

# Relatório das Medições dos Sinais de Ângulo de Chegada

danielopena.ba@gmail.com

30 de abril de 2018

## 1 Introdução

Relatório para descrição breve e objetiva das aquisições de dados de ângulo de chegada com microfones. Neste relatório será descrito os requisitos, as especificações para aquisição dos dados, restrições e dificuldades.

## 2 Requisitos e Especificações

As especificações básicas para aquisição de dados em um arranjo de sensores (microfones), garantindo que não haja ambiguidade (*aliasing*) do sinal temporalmente e espacialmente, são:

- Distância mínima entre os elementos (microfones) do arranjo;
- Transmissão em campo distante;
- Frequência de amostragem e largura de banda dos microfones;
- Largura de *snapshot* (janela) de aquisição.

## 2.1 Requisitos

### 2.1.1 Distância entre os microfones

Para evitar a ambiguidade espacial dos dados, equivalente a restrição da frequência de amostragem para estimativa espectral, é preciso garantir uma distância mínima entre os microfones, de maneira que os microfones estejam espaçados a uma distância menor que metade do comprimento de onda do sinal.

Se o comprimento do sinal é determinado por:

$$\lambda = \frac{u}{f_c} \quad (1)$$

Em que  $u$  é a velocidade de propagação do som, e  $f_c$  é a frequência máxima da largura de banda do sinal. Como a velocidade da propagação do som é aproximadamente constante ( $340m/s$ ), o comprimento de onda depende da frequência do sinal transmitido. Para as medições iniciais estamos trabalhando com sinais de no máximo  $2kHz$ , logo com comprimento de onda de no mínimo  $0.17m$ .

O sinal utilizado inicialmente é um tom em  $1kHz$ , utilizamos uma distância entre os microfones de  $0.08m$  ( $8cm$ ). Posteriormente, para diferentes frequências de tom, e para sinais de voz, será utilizado distâncias menores entre os microfones.

### 2.1.2 Transmissão em campo distante

Para garantir a regularidade do ângulo de incidência entre os sinais nos diferentes microfones, é necessário que o sinal seja transmitido em campo distante. Será utilizado nos experimentos uma restrição de distância mínima entre a fonte e os receptores de dois comprimentos de onda, ou seja, de pelo menos  $80cm$ .

### 2.1.3 Frequência de amostragem

Com largura de banda dos microfones de  $20kHz$ , a aquisição foi especificada para uma frequência de amostragem de  $200kHz$ , com 10 canais de aquisição.

### **2.1.4 Largura de *snapshot***

A largura do *snapshot* é analisada com valores dentro de uma aquisição de no máximo 400.000 amostras. Cada algoritmo/solução tem sua restrição mínima de tamanho de janela para análise em *short-term*, no caso de algoritmos de análise não-paramétrica o *snapshot* tem largura mínima de 200 amostras (para as especificações de amostragem mencionadas anteriormente), e em soluções de subspaço o *snapshot* mínimo de 10 (número de microfones).

Em análise de *long-term* não é feita avaliação em *snapshots*, e é utilizado todas as 400.000 amostras.

## **2.2 Especificações**

O dispositivo de aquisição de sinais utilizado atualmente é o National Instruments NI-6361. Abaixo descrevo as suas características e dos dispositivos utilizados anteriormente a ele.

### **2.2.1 ARM TM4C123**

Inicialmente foi utilizado um ARM, da Texas Instruments, Cortex-M4F, no kit LaunchPad (EK-TM4C123GXL), com as seguintes características:

- CPU 32-bit com frequência de até 80MHz
- Memórias 256KB Flash, 32KB SRAM, 2KB EEPROM
- Dois ADCs de 12-bit e 2 MSPS de aquisição
- Periféricos de comunicação: 8 UART, 6 I2C, 4 SPI

Neste microcontrolador foram feitas aquisições de 8 microfones, em 8 canais, como mostrado nas Figuras 1 e 2.

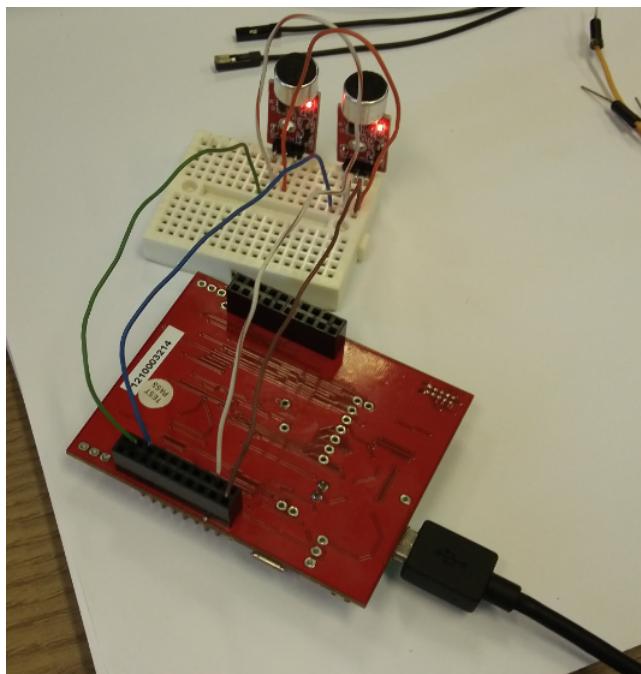


Figura 1: Testes no ARM.

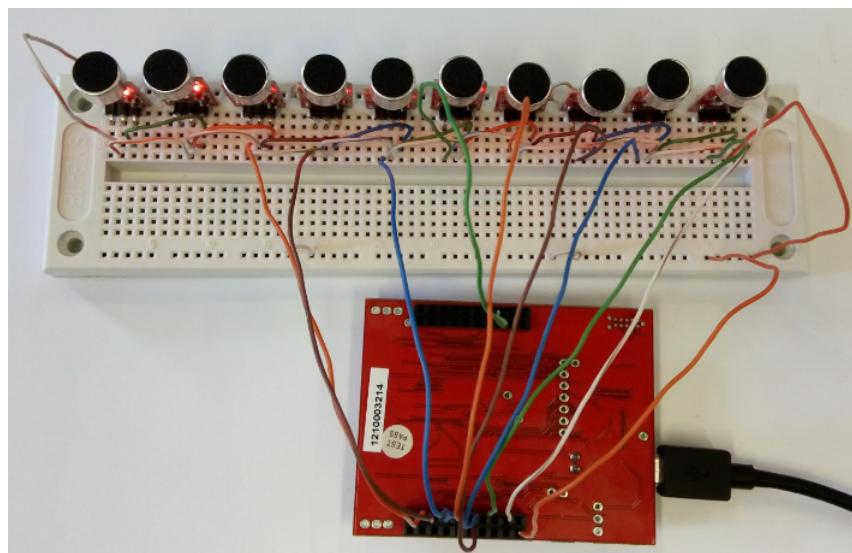


Figura 2: Aquisição no ARM.

### **2.2.2 DSP F28027**

Foram realizadas aquisições com o DSP TMS320F28027, da Texas Instruments, com o kit experimental Piccolo LaunchPad (LAUNCHXL-F28027).

O DSP TMS320F28027 tem um processador de 32bits que pode operar até 60MHz (usando PLL), com diversos periféricos, como conversor ADC, módulo PWM, timers de 32bits, oscilador interno (on-chip), PLL, interfaces de comunicação SPI, SCI (UART), I2C, memórias Flash e SARAM.

Possui as seguintes características:

- Memórias 64KB Flash, 12KB RAM
- Dois ADCs de 12-bit, 13 canais e 4.6 MSPS de aquisição
- Periféricos de comunicação: 8 UART, 6 I2C, 4 SPI

Neste micro também foram realizadas aquisições com 8 microfones. Dentre as dificuldades, destacam-se a limitação de memória para armazenamento dos dados, o gargalo da largura de banda de transmissão serial para aquisição sem armazenamento de memória, o acesso aos pinos dos canais multiplexados com os demais periféricos.

### **2.2.3 Analog Discovery**

Trata-se de um kit aquisitor de dados com entradas diferenciais, como pode ser visto na Figura 3, com aquisição de até 100 MSPS, profundidade de 14-bit, com até 16 Ksa/canal, e largura de banda de 5 MHz. O número total de canais são 16, ou 8 diferenciais.

Neste aquisitor utilizou-se o *software* Waveforms para gravação da aquisição e exportação dos dados, que em seguida eram passados para análise no Matlab. A dificuldade ficou por conta da dependência do *software*, apesar de já existir suporte atual de *Hardware* para o Matlab.



Figura 3: Analog Discovery.

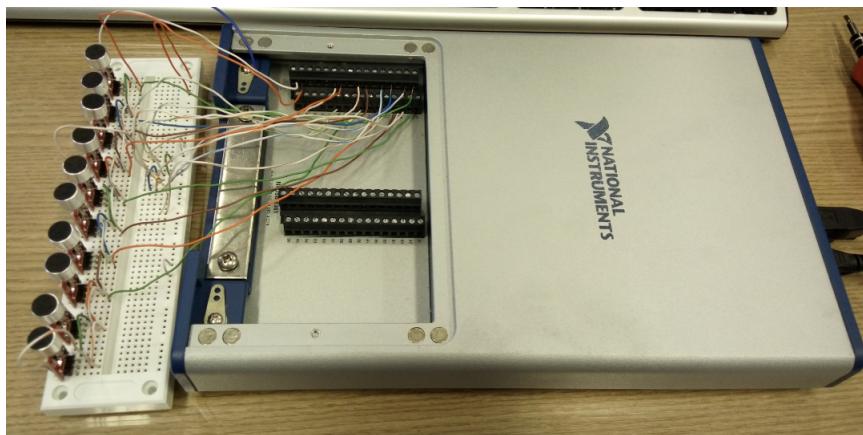


Figura 4: NI-6361.

#### 2.2.4 National Instruments NI-6361

Por fim, foi utilizado o aquisitor NI-6361 da National Instruments, que utilizei até hoje, como mostrado na Figura 4. Ele possui 16 canais sendo 8 diferenciais. Com taxa de aquisição de 2 MSPs, e máximo de 1 MSPs por canal, com saídas analógicas e digitais, que são úteis para alimentação dos microfones. O *software* utilizado é o SignalExpress da NI, onde é registrado o log das aquisições e exportado em arquivos .tdms, que em seguida é convertido para .mat no Matlab.

Foram testados medições diferenciais e os resultados quanto a ruído/interferência



Figura 5: Mesa de suporte.

foram melhores, porém as medições foram realizadas com terra comum, não sendo diferencial, pois não há canais suficientes.

### 3 Aquisições

Sob orientação do Prof. Vicente, e com ajuda de dois alunos de seu laboratório, Carlos e Matheus, desenvolvemos uma mesa para suporte, conforme Figura 5. A mesa conta com rodinhas para auxiliar a mobilidade, além de ser leve. O objetivo é que seja de fácil locomoção para que se possa fazer aquisições em diversos ambientes.

Em cima da mesa colocamos os microfones uniformemente espaçados, e o aquisitor NI-6361, como mostrado na Figura 6.

Na parte de baixo da mesa, existem prateleiras, que é possível dar suporte ao notebook que realiza o log dos dados. Como mostra na Figura 7.

As principais baterias de aquisições foram realizadas no salão principal do prédio do CTEC, como mostra a mesa montada para aquisição na Figura 8.

Os alunos sempre auxiliam nas medições, e atualmente realizam medições sozinhos. A fonte é uma caixa de som da JBL, de dois modelos, com potência de 4W

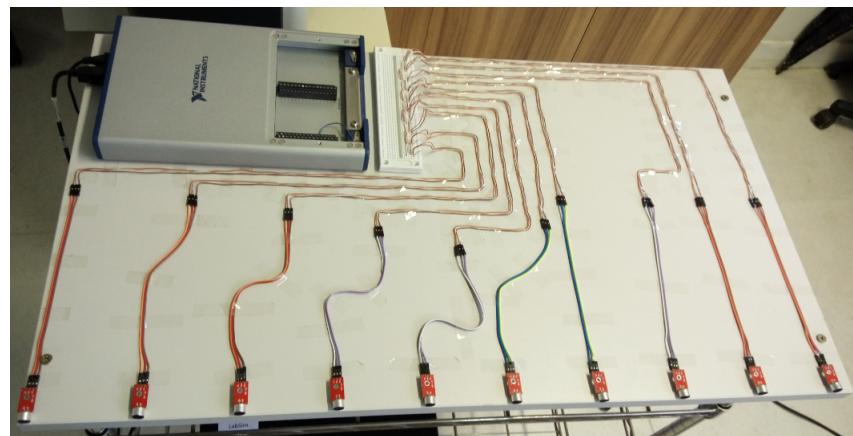


Figura 6: Microfones e aquisitor na mesa.

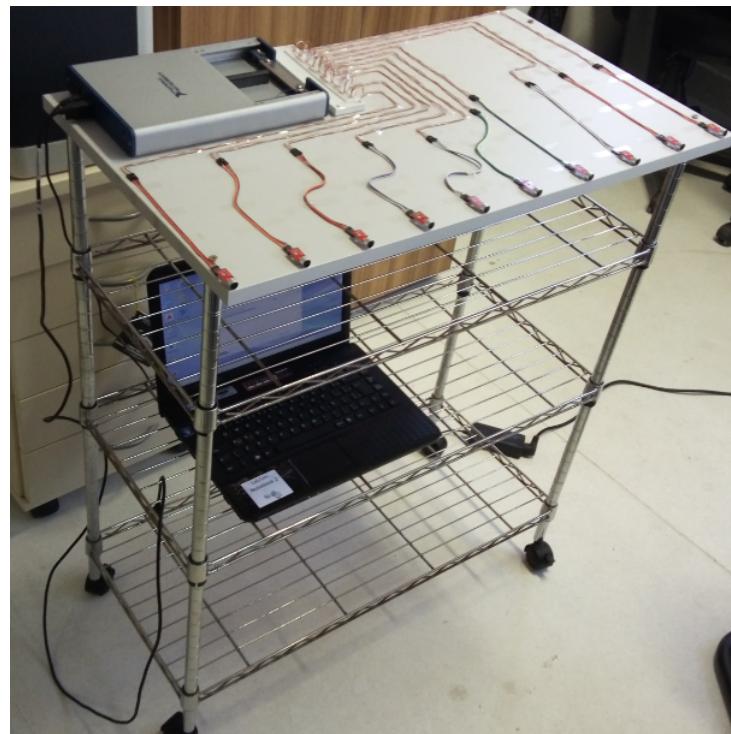


Figura 7: Notebook na mesa.



Figura 8: Mesa montada para aquisição.

cada lado. Mostrado nas Figuras 9 e 10.

As aquisições seguem os seguintes passos:

1. É feito a marcação no chão das posições para ângulos definidos de  $0^\circ$  até  $60^\circ$  com o passo de  $5^\circ$ . A começar pela linha do eixo dos microfones;
2. Inicialização do NI-6361, do notebook e da fonte;
3. Realiza uma primeira aquisição em silêncio;
4. Posiciona a caixa de som nas posições dos ângulos corretas na altura da mesa;
5. Conecta via bluetooth um smartphone com a caixa de som JBL e emite um tom em 1kHz;
6. Realiza aquisições de cerca de 400.000 amostras em cada ângulo. Mostrado na Figura 11.

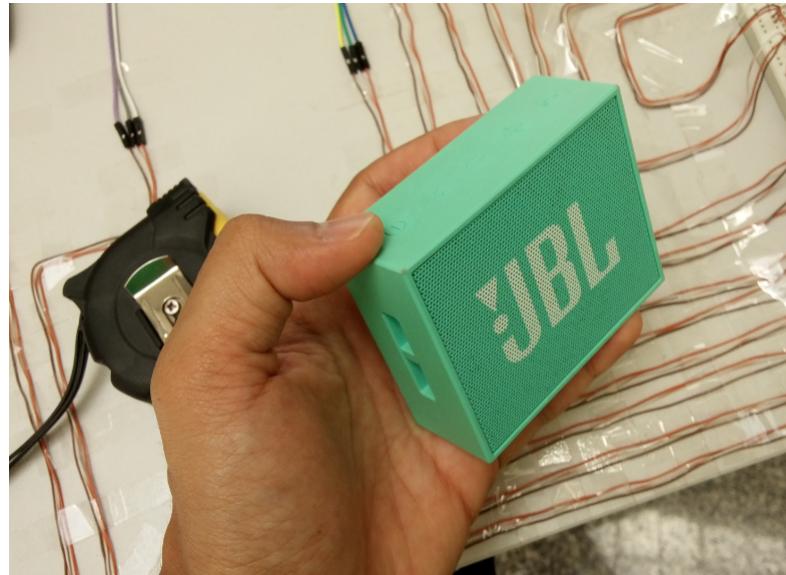


Figura 9: Caixinha JBL 1.



Figura 10: Caixinha JBL 2.

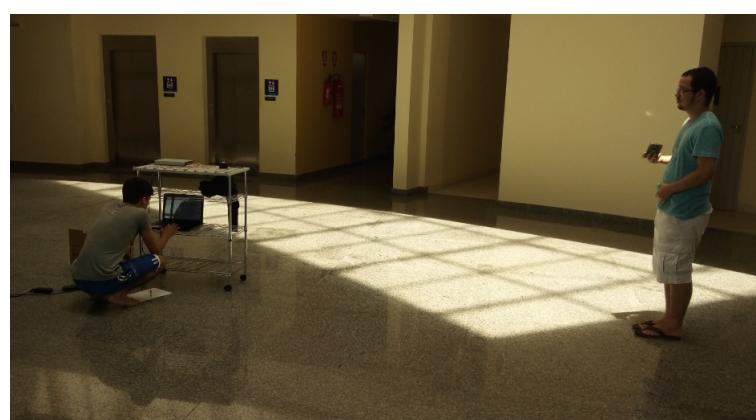
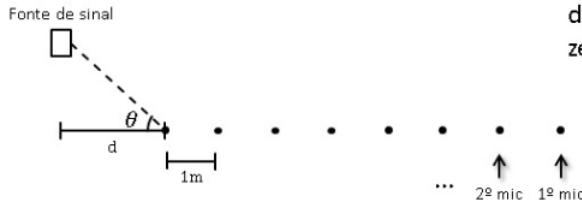


Figura 11: Medição.

Nome do arquivo: Nmic\_Fskspis\_sinF\_dm\_θo



Exemplo: 8mic\_10ksps\_sin1k\_1m\_0o  
No exemplo tem 8 microfones, com aquisição de 10k samples por segundo, de um sine de 1kHz, com a fonte do sinal com 1 metro de distância do último microfone, com zero grau de ângulo.

Legenda	
d	Distância da fonte de sinal em relação ao último sensor
N	Número de microfones
Fs	Frequência de aquisição
F	Frequência do sinal de fonte
θ	Ângulo em relação ao último sensor

Figura 12: Esquema de medição.

### 3.1 Medições

As medições são realizadas pelo período da noite, com menos ruído ambiente, no prédio do CTEC, na UFRN. A distância entre a fonte e o primeiro microfone é especificada na medição, e salva no nome do arquivo medido, conforme a Figura 12.

No nome do arquivo está especificado a distância, o ângulo conhecido, o número de microfones, e a frequência do tom medido. Além do nome do arquivo, é gravado junto um arquivo .txt com detalhes da medição, como data e hora, as pessoas presentes, se houve algum ruído incomum no ambiente, etc.

Atualmente temos medições com distâncias entre 1 a 8 metros entre a fonte e os microfones. Com ângulos de 0 a 60 graus, frequências de tom de 1kHz, com 8 e 10 microfones.

### 3.2 Dificuldades

1. Falta de um computador com RTOS para aquisição de maior quantidade de amostras.

2. Calibragem dos microfones.
3. Precisão nas medidas de ângulo e distância entre fonte e receptores.
4. Falta de estimativa de SNR.
5. Desconhecimento do modelo de canal acústico.
6. Baixa qualidade dos microfones.

## 4 Resultados e Conclusões

Os resultados do ângulo de chegada se encontram nas pastas de resultados dos respectivos algoritmos no Dropbox.

## **5 Referências**

NI-6361 <http://www.ni.com/pdf/manuals/374650c.pdf>