

Boitatá - Documentação técnica

Ariel Lima Dallari Guerreiro - ariedallari@usp.br, Gabriel Mossato - gymossato@usp.br, Felipe Azank - felipeazank@usp.br, and Patrick Sampaio dos Santos Brandão - patricksampaio@usp.br

I. Introdução

Os incêndios florestais consistem em queimadas não planejadas em áreas naturais ou com um alto número de vegetação. Podem ser causados tanto por ação antropológica quanto por fatores naturais, podendo ocorrer em diversas áreas e não necessariamente se restringem a um comportamento sazonal. De acordo com dados da ONU [1] já ocorreram muitas perdas de vidas e há projeções de que tais dados aumentem.

Infelizmente, considerando o avanço do aquecimento global e a facilidade de propagação e início de queimadas em ambientes secos e quentes, percebe-se que os incêndios florestais se tornarão cada vez mais presentes, como assistimos ainda neste ano em locais como Austrália, EUA (Califórnia) e Brasil. Como podemos ver em eventos atuais, onde o Pantanal está sendo assolado por incêndios florestais, possuindo uma área significativa devastada por este fenômeno.

Tendo em vista o quanto vastas e intensas as consequências dos incêndios florestais são, e levando em conta o estado das ferramentas atuais para combater incêndios florestais, a equipe propõe uma solução que ao cliente será de baixo custo para combater os incêndios de forma mais inteligente, visando reduzir o risco que os profissionais estarão expostos e reduzir o dano causado pelas queimadas.

II. Demandas

Após estudos e entrevistas sobre os processos de combate a incêndios florestais normalmente adotados, descobrimos que a principal estratégia utilizada pelos bombeiros para combater incêndios florestais não é necessariamente apagá-los, mas sim controlá-los, pois, tendo em vista a magnitude do fenômeno, suprimi-lo ativamente exigiria uma quantidade de recursos e esforço exorbitantes.

Desta forma, elencamos algumas variáveis, as quais são essenciais para a contenção do fogo, entre elas: a umidade do local, a direção e intensidade dos ventos, o relevo da região e a quantidade de material combustível disponível para queima. Dentre elas, a direção de propagação das frentes de chamas é uma das características que mais se destaca no fenômeno e, atualmente, os bombeiros contam tão somente com a experiência profissional para auxiliá-los nesse quesito.

O método de contenção de incêndios é feito por meio de barreiras onde a vegetação é removida, promovendo a descontinuidade de material combustível e impedindo a expansão do incêndio. Estas barreiras, chamadas de **aceiros**, precisam ser feitas pelos bombeiros, muitas vezes por trabalho manual e levando horas para ser feita. Portanto, ter conhecimento do melhor local para a criação de um aceiro influencia diretamente na extensão que o incêndio pode chegar.

Além dos aceiros criados, rios e estradas já agem como barreiras para a expansão de incêndios. Ter conhecimento da direção da propagação do incêndio e da presença dessas barreiras "naturais" permite a alocação mais eficiente de recursos e esforços para pontos mais críticos. Porém, muitas vezes as informações geográficas não são de conhecimento pleno das brigadas, portanto possuir estas informações de forma acessível é necessário para um combate mais eficiente.

BIODIVERSITY HOTSPOT UNDER THREAT

So far this year, 22% of the Pantanal, a large wetland in the middle of South America, has burnt, including parts of some Indigenous territories, and areas where rare species live.

- Area burnt (1 January – 20 September 2020)
- Indigenous territories
- Conservation areas

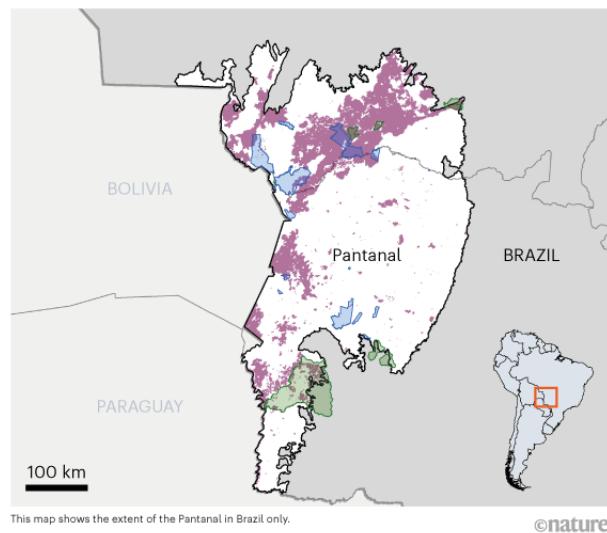


Fig. 1 Visualização das queimadas no Pantanal

Considerando isso e, tendo como objetivo principal, empoderar os integrantes do corpo de bombeiros com informações precisas para auxílio na tomada de decisão, desenvolvemos, um sistema de monitoramento e suporte aéreo por meio da integração entre drones coletores de dados e um sistema de processamento.

Sinteticamente, os drones empregados na tarefa transmitiriam as informações coletadas que, por meio de um aplicativo, forneceria fácil interpretabilidade dos dados, de modo a agregar informações consistentes sobre o incêndio e permitir que se agilizem as operações do cliente do serviço.

A. Boitatá

A nossa equipe se inspirou no folclore brasileiro, onde há a presença da figura chamada como Boitatá, o defensor da floresta contra aqueles que as incendeiam. Em algumas versões da história, a serpente possui diversos olhos, representando sua capacidade de enxergar e proteger toda a floresta. Nossos drones serão como os diversos olhos de Boitatá, permitindo a melhor proteção da floresta pela visão privilegiada que os bombeiros terão acesso.

III. Solução

A solução encontrada será destrinchada em seus três elementos principais, mas, em linhas gerais, envolve o drone como um elemento capaz de gerar uma visão geral e fornecer dados, como a região queimada e a direção do vento, de forma a fornecer um ponto de vista superior e abrangente para o bombeiro combatendo no chão, além de fornecer os dados necessários para a previsão da propagação do fogo em tempo real e com maior precisão. Esses dados serão processados por uma central e as partes mais relevantes são enviadas a tablets, onde um app mostrará aos bombeiros as informações mais relevantes, como as previsões, barreiras já existentes, posicionamento das outras equipes, além de objetivos a serem cumpridos, tudo de forma integrada a fornecer a informação necessária de forma ágil e eficiente.

A. Coleta de Informações

Para permitir uma aplicação segura, com qualidade e confiabilidade, o equipamento escolhido é fundamental. Por ser uma aplicação de alto risco e de extrema sensibilidade, confiabilidade é prioridade. Além disso, equipamentos de qualidade agregam valor e reduzem os custos de manutenção.

Inicialmente, definiremos o *drone* escolhido. Para esta aplicação, o drone **DJI Matrice 300 RTK** [2] confere melhor custo benefício. O modelo, extremamente moderno, foi desenvolvido com enfoque na resistência, sendo capaz de resistir temperaturas mais elevadas que drones tradicionais são capazes de suportar. Possui elevado tempo de voo (por volta de 45 min) e é capaz de atingir altitudes de até 5000 m acima do nível do mar, além de um alcance de transmissão máxima de 15 km. Sua grande altitude permite que o drone esteja distante do risco do calor e fumaça gerados pelo incêndio, ao mesmo tempo que garante comunicação estável para passar as informações críticas para as equipes em terra.



Fig. 2 DJI MATRICE 300 RTK

Como o drone estará posicionado afastado do incêndio, são necessárias câmeras de qualidade, além de bons sensores, para permitir boas visualizações e fornecer os dados necessários para a ação dos bombeiros em terra.

Para a câmera, a escolha é da **Zenmuse H20T** [3], oferecida pela própria DJI como *payload* compatível com o modelo de drone escolhido. Além da garantia de compatibilidade plena, a câmera possui 4 sensores diferentes, que permitem conhecimento completo de toda a situação. Possui câmera de alta resolução com zoom óptico, permitindo visualização com detalhes a uma distância segura do fogo; possui uma grande angular para ter uma visão geral de toda a situação; um sensor telemétrico, caso sejam necessárias medidas precisas de distâncias; além do principal, uma câmera termográfica de alta resolução.

A câmera térmica é um diferencial excelente, sendo valorizada pelos próprios bombeiros, pois é capaz de ver detalhes através da fumaça que é gerada com o incêndio. Além disso, a combinação das imagens térmicas com as tradicionais permite reconhecimento de linhas de fronteira do incêndio, sendo usada por algoritmos para prever a direção de propagação do fogo, fornecendo informações valiosas para o planejamento dos bombeiros.

B. Processamento

Com as informações de câmera do drone, é possível fazer processamento de imagem sobre elas para produzirmos informações úteis aos bombeiros. Analisando e combinando informações de câmeras tradicionais com térmicas de forma a mapear a linha de fronteira do fogo [4]. Combinada com as informações já existentes de topologia e com as leituras de direção e intensidade de vento, um algoritmo é capaz de prever a provável direção de propagação do fogo.

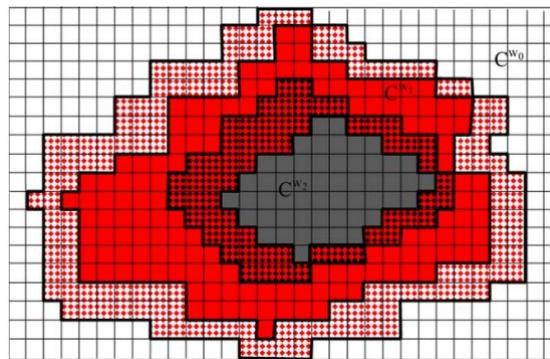


Fig. 3 Previsão da linha de fogo por meio de imagens infravermelho [4]

Uma vez que as informações são coletadas e processadas, são então enviadas para aplicativos presentes em tablets que estão com os bombeiros na linha de ação [5].

Para o algoritmo de prova de conceitos, nos baseamos em [6], onde dada uma imagem com mancha de calor e um input de direção da velocidade do vento, o algoritmo calcula possíveis direções de propagação do fogo, através de visão computacional e equações de propagação do fogo conseguimos chegar nos seguintes resultados.

Dada uma imagem do que seria a captada pelo drone, apresentada na Figura 4, implementamos

Através visão computacional, classificamos a imagem de forma binária entre fogo e não fogo, resultando em uma imagem como a da Figura 4

Através dos equacionamentos e conceitos abordados em [6], somos capazes de fazer uma predição da propagação das frentes de chama como ilustrados pelas figuras

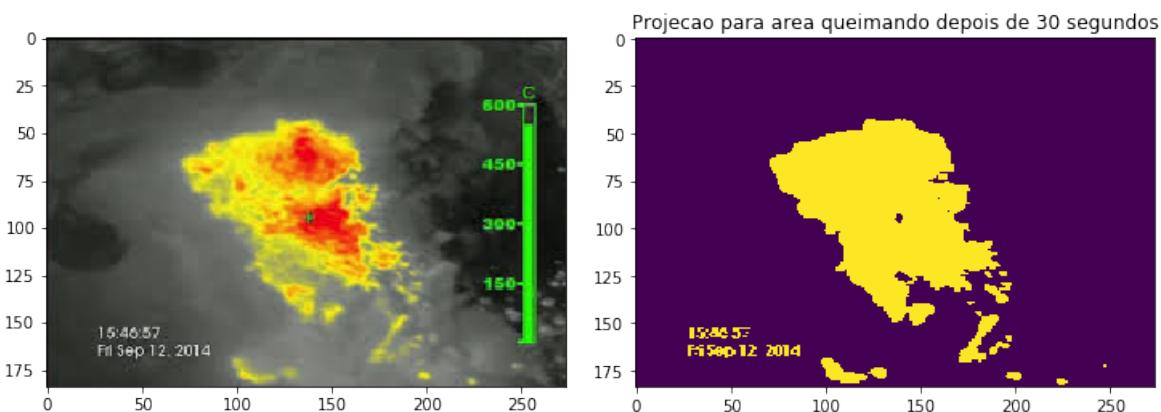


Fig. 4 Imagem captada pelas cameras dos drones, e a direita após filtro desenvolvido

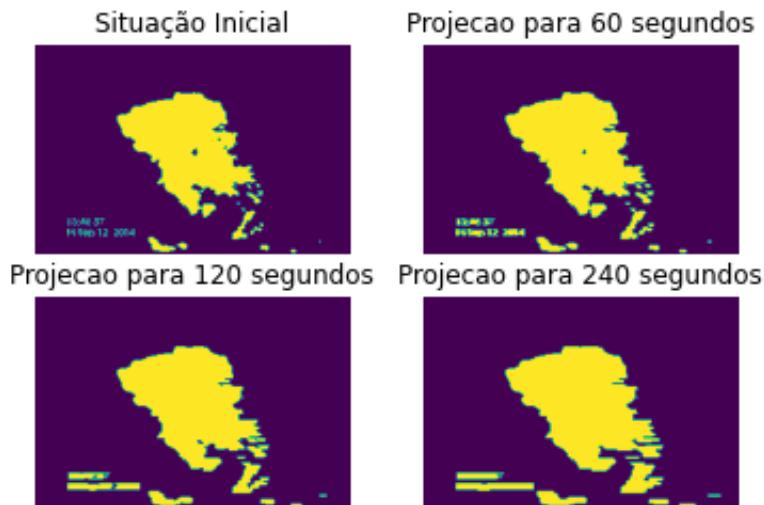


Fig. 5 Progressão das frentes de chamas

C. Comunicação

Haverá uma rede local de conexão entre os agentes envolvidos no sistema, através de um esquema de topologia em estrela, onde há alguns agentes (1) drone, responsável pela captação de dados, (2) máquina central de processamento, conectada aos múltiplos drones será responsável por realizar o processamento de imagens e cálculos de previsões, (3) tablets que estarão com um bombeiro cuja função é tomada de decisões.

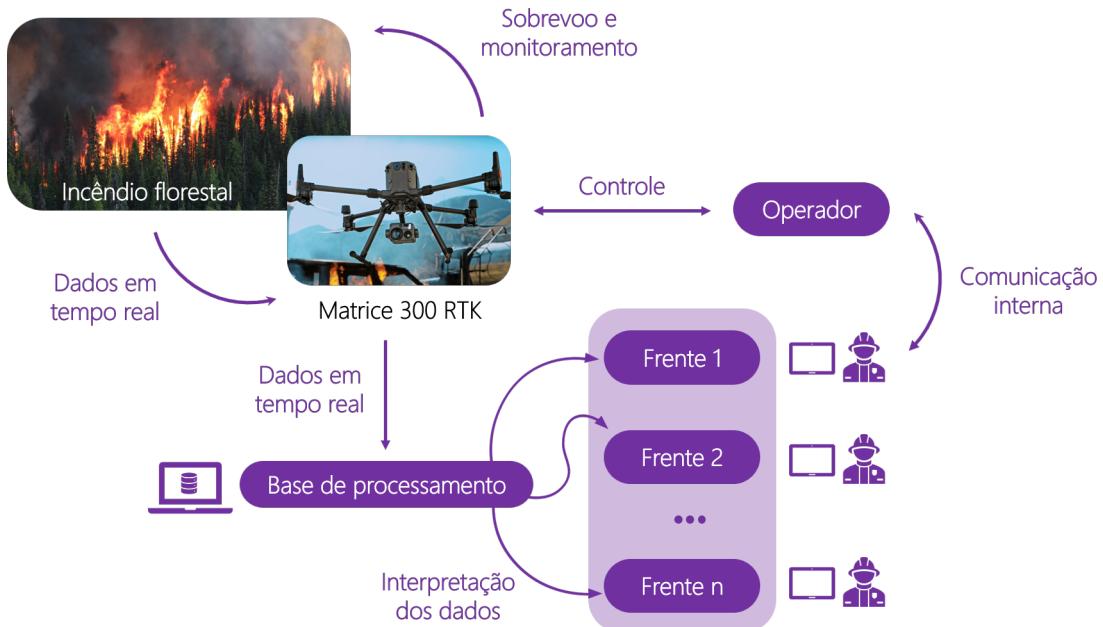


Fig. 6 Visualização da arquitetura do sistema

D. Aplicativo

Com os dados gerados pela central de processamento e enviados pela central para os bombeiros, a apresentação das informações relevantes serão condensadas por meio de um aplicativo presente no tablet. Como pode ser observado na imagem a seguir, a tela principal do aplicativo apresenta de forma intuitiva e de fácil acesso para o bombeiro,

melhorando o combate ao incêndio.

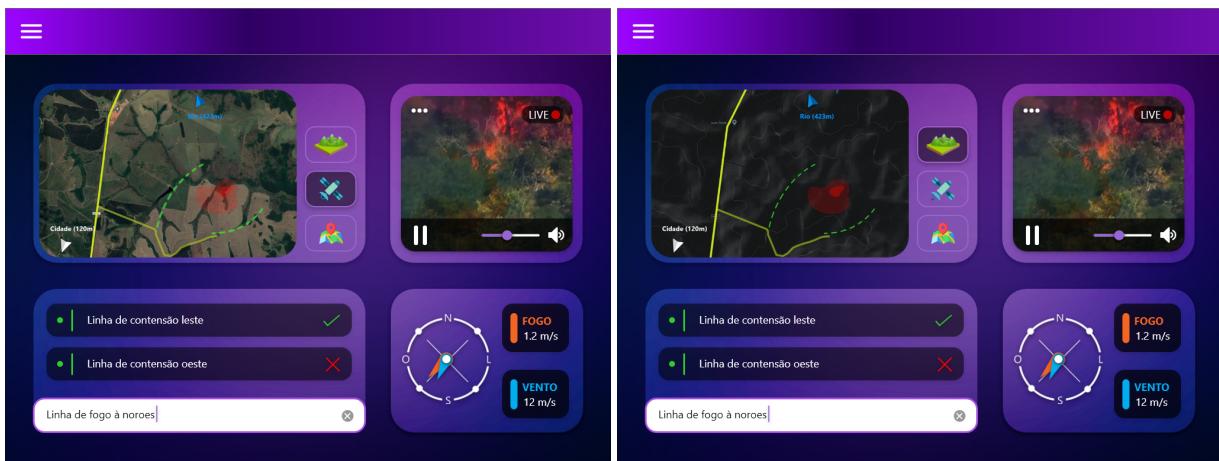


Fig. 7 Tela principal do aplicativo

O aplicativo é dividido em 4 principais regiões. Na região superior esquerda, o aplicativo possui as informações geográficas e de mapas combinada com as informações preditivas geradas pela central de comunicação. O usuário pode escolher três modos diferentes do mapa: mapa simples, mapa com curvas de nível de altitude e mapa com imagens de satélite, como pode ser visto na Figura 7. Estão presentes outras informações, como uma visão simplificada da localização e tamanho do incêndio (vermelho escuro), possíveis locais que o fogo pode se expandir (vermelho claro), posições de estradas, cidades próximas e corpos de água próximos, uma vez que estes elementos agem como barreiras já existentes contra o fogo, permitindo o foco da brigada em outro local. Por fim, estão mapeados os aceiros que já foram criados pelos bombeiros. Caso o usuário deseje, o mapa se expande para a tela cheia com o clique, conforme pode ser visto na Figura 8.

Na região superior direita, existe o feed em tempo real das câmeras dos drones, com as imagens sendo enviadas pela central de comunicações, de forma a complementar o apoio tático que o bombeiro possa precisar com uma visão superior. Ao clicar nesta região, o vídeo entra em tela cheia no aplicativo e permite que o usuário alterne entre a câmera RGB e a câmera termal em sua visualização, como visto na Figura 9.

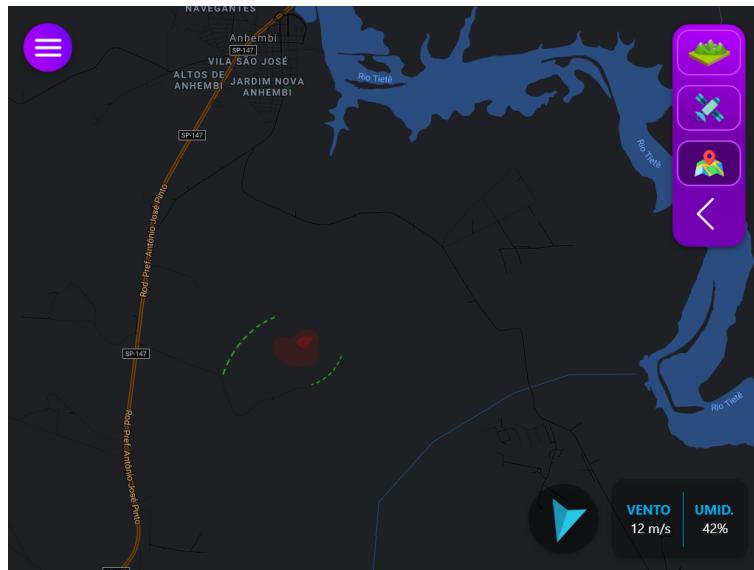


Fig. 8 Mapa interativo que irá possibilitar agregar informações sobre a missão

Na região inferior direita do aplicativo estão presentes duas das informações mais relevantes para o combate

ao incêndio: a velocidade e direção de propagação do vento, fornecidas pelo drone, além da previsão da direção e velocidade de propagação do incêndio, gerada pela previsão dos algoritmos na central de processamento. Esse conjunto de informações moldam diretamente a ação dos bombeiros, merecendo o destaque que possuem no aplicativo. Para melhor visualização e compreensão, as direções são informadas em uma rosa dos ventos.

Por fim, na região inferior esquerda do aplicativo, estão presentes os objetivos atuais de uma brigada, que podem ser fornecidos pela central, de forma a gerar uma coordenação mais eficiente dos grupos atuantes. Esses objetivos são também visuais, com as linhas tracejadas no mapa. Os bombeiros podem usar a região de objetivos para ver suas novas metas, marcar as que já foram realizadas, além de enviar mensagens relevantes para a central e para outras equipes.

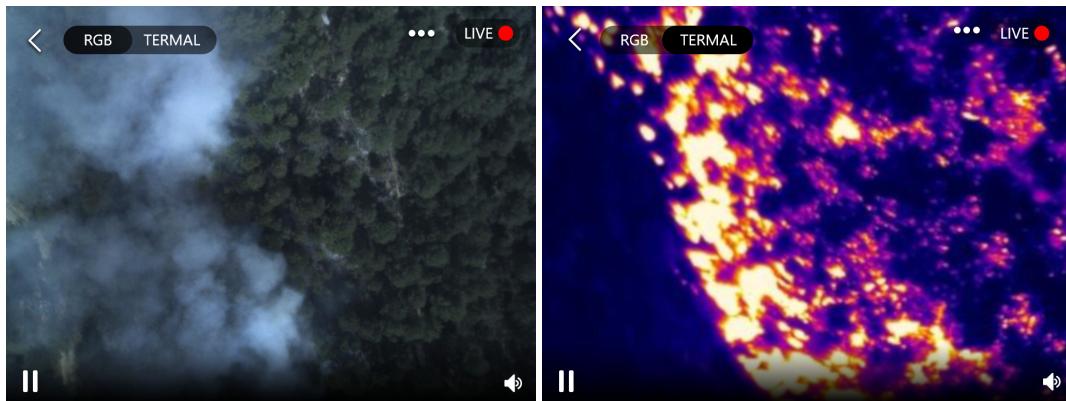


Fig. 9 Possibilidade de alterar as visões entre as cameras rgb e termal

IV. Uso Esperado

Em um caso de incêndio, os drones seriam lançados para sobrevoarem a região, principalmente na fronteira da região de chamas. Portanto será necessário a atuação de um profissional responsável por pilotar o drone sobre as chamas, por um tempo a ser suficiente para caracterizar a situação. Além disto, terão os carregadores de bateria, sendo possível ter até 4 conjuntos de bateria, que podem ser trocados sem desligar o drone, permitindo uma continuidade da atuação do drone.

O trabalho de contenção será extremamente coordenado entre a equipe e seu comandante e as outras equipes, através de imagem tática, dos gráficos das grandezas ambientais, como o vento na região, e das projeções de propagação da frente de chamas, geradas através do algoritmo que irá receber dados do drone, o comandante pode indicar os objetivos mais adequados para os bombeiros, como podemos ver na Figura 7, e traçar objetivos para a equipe. Além disto, outras equipes poderão visualizar o objetivo que equipes em outras frentes possuem, podendo fazer um trabalho aditivo de forma mais eficiente. Ademais, também será possível visualizar no mapa as regiões que seriam barreiras naturais, como rios, e também regiões que devem possuir uma contenção mais dura, no caso das chamas estarem se aproximando de uma cidade, onde serão mais nocivas a vidas humanas.

E também, tendo postas as medidas restritivas às frentes de chamas, o aplicativo será uma maneira eficiente de avaliar se o fogo não está em processo de expansão ou se está contido, sendo útil não só para traçar a estratégia de contenção mas também para identificar se o incêndio esta sob controle.

V. Modelo de Negócios

O modelo de negócio empregado para o processo consiste em um método de assinatura, no qual os clientes teriam acesso total dos *drones* durante o período de assinatura, assim como acesso ao aplicativo, que geraria os resultados e previsões necessárias.

Esse modelo torna-se o mais palpável para a ideação do projeto uma vez que, como visto na descrição do hardware, o equipamento utilizado deve apresentar a robustez necessária para se manter em pleno funcionamento mesmo em condições adversas de incêndios. Esse requisito, infelizmente, para ser atendido, requer um *drone* com um valor de mercado superior aos modelos mais comuns, o que torna mais barato e simples a assinatura e manutenção dos equipamentos em comparação com uma possível revenda para os clientes. Portanto o custo inicial dos drones será

bancado pela nossa empresa, sendo necessário um capital para compra dos equipamentos, todavia este custo não será refletido como uma necessidade de um grande aporte dos clientes para começarem a utilizar a nossa plataforma, este modelo de negócios facilita que os clientes nos contratem para uma prova de conceitos mais facilmente, visto que não terão muito risco num modelo de assinaturas, além de ser uma tecnologia muito nova, principalmente no Brasil, em termos de aplicação à incêndios florestais de grande escala, portanto é especialmente interessante nosso modelo de negócios oferecer o menor risco possível ao cliente.

Ademais, um modelo de negócio por assinatura também nos permite uma maior chance de recorrência com os clientes, além de nos permitir realizar visitas de manutenção nas quais poderemos atualizar as soluções empregadas, tornando-as melhores conforme testadas.

A. Jornada do Negócio

Idealmente, o objetivo final do desenvolvimento seria a prestação de serviços no estilo "B2G", no qual o assinante principal seria o próprio governo federal ou algum corpo de bombeiros estadual.

Entretanto, levando em consideração o aporte e o tempo e a burocracia necessária para desenvolver um sistema de proporções grandes o suficiente para o auxiliar organizações estatais em grandes queimadas, uma decisão estratégica inicial consistiria em iniciar em um sistema "B2B", buscando *leads* no setor agrícola, os quais apresentam forças-tarefas contra incêndios florestais de plantações de elevado valor agregado e grande potencial de espalhamento de fogo, como plantações de cana e de eucalipto.

Empresas as quais entramos em contato e que apresentam essa espécie de força-tarefa anti-incêndio em suas plantações seriam grandes nome do mercado agrícola, como Raízen e Suzano. Além da viabilidade de atuar no mercado internacional, visto que há demanda por tais serviços em diversos outros países.

Por fim, após consolidar o processo e aumentar o financiamento e a frota de *drones* disponível, iniciaremos contatos mais fortes com o governo de forma a prestar serviços de maiores escalas e perigos.

References

- [1] Organization, W. H., “Wildfire,” , 2020. URL https://www.who.int/health-topics/wildfires#tab=tab_1.
- [2] DJI, “Matrice 300 RTK,” dji.com, 2020. URL <https://www.dji.com/br/matrice-300>.
- [3] DJI, “Zenmuse H20 Series,” , 2020. URL https://www.who.int/health-topics/wildfires#tab=tab_1.
- [4] Zharikova, M., Sherstjuk, V., and Sokol, I., “Forest Fire-Fighting Monitoring System Based on UAV Team and Remote Sensing,” 2018. <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2018.8477527>.
- [5] Yuan, C., Liu, Z., and Zhang, Y., “Fire detection using infrared images for UAV-based forest fire surveillance,” 2017 *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, 2017, pp. 567–572.
- [6] Campos, A. T., “PROPAGAÇÃO DE FOGO E EQUAÇÕES ESTOCÁSTICAS,” Vol. 31, 2013.