



## INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

**Título do Trabalho:** Desenvolvimento de uma pedaleira de efeitos para guitarra utilizando microcontrolador de plataforma aberta

**Autor (es):** Renan Airton Batista Ribeiro, Otávio de Souza Martins Gomes

**Palavras-chave:** Processamento Digital de Sinais, Pedal de Efeitos, Arduino

**Campus:** Formiga - MG

**Área do Conhecimento (CNPq):** 30400007 – Engenharia Elétrica

### RESUMO

Processamento Digital de Sinais é uma das grandes áreas de estudo dentro da **Ciência da Computação**. Dentre os campos que envolvem Processamento Digital de Sinais, o viés relacionado ao áudio tem grande destaque tanto em pesquisas científicas, quanto no mercado de trabalho, por isso esse tipo de projeto traz inúmeros benefícios, tanto para os envolvidos na equipe, quanto para desenvolvedores de trabalhos futuros que podem utilizar projeto como base. Este projeto consiste na implementação de um hardware que é integrado ao microcontrolador Arduino, e que permita através de programação, a implementação de efeitos para guitarra. O desenvolvimento do projeto foi basicamente dividido em duas partes. A primeira etapa foi a implementação do **hardware**, que envolve a área de eletrônica digital e analógica. Para o desenvolvimento do mesmo, foram estudados projetos *open-source* já existentes, como por exemplo o *Arduino Guitar Pedal*, e o *pedalSHIELD*, e através desse estudo, foi possível desenvolver a placa que auxilia a comunicação da guitarra com o Arduino. A segunda etapa foi o desenvolvimento dos efeitos inicialmente propostos, e para a implementação dos mesmos foi realizado um amplo estudo de Processamento Digital de Sinais, e de diversas áreas que envolvem a manipulação e utilização dos dados utilizando a linguagem de programação específica para o Arduino utilizado. Os resultados finais foram satisfatórios, principalmente em relação aos efeitos que não envolvem alteração direta no sinal, como o *delay*.

### INTRODUÇÃO:

O mercado de instrumentos musicais, além de movimentar uma quantidade de dinheiro considerável, também apresenta crescimento no decorrer dos anos, segundo Marzochi (2013). Conseqüentemente, também são visados equipamentos utilizados juntamente com os instrumentos musicais. Um exemplo de equipamento indispensável para violonistas e guitarristas, são os pedais de efeito. Estes pedais são utilizados para modificar a sonoridade original do instrumento, a fim de melhorar ou customizar o timbre do mesmo, permitindo que o músico consiga transmitir sua ideia através da própria característica sonora.

Existem dois tipos de pedais de efeito para instrumentos musicais, que são os **Pedais Analógicos**, e os **Pedais Digitais**. Os pedais analógicos processam o sinal do instrumento na sua forma analógica, sem que haja nenhum tipo de conversão no sinal original, que é o que causa a perda da qualidade final do efeito. Os pedais digitais por sua vez, para implementar o efeito, convertem o sinal proveniente do instrumento em um sinal digital e aplicam nesse sinal a alteração necessária para que o efeito seja implementado, e após isso o



sinal é novamente convertido em um sinal analógico, para que seja possível sua reprodução aos ouvidos humanos. O fato dos pedais digitais necessitarem de conversões para que seja efetuado o processamento do efeito, faz com que seja difícil alcançar a qualidade final dos pedais analógicos.

Porém, atualmente temos pedaleiras digitais de guitarras que chegam muito perto do efeito analógico da mesma. Como citado, um dos maiores motivadores de desenvolvimento de DSP é o ramo comercial, por isso existem várias empresas que investem pesado para que seus produtos sejam de altíssima qualidade. Segue uma lista do que há de mais novo no quesito de Processamento Digital de Sinais de Áudio em relação a efeitos para guitarra e outros instrumentos:

- **BOSS GT-100 Amp Effects Processor:** Uma das mais famosas e mais avançadas pedaleiras atuais, é a GT-100 da BOSS. Essa pedaleira contém inúmeros efeitos, além de simulação de amplificadores analógicos, o que traz a tona outra possibilidade em relação ao processamento digital de áudio. Ela é famosa por ter seus efeitos bem próximos dos seus pedais analógicos, que também são famosos.
- **POD HD500X:** Outra pedaleira muito famosa e de excelente qualidade, é a POD HD 500X da Line 6. Essa pedaleira tem praticamente os mesmo efeitos e simulações da concorrente, mas é mais famosa (pelo menos em suas versões antigas) pela sua fiel simulação de amplificadores analógicos valvulados. Inclusive, entre as propagandas de marketing dessa pedaleira, é ressaltada uma tecnologia "Dynamic DSP Power" que permite ao usuário da mesma uma melhor manipulação do processamento que está sendo feito.

Foram propostos alguns efeitos iniciais a serem implementados no projeto, tais como:

- **Clean:** é o que mais se aproxima do timbre original da guitarra, não adicionando nenhum efeito, mas possibilitando o controle de volume através do microcontrolador.
- **Distorção:** é um dos efeitos mais utilizados na guitarra atualmente, pois distorce o som original do instrumento, trazendo um maior destaque para a guitarra, sendo bastante popular entre os guitarristas e um dos efeitos essenciais para se montar um conjunto básico de efeitos.
- **Delay:** o delay nada mais é do que uma repetição atrasada do sinal que já foi processado e transmitido para a saída do pedal. Este efeito é muito interessante, pois permite que o som da guitarra fique mais presente durante a música, ocupando os silêncios que seriam consequência dos intervalos em que o guitarrista não estaria tocando.

O projeto busca o desenvolvimento de um pedal de efeitos digital, através da criação de um hardware de plataforma aberta, que seja capaz de processar e modificar o som como os pedais e efeitos citados acima. Inicialmente, o instrumento alvo será uma guitarra elétrica, porém, será possível utilizá-lo com outros instrumentos elétricos também como, por exemplo, violões e contra baixos.

## METODOLOGIA:

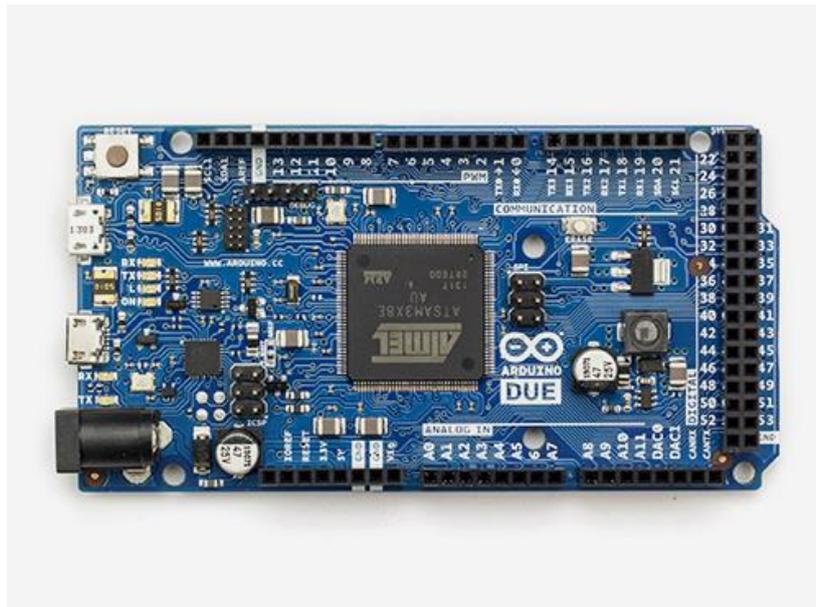
### Materiais e Conceitos

- **Microcontrolador:** Os microcontroladores são uma das partes mais importantes no projeto, pois a qualidade sonora final será diretamente proporcional a quão bem o hardware (que será feito



utilizando o microcontrolador) será capaz de realizar a conversão Analógica-Digital e Digital-Analógica. Também é levado em consideração sua capacidade em relação ao processamento dos dados, para garantir a qualidade dos efeitos a serem implementados. O microcontrolador utilizado para o desenvolvimento do projeto foi o **Arduino DUE**. O Arduino DUE não é muito popular entre os microcontroladores Arduino, porém é a placa mais robusta analisada. Ela possui arquitetura ARM e um poderoso processador CortexM3 32bits. Além disso, já possui implementada naturalmente em seu hardware tanto conversores Analógico-Digital quanto Digital-Analógico, tornando essa a mais propícia para o desenvolvimento do projeto, pois possui a melhor capacidade para gerar um resultado de alta fidelidade após o processamento digital de sinais. O Arduino DUE também permite a configuração dos conversores Analógico-Digital em *free mode*, ou seja, não é especificado nenhuma taxa de amostragem para os conversores, permitindo que a amostragem seja a melhor possível no momento de acordo com o *hardware*. A figura 01 apresenta o Arduino DUE.

Figura 01 - Arduino DUE



Fonte: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDue> (2016)

- **Sinal:** Quando não se conhece significado do termo Sinal, não se percebe a aplicação disso no nosso cotidiano. Segundo (Sarmiento, Regis, & Araújo, 2012), o sinal é uma função que transmite informação sobre um fenômeno físico, e é moldado por uma função,  $x(t)$ , na qual  $t$  representa o tempo e  $x(t)$  representa a amplitude no instante de tempo  $t$ . Podemos representar  $x(t)$  por um valor que pode ser real ou complexo. Dessa maneira, percebemos que as imagens que vemos, assim como os sons que escutamos, são tipos de Sinais. É importante entender o conceito de sinal, pois ele será um termo muito recorrente no decorrer do desenvolvimento do resumo.



## Desenvolvimento

- **Efeitos:** A primeira etapa durante o desenvolvimento do projeto, foi dedicada ao estudo e aplicação dos conceitos relacionados aos **Sinais**, e ao **Processamento Digital de Sinais** (Bianchi, A. J. 2012 e Herrera, C. G. 2004). Durante o desenvolvimento dessa etapa, foram estudados conceitos como **Sinal**, **Ruídos** (Rocha, L. G. 2011), **Transformada de Fourier** (Matuck, G. R. 2005), **Filtros**, **Separação Cega de Sinais** (Oliveira, L. G. A., & Duarte, L. T.) e **VST** (Krueger, D. 2008). O estudo desses assuntos, juntamente com o estudo da plataforma **Arduino DUE**, levou à implementação de efeitos utilizando a linguagem de programação da plataforma já citada.
- **Hardware:** A segunda etapa de desenvolvimento do projeto, foi centrada na implementação do *hardware* que é integrado ao Arduino (o tipo de ferramenta desenvolvida é conhecida como *shield*). Para a implementação desse hardware, foi realizada a pesquisa de diversos projetos relacionados ao assunto, como por exemplo o **pedalSHIELD**, **Arduino Guitar Pedal**, **Arduino Guitar Looper** e **Guitar Extended**.

Para realizar o processo de implementação do hardware, foram realizadas as seguintes etapas: testes do circuito utilizando *protoboard* (parte de alimentação do circuito e conversão Analógico-Digital), desenvolvimento da placa através da impressão do circuito e corrosão da mesma utilizando perclorato de ferro, perfuração da placa para acomodar os componentes, soldagem dos componentes e integração do hardware ao Arduino.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

### Software

O esqueleto básico para os efeitos implementados são semelhantes, mudando apenas o tratamento feito com o sinal obtido. As primitivas básicas para implementação dos efeitos no Arduino são as seguintes:

- Declaração inicial das variáveis
- Configuração dos conversores Analógico-Digital (modo de amostragem, canais habilitados e início da conversão)
- Configuração dos conversores Digital-Analógico

Os próximos passos ficam em repetição:

- Leitura e conversão dos dados de Analógico para Digital
- Aplicação do Processamento Digital de Sinais
- Conversão do sinal Digital para Analógico

O Código a seguir mostra um exemplo de implementação no Arduino DUE. O efeito implementado é caso o **Clean**. O código está comentado mostrando o esqueleto básico mostrado acima.

```
/*-----INICIO-----*/  
/* Declaração inicial das variáveis */  
int in_ADC0, in_ADC1;  
int POT0, POT1, POT2, out_DAC0, out_DAC1;  
int LED = 3;  
int FOOTSWITCH = 7;  
int TOGGLE = 2;  
  
void setup()  
{
```



```
/* Configuração dos conversores Analógico-Digital (modo de amostragem, canais habilitados e início da conversão) */
ADC->ADC_MR |= 0x80;
ADC->ADC_CR=2;
ADC->ADC_CHER=0x1CC0;

/* Configuração dos conversores Digital-Analógico */
analogWrite(DAC0, 0);
analogWrite(DAC1, 0);

/* Configuração dos pinos de interface do pedal */
pinMode(LED, OUTPUT);
pinMode(FOOTSWITCH, INPUT_PULLUP);
pinMode(TOGGLE, INPUT_PULLUP);
}

void loop()
{
  /* Leitura e conversão dos dados de Analógico para Digital */
  while((ADC->ADC_ISR & 0x1CC0)!=0x1CC0);
  in_ADC0=ADC->ADC_CDR[7];
  in_ADC1=ADC->ADC_CDR[6];
  POT0=ADC->ADC_CDR[10];
  POT1=ADC->ADC_CDR[11];
  POT2=ADC->ADC_CDR[12];

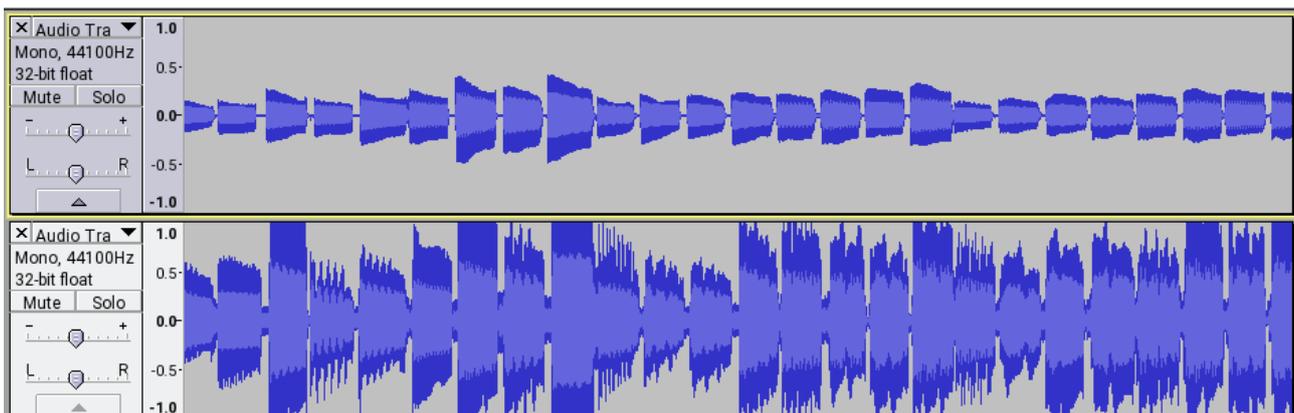
  /* Aplicação do Processamento Digital de Sinais */
  out_DAC0=map(in_ADC0, 0, 4095, 1, POT2);
  out_DAC1=map(in_ADC1, 0, 4095, 1, POT2);

  /* Conversão do sinal Digital para Analógico */
  dacc_set_channel_selection(DACC_INTERFACE, 0);
  dacc_write_conversion_data(DACC_INTERFACE, out_DAC0);
  dacc_set_channel_selection(DACC_INTERFACE, 1);
  dacc_write_conversion_data(DACC_INTERFACE, out_DAC1);
}

/*-----FIM-----*/
```

Como foi possível perceber no código acima, a aplicação do processamento para a implementação do efeito desejado foi simplesmente um mapeamento do sinal digital de acordo com o potenciômetro que seria responsável por ajustar o volume do áudio. Esse efeito é um dos mais simples de ser implementado, e a maioria dos outros efeitos como por exemplo a **distorção**, seguem a mesma linha básica de código, sendo necessário alterar apenas a parte de processamento. Apesar da implementação entre muitos efeitos serem parecidas, existem alguns efeitos mais específicos como o **delay** que utilizam algumas funções específicas, como por exemplo interrupções do microcontrolador. A figura a seguir mostra a comparação entre uma gravação utilizando o efeito *delay* implementado, e uma gravação com o efeito desabilitado.

**Figura 02 – Delay**





A figura nos mostra que o efeito implementado além de seguir as propriedades (no caso do *delay*, o sinal é repetido novamente), também é possível controlar o volume, aumentando o ganho (amplitude) do sinal.

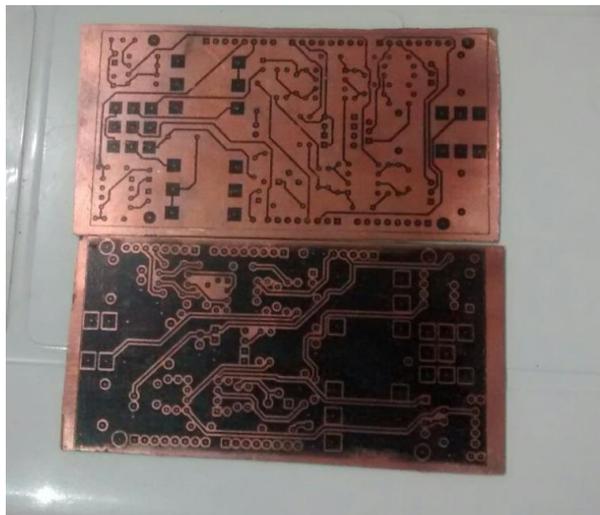
### **Hardware**

O *hardware* implementado no projeto, permitiu que fossem utilizados com sucesso os processamentos de sinais necessários que se criou os efeitos desejados. A divisão da fase de implementação do projeto foi dividida em:

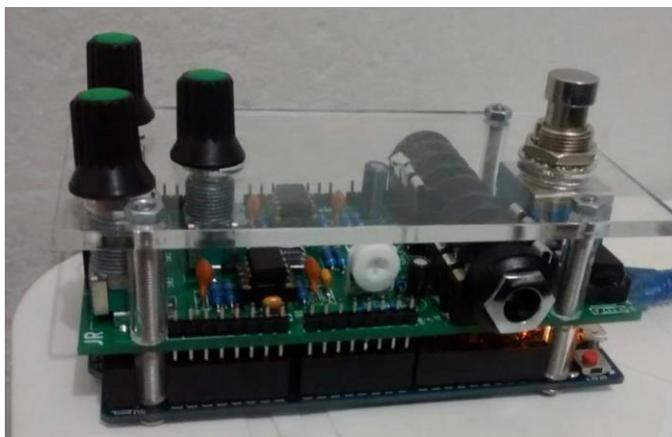
- Análise e estudo de projetos relacionados (citados acima)
- Estudo do hardware a ser implementado
- Testes na protoboard das principais funções do hardware
- Análise do esquemático (gerado pelo KiCad)
- Impressão e Corrosão da Placa
- Soldagem e Montagem da Placa Final

A figura 03 exemplifica o processo de *Impressão e Corrosão* da placa. O resultado final da placa soldada e montada juntamente com o microcontrolador Arduino DUE na figura 04.

**Figura 03 – Placa de circuito impresso**



**Figura 04 – Placa Soldada e Montada**



### **CONCLUSÕES:**

O desenvolvimento do projeto, envolveu diversos conceitos, sendo os principais deles o **Processamento Digital de Sinais** para o desenvolvimento dos efeitos, e conceitos de **Eletrônica**, que foram necessários para a implementação do hardware capaz de fazer as conversões necessárias no sinal do instrumento, permitindo assim a aplicação das técnicas que envolvem sinais e o seu processamento. Foi possível concluir os objetivos com sucesso, sendo eles a implementação do hardware, e o desenvolvimento dos efeitos para guitarra.



Futuramente, pode ser dada continuidade tanto no desenvolvimento dos efeitos, melhorando as implementações de maneira a proporcionar também a melhora na qualidade final do mesmo, quanto no desenvolvimento do hardware, abrindo espaço para a pesquisa de microcontroladores que forneçam opções melhores de conversores e processamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Arduino Guitar Loop. Disponível em <http://arduino-guitarlooper.blogspot.com.br/> . Último acesso: 04/07/2016.
- Arduino Guitar Pedal. Disponível em <http://www.instructables.com/id/Arduino-Guitar-Pedal/> . Último acesso: 04/07/2016.
- Bianchi, A. J. (2012). Processamento digital de sinais em tempo real utilizando arduino.
- Herrera, C. G. (2004). Projeto de sistemas de processamento digital de sinais de Áudio utilizando metodologia científica.
- Guitar Extended. Disponível em <https://guitarextended.wordpress.com/>. Último acesso: 04/07/2016.
- Krueger, D. (2008). Tratamento de sinais sonoros no computador simulando pedais virtuais.
- Marzochi, R. (2013). Cresce a venda de instrumentos musicais.
- Matuck, G. R. (2005). Processamento de sinais de voz padrões comportamentais por redes neurais artificiais (Tech. Rep.). INPE.
- Oliveira, L. G. A., & Duarte, L. T. (n.d.). Um estudo sobre separação cega de sinais de Áudio.
- PedalSHIELD. Disponível em <http://www.electrosmash.com/pedalshield>. Último acesso: 04/07/2016.
- Rocha, L. G. (2011). Análise e remoção de ruídos em sinal de voz através de técnica de atenuação de espectro.
- Sarmento, C. F., Regis, D., & Araújo, W. (2012). Remoção adaptativa de ruído em sinais de Áudio..