifícios.

3.1.2. Análise da operação

Os drones operados pela Meituan precisam se ater a uma velocidade de 10 m/s e a uma altitude máxima de 120 metros. Além disso, ele pode carregar uma carga máxima de 3 quilos e permanecer no ar por até 20 minutos. Em geral, os voos da Meituan são feitos em um raio de 3 km.

Para fazer o serviço funcionar em centros urbanos densos, a Meituan não opta por fazer a entrega diretamente na porta do consumidor. Em vez disso, decidiram montar quiosques de coleta próximos a prédios residenciais ou comerciais (ver Figura 18). Os drones pousam no topo do quiosque (que parece uma máquina de vendas de shopping) e deixam a comida no local, que pode armazenar vários pedidos ao mesmo tempo. A escolha do quiosque pode ser menos conveniente para a retirada do consumidor, mas por outro lado permite que cada drone voe em uma rota predeterminada, de uma plataforma de lançamento a um

quiosque, tornando a tarefa de navegar em áreas urbanas mais fácil e escalável, pela possibilidade de automatizar e controlar os voos.

Figura 18: Quiosques de pouso e coleta de pedidos da Meituan (MIT, 2023)



Outro ponto essencial para a operação funcionar bem nos centros urbanos é a presença de oferta agrupada. Com isso me refiro a um local que concentre dezenas de restaurantes próximos uns dos outros, para que a operação de abastecimento e partida do drone seja eficiente. O principal e quase único caso até o momento em que esse cenário existe se chama Shopping Center. A Meituan lança seus drones em Shenzhen a partir de cinco shoppings da cidade. A operação se concentra nas coberturas de cada edifício, com a seguinte jornada logística: o restaurante prepara o pedido, um funcionário da Meituan (“runner”) retira o pedido no balcão do restaurante, leva o pedido até a cobertura do edifício (de elevador ou escada); lá um outro funcionário coloca o pedido dentro de uma embalagem padronizada e reutilizável, faz a pesagem do produto final e o entrega para outro funcionário que coloca o pedido no suporte do drone e então o mesmo é liberado para decolar e fazer sua rota predeterminada até algum quiosque da Meituan.

Figura 19: Processo de abastecimento do drone com o pedido (MIT, 2023)



Apesar desse processo parecer trabalhoso e manual, tudo o que acontece a partir da decolagem é automatizado. Os movimentos dos drones são controlados por um algoritmo central e as rotas são pré determinadas. A Meituan possui uma sala de controle no centro de Shenzhen, onde uma equipe especializada pode controlar um drone em caso de emergência. O algoritmo permite que as rotas predeterminadas sejam feitas de forma autônoma e a presença de uma câmera em cada drone auxilia na segurança através do reconhecimento de pessoas, automóveis e eventuais áreas de risco (ver Figura 20).

Figura 20: Imagens do software de controle de drones da Meituan (MIT, 2023)



Na sala de controle, um operador monitora em média 10 drones ao mesmo tempo, o que é crucial quando se planeja atingir escala e eficiência de custos, dado que o gasto com

mão de obra é a maior parcela de custos da operação, especialmente pilotos de drone que possuem uma qualificação específica. As outras funções são mais manuais e a Meituan já se planeja para automatizá-las também. Por exemplo, em vez de fazer com que sua equipe troque manualmente as baterias esgotadas dos drones, ela fez pesquisa e desenvolvimento em estações automatizadas de troca de baterias. A companhia também está explorando um sistema semelhante a uma correia transportadora que pode mover itens de restaurantes para plataformas de decolagem de drones nas proximidades.

3.1.3. Resultados e Aprendizados

Em 2022 a Meituan atendeu a 18 bairros da cidade de Shenzhen, realizando mais de 100 mil entregas, um crescimento de 400% em relação a 2021, o que indica a evolução e crescimento do modelo de negócio. O tempo médio de entrega dos pedidos foi de 12 minutos, o que é menos do que a metade do tempo convencional de entrega por moto, de 30 minutos. Essa marca comprova a eficiência logística em redução de tempo para o caso de uso em questão (conglomerado de oferta + densidade populacional + curtas distâncias).

Em relação à experiência de usuário, um diferencial da tecnologia de drone é a previsibilidade de entrega, como um próprio usuário do serviço relatou: “você pode saber com antecedência, a cada segundo preciso, onde cada drone estará e qual a velocidade dele, então os clientes podem esperar o horário de chegada com um desvio de dois segundos, em vez de 3 minutos ou até 10 minutos” (MIT Tech Review, 2023).

3.1.4. Estimativa de Potencial

Baseado nos resultados que a Meituan obteve na cidade de Shenzhen, pode-se fazer uma estimativa do potencial de crescimento do drone como modal logístico, considerando o caso de uso em áreas urbanas (densamente povoadas). Para tal, propõe-se realizar 2 estimativas distintas, uma com base em demanda e outra em oferta, a fim de comparar ambos os resultados e aumentar o grau de confiabilidade das estimativas. É importante pontuar, no entanto, que foi considerado como pressuposto os resultados de 2022 do recorte de parte da cidade de Shenzhen, sendo esses resultados extrapolados para o resto do país, com a adição de algumas outras premissas, levantadas a seguir.

3.1.4.1. Cálculo por oferta

Sabe-se que o modelo de operação logístico escolhido pela Meituan depende de uma oferta acumulada, isto é, um conjunto de restaurantes próximos. A Meituan encontrou esse caso de uso nos shopping centers, que possuem praças de alimentação com diversos restaurantes. Sendo assim, vamos usar a quantidade de shopping centers da China como tamanho potencial de mercado para a entrega de drones, assumindo as seguintes premissas:

- Todo shopping center possui uma praça de alimentação
- Todo shopping center está localizado em uma área urbana
- Será considerado o valor médio das entregas por shopping em Shenzhen para todos os shoppings da China.

A premissa “c)” requer uma breve explicação. Os shoppings de Shenzhen (base do cálculo) são maiores do que a maior parte dos shoppings da China (o que seria superestimar), porém em 2022 a Meituan não operou com sua capacidade máxima nos shoppings de Shenzhen (o que seria subestimar), sendo considerado, portanto, o valor médio de entregas realizadas pelos shoppings de Shenzhen, independente das diferenças de tamanho. De acordo com a companhia imobiliária *CBRE* existem cerca de 4.600 shopping centers em toda a China. Em 2022, a Meituan realizou um total de 100.000 entregas por drone, partindo de 5 shopping centers na cidade de Shenzhen.

Tabela 2: Nº pedidos entregues por drone por shopping em Shenzhen - Meituan (Autor)

	Valor	Unidade de medida
Nº de shoppings	5	<i>nº shoppings</i>
Nº entregas por ano	100.000	<i>nº entregas</i>
Nº de entregas por mês	8.333	<i>nº entregas / mês</i>
Nº de entregas por shopping por mês	1.667	<i>nº entregas / (shopping.mês)</i>

Portanto chega-se ao primeiro dado relevante que é o número de entregas que um shopping consegue gerar em média, por mês. Com essa informação, calcula-se o total de pedidos para os 4.600 shoppings na China.

Tabela 3: Estimativa de entregas por drone na China - cenário de shoppings (Autor)

	Valor	Unidade de medida
--	--------------	--------------------------

Nº de shoppings na China	4600	<i>nº shoppings</i>
Nº de entregas por shopping por mês	1.667	<i>nº entregas / (shopping.mês)</i>
Nº de entregas total por mês	7.666.667	<i>nº entregas / mês</i>

Cerca de 7,6 milhões de entregas por drones é o potencial estimado que os restaurantes de shopping center irão realizar por mês na China, para todo o país. Por fim, compara-se esse volume de entregas com a média de entregas total da Meituan em um mês no território nacional.

Tabela 4: Estimativa de share do modal logístico drone (Autor)

	Valor	Unidade de medida
Nº entregas totais da Meituan por mês	1.170.000.000	<i>nº entregas / mês</i>
Nº de entregas entregues com drone por mês	7.666.667	<i>nº entregas / (drone.mês)</i>
Share do modal logístico drone	0,66%	%

Concluindo, tem-se que em 2022 a Meituan realizou 100.000 entregas de drone na cidade piloto de Shenzhen, com perfil ideal para a entrega urbana (cidade de maior densidade demográfica do país). Assumindo que a companhia conseguirá replicar seu resultado obtido em Shenzhen para todas as outras regiões com shoppings, chega-se a um número absoluto que representa uma pequena parcela das entregas totais. Esse número percentual baixo se dá principalmente pela restrição de caso de uso considerado para o drone, de que as entregas apenas serão feitas com esse modal quando restaurantes estiverem dentro de shopping centers e áreas urbanas densamente povoadas, ou seja, considerando que o drone não consegue retirar um pedido de qualquer localidade ou mesmo entregar o pedido em qualquer residência. Caso outros casos de uso sejam testados e aprovados, certamente esse potencial irá aumentar.

3.1.4.2. Cálculo por demanda

Para esse segundo cálculo toma-se como referência a quantidade de bairros atendidos, assim como a quantidade de usuários dentro dessa região. Em 2022 a Meituan atendeu a 18 bairros de Shenzhen, com um total de 20 mil usuários, que somaram 100 mil pedidos; com essas informações chega-se à média de quantidade de pedidos que um usuário faz utilizando drone na entrega.

Tabela 5: Base de cálculo por demanda (Autor)

	Valor	Unidade de medida
Nº de usuário do recorte	20.000	<i>nº usuários</i>
Nº entregas drone / ano	100.000	<i>nº entregas / (drone.ano)</i>
Nº entregas drone / mês	8.333	<i>nº entregas / (drone.mês)</i>

$$\text{(I)} \quad 8.333 \div 20.000 = 0,42 \text{ entregas / (usuário . mês)}$$

Outro dado relevante para estimativa do potencial é o percentual de usuários da cidade que recebem pedidos por drone em relação a população total da cidade.

Tabela 6: Estimativa de usuários que recebem pedido de drone - base Shenzhen (Autor)

	Valor
Nº de bairros do recorte	18
Nº de usuários do recorte	20.000
Nº de bairros total em Shenzhen	241
Nº usuários total em Shenzhen (atendidos por drone)	(II)

$$\text{(II)} \quad (\text{Nº de usuários do recorte} \div \text{Nº de bairros do recorte}) \times (\text{Nº de bairros total em Shenzhen})$$

$$\text{(II)} \quad (20.000 \div 18) \times 241 = 267.778 \text{ usuários em Shenzhen atendidos por drone}$$

Portanto, considerando que a Meituan tem operação ativa em apenas 18 dos 241 bairros da cidade de Shenzhen, estima-se que em uma provável expansão do serviço dentro da cidade, a Meituan irá deixar de atender 20.000 usuários para atender 267.778 usuários na cidade. Para dar continuidade na estimativa de potencial nacional (em toda a China), calcula-se qual o percentual da população urbana de Shenzhen que os usuários atendidos por drone representam, considerando a população urbana de Shenzhen de 8,5 milhões de pessoas (National Bureau of Statistics of China, 2015).

$$\text{(III)} \quad \text{Pop. urb. Shenzhen} \div \text{(II)} = \% \text{ Pop. urbana atendida por drone}$$

$$\text{(III)} \quad 267.778 \div 8.500.000 = 0,0315 (3,15\%)$$

Com essa informação, pode se estender para toda a China tal proporção de 3,15%, que seria a parcela da população urbana chinesa que utiliza o serviço por drone. A população Chinesa é de aproximadamente 1,4 bilhão de pessoas (*The World Bank*, 2021) e cerca de 63% da população chinesa vive em áreas urbanas, ou seja, algo próximo de 880 milhões (Departamento Nacional de Estatística -DNE, 2021). Estendendo caso de uso de Shenzhen para toda a população urbana da China tem-se que:

$$(IV) \text{Pop. urb. China} \times (III) = \text{Nº usuários em Shenzhen atendidos por drone} \ 0$$

$$(IV) 880.000.000 \times 3,15\% = 27.720.000 \text{ usuários}$$

$$(V): (IV) \times (I) = \text{entregas / mês (China)}$$

$$(V) 27.720.000 \times 0,42 = 11.642.400 \text{ entregas / mês}$$

Tendo conhecimento de que a Meituan faz em média 1,17 bilhões de entregas de comida por mês (Meituan Financial Report, 2022), chega-se no seguinte valor de *share logístico*:

$$(VI) 11.642.400 \div 1.170.000.000 = 0,99\%$$

Em ambas as estimativas, o número absoluto de entregas é alto, porém proporcionalmente ao número total de entregas, não. Isso leva a crer que o drone como modal logístico irá, pelo menos em um primeiro momento, ser utilizado como modal complementar à moto, e não substituí-la por completo. Vale ressaltar que essa estimativa considera como base o caso de uso específico de áreas urbanas e além disso toma como base de cálculo os resultados obtidos na operação ainda inicial da Meituan em sua primeira cidade, Shenzhen. Sendo assim, é provável que essa estimativa cresça conforme a tecnologia se desenvolve e o mercado cresce. Para fins de exemplificação, considerando a mesma base de usuário potencial estimada na equação (IV) de 27.720.000 milhões de usuários sendo atendidos por entregas de drone, mas assumindo que esses usuários teriam todos os seus pedidos atendidos por drone, isto é, a frequência média de 4 pedidos por mês (Meituan Financial Report, 2022), chega-se em um total de 110.880.000 entregas por mês, o que representaria 9,48% das entregas mensais da Meituan, e que está de acordo com a visão do diretor de drone delivery da Meituan ao dizer que "...in an ideal future, drones may make up 5% or 10% of all delivery orders" (Mao Yinian, 2023).

$$(VII) 27.720.000 \times 4 = 110.880.000 \text{ entregas/mês}$$

$$(VIII) 110.880.000 \div 1.170.000.000 = 9,48\%$$

3.2. Brasil - iFood

O iFood foi a primeira *foodtech* a realizar entregas por meio de drone com as aprovações dos órgãos competentes em toda a América Latina. O primeiro Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) foi obtido em 2020, para o modelo DLV-1 Legacy. Na ocasião, a autorização permitia a realização de voos BVLOS experimentais (sem necessidade de observador a olho nu), no Shopping Iguatemi de Campinas (SP), o que permitiu um teste mais controlado e agilizou o transporte dos pedidos do restaurante até os entregadores. Foram realizadas mais de 300 entregas pelo iFood, com mais de 20 restaurantes parceiros na região. Em 2021, um segundo teste foi feito, desta vez no Nordeste, em que foram realizados voos com travessia de rio, conectando dois municípios, Aracaju e Barra dos Coqueiros, em Sergipe. Até o momento deste estudo (junho de 2023) não houve nenhum outro teste com drone, nem plano de expansão da operação com o novo modal logístico.

Para realizar tais testes com drone, o iFood estabeleceu uma parceria com a startup Speedbird, que fica responsável pela operação do drone. Em relação às permissões necessárias para voar, o iFood esteve em contato direto com a ANAC e a DECEA para estabelecerem as permissões e requisitos necessários para a operação. As condições estabelecidas foram:

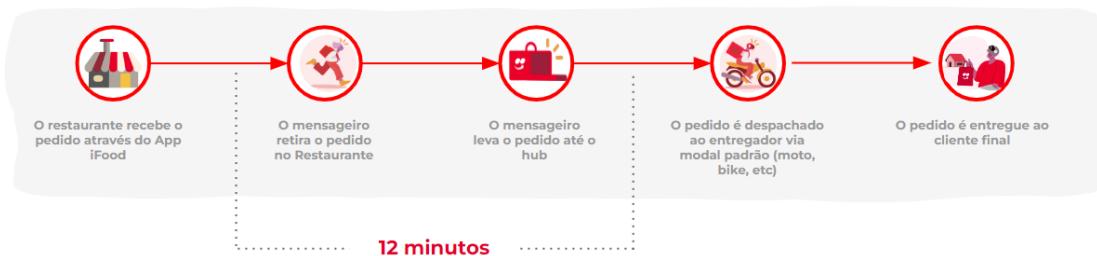
- a) Voar apenas com a aeronave certificada para o transporte de carga (DLV-1 NEO, da Speedbird);
- b) Manter voo em um raio de 3km;
- c) Transportar cargas de até 2,5 kg ;
- d) Não sobrevoar pessoas;
- e) Manter distância de possíveis fontes de interferência eletromagnética;
- f) Observar alturas máximas e mínimas de operação;
- g) Não voar em condições meteorológicas desfavoráveis (chuvas e vento forte);
- h) O drone deve decolar e pousar de um drone port (local demarcado para tal);

3.1.1. Caso de uso 1 - Áreas urbanas

A partir dessas condições o iFood definiu então os casos de uso de entrega que a princípio seriam promissores em redução de custo e tempo de entrega. Considerando principalmente a condição de não sobrevoar pessoas, o iFood definiu dois casos de uso que

utilizam o drone como um encurtador de rota, não removendo a necessidade de um segundo modal (ex: moto). O primeiro caso escolhido foi o de Shoppings, em que o iFood faz a logística dos restaurantes presentes no local (praça de alimentação). A operação conta com um hub do iFood, que é um espaço físico no estacionamento que recebe os pedidos do restaurante e entrega para a pessoa entregadora. O gargalo está no transporte do restaurante para o hub, em que um funcionário do iFood faz a rota a pé, e o tempo de deslocamento de dentro da praça de alimentação até o estacionamento ocupa em média 30% do tempo total de entrega (12 minutos). O fluxo do processo pode ser observado na Figura 22.

Figura 22: Fluxo do processo logístico convencional do iFood - motocicleta (iFood, 2022)

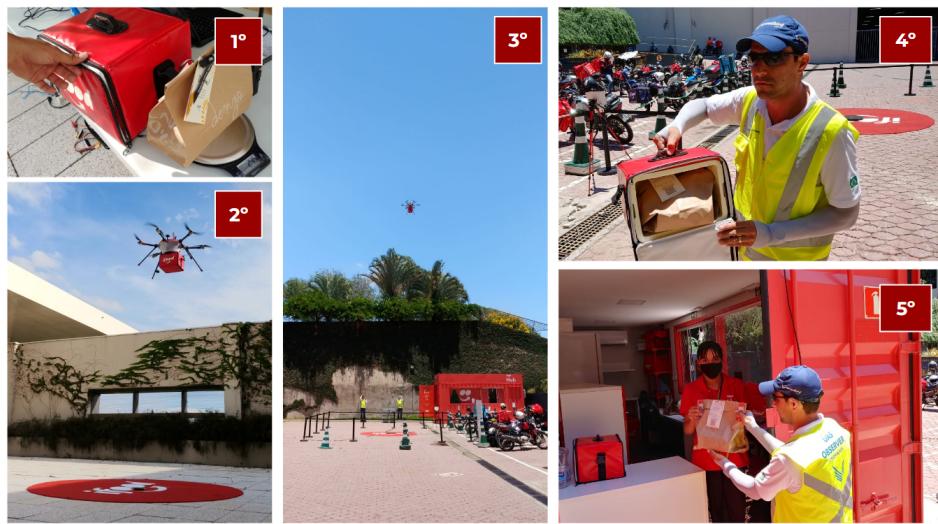


Com a inclusão do drone no processo, algumas etapas são adicionadas, como a pesagem do pedido pelo restaurante, e o mensageiro que agora leva o pedido até um *drone port*, onde o drone decola e então pousa em outro deste, ao lado do hub. O novo fluxo está esquematizado a seguir nas Figuras 23 e 24.

Figura 23: Fluxo do processo logístico por drone no iFood (iFood, 2022)



Figura 24: Fotos das etapas de abastecimento do drone (iFood, 2022)



Mesmo com o processo aparentemente mais longo, esperava-se reduzir significativamente o tempo de deslocamento do pedido entre restaurantes-hub. Os testes tiveram início em dezembro de 2020 e duraram 3 meses, sendo interrompidos com o fechamento do shopping por conta da pandemia da covid-19. Foi utilizada apenas uma aeronave na operação, que realizava uma rota de 450m, de um *drone port* ao outro.

3.1.2. Resultados caso de uso 1

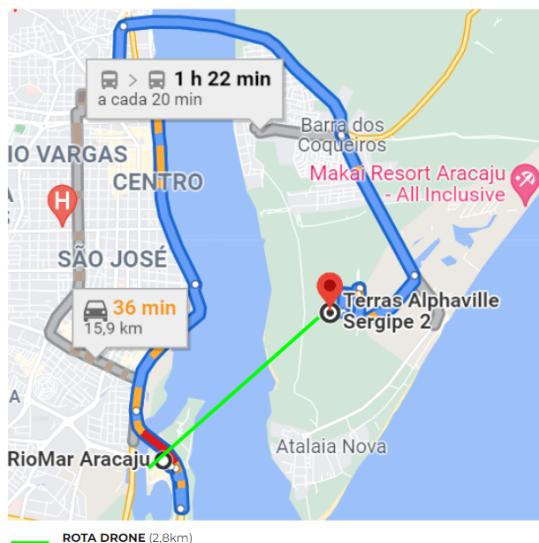
Durante esses 3 meses de teste, foram realizados mais de 300 pedidos, com uma taxa máxima de 6 pedidos por hora, e a participação de 17 restaurantes. Em relação aos tempos, o fluxo restaurante-hub com uso do drone teve uma duração média de **9 minutos** (2min50s de voo e 6min10s de transporte até *drone port*), tempo **25% menor** em comparação com os 12 minutos do processo normal e 12% menor em comparação ao tempo total de entrega, de 36 minutos. Além desses resultados, o NPS de experiência do entregador melhorou em 10 pontos percentuais (de 70 para 80%) e os restaurantes parceiros se mostraram extremamente satisfeitos com a agilidade do serviço, que impacta seus clientes de forma direta.

3.1.3. Caso de Uso 2 - Barreira Geográfica

O segundo caso de uso para aplicação do drone foi o da presença de rios em áreas urbanas, como o encontrado em Aracaju, SE. Existem duas oportunidades nesse cenário: expansão de praça logística (entregar em áreas que a malha logística de moto não atende) e redução do tempo de entrega (encurtador de rotas, pela travessia aérea).

A cidade de Aracaju possui um rio que delimita a cidade com sua vizinha, Barra dos Coqueiros. A região de Barra dos Coqueiros é uma área residencial e não atendida pela logística do iFood. O caminho por terra leva cerca de 36 minutos de carro (não há cálculo exato para a moto, mas estima-se ser de 10 a 20% menor), e o trajeto tem aproximadamente 16 km de extensão, o que para o iFood torna a operação logística insustentável financeiramente, uma vez que a plataforma paga por km percorrido, ou seja, na prática não dá para pedir iFood nessa região (bairro). Por outro lado, com parte do trajeto sendo realizado por drone, ou seja, como modal complementar, é possível diminuir o tempo de entrega, encurtar a rota percorrida pelo entregador de moto e potencialmente diminuir o custo logístico. Sendo assim o iFood expande sua área comercial, abrindo uma nova praça com 100% dos pedidos incrementais (área antes não atendida), além de fazer uma entrega de qualidade (rápida) para o cliente.

Figura 25: Rota por terra e pelo ar - Caso Aracaju (iFood, 2022)



Nesse teste houve um aumento considerável de complexidade, porque o drone passou a fazer parte da rota logística. No teste do Shopping o drone apenas substituía a rota do mensageiro a pé dentro do terreno do shopping, para levar o pedido até seu ponto de partida. Agora o drone é o próprio ponto de partida e responsável por fazer mais de metade da rota de entrega, com voos de 2,8 km entre municípios.

3.1.4. Estimativa de Potencial

Estimar o potencial de entregas por drone tendo como referência os números atuais alcançados seria muito incerto. Todavia, é possível observar a semelhança de operação que existe entre o iFood e a Meituan, pelos estudos de caso apresentados. O modelo de operação por “drone ports”, a escolha de shopping malls para fazer seus primeiros testes, a grande capilaridade de ambas as empresas (líderes em *market share* e atendem a todo o país), a escolha da Meituan por atender áreas urbanas e o perfil das cidades brasileiras densamente povoadas, além da quantidade de shopping centers para atender essa população urbana (1 shopping para 340 mil pessoas no Brasil e 1 shopping para 304 mil pessoas na China).

Tabela 7: Relação nº de shoppings por população - Brasil e China (Autor)

Brasil	Valor	China	Valor
População	214.000.000	População	1.400.000.000
Nº Shoppings	628	Nº Shoppings	4.600
Pessoas para cada shopping	340.764	Pessoas para cada shopping	304.348

Feitas tais considerações, pode-se fazer uma estimativa por oferta, assumindo como premissa que o iFood teria a capacidade de atender através de drones a logística de todos os pedidos feitos em restaurantes de shopping centers. Partindo desse pressuposto, estima-se o número de restaurantes por shopping que o iFood possui em sua plataforma *marketplace* através de um recorte da região de Campinas com algumas cidades vizinhas.

Tabela 8: Média de nº restaurantes shopping na plataforma do iFood (Autor)

Shopping	Nº Restaurantes no iFood
Iguatemi Campinas	50
Galleria Campinas	27
Dom Pedro Campinas	77
Campinas Shopping	34
Unimart Campinas	16
Shopping Valinhos	9
Pátio Limeira	5
Limeira Shopping	12

Total	230
Média	29

A escolha de tais cidades e shoppings se deu pelo fato de ter um grupo diverso em características que pode representar o Brasil. Campinas é uma metrópole que possui grandes shoppings como o Iguatemi e Dom Pedro, além de possuir também shoppings menores como Galleria e Unimart. Além do mais, algumas cidades da região, representam o “interior” de uma área urbana com a presença de um ou dois shoppings apenas, e um volume menor de restaurantes também. Sendo assim, adota-se 29 como sendo a média de restaurantes por shopping no Brasil, e a partir disso calcula-se a quantidade média de pedidos que um restaurante faz pelo iFood no mês, para então calcular a quantidade total de pedidos que os restaurantes de shopping fazem pelo iFood.

Tabela 9: Estimativa de pedidos de shopping no iFood (Autor)

	Valor
Pedidos/mês	64.000.000
Restaurantes ativos	334.000
Pedidos/restaurante/mês	192
Total de pedidos em shoppings	5.509

Com essa estimativa, basta multiplicar pela quantidade total de shoppings no Brasil, 628 (ABRASCE 2022) e chega-se ao total de **3.459.641** pedidos potenciais por mês a serem entregues por drones. Esse número representa **5,4%** dos pedidos mensais do iFood.

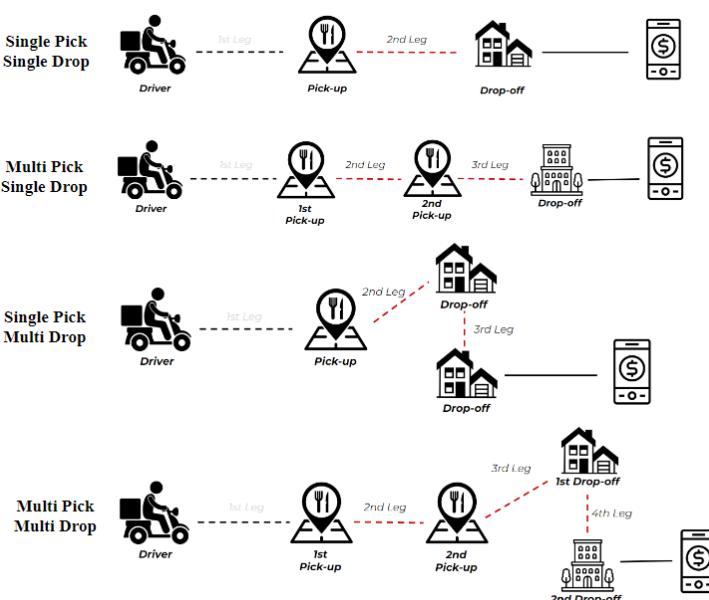
4. ANÁLISE DE CENÁRIOS E MODELOS DE NEGÓCIO

4.1. Análise de custos

4.1.1. Modelo de custo vigente (motocicleta)

O custo geral da logística para a entrega de alimentos no Brasil possui duas principais estruturas que precisam ser consideradas: a estrutura da frota e a estrutura de custos de entrega. No iFood, a estrutura da frota é primeiramente dividida em dois tipos de entregadores: autônomos (também chamados de "Nuvem") e operadores logísticos (também chamados de "OLs"). Os autônomos trabalham por conta própria, conectando-se diretamente à plataforma do iFood. Eles não têm contrato de emprego, não tem limite de área de atuação, não têm turnos fixos ou requisito mínimo de horas online/trabalhadas após ativados e sem garantia de salário mínimo. Os OLs são grupos de motoristas contratados por parceiros externos, ou seja, há uma intermediário entre o entregador e o iFood, e esse intermediário define uma garantia de salário, mas também pode exigir turnos fixos e áreas de atuação. Além disso, a estrutura da frota é segmentada por tipo de rota. A mais comum é a "Single Pick Single Drop", onde o motorista faz a "primeira perna" (do inglês *1st leg*) até o ponto de coleta, pega o pedido e depois faz a "segunda perna" (do inglês *2nd leg*) até o destino do cliente e entrega o pedido. Cerca de 90% dos pedidos acontecem nessas condições, mas existem outras três formas de otimizar a rota agrupando pedidos, seus nomes são sugestivos: "single pick multi drop", "multi pick single drop" e "multi pick multi drop" (ver figura 26).

Figura 26: Tipos de rota no modelo logístico vigente do iFood (iFood, 2022)



A composição do custo de entrega é projetada para fornecer uma compensação justa pelos serviços oferecidos pelos entregadores. Existem algumas variáveis de acordo com a região (como o custo de vida local e demanda de mercado) e também os custos operacionais (i.e., manutenção do veículo). Para este projeto, tais variáveis não serão levadas em consideração, pois o principal objetivo é analisar os custos gerais médios do modelo atual logístico de delivery. Sendo assim, tem-se que a arquitetura de custos do iFood é estruturada em torno das etapas do processo de entrega, que são:

- Taxa de coleta: o motorista recebe o pedido do restaurante;
- Taxa de distância (KM): taxa paga por cada quilômetro percorrido pelo motorista entre o restaurante e o destino final;
- Taxa de entrega: o cliente recebe o pedido;
- Taxa de pedido: taxa paga pelo número de pedidos na rota (independentemente do número de itens);

Figura 27: Precificação por tipo de rota do modelo logístico do iFood (iFood, 2022)

Tipo de rota	Nº pedidos	Distância (KM)	Coleta (R\$)	Distância (R\$)	Entrega (R\$)	Pedido (R\$)	Total (R\$)	Por pedido (R\$)
<i>Single Pick Single Drop</i>	1	5	3,20	0,70 x 5	1,70	0,30	8,70	8,70
<i>Single Pick Multi Drop</i>	2	2	3,20	0,70 x 2	1,70 x 2	0,30 x 2	10,40	5,20
<i>Multi Pick Single Drop</i>	2	4	3,20 x 2	0,70 x 4	1,70	0,30 x 2	11,50	5,75
<i>Multi Pick Multi Drop</i>	2	7	3,20 x 2	0,70 x 7	1,70 x 2	0,30 x 2	15,30	7,65

Pode-se observar que de forma geral o custo logístico em uma operação de delivery é bastante elevado. A opção de fazer agrupamentos de pedidos é bastante eficiente quando há economia financeira, porém a qualidade da operação é muito prejudicada, uma vez que o tempo de entrega aumenta para o cliente final, além de tirar a previsibilidade de entrega uma vez que há múltiplos preparos envolvidos. Por isso, o iFood continua usando o modelo convencional de “single pick single drop”. O custo de delivery representa para o iFood cerca de 40% do custo médio por pedido. Sendo assim, existe grande interesse por parte da companhia em utilizar da tecnologia e inovação para melhorar a eficiência desse processo,

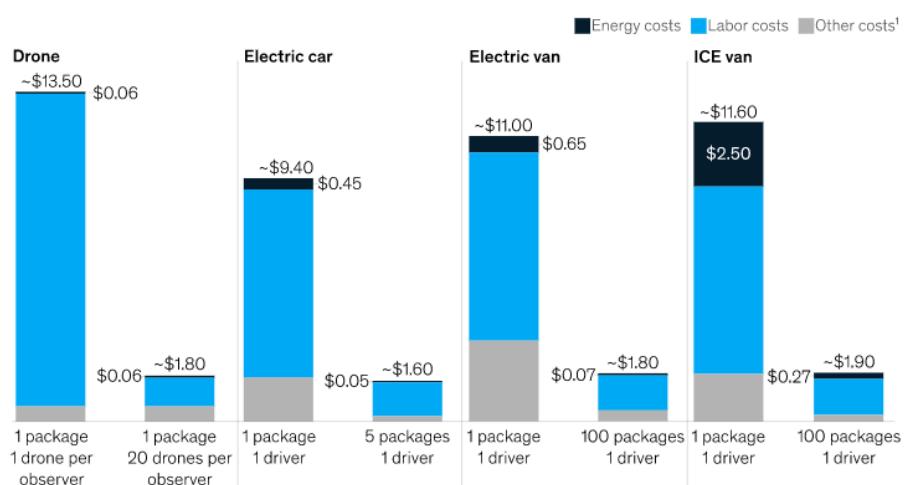
não apenas em redução de custo, mas também em tempo de entrega e consequente qualidade para o cliente final.

4.1.2. Análise de custo logístico do modal drone

O modelo logístico do drone para o *food delivery* ainda não possui maturidade de precificação como o modelo de entregadores com motocicleta, por ser um serviço inovador. Na maioria dos países os custos ainda estão na fase de P&D (pesquisa e desenvolvimento) em que não há parâmetros e preços bem definidos, uma vez que o modelo ainda não se desenvolveu, como é o caso do iFood no Brasil. Mesmo nos países mais avançados, como a China com a Meituan e Irlanda com a Manna, ainda não há margem lucrativa com o serviço, e os custos e investimentos não são divulgados. Mesmo assim, baseado nos casos de uso aplicados pelo iFood e a partir de alguns pressupostos, pode-se estimar um custo de operação da entrega de comida por drones, com o intuito de tangibilizar, ainda que com certo grau de incerteza, o potencial de redução de custo e retorno sobre investimento do modelo de negócio..

Uma dessas premissas usadas para um cenário otimista é a capacidade de ter um único piloto/observador responsável por diversos voos simultâneos. Uma análise de janeiro de 2023, a consultoria McKinsey fez uma comparação do custo unitário de delivery por drone com outros modais. O gráfico mostra que para o custo de mão de obra (piloto/observador) representa mais de 90% dos custos totais, sendo assim, para tornar o drone competitivo economicamente é necessário otimizar a mão de obra do piloto, deixando-o responsável por diversos voos, o que seria semelhante a um agrupamento de pedidos para um modal de carro, por exemplo. Nessas circunstâncias o drone pode ser até mais econômico.

Figura 28: Comparação do custo unitário de delivery por drone com outros modais (McKinsey, 2023)



No caso do iFood, vamos primeiro estimar os custos de operação para o caso de uso do rio. Baseado no modelo logístico vigente (moto) com a especificação apresentada no item 4.3.1 teríamos o seguinte custo, considerando a distância de 15 km a ser percorrida pelo entregador:

Figura 29: Custo logístico para entregar uma distância de 15 km com modal moto (iFood, 2023)

Tipo de rota	Nº pedidos	Distância (KM)	Coleta (R\$)	Distância (R\$)	Entrega (R\$)	Pedido (R\$)	Total (R\$)
<i>Single Pick Single Drop</i>	1	15	3,20	0,70 x 15	1,70	0,30	15,70

Esse é um caso de uso em que o modal de moto fica excessivamente caro pela longa distância percorrida pelo entregador. Para calcular o custo logístico da operação com drone nesse caso de uso, adota-se as seguintes premissas:

- Custo de energia = R\$0,85 kWh (*ANEEL, 2023*)
- Custo de propriedade (aluguel) para drone ports (média) = R\$5.000,00 / mês
- Salário mensal de um operador de drone = R\$7.000,00 (*glassdoor, 2023*)
- Salário mensal de um mensageiro = R\$1.700,00
- Salário mensal de um profissional tech (necessário 1 a cada 5 drones): R\$8.000,00
- Capacidade do drone: 6 pedidos por hora (rotas de 3 km)
- Tempo de operação diária: 8 horas por dia
- Autonomia de um drone: 30min voando com ~2kg
- Valor mensal de seguro por drone : R\$300,00
- Custo mensal de software de operação de drones (média): R\$420,00 por drone

Com essas informações calcula-se o custo por pedido para 2 cenários. No primeiro, considera-se a situação atual exigida pela ANAC de que um operador seja responsável por apenas um voo por vez, já o cenário otimista assume-se que um operador pode acompanhar até 10 voos simultâneos.

Tabela 10: Custo por pedido - cenários pessimista e otimista (Autor)

Item de custo	Cenário 1	Cenário 2
Nº drones operando	1	10
1 operador / mês	R\$ 7.000,00	R\$ 7.000,00
3 mensageiros / mês	R\$ 4.500,00	R\$ 4.500,00
Profissional Tech	R\$8.000,00	R\$16.000,00
Infra <i>drone port</i> / mês	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Nº pedidos/hora de operação	6	60
Qtd. horas de operação por dia	8h	8h
Qtd. horas de operação no mês	176h	176h
Nº pedidos mês	1.056	10.560
Custo de energia (mensal)	R\$ 146,90	R\$ 1.496,00
Seguro drone (mensal)	R\$ 300,00	R\$ 3.000,00
Software de operação (mensal)	R\$ 420,00	R\$4.200,00
Custo por pedido	R\$ 24,59,88	R\$ 3,96

Nota-se que no custo recorrente de operação cerca de 67% do custo é mão de obra. Sendo assim, o número de drones por operador precisa aumentar para o custo se tornar competitivo, ou seja, mais drones voando sob coordenação de um mesmo profissional, como acontece na Meituan, com 10 drones por operador. Isso, por sua vez, exigirá que a tecnologia e a regulamentação avancem o suficiente no Brasil para que um único operador gerencie até 10 drones em um espaço aéreo densamente utilizado. Esses avanços incluem o voo autônomo de drones, no qual os drones voam com intervenção humana limitada, sistemas de gerenciamento de tráfego não tripulados e soluções de detecção de objetos e pessoas (ex: LiDAR). Para estimar o custo total que o iFood teria escalando o serviço, considera-se

Tabela 11: Custo de operação logística com drone - cenário de escala (Autor)

Item de custo	Valor

Nº drones operando	3200
Custo mensal de operadores (MDO)	R\$ 2.240.000,00
Custo mensal de mensageiros (MDO)	R\$ 1.632.000,00
Custo mensal de profissional tech (MDO)	R\$ 5.120.000,00
Infra drone port / mês	R\$ 1.600.000,00
Nº pedidos/hora de operação	19200
Qtd. horas de operação por dia	8h
Qtd. horas de operação no mês	176h
Nº pedidos mês	3.379.200
Custo de energia (mensal)	R\$ 478.720,00
Seguro drone (mensal)	R\$ 960.000,00
Software de operação (mensal)	R\$ 1.344.000,00
Custo por pedido	R\$ 3,96
Custo total / mês	R\$ 13.374.720,00

Considerando o custo médio de R\$5,70 por entrega no *unit economics* do iFood em 2023, pode-se estimar uma economia mensal ao substituir os 3,37 milhões de pedidos pelo modal drone na entrega (estimados como potencial).

Tabela 12: Custo por pedido cenário de escala (Autor)

	Valor
Custo por pedido (drone)	R\$ 3,96
Custo total / mês (drone)	R\$ 13.374.720,00
Custo por pedido (moto)	R\$ 5,70
Custo total / mês (moto)	R\$ 19.261.440,00
Economia mensal	R\$ 5.886.720,00

Ainda que a estimativa de 3,37 milhões das entregas de moto a serem substituídas por drone represente apenas 5,4% das entregas mensais do iFood, o potencial de economia com a redução de custos em um cenário de escala é bastante relevante para a operação do iFood, ainda mais considerando o longo prazo.

Retorno sobre Investimento

Uma vez estimado o custo mensal de operação logística, faz-se necessário calcular o custo inicial de investimento para colocar essa operação de pé. Sendo assim, considera-se mais uma vez o cenário de escala estimado na seção de estudo de caso do iFood (3.2) de 3,37 milhões de entregas por drone, sendo que um drone é capaz de fazer 1.056 entregas por mês, sendo necessário 3.276 drones de frota, aproximadamente. Tendo esse número de base, calcula-se o investimento inicial.

Tabela 13: Investimento inicial - cenário de escala (Autor)

Item de custo	Valor
Nº Pedidos 1 drone/mês	1.056
Nº drones / shopping	5
Frota de drone necessária	3.276
Custo 1 drone	R\$ 40.000,00
Custo frota necessária	R\$ 131.046.996,92
Custo frota extra (20%)	R\$ 26.209.399,38
Licenciamento e certificado	R\$ 500,00
Homologação ANATEL (por drone)	R\$ 300,00
Investimento inicial	R\$ 160.877.336,24

Definitivamente o grande custo no investimento inicial é a aquisição de frota. É importante ressaltar que podem existir outros modelos de custo considerando o modelo de negócio *drone as a service*, que seria semelhante ao que a startup Speedbird faz na Europa, oferecendo a frota e operação logística como um serviço para empresas de *marketplace (e-commerce)*, um modelo que vai crescer e evoluir com o mercado, assim como hoje temos centenas de *logtechs (logistic as a service)* como a Loggi, Lalamove, Box delivery, entre outras. Nesse cenário o iFood não teria um investimento inicial tão alto por não ter que adquirir a frota ou cuidar da operação, porém um valor semelhante seria refletido no custo recorrente de utilizar uma terceira para fazer a logística com drone, através uma taxa por entrega e uma mensalidade fixa, por exemplo.

Porém, feita essa consideração, calcula-se o retorno sobre investimento (ROI) para o cenário considerado de investimento inicial de -R\$ 160.877.336,24 e economia mensal de R\$5.886.720,00.

Tabela 14: Retorno sobre Investimento da operação logística de drone - cenário de escala (Autor)

Investimento inicial	-R\$ 160.877.336,24	
Mês 1	-R\$ 154.990.616,24	R\$ 5.886.720,00
Mês 2	-R\$ 149.103.896,24	R\$ 5.886.720,00
Mês 3	-R\$ 143.217.176,24	R\$ 5.886.720,00
Mês 4	-R\$ 137.330.456,24	R\$ 5.886.720,00
Mês 5	-R\$ 131.443.736,24	R\$ 5.886.720,00
Mês 6	-R\$ 125.557.016,24	R\$ 5.886.720,00
	...	
Mês 26	-R\$ 7.822.616,24	R\$ 5.886.720,00
Mês 27	-R\$ 1.935.896,24	R\$ 5.886.720,00
Mês 28	R\$ 3.950.823,76	R\$ 5.886.720,00

Conclui-se então, que apesar do alto valor de investimento inicial para operação logística, o potencial de reduzir custos em um cenário de escala é tão relevante que se paga em 2 anos e 4 meses de operação. Vale ressaltar que muitos custos ainda não estão bem estabelecidos no mercado, como valores de software e outras tecnologias necessárias para manutenção e operação dos drones. Todavia, ainda é possível tangibilizar essa que é a maior força do modelo de negócio de entrega de comida por drone.

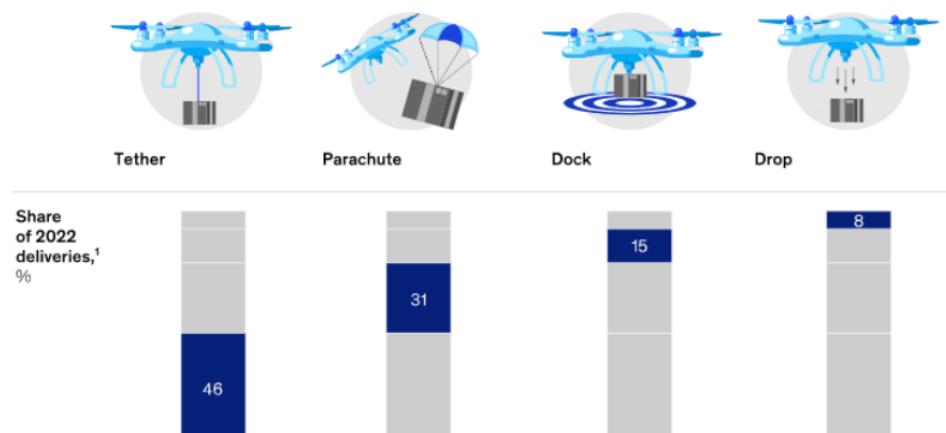
4.2. O desafio do “last-meter” na entrega

Durante os últimos anos um dos maiores desafios das empresas na entrega de mercadorias com drone foi o despacho do produto para o consumidor final, chamado de “last-meter” por alguns estudiosos (McKinsey, 2023). O problema existe porque ainda que o drone possa transportar sua carga sobrevoando por cima de qualquer ambiente, ele tem a missão de entregar a mercadoria com segurança, precisão e confiabilidade, em algum local perto do solo. Diante disso, as empresas desenvolveram diferentes tipos de despacho, nenhum deles conquistou o mercado de forma definitiva, por conta das necessidades específicas de cada segmento.

Figura 30: Share de entregas por método de despacho de delivery com drone (McKinsey, 2023)

The four main ‘last-meter’ delivery methods all have pros and cons, preventing one from dominating the market.

Last meter delivery methods



¹Based on public statements and proprietary McKinsey drone delivery data from the leading 18 drone delivery companies.

No caso do *food delivery* os dois métodos mais usados são o *tether* e o *dock*. Os métodos de *parachute* e *drop* funcionam melhor para mercadorias menos delicadas do que alimentos. Sendo assim, vamos analisar os dois métodos mais comuns em relação aos pontos positivos, negativos e casos de uso bem sucedidos.

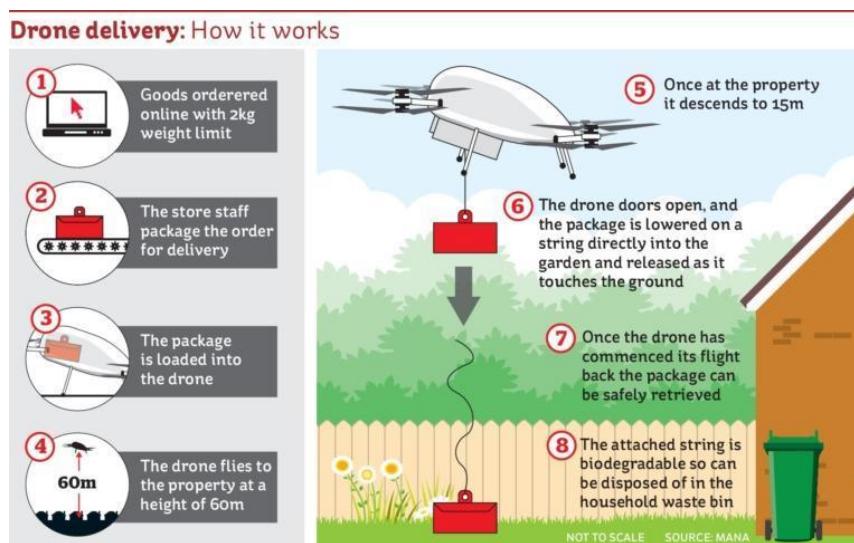
4.2.1. Modelo *Tether* (fio)

Empresas da Europa e Austrália como Flytrex, Wing, Zipline e Manna utilizam um fio de suporte para realizar suas entregas. Quando o drone chega no seu destino, ele sobrevoa a cerca de 15 metros de altitude e desce o produto até o chão por meio de um fio.

A complexidade do voo aumenta quando se opta por esse modelo. No caso da empresa irlandesa Manna, eles utilizam a tecnologia LiDAR (Light Detection and Ranging), que custa cerca de dez mil dólares por dia para utilizar na operação. A LiDAR ajuda a determinar se o local de pouso apresentado pelo cliente é adequado para uma entrega segura. O processo funciona da seguinte forma: o usuário escolhe o local de entrega com exatidão pelo mapa no aplicativo, colocando um “pin” do local que deseja que o drone pare sobrevoando para descer o pedido. Porém o drone não aceita cegamente a sugestão do usuário, ao chegar no local, o drone usa o escaneamento LiDAR para analisar a área sugerida. Se perceber que não é seguro o suficiente, o drone se move dois ou três metros para o local verdadeiramente mais seguro.

Bobby Healy, CEO do Manna disse em uma entrevista à *The Drone Girl* em março de 2023: “é comum situações em que um membro da família seleciona a entrada da garagem como local de entrega, mas outro membro da família estaciona o carro ali sem que eles soubessem. Ou, em outras situações, as crianças podem correr embaixo do drone naquele momento. O drone não irá sobrevoar e descer o pedido nessas situações.”

Figura 31: Custo logístico para entregar uma distância de 15 km com modal moto (iFood, 2023)



Obs: A figura demonstra apenas o caso que o drone é carregado manualmente, não o caso que o drone é carregado com auxílio do fio.

Apesar da maior exigência a nível de tecnologia, o modelo permite uma flexibilidade maior de entrega, pois tudo o que precisa é de uma área plana de um a dois metros de raio para entregar o pedido, e não uma estrutura de *drone port* para pouso da aeronave, além de garantir maior segurança, por não precisar descer até o nível do chão e fazer um pouso. Da mesma forma, o modelo com fio permite que o drone colete um pedido de um restaurante independente de estrutura de decolagem, pois o drone pode sobrevoar o restaurante, descer o fio sem carga e um funcionário qualquer encaixar o pedido no fio, que uma vez fixado é recolhido e o drone então parte para o destino do cliente. Isso tem um grande impacto pensando em escala, pois diferente do caso analisado da Meituan e do iFood, não há uma restrição de atender apenas restaurantes em shopping centers, restrição essa que limita em 80% a oferta das empresas (no caso do iFood).

4.2.2. Modelo *Dock* (*drone port*)

A maior referência de empresa para o método *Dock* é a chinesa Meituan (como visto no capítulo 3). Nesse modelo a empresa utiliza uma infraestrutura terrestre proprietária, como uma estação para decolagem e pouso das aeronaves. Via de regra, o drone é abastecido manualmente com o pedido por um funcionário e pousa em um *drone port*, que é uma área no nível do chão com um local apropriado para pouso. Na maior parte dos casos (como da Meituan e do iFood) o *drone port* é uma área de propriedade da companhia responsável pela logística, em que ela aluga ou compra um área de 4 a 20 metros quadrados para instalar a estrutura necessária. Na teoria é possível utilizar de espaços públicos ou quintais de casas como *drone port* para pouso do drone, porém esse cenário não é explorado pelas companhias por dois grandes fatores de risco: o primeiro é o alto grau de incerteza sobre o terreno de pouso, que pode ter crianças cruzando o caminho ou objetos e desníveis no local que impactem no pouco; o segundo fator de risco é a segurança do despacho ao permitir que qualquer pessoa chegue perto e eventualmente manuseie o drone, podendo danificar a aeronave, se machucar ou mesmo furtar o drone. Dessa forma o modelo *dock* tem como principal desvantagem a capilaridade na operação, que por depender de uma estrutura mínima (*drone port*) para receber e para entregar o pedido, acaba resultando no *trade-off* de escolher ou uma capilaridade maior mas com um custo enorme de implantação, ou uma capilaridade menor, aplicando a operação para casos de uso específicos que o custo e complexidade de operação compensam.

Considerando esse último caso, então, o modelo *dock* pode ser a melhor opção para a empresa de *food delivery*. Nos estudos de caso da Meituan e iFood observa-se que foi escolhida uma operação baseada em um local de oferta adequada, isto é, shopping centers que possuem dezenas de restaurantes concentrados em um só local. Partindo desse caso de uso, o modelo *dock* se torna mais eficiente pois é necessário apenas uma estrutura de *drone port* de decolagem, que geralmente se instala na cobertura do shopping e atende a todos os restaurantes do local. Nesse caso compensa o custo menor do modelo *dock* quando comparado ao *tether*, com aeronaves e sistemas mais complexos e caros.

Além disso, outro fator favorável ao modelo *dock* é o nível de controle, segurança e previsibilidade da operação logística. Uma vez que os drones só podem decolar e pousar em um número limitado e conhecido de *drone ports*, a quantidade de rotas possíveis e o trajeto de cada uma é conhecido. Sendo assim, a operação possui uma segurança maior que o modelo *tether*, por não haver os riscos e incertezas de entregar em um local escolhido pelo cliente e ter

que descer uma embalagem com comida no meio de uma área povoada, e possui também uma eficiência maior de operação com a capacidade de automatizar todas as rotas, que são conhecidas e pré-programadas.

Tabela 15: Prós e contras dos modelos de despacho - *Dock x Tether* (Autor)

DOCK		TETHER	
Prós	Contras	Prós	Contras
Rotas pré-definidas (automação)	Necessidade de <i>drone ports</i> físicos (CAPEX/OPEX)	Capilaridade na entrega/despacho	Complexidade de operação
Segurança maior e risco menor	Restrição de locais para retirada e entrega	Capacidade de coletar um pedido	Custo de operação maior
Custo de software menor	<i>Tradeoff</i> de custo-capilaridade Experiência do consumidor (retira pedido no drone port)	Custo de estrutura física menor (CAPEX)	Riscos de segurança e qualidade na entrega
			Necessidade de embalagem específica

4.3. Análise SWOT

Com todo o conteúdo estudado nos capítulos 2, 3 e 4, é possível compilar os principais aprendizados em uma análise SWOT (Albert Humphrey, 1970), que resume as principais forças, fraquezas, oportunidades e ameaças do modelo de entrega de comida por drone.

4.3.1. Variáveis e pontuação

Com o intuito de estimar quão favorável é o cenário atual para que a entrega de comida por drone se torne uma realidade no Brasil, utiliza-se do sistema de pontuação com duas variáveis. Importância e Magnitude. A primeira indica a prioridade do evento para a organização e a segunda representa a grandeza e impacto que o evento tem. A escala utilizada para a Importância vai de 1 a 5 e para a Magnitude vai de 1 a 5 em módulo, sendo porém valor negativo para fraquezas e ameaças e positivo para forças e oportunidades.

Tabela 16: Análise SWOT - FORÇAS (Autor)

FORÇAS (+)		Importância	Magnitude	Pontos
1	Redução do tempo das entregas em cerca 50%.	3	3	9
2	Redução do custo logístico (até 75% comparado ao modal moto).	5	5	25
3	Alcançar áreas remotas ou inacessíveis por moto.	3	2	6
4	Previsibilidade e precisão no acompanhamento da entrega	2	2	4
5	Menores emissões de CO2	4	2	8
6	Previsibilidade de oferta logística	3	3	9
		Total		61

Tabela 17: Análise SWOT - OPORTUNIDADES (Autor)

OPORTUNIDADES (+)		Importância	Magnitude	Pontos
1	Exigência do usuário por entregas cada vez mais rápidas	3	3	9
2	Diferencial competitivo (nenhuma empresa no Brasil faz entrega por drone ainda)	2	2	4
3	Expandir a área de oferta logística não atendidas por entregadores de moto.	4	3	12
4	Possibilidade de aumentar eficiência e automação com inteligência artificial.	3	3	9
		Total		34

Tabela 18: Análise SWOT - FRAQUEZAS (Autor)

FRAQUEZAS (-)		Importância	Magnitude	Pontos
1	Usuário retirar pedido em algum drone port e não na porta de casa.	3	-3	-9
2	Falta de integração de sistema com aplicativos marketplace	1	-1	-1
3	Capilaridade: não consegue retirar um pedido em qualquer restaurante e não consegue entregar em qualquer residência.	5	-5	-25
4	Necessidade de embalagem específica	3	-3	-9
	Necessidade de estrutura de drone ports para pouso/decolagem	4	-4	-16
		Total		-60

Tabela 19: Análise SWOT - AMEAÇAS(Autor)

AMEAÇAS (-)	Importância	Magnitude	Pontos
1 Regulamentação e Legislação	5	-5	-25
2 Limitação tecnológica do drone (autonomia de bateria, peso)	4	-5	-20
3 Poucos casos de uso aplicáveis	3	-3	-9
4 Risco de degradação e ou roubo da aeronave	3	-3	-9
5 Dependência de alto nível do automação (tecnologia) para atingir custo competitivo	4	-5	-20
6 Condições climáticas (chuvas)	2	-2	-4
7 Alto investimento inicial	3	-4	-12
8 Insatisfação dos entregadores (greves, boicotes).	1	-1	-1
9 Aceitação de usuários (adesão).	3	-2	-6
		Total	-106

4.3.2. Índice de Favorabilidade

Definidas as pontuações totais de cada característica, calcula-se em seguida o Índice de Favorabilidade (IF) do modelo de negócio, baseado na seguinte equação:

$$IF = \frac{2 \times (FORÇAS + OPORTUNIDADES) - (FRAQUEZAS + AMEAÇAS)}{(FORÇAS + OPORTUNIDADES) + (FRAQUEZAS + AMEAÇAS)}$$

Tabela 20: Análise SWOT - Índice de Favorabilidade (Autor)

	Pontos	%
AMEAÇAS	-106	41%
FRAQUEZAS	-60	23%
FORÇAS	61	23%
OPORTUNIDADES	34	13%
ÍNDICE DE FAVORABILIDADE (IF)		-54%

Figura 32: Régua do Índice de Favorabilidade (Jornada do gestor, 2015)



Comparando os fatores internos, percebe-se que as forças e fraquezas possuem um equilíbrio entre si, o que condiz com a análise deste trabalho, que destaca principalmente o impacto e potencial da redução de custo logístico que uma operação com drone pode atingir, mas por outro lado existem fraquezas que demonstram a complexidade da operação e o consequente risco de não atingir a escala necessária para chegar na redução de custo, fraquezas como a incapacidade retirar pedidos na maioria dos restaurantes, a eventual necessidade de estabelecer propriedade e instalar *drone ports*, além da experiência do consumidor de não receber na porta de casa. Todavia, apesar do equilíbrio entre prós e contras nos fatores internos, a situação desfavorece nos fatores externos. As oportunidades da entrega por drone estão basicamente em atender uma exigência do usuário de entrega rápida (diferencial competitivo) e expandir a área de oferta logística, sendo este último aplicável a casos de uso específicos de barreiras geográficas ou zonas rurais, que demandam uma tecnologia mais madura (autonomia e segurança). Já as ameaças possuem uma magnitude maior pensando no curto e médio prazo (próximos 10 anos aproximadamente). A regulamentação por exemplo é requisito para qualquer operação acontecer, se não houver uma liberação para que os drones sobrevoem pessoas em áreas urbanas, nenhuma das forças da análise SWOT chegam a acontecer. De forma semelhante, se a tecnologia tanto de hardware dos UAVs (autonomia, capacidade de carga e mecanismos de coleta e retirada) como dos softwares que os controlam não evoluírem a ponto de garantir uma operação em escala nacional para atender diversos cenários urbanos e suburbanos, também não será possível explorar as forças e oportunidades.

5. CONCLUSÃO

O mercado logístico de food delivery no Brasil é dominado pela utilização de motocicletas como modal de entrega. Neste trabalho, exploramos a possibilidade de substituir as motos por drones como uma alternativa viável. No entanto, concluímos que o mercado de drones juntamente com suas partes envolvidas não estão prontos para assumir a logística do *food delivery*, e que as previsões mais otimistas de dez anos atrás pecaram em não considerar a complexidade das variáveis abordadas nesse trabalho. Existem diversas limitações que impedem essa substituição, como a falta de capilaridade para entregar em todas as residências, questões de segurança e a infraestrutura mínima necessária para decolagem e pouso.

As restrições regulatórias também são um obstáculo para a adoção em larga escala dos drones. A legislação ainda está em estágio inicial no Brasil e impõe restrições sobre o sobrevoo de pessoas e a necessidade de locais específicos para pouso. Além disso, há limitações tecnológicas em termos de hardware (autonomia da bateria) e software (capacidade de operar com segurança de forma autônoma dezenas de drones, e a precisão e confiabilidade dos poucos e entregas dos pedidos).

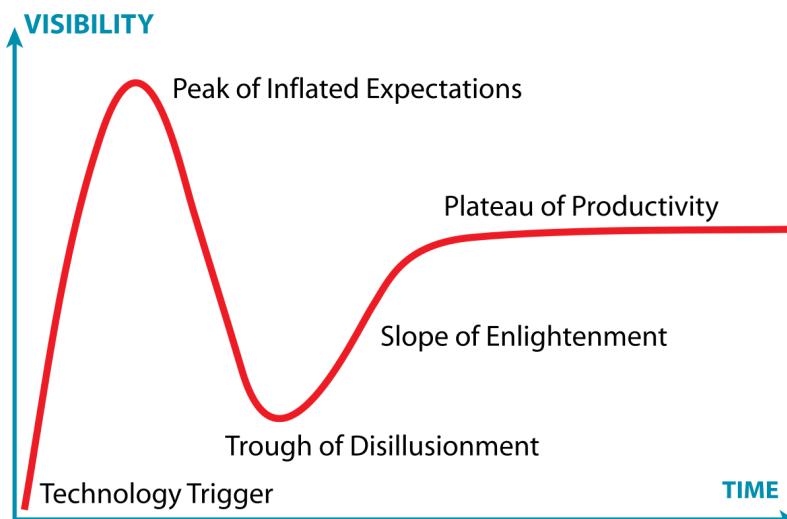
A adoção de uma nova tecnologia como os drones exige adaptações significativas nos processos de entrega, como a necessidade de alterações nas embalagens dos alimentos, pesagem da comida, carregamento das baterias e instalação de "drone ports", e até mesmo uma adaptação de consumidores e restaurantes para entregar ou receber o pedido do drone, o que aumenta a complexidade da transição.

No entanto, os drones têm vantagens em cenários específicos que podem ser exploradas. Em casos de densidade populacional elevada, como grandes centros urbanos, os drones podem oferecer tempos de entrega menores e maior previsibilidade, graças à capacidade de rastreamento precisa. Além disso, em regiões com barreiras geográficas, como rios e ilhas, os drones podem reduzir o tempo de entrega e expandir as possibilidades comerciais. Também existe a oportunidade de expansão comercial em áreas remotas, como campos afastados.

Nas estimativas realizadas neste trabalho, identificou-se um potencial do drone representar **5,4%** das entregas do iFood atendendo todos os restaurantes presentes em shopping centers. Esse potencial representaria uma economia mensal de **5,8 milhões de reais**, o que aponta para um cenário promissor, caso o mercado consiga vencer as ameaças e fraquezas que hoje falam mais alto do que suas forças e oportunidades, como visto na análise SWOT.

Entendendo que a entrega de alimentos por meio de drones é uma tecnologia emergente, podemos analisar sua trajetória por meio do gráfico do Ciclo Hype. Atualmente, estamos na fase de "queda do hype", em que as expectativas iniciais estão sendo confrontadas com as barreiras identificadas. Essa fase é caracterizada pelos primeiros fracassos de empresas que enfrentaram dificuldades não previstas anteriormente. No entanto, acredita-se que após essa fase, haverá uma ascensão com maior estabilidade, em que o mercado identificará as aplicações rentáveis e com potencial de escala. Nesse momento, a tecnologia dos drones assumirá de forma mais concreta seu lugar no mercado de entregas.

Figura 33: Gartner Hype Cicle (Wikipedia)



Embora as perspectivas de substituição total das motos por drones no cenário atual sejam limitadas, é importante continuar acompanhando o desenvolvimento da tecnologia e as mudanças nas regulamentações. À medida que essas barreiras forem superadas e as limitações tecnológicas forem mitigadas, os drones poderão se tornar uma opção viável e eficiente para a entrega de alimentos no futuro.

Portanto, recomenda-se que as empresas do setor de food delivery acompanhem de perto as evoluções nesse campo e considerem a adoção dos drones como uma opção complementar para casos de uso específicos, visando aprimorar a eficiência operacional e explorar novas oportunidades comerciais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VALLE, Vivian Lima López; CORCOVADO, João Miguel França. Regulação do uso comercial de drones no espaço aéreo urbano e sua logística para transporte de objetos nas smart cities. International Journal of Digital Law, Belo Horizonte, ano 2, n. 2, p. 185-200, maio/ago. 2021.

NITIN KOSHTA; YASHODA DEVI ; CHETNA CHAUHAN. Evaluating Barriers to the Adoption of Delivery Drones in Rural Healthcare Supply Chains: Preparing the Healthcare System for the Future, 2022.

24: “Epicenter of UAS: First-of-Its-Kind Center Will Be Integral to Coordinating Unmanned Systems in North Dakota,” Grand Forks Herald, Sydney Mook, June 16, 2022. Disponível em:

<https://www.grandforksherald.com/news/north-dakota/epicenter-of-uas-first-of-its-kind-center-will-be-integral-to-coordinating-unmanned-systems-in-north-dakota>

“Food delivery by drone is just part of daily life in Shenzhen”, Zeyi Yangarchive, MIT Technology Review, 2023. Disponível em:
<https://www.technologyreview.com/2023/05/23/1073500/drone-food-delivery-shenzhen-mit/>

AURAMBOUT, J.P., GKOUMAS, K., CIUFFO, B., 2019. Last mile delivery by drones: An estimation of viable market potential and access to citizens across European cities. Eur. Transport Res. Rev. 11 (1), 30. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0368-2>

JEAN-PHILIPPE AURAMBOUT, KONSTANTINOS GKOUMAS, BIAGIO CIUFFO. A drone hop from the local shop? Where could drone delivery as a service happen in Europe and the USA, and how many people could benefit from it?, 2022. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590198222001683>

FLECK, ANNA. European City Dwellers Would Try Delivery Drones, 2023. Disponível em:
<https://www.statista.com/chart/29109/share-of-people-that-would-try-delivery-drones/>

KLOSS, BENEDIKT; RIEDEL, ROBIN. Up in the air: How do consumers view advanced air mobility?, 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/up-in-the-air-how-do-consumers-view-advanced-air-mobility#/>

EASA; MCKINSEY & COMPANY. Urban Air Mobility Survey Evaluation Report, 2021. Disponível em: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/uam_detailed_survey_evaluation.pdf

CARTER Sarina; JOHNSTON Tore; LIDEL Stephan; RIEDEL Robin; TUSCH Leonard. Drone delivery: More lift than you think, 2022. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/future-air-mobility-blog/drone-delivery-more-lift-than-you-think>

PARK Jiyoong; KIM Solhee; SUH Kyo. A Comparative Analysis of the Environmental Benefits of Drone-Based Delivery Services in Urban and Rural Areas, 2018. Disponível em: <https://www.cbsnews.com/news/why-the-great-malls-of-china-are-starting-to-crumble/>

FLYGUYS. How Much do Drone LiDAR Services Cost?. Disponível em: <https://flyguys.com/how-much-do-drone-lidar-services-cost/#:~:text=Factors%20that%20Drive%20LiDAR%20Services%20Cost&text=LiDAR%20services%20generally%20range%20from%2412%2C000%20depending%20on%20client%20needs.>

LOEB Walter. Amazon's Drones Are Grounded, 2023. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/walterloeb/2023/02/02/amazons-drones-are-grounded/?sh=68ac0404187>

FINMODELSLAB. Unlocking the price tag: starting a drone delivery service, 2023. Disponível em: <https://finmodelslab.com/blogs/blog/drone-delivery-services-startup-costs>