

# Monitoramento de Ambientes Usando Veículos Aéreos Não-Tripulados

Mateus Augusto Gomes, Matheus Zickuhr, Marcelo de Souza e Tiago Luiz Schmitz

Departamento de Engenharia de Software

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Ibirama – SC – Brasil

`mateusaugustogomes@outlook.com, {marcelo.desouza, tiago.schmitz}@udesc.br`

**Resumo.** *Nos últimos anos, a quantidade de aplicações para Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs) tem crescido significativamente. Este trabalho propõe a sua aplicação na fiscalização e manutenção de ambientes. Especificamente, é descrito o uso de VANTs para monitoramento do leito de um rio, como mecanismo de verificação e controle de cheias. O trabalho descreve os algoritmos de roteamento dos VANTs, bem como propõe uma abordagem baseada em agentes para que, de forma autônoma, eles possam se coordenar no cumprimento da tarefa de monitoramento.*

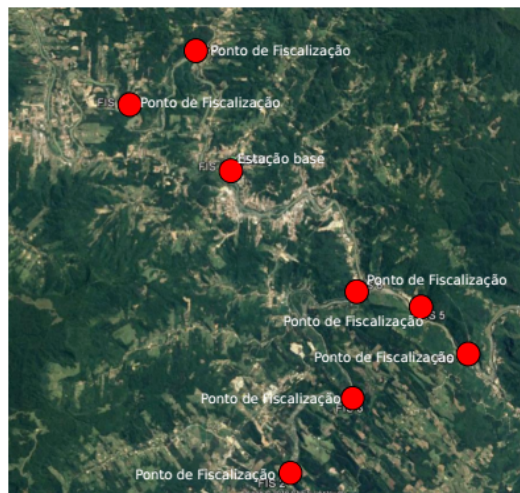
## 1. Introdução

Este trabalho propõe a aplicação de Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs) para a observação e manutenção de ambientes, em especial áreas sob riscos ambientais como desmatamento, queimadas e cheias. Inspirado no recorrente problema de enchentes da região do Vale do Itajaí (Santa Catarina – Brasil), o projeto usa como cenário o leito do Rio Hercílio, um afluente do Rio Itajaí Açu. O objetivo é automatizar a fiscalização do assoreamento do rio, que é o processo de acúmulo de lixo e outros elementos nos leitos dos rios, que atrapalha o fluxo de água, aumentando as chances de enchentes.

O trabalho de observação do leito do rio emprega o uso de drones que devem se coordenar para cobrir a maior área possível e registrar imagens georreferenciadas das margens do rio. Essa tarefa pode ser dividida em duas atividades principais: a formação das rotas utilizadas na observação e a análise das imagens georreferenciadas para detectar a não conformidade ou alteração das margens do rio. Este artigo tem propõe uma abordagem baseada em duas fases para definir as rotas dos VANTs, desde o ponto de partida até os pontos a serem fiscalizados. A primeira fase consiste em definir o conjunto de rotas iniciais, minimizando o custo médio. Na prática, os VANTs encontram questões climáticas como chuva ou vento, que atrapalham a rota definida inicialmente. Neste caso, a segunda etapa consiste na comunicação entre os VANTs, de forma a reconfigurar o conjunto de rotas e garantir o sucesso na realização da tarefa.

## 2. Cenário

No cenário proposto, os VANTs possuem uma base central onde recarregam e são revisados. Existe uma série de pontos a serem fiscalizados ao longo do rio. As rotas iniciais são baseadas em uma análise feita por um sistema centralizado e informada aos VANTs antes de sua decolagem. Elas são determinadas por um modelo de otimização, que busca minimizar uma função de custo. Esta função pode se basear em diferentes aspectos, como o consumo de energia, a distância total ou o tempo de viagem.



*Figura 1: Cenário proposto*

Caso algum VANT não consiga alcançar certo ponto para realizar a avaliação, ele se comunica com os demais por sinais de rádio, para determinar se é viável que algum outro VANT complete a sua rota. Como exemplo, este trabalho conta com dois drones do modelo Chroma Blade (tempo máximo de voo de 30 minutos e velocidade máxima de 64 km/h). Estes drones partem do Centro de Educação Superior do Alto Vale do Itajaí (CEAVI – Ibirama) para fiscalizar oito pontos nas proximidades do Rio Hercílio e alguns pontos do rio Itajaí-Açu. Os VANTs voam em velocidade média de 32 km/h, não considerando obstáculos ou movimentos verticais e sem a possibilidade de recarga de bateria em outros postos. A Figura 1 apresenta o cenário e os pontos considerados.

## 3. Abordagem proposta

O problema apresentado pode ser dividido em duas fases: a definição das rotas e o seu ajuste durante o voo. Esta seção apresenta a definição inicial de rotas através de um método de otimização combinatória e uma modelagem utilizando sistemas multiagentes para a reconfiguração das rotas em tempo de voo.

### 3.1. Definição da rota inicial

Para encontrar a rota inicial, o cenário foi modelado como um problema de roteamento de veículos (ou *Vehicle Routing Problem* – VRP) [Laporte 1992]. Este problema é largamente estudado na literatura de pesquisa operacional, com aplicações em logística

e transporte [Bochtis e Sørensen 2009]. O problema consiste em um depósito e um conjunto de clientes com suas respectivas demandas. Um conjunto de  $n$  veículos deve visitar os clientes para suprimento de sua demanda, retornando ao depósito. Cada cliente deve ser visitado exatamente uma vez. Logo, devem ser definidas as rotas de cada veículo, de modo a satisfazer as restrições do problema e minimizar o custo total das mesmas.

No cenário deste trabalho, o depósito consiste na base central onde os VANTs são recarregados e revisados. Os clientes são os pontos a serem fiscalizados. Foi adaptada uma modelagem matemática através de programação inteira<sup>1</sup>. Foi utilizado o solver GNU Linear Programming Kit – GLPK [Makhorin 2001]. A função objetivo se baseia na minimização do tempo de voo total. Para instâncias mais complexas, com um número maior de pontos e drones, a programação matemática pode ser facilmente substituída por algum método de busca heurística, como busca tabu, busca local iterada ou simulated annealing.

O modelo matemático será utilizado para gerar o conjunto inicial das listas ordenadas de pontos a serem visitados. Utilizando métodos de Programação Mista (como o algoritmo de Branch and Bound) se pretende chegar à solução ótima do VRP. Apesar disso, a solução não é garantidamente ótima para o cenário real, pois as situações climáticas podem mudar, impactando nos custos de determinadas rotas. Por exemplo, a mudança de ventos pode deixar o voo dificultado em uma determinada rota, aumentando o seu custo. Por isso, ainda existe a necessidade da reconfiguração dinâmica através da comunicação entre os agentes. Além disso, o aumento do número de pontos e drones leva à necessidade de utilizar métodos sub-ótimos. Neste sentido, a reconfiguração dinâmica de rotas permite otimizar os custos em tempo de voo.

### **3.2. Reconfiguração de rota**

Os VANTs podem ser observados como agentes com objetivos de ordem individual de autopreservação (evitar um obstáculo, manter uma altitude, retornar à base antes de acabar a bateria, etc.) e objetivos de ordem social (visitar pontos de um mapa como parte de um objetivo global de monitorar um ambiente). Dado um momento, haverão objetivos conflitantes, como o de retornar à base pois a bateria está acabando e o de visitar o próximo ponto. Para tratar estas situações, será utilizado o modelo de raciocínio normativo Huginn [Schmitz and Hübner 2014], o qual permite que, através dos recursos disponíveis e da qualificação dos benefícios e tensões de cada objetivo, se maximize os benefícios e se minimize as tensões. No cenário apresentado, a perda de um VANT pode ser financeiramente ruim e a eventual perda de uma observação de um ponto pode não ser tão importante, uma vez que o monitoramento tem o intuito de ser realizado de forma constante.

O não cumprimento do objetivo de visitar um ponto pode ser causado por

---

<sup>1</sup> <http://www3.nd.edu/~jeff/mathprog/mathprog.html>

diversos fatores, como temperatura, vento ou chuva, que farão os objetivos de autopreservação serem ativados. Todavia a não observação de um determinado ponto por um VANT pode ser atenuada com um pedido de auxílio dos outros agentes. Em uma maneira mais ingênua, é possível solicitar para o VANT mais próximo o cumprimento de um novo objetivo, mas ainda assim sem garantia de sucesso. Outra forma é o uso de um sistema de reputação baseado em agentes e artefatos [Schmitz et al. 2012], na qual a reputação é formada através da observação dos agentes sobre seus pares, para identificar se eles tem capacidade, competência e intenção de cumprir o objetivo solicitado. Estes elementos podem ser utilizados como critério para futuros planejamentos de rotas, como no pedido de terceirização de visitação de pontos entre agentes.

#### **4. Considerações finais**

Em um primeiro momento destaca-se a importância do projeto, não apenas por ajudar preservação da mata ciliar e em todos os benefícios éticos e ambientais decorrentes, mas por combater o problema do assoreamento e, portanto, mitigar o problema das enchentes. Além disso, a abordagem proposta é flexível e aplicável a qualquer contexto, como na agricultura. Por exemplo, o monitoramento de lavoura contra doenças ou incêndios consiste visitar diferentes pontos da plantação. A aplicação de VANTs para esta tarefa, além de automatizar o processo, diminui custos e aumenta a confiabilidade.

O projeto está na sua fase inicial e os algoritmos implementados estão sendo experimentados em um ambiente de simulação. Após concluídos os experimentos em ambiente simulado, eles serão aplicados aos VANTs em ambiente real. Como trabalhos futuros, pretende-se ainda utilizar as informações obtidas na reconfiguração de rotas para que o algoritmo defina rotas iniciais mais realistas.

#### **Referências**

- Bochtis, D. and Sørensen, C. G. (2009) “The vehicle routing problem in field logistics: Part I”. *Biosystems engineering*, 104(4): 447–457.
- Laporte, G. (1992) “The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms”. *European journal of operational research*, 59(3):345–358.
- Makhorin, A. (2001) “Gnu linear programming kit”. Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia, 38.
- Schmitz, T. L. and Hubner, J. F. (2014) “Huginn: Normative reasoning based on mood”, In: *Ibero-American Conference on Artificial Intelligence*, pages 572–584. Springer.
- Schmitz, T. L., Hubner, J. F., and Webber, C. G. (2012) “Crenças de grupo como instrumento de formação da reputação: uma abordagem de agentes e artefatos”, In: *IX Encontro Nacional de Inteligência Artificial*.