

## SISTEMA ACÚSTICO PARA DISPERSÃO DE PÁSSAROS EM PLANTACÕES AGRÍCOLAS - FlyBird

Paulo, J.<sup>1,2</sup>, Fernandes, M.<sup>1</sup>, Silva T.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ISEL-Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal

<sup>2</sup> LAA-Lab. de Áudio e Acústica do ISEL, Portugal

{[joel.paulo@isel.pt](mailto:joel.paulo@isel.pt), [mfernandes@deetc.isel.ipl.pt](mailto:mfernandes@deetc.isel.ipl.pt), [tiago.asilva97@gmail.com](mailto:tiago.asilva97@gmail.com)}

### Resumo

O presente trabalho consiste em estudar e desenvolver um sistema de baixo custo, seguindo uma abordagem de IoT (Internet-of-Things), que utilize diferentes tipos de sons, i.e. ruído que causa desconforto ou imitação dos sons produzidos por aves do topo da cadeia alimentar, nomeadamente, aves de rapina. O processo de geração dos sons é feito por sistema de altifalantes e por arrays de transdutores de ultrassons e controlado pela plataforma *Raspberry Pi*. Os pressupostos do projeto foram: baixo custo, fácil instalação, não provocar danos nos pássaros, cobertura razoável e ser controlável autónoma e/ou remotamente. Após o estudo comportamental das principais famílias de pássaros, nomeadamente, chapins, pardais, estorninhos e pombos, que geralmente provocam estragos nas culturas agrícolas, gerou-se uma base de dados de sons e realizaram-se testes preliminares de validação em ambiente real utilizando um telemóvel. Foram realizados 5 testes, à mesma hora do dia, para que os resultados pudessem ser comparáveis, com combinações de dois tipos de sons: sons de falcões e vocalizações de pardais assustados. Os melhores resultados foram alcançados para a combinação de sons de 2 pardais assustados + falcão, verificando-se repetibilidade. Este projeto está ainda em desenvolvimento prevendo-se a sua conclusão no final de setembro onde teremos mais conclusões.

**Palavras-chave:** processamento de sinais, sons de pássaros, *Raspberry Pi*, sistemas de reprodução eletroacústica.

### Abstract

This project consists of studying and developing a low cost system, following an IoT (Internet-of-Things) approach, which uses different types of sounds, i.e. noise that causes discomfort or imitation of the sounds produced by birds at the top of the food chain, in particular, birds of prey. The process of generating the sounds is done by a loudspeaker system and by an array of ultrasound transducers and controlled by the *Raspberry Pi* platform. The assumptions of the project were: low cost, easy installation, do not cause damage to birds, reasonable coverage and be controllable autonomously and/or remotely. After the behavioral study of the main bird families, namely, titmills, sparrows, starlings and pigeons, which generally causes damage to agricultural crops, a database of sounds was generated and preliminary validation tests were carried out in a real environment using a mobile phone. Five tests were carried out at the same time of the day, so that the results could be comparable, with combinations of two types of sounds: falcon sounds and vocalizations of frightened sparrows. The best results were for the combination of sounds of 2 frightened sparrows + hawk, with repeatability. This project is still under development and is expected to be concluded by the end of September when we will have more conclusions.

**Keywords:** signal processing, bird sounds, *Raspberry Pi*, electroacoustic reproduction systems.

**PACS no. 43.60.Hj**

## **1 Introdução**

Muitas pessoas gostam de observar e ouvir pássaros. No entanto, em certas situações, os pássaros podem tornar-se um incómodo ou um problema. Negócios como quintas, vinhas, campos de golfe ou aeroportos podem ser afetados pela alimentação ou hábitos de vida das aves.

“No aterro da empresa Triaza, na Azambuja, contam-se dezenas de aves a remexer no lixo”... “As dezenas de aves que andam livremente sobre os resíduos depositados no aterro da empresa Triaza.” – Carvalho, R.P. (2019, DEZEMBRO 2). **HÁ CADA VEZ MAIS AVES NO ATERRO A CÉU ABERTO DA AZAMBUJA** [1]. JORNAL I. “Um avião da SATA que voava no domingo no trajeto Lisboa-Terceira colidiu com aves na aterragem, um incidente que obrigou a aeronave a ficar imobilizada.” – Campos, A. (2019, agosto 12), Colisão de avião da SATA com aves obriga a cancelamento de voos, Expresso [2]. Notícias como as que foram referidas anteriormente são cada vez mais frequentes. A abundância de alimento, a falta de controlo sobre a reprodução das aves, geram cenários como estes. As aves, tal como qualquer outro ser vivo, quando encontra um local que se possa instalar, livre de perigo, onde tem comida ao seu dispor, sem necessitar de grandes deslocações só tem uma coisa a fazer: reproduzir-se. Este ciclo vicioso de alimentação/reprodução leva a que haja um numero muito elevado de aves e que se não for controlado dá origem a situações como os que foram citadas. Atualmente, verificamos uma grande afluência de aves de pequeno e médio porte, como pombos, gaivotas, etc. Este grande número de aves provoca um número de problemas que até agora são difíceis de controlar. Para servir de exemplo, refira-se o aeroporto de Lisboa. A presença de uma gaivota no espaço aéreo do aeroporto pode causar distúrbios para os voos, visto que, uma ave a embater contra o motor de um avião pode causar muitos prejuízos e até mesmo um grave acidente. Outra situação na qual o afastamento das aves é necessário é, por exemplo, nos terrenos agrícolas. A abundância de frutos leva a que muitos pássaros se “instalem” em zonas perto, ou até mesmo no próprio terreno, destruindo as plantações dos agricultores e podendo causar milhares de euros de prejuízo.

As aves que são mais comuns e que hoje em dias constituem uma praga em Portugal são o pombo das rochas, a gaivota, o pardal comum, o estorninho, a rola Turca e o melro-preto [3].

Começando pelo o pombo, é o pássaro que estamos mais habituados a ver quando vamos a qualquer esplanada, por exemplo. É uma ave muito teimosa e que existe em grande abundância nas cidades. Já as gaivotas, podem ser vistas nos portos rodeando os barcos de pesca à procura de comida ou, recentemente, começamos a vê-las em grande abundância em aterros sanitários como é o caso do aterro sanitário da Azambuja, como já anteriormente foi citado. E por último o pardal, que no campo, é o pássaro que existe em maior abundância e devora as vinhas/pomares porque apesar de ser o pássaro mais pequeno da lista, voam sempre em grande número e todos juntos podem causar grandes despesas aos agricultores. Por estas razões é que estas espécies precisam de ser afastadas.

As pragas sempre existiram. Por isso, já foram projetados inúmeros dispositivos ou criados diversos métodos para a sua resolução [4][5].

Os sistemas podem ser divididos em duas categorias: sistemas acústicos e não acústicos. Sistemas acústicos vão utilizar uma abordagem com sons e desta forma provocar o afastamento dos pássaros. O que os distingue é a maneira como usam os sons. Os sistemas não acústicos acabam por variar mais na maneira como atuam mas o principio é sempre o mesmo, afastar o maior numero de pássaros de sítios indesejados. Também existe a possibilidade de um sistema utilizar vários métodos.

Na tabela 1 é possível ter uma ideia mais abrangente do efeito que os sistemas têm, tanto para as aves como para o utilizador. Existem também 4 características que caracterizam os sistemas. A tabela pode ser útil para o utilizador perceber qual o sistema que quer utilizar.

Tabela 1 - Classificação dos diferentes Sistemas.

	Sistema				Ave	Utilizador		
	Meio Acustico	Eficacia	Instalação	Alcance	Dano Causado	Perigoso	Discreto	Custo
<b>Redes Anti pássaros</b>	Não	Alta	Difícil	Pouco	Pouco	Não	Não	Elevado
<b>Repelentes Químicos</b>	Não	Media	Fácil	Pouco	Medio	Sim	Sim	Elevado
<b>Canhões Espanta Pássaros</b>	Sim	Media	Média	Grande	Nenhum	Não	Não	Medio
<b>Sons Tonais</b>	Sim	???	Fácil	Médio	Nenhum	Não	Não	Baixo
<b>Ultrasons</b>	Sim	???	Fácil	Médio	Nenhum	Não	Sim	Baixo
<b>Sons de Aves (Rapina ou Alertas de Perigo)</b>	Sim	Alta	Fácil	Médio/Grande	Nenhum	Não	Não	Medio
<b>Figuras de Aves Predadoras</b>	Não	Media	Fácil	Pouco	Nenhum	Não	Sim	Baixo
<b>Fitas ou Objetos Refletores</b>	Não	Baixa	Fácil	Pouco	Nenhum	Não	Sim	Baixo
<b>Utilização de Armas longo-alcance</b>	Não	Media	Nenhuma	Grande	Medio	Sim	Não	Elevado
<b>Drones com emissão de sons</b>	Sim	Alta	Nenhuma	Grande	Nenhum	Sim	Não	Médio/Alto
<b>Laser</b>	Não	Média/Alta	Fácil	Médio/Grande	Nenhum	Não	Sim	Baixo/Médio

Existem atualmente fabricantes que apresentam soluções diversas que contemplam uma ou várias características assinaladas na tabela. Contudo, o nosso projeto excluí qualquer tipo de sistema que cause ferimentos aos pássaros. Os sistemas mais importantes que existem atualmente no mercado são 1) objetos de plástico em forma de Corujas/Falcões, por exemplo a que é fabricada pela *Dalen Gardeneer* [6]. São figuras de baixo custo (~30€) que são colocadas num local estratégico e que os pássaros ao avistarem esta figura afastam-se, 2) outro sistema importante é um sistema de reprodução de sons chamado, *BirdGard* [7]. Este sistema emite sons de pássaros em perigo, sons de predadores e sons de pássaros encurralados. Isto é semelhante ao que o Flybird faz mas para além de ser muito mais dispendioso, cerca de 400 euros, não tem tantas funcionalidades como o Flybird. Por exemplo, é necessário comprar configurações, *chips* com firmware, de acordo com o tipo de aves que se pretende afastar, enquanto que o Flybird já contém uma base de dados grande o suficiente e não necessita de comprar chips à parte, ver Figura 1. Uma grande vantagem do Flybird é o facto de custar menos de metade do que o BirdGard, com um preço base estimado de cerca de menos de 200 euros dependendo dos extras que forem escolhidos<sup>1</sup>. Isto torna-se muito importante porque para muitos agricultores, não compensa fazer um investimento tão grande, já que a sua produção não o justifica. Para além disso, um sistema como o Flybird consegue ter mais funcionalidades do que um sistema mais caro, e é expansível.

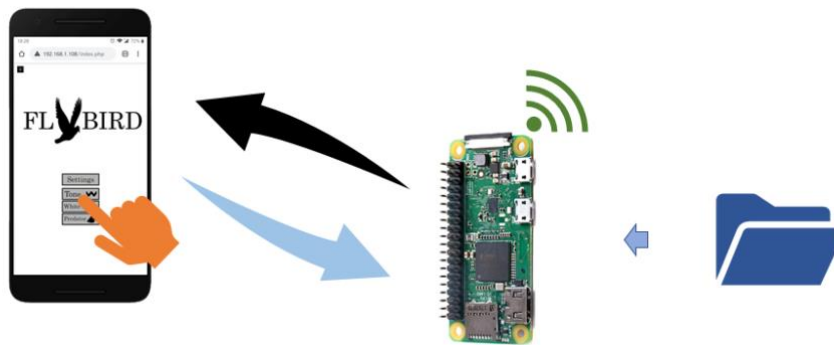


Figura 1- Esquema do acesso à diretoria para obter os sons a serem reproduzidos.

## 2 Desenvolvimento do projeto

O sistema desenvolvido, *FlyBird*, é inofensivo, visto que só emite sons. Não causa qualquer ferimento nos pássaros. Para além disto, é um sistema acústico de fácil instalação com bom alcance.

A ideia deste projeto foi também desenvolver um sistema de dispersão de pássaros de baixo custo. Ao captar o som de pássaros com um microfone o som é enviado para uma plataforma baseada

<sup>1</sup> Não incluindo o preço do AudioBeam.

num *Raspberry Pi Zero* com uma placa de som acoplada, o *pHAT DAC*. Com base nos resultados da análise realizada é escolhido um padrão sonoro de um conjunto de dados de sons. Esta base de dados contém vários sons de aves que será explicada mais à frente. Após a escolha do ficheiro de som por parte do programa, o som é reproduzido pelo dispositivo de som predefinido. O *pHAT DAC* permite adicionar uma saída de 3,5mm ao *Raspberry* o que nos permitirá ligar os altifalantes. O som que foi escolhido é reproduzido nos altifalantes (audio) ou pelo Audiobeam (ultrassons) e assim realizar os propósitos do dispositivo, assustar os pássaros.

O sistema é composto pelos seguintes elementos, como se ilustra na Figura 1:

- 1 *Raspberry Pi Zero*;
- 1 placa de reprodução de som, *pHAT DAC*;
- 2 altifalantes;
- 1 sistema de reprodução de ultrassons, Audiobeam;
- 1 array de microfones;
- 1 aplicação Web.

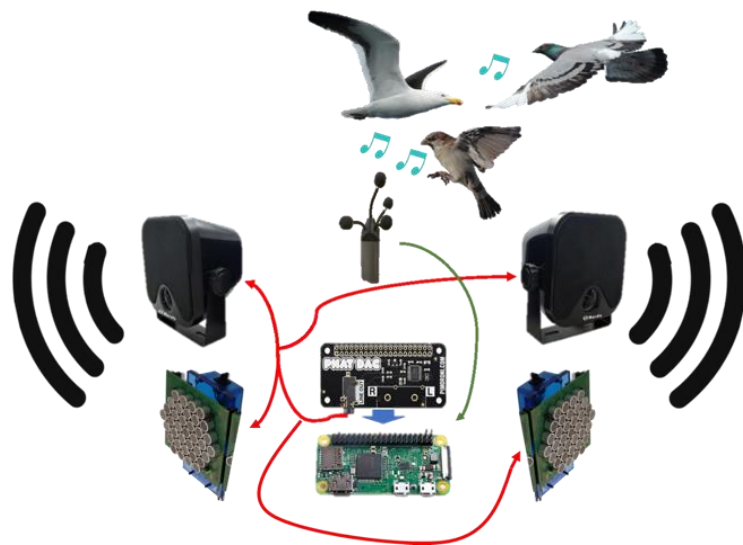


Figura 2 – Esquema geral do *Flybird*

A plataforma *Raspberry PI zero* é um minicomputador de baixo custo que corre o sistema operativo Raspbian. Este é o responsável por todo o processamento. Este minicomputador também tem alojado num servidor a webPage que o utilizador usa para controlar o sistema.

O *pHAT DAC* é um conversor de um sinal digital para analógico e amplificador, também de baixo custo.

Vai ser utilizado apenas um microfone, mas numa fase mais avançada, este microfone poderá ser substituído por um array de microfones para que seja possível, através de técnicas de TDOA, Time Difference Of Arrival [8], estimar a localização dos pássaros e alternar entre os altifalantes, escolhendo apenas o altifalante que se encontra na direção da zona onde se encontram os pássaros. O dispositivo conta também com um sistema de reprodução de ultrassons, Parametric Loudspeaker Array ou Audiobeam [9], como opção, que permite gerar um feixe de som bastante diretivo, o que pode focalizar apenas uma determinada zona (interessante em aplicações onde seja necessário não perturbar a vizinhança).

Por último, mas não menos importante, o sistema conta ainda com uma aplicação *web* que permite o total controlo do sistema, permitindo ao utilizador, escolher de que forma é que quer que o sistema funcione. Esta aplicação é extremamente simples de utilizar e irá receber mais atualizações ao longo do tempo.

## 2.1 Arquitetura do Flybird

Agora que já são conhecidos os tipos de aves com que o *Flybird* terá de lidar e os modelos que existem atualmente no mercado, como a arquitetura já se encontra mais ou menos definida resta responder a uma questão: Quais seriam então os sons que devem ser reproduzidos pelos altifalantes.

A ideia baseia-se em assustar os pássaros com sons reproduzidos, como já tinha sido referido anteriormente. Primeiro, veremos qual será o efeito que um som tonal cuja frequência pode variar entre 1kHz e 4kHz. Este som pode ser ouvido facilmente tanto pelos pássaros como pelos humanos. O objetivo será irritar os pássaros ao ponto de estes se quererem ir embora.

Outra alternativa e, sabendo que os pássaros referidos anteriormente não estão muito acima na cadeia alimentar, podemos concluir que se estes têm de estar atentos aos predadores para que se eventualmente se cruzarem com um poderem escapar. Este princípio pode ser utilizado para os afugentar. Vejamos o exemplo que se encontra na figura 2. Pegando apenas no caso do *Chapin* e do pombo que são o alvo principal do *Flybird*, o *Chapin* representando o papel do pardal por exemplo, verificamos que estes são ambos presas do Gavião[10]. Ou seja, idealmente, se utilizássemos sons produzidos por um gavião, o pombo e o pardal iam ficar assustados e iriam fugir daquele local onde se encontravam para um local onde sentissem que estavam em segurança. O ideal era que voassem logo para longe, mas como se viu anteriormente ao estudar o tipo de pássaros, o pombo, por exemplo, é uma ave teimosa e pode ficar apenas abrigado num sítio perto de onde se encontrava antes de ter ouvido o som do Gavião. Ora, se o som for reproduzido mais vezes, pode dar a ideia ao pombo que aquele local é frequentado regularmente por um animal predador e desta forma o pombo pode ir à procura de outro local para se instalar.

Por último, em vez do uso de frequências audíveis pelos humanos como acontece nos dois primeiros casos, pensou-se em utilizar ultrassons. A ideia é mesmo evitar que os humanos ouçam o som proveniente dos altifalantes. Esta situação foi pensada para que o sistema pudesse ser aplicado em locais com muitas pessoas, como por exemplo numa esplanada.

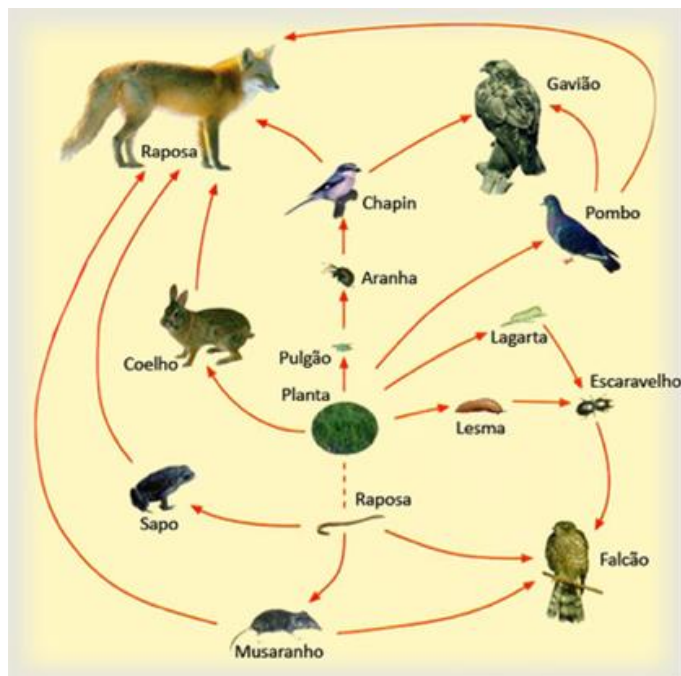


Figura 3 - Exemplo de uma cadeia alimentar.

## 2.2 Aplicação Web

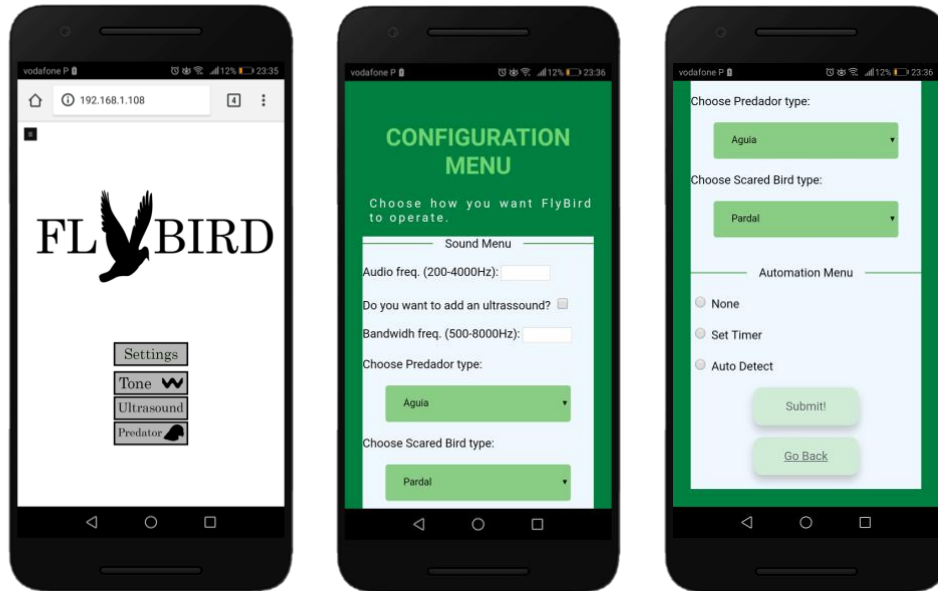


Figura 4 – Interface com o utilizador da aplicação/Configurações (*Settings*)

A aplicação consiste, no essencial, numa página web com 3 botões. Cada botão tem a função de gerar determinados tipos de sons ou padrões de som.

### Settings

O botão *Settings* é útil para o dar ao utilizador possibilidade de configurar o sistema da forma que desejar. Pode escolher qual a frequência que quer que seja reproduzida quando carrega no botão *Tone*, por exemplo ou até se pretende adicionar uma frequência na gama dos ultrassons ao botão *Tone*. Tem também a opção *Set Timer*, que permite ao utilizador escolher um horário de funcionamento do sistema, evitando assim que o sistema esteja a funcionar durante a noite.

### Auto-Detect (check-box)

A função *Auto-detect* é responsável por monitorizar o ambiente sonoro – Grava o som ao longo do tempo e, analisa os blocos de áudio (o ficheiro gravado) e decide se houve ou não a presença de um som de um pássaro nas redondezas. Se foi detetada a presença de um pássaro é reproduzido um som para que o pássaro fuja do local. Neste momento, esta função apenas tem em conta se a energia do sinal captado excedeu um determinado valor durante um curto intervalo de tempo. Na figura 5 é possível ver o *timestamp* do modo de funcionamento deste botão.

A azul escuro temos uma representação de um som perto do local onde se encontra o microfone. Assim que o utilizador ativa esta funcionalidade, dá-se início à gravação do áudio seguida de uma análise à energia do sinal captado. No primeiro intervalo, não houve energia suficiente para ativar o sistema logo este volta a gravar mais 5 segundos (ou o valor que tenha sido escolhido). Desta vez, a energia do sinal captado, excedeu o nível que se tinha definido, como tal, o resultado da análise do som irá ditar que foi encontrado algo nas redondezas e dá início à reprodução do som. Chegando ao fim da reprodução do ficheiro de som, volta a repetir o mesmo procedimento. No último intervalo, é possível observar a

energia do sinal perto do microfone não excede o nível definido e por isso, não vai ser reproduzido nenhum som.

No entanto, numa fase futura, pretende-se utilizar ferramentas de processamento de sinal para que seja possível fazer a identificação do som e verificar se este foi produzido por um pássaro ou por uma pessoa que passou perto do microfone, por exemplo, utilizando ferramentas mais robustas, tais como de aprendizagem automática.

### **Tone**

O botão Tone serve para produzir um tom audível fixo entre 200 Hz e 4 kHz. O utilizador ao carregar neste botão, envia um pedido ao Raspberry Pi para que este gere uma senoide com determinada frequência e de seguida reproduza o som pelos altifalantes. Este processo é quase imediato o que dá ao utilizador a possibilidade de ativar o sistema caso veja alguma ameaça para as suas culturas, ou queira simplesmente afastar algo nas proximidades. Há também a possibilidade do utilizador escolher, nas Settings que quer adicionar um sinal na gama dos ultrassons. Se o utilizador o fizer, só tem de escolher a frequência que quer dentro da gama dos ultrassons e o sinal será somado ao tom audível após carregar no botão *Submit*.

### **White Noise**

Semelhante ao botão Tone, o botão white noise gera e reproduz um som, mas em vez de ser um tom, gera um ruído do tipo aleatório. Este tipo de som é também utilizado noutros sistemas para afastamento de pragas[11].

### **Audio Beams**

Esta função gera um sinal audível muito direcional. O que permite enviar som apenas para uma zona limitada. O sistema gera um sinal modulado em amplitude, centrado em 40 kHz, e que tem a particularidade de à medida que se vai afastando do altifalante vai sendo auto-desmodulado pelo ar. A modulação é SSBWC (Single Side Band With Carrier), utilizando a transformada de Hilbert para filtrar a banda lateral superior. O som que se quer transmitir (o sinal modulante) pode ser qualquer um. A utilização deste modo é indicada para locais muito movimentados como é o caso dos cafés ou esplanadas, onde interessa apenas projetar o som numa zona restrita de forma a não perturbar as pessoas nas imediações.

### **Predator**

O botão “Predator” fornece ao utilizador a possibilidade de assustar o pássaro utilizando sons de animais predadores. O utilizador ao pressionar o botão, envia um pedido para o Raspberry para que procure na vasta biblioteca de sons, um som de um animal predador, por exemplo uma águia. Escolhido o ficheiro de som, o sistema verifica todos os parâmetros do ficheiro a reproduzir, necessários para preparar a placa de som e reproduz as vocalizações do animal predador pelos altifalantes selecionados.

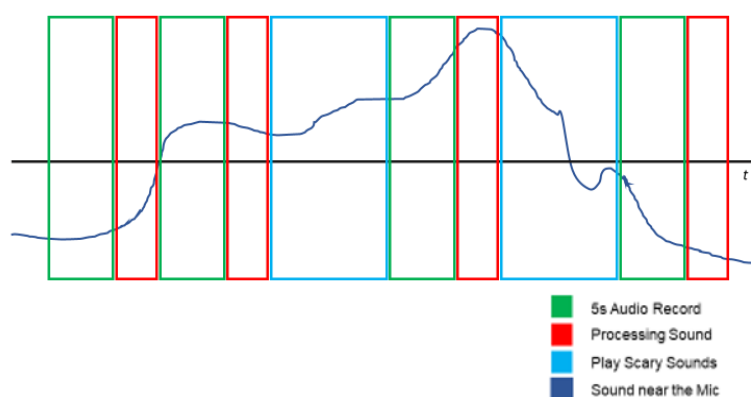


Figura 5 – Processo de captura e análise do som quando se escolhe a

### 3 Análise dos resultados

Foram realizados um conjunto de testes preliminares, três situações distintas, para verificar/comprovar e aferir, ou contradizer, as pesquisas feitas no estado da arte. Os testes foram realizados num local rural perto de uma vinha, e de árvores de fruto.

Os testes consistiram da reprodução dos diversos sons que vão ser utilizados no *Flybird*. Estes testes tinham como objetivo testar o efeito que os diferentes sons tinham nos pássaros e verificar se esses sons funcionavam como mecanismo para os afugentar.

Na zona onde foram realizados os testes predominam os pardais, cerca de um ou dois melros e duas rolas. Foram avistados também 2 corvos que apesar de não serem considerados pragas, serviram também para teste.

O primeiro teste consistiu na utilização de dois sons seguidos: o primeiro som refere-se à comunicação entre dois pardais assustados e em seguida um som de um falcão. O resultado foi muito interessante porque quando foi reproduzido o primeiro clip onde os pardais comunicavam assustados, conseguiu perceber-se que havia vocalizações por parte de pássaros na zona, quase que a indicar a outros pássaros que havia perigo. Os pardais deixavam de cantar e passavam a fazer sons mais curtos e repetitivos. Para além disto, verificou-se que, mesmo sem sair de casa, era possível ver os pássaros a saírem de sítios altos e a voarem para o chão escondendo-se por baixo de arbustos.

Ainda havia pássaros a voar e alguns ainda estavam em cima da vedação quando o som do falcão começou. Assim que o som falcão começou, não foi possível ver nenhum pássaro a voar. Os pardais que se encontravam em cima da vedação, os que se encontravam mais desprotegidos, depressa se deslocaram para o chão e por lá ficaram. A quantidade de pardais que estavam a comunicar também diminuiu, passando a haver apenas 2 ou 3 sons vindos de sítios separados.

Quando terminou o som, houve uma pausa do som vindo dos pardais e passado algum tempo foi possível observar alguns pássaros a voarem para longe da casa, local onde foi reproduzido o som.

Os resultados foram satisfatórios e provaram que é possível afugentar os pássaros utilizando apenas sons. São ainda mais satisfatórios quando temos em conta que os testes foram realizados todos os dias por volta das 10 da manhã e só ao final da tarde é que foi possível voltar a ver pássaros a voarem por perto.

O segundo teste consistiu em utilizar o ficheiro de som onde os dois pardais estavam a comunicar assustados.



Os resultados foram os espectáveis, porque como tinha sido visto previamente, este som apenas faz com que os pássaros fiquem alerta e não os assusta completamente. Após a reprodução dos sons, só foi possível ouvir a alteração dos sons dos pássaros e mesmo ao repetir o som várias vezes com o telemóvel, não houve nenhum pássaro a fugir do local.

O terceiro teste consistiu em utilizar apenas o som do falcão. O som do falcão provou ter um efeito melhor do que o som anterior. Provou ser o responsável pelo afastamento dos pássaros. Foi possível ver os pássaros a voarem para os arbustos, ou para sítios protegidos e mais tarde a voarem para longe.

Conclui-se, portanto, que com estes sons é possível afastar os pássaros, e que vão continuar a ser realizados testes para melhorar a reação dos pássaros. De notar que, o som de uma ave predadora faz o efeito que se pretendia, mas a utilização da combinação dos dois sons é mais eficaz. A ideia é ao utilizar o som de dois pardais assustados, faz com que outros pardais produzam o mesmo som alertando assim outros pardais. Isto faz com que o número de pardais assustados, antes da reprodução do som do falcão, seja muito maior. Pelo contrário, quando se reproduz apenas o som do falcão, só os pardais que se encontram mais perto é que ouvem, e tentam fugir para um local seguro, sem emitir qualquer som de perigo. Como não há comunicação entre os pardais nesta altura, é expectável que os pássaros que vão fugir é em menor número. Só os que conseguiram ouvir o som do falcão é que fogem, os restantes não vão perceber o que se passou.

O ideal é reproduzir o som de aves em perigo/alerta e só depois reproduzir o som da ave predadora.

Tabela 2 - Avaliação dos sons usados nos testes

Som	Avaliação	Nº de Testes
<b>2 pardais Assustados + Falcão</b>	Muito Bom	5
<b>2 pardais Assustados</b>	Satisfatório	5
<b>Falcão</b>	Bom	5

A Tabela 2 resume os 3 casos que foram analisados e a sua classificação. Contudo, esta tabela vai continuar a sofrer alterações porque vão ser testados outros sons. Como os testes só podem ser realizados uma ou duas vezes por dia, e registaram-se alguns dias em que as condições atmosféricas não permitiram devido à chuva pelo que não se verificaram pássaros a voar, não foi possível experimentar com diferentes sons. Por isso, reduziu-se o número de sons e desta forma ficou-se com uma melhor ideia do efeito que 2 sons tinham, em vez de experimentar sempre sons diferentes e ficar sem perceber qual é que funcionou melhor. Foram realizados o mesmo número de testes, à mesma hora para que os resultados pudessem ser comparados da forma mais justa possível. Embora o número de testes seja ainda pequeno para tirar conclusões em termos estatísticos, a repetibilidade dos resultados observada dá algumas garantias da fiabilidade sobre os resultados finais.

## 4 Conclusões

Com base na pesquisa e nos testes realizados ficou comprovado que o conceito do *Flybird* funciona na prática e que a ideia de utilizar sons de aves para afastar as pragas resulta. Ainda há muito trabalho pela frente, e uma série de testes por realizar. O código terá de ser melhorado para que seja possível escolher os ficheiros corretos a serem reproduzidos e também juntar ao *Raspberry* o *Audiobeam* para se poder observar que efeitos é que os ultrassons têm nos pássaros. O código também terá que ser alterado para dar a possibilidade ao utilizador de escolher qual o tipo de sons que quer que sejam reproduzidos.

Para uma versão futura, irá ser adicionado um módulo para reconhecimento automático dos pássaros que se encontram no local, utilizando ferramentas de aprendizagem automática. Desta forma será possível ter sistemas a funcionar com sons diferentes de norte a sul do país, já que cada sistema adapta-se às espécies existentes e recolhe informações sobre as espécies que habitam no local. Esses dados podem ficar disponíveis e, desta forma, facilitar o trabalho de biólogos, por exemplo, disponibilizando a variedade de animais captados pelo microfone.

### **Agradecimentos**

Este trabalho foi realizado com o apoio do Laboratório de Áudio e Acústica do ISEL.

<https://acusticaudiolab.isel.pt>

### **Referências**

- [1] <https://ionline.sapo.pt/artigo/678863/ha-cada-vez-mais-aves-no-aterro-a-ceu-aberto-da-azambuja-?secao=Portugal>
- [2] <https://expresso.pt/economia/2019-08-12-Colisao-de-aviao-da-SATA-com-aves-obriga-a-cancelamento-de-voos>
- [3] <https://www.rentokil.com/pt/aves/especies-de-aves/#estorninhos>
- [4] <https://petcentral.chewy.com/top-7-things-birds-find-scary/>
- [5] <https://www.callnorthwest.com/2020/01/5-home-remedies-to-keep-birds-away/>
- [6] <https://dalenproducts.com/products/scarecrow-devices/natural-enemy-scarecrow-rotating-head-owl/>
- [7] [https://www.brulemar.com/BirdGard-Pro-IVA-incluid?gclid=CjwKCAjw4\\_H6BRALEiwAvgfzq3yjTnkmuEdDzR6qvK3saReAaWqImnugJjjDBwHFNfDATfGgEZQxzBoC22IQAvD\\_BwE](https://www.brulemar.com/BirdGard-Pro-IVA-incluid?gclid=CjwKCAjw4_H6BRALEiwAvgfzq3yjTnkmuEdDzR6qvK3saReAaWqImnugJjjDBwHFNfDATfGgEZQxzBoC22IQAvD_BwE)
- [8] [https://www.researchgate.net/publication/303358686\\_Robust\\_Localization\\_Using\\_Time\\_Difference\\_of\\_Arrivals](https://www.researchgate.net/publication/303358686_Robust_Localization_Using_Time_Difference_of_Arrivals)
- [9] <https://av.loyola.com/products/audio/pdf/audiobeam.pdf>
- [10] <https://querobolsa.com.br/enem/biologia/cadeia-alimentar>
- [11] [https://www.researchgate.net/publication/331310794\\_Bird\\_Repeller-A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/331310794_Bird_Repeller-A_Review)