

**Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal**

**AVALIAÇÃO DE NOVAS ESPÉCIES MADEIREIRAS  
NA FABRICAÇÃO DO CAJÓN**

Aluno: Lucas Cangussu Cavalcante

Matrícula: 99/51385

Orientador: Mário Rabelo de Souza – PhD, LPF/IBAMA

Co-orientador: Joaquim Carlos Gonzalez – PhD, EFL/UnB

Brasília  
2006

**Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal**

**AVALIAÇÃO DE NOVAS ESPÉCIES MADEIREIRAS NA  
FABRICAÇÃO DO CAJÓN**

**Aluno: Lucas Cangussu Cavalcante**

**Matrícula: 99/51385**

**Menção: \_\_\_\_\_**

**Banca examinadora**

---

**Mario Rabelo de Souza, PhD.**

**Orientador**

---

**Joaquim C. Gonçalvez, PhD.**

**Co-orientador**

---

**Cláudio Henrique Soares Dell Menezzi, PhD.**

**Membro da banca**

**Brasília, 04/08/06**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pois sem ele não estaria aqui para poder contar qualquer coisa.

Agradeço á minha mãe, por ser a mulher que é, sempre me incentivando em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis. Uma mulher fantástica que sempre prezou pela minha educação e felicidade.

Ao meu pai, por toda força, incentivo e apoio dado em toda minha vida. Um homem batalhador que sempre soube se portar mesmo nos momentos mais difíceis, um grande exemplo em minha vida.

Ao meu irmão, sempre companheiro e que me ajudou a crescer como pessoa.

Agradeço a toda minha família especialmente minha Avó que amo muito.

Ao Mário Rabelo por ter acreditado neste projeto e me dado toda a ajuda e atenção necessária para que conseguisse concluir este trabalho.

Aos grandes *luthiers* Osíres e Márcio que me ajudaram na realização deste trabalho. Sem eles este trabalho não teria saído do papel.

Aos músicos percussionistas Edinho Silva, Eduardo Mesquita e André Califa que me ajudaram com a escolha do instrumento.

À Elsa, que conseguiu me aturar ao longo dos anos e mais uma vez me incentivando neste trabalho.

Aos meus amigos Gustavo, Laurindo, Isnard, Marcos, Irene, Cristiano e Joselito

À galera da Baladeyra que eu considero como irmãos.

Aos professores da UnB: Ildeu, Joaquim e Cláudio

**SUMÁRIO**

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	4
<b>RESUMO</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
2.1 Madeiras para Instrumentos Musicais.....	11
2.2 Trababilidade das Madeiras.....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
3.1 O Instrumento.....	15
3.2 Seleção das Amostras de Madeira.....	15
3.3 Compra das pranchas de madeira.....	16
3.4 Construção do Instrumento .....	17
3.4.1 Montagem do instrumento.....	18
3.5 Análise das Propriedades Acústicas.....	21
<b>4. RESULTADOS e DISCUSSÃO</b> .....	23
4.1 Estudo das propriedades físicas e mecânicas .....	23
4.2 Análise do corte da madeira.....	24
4.3 Análise das propriedades acústicas .....	25
4.3.1 Escolha das espécies.....	25
4.3.2 Teste de timbre.....	25
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	32
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33

## LISTA DAS TABELAS

Tabela 1. Dimensões das pranchas de madeira compradas no Mercado .....	17
Tabela 2. Propriedades físicas e mecânicas das espécies selecionadas.....	23
Tabela 3. Resultados de tração, resistência ao impacto e trabalhabilidade das espécies selecionadas. ....	24

## LISTA DAS FIGURAS

Figura 1. Exemplo de cajón cubo e cajón obl.....	10
Figura 2. Cajón sendo tocado.....	10
Figura 3. Visão geral de um cajón em cubo.....	15
Figura 4. Pranchas em freijó sendo coladas.....	16
Figura 5. Dimensões cajón.....	17
Figura 6. Peça em freijó sendo pregada após colagem.....	18
Figura 7. Peça em freijó após montada. ....	18
Figura 8. Marcação do furo.....	19
Figura 9. Furadeira e serra tico-tico abrindo furo de 12 cm de diâmetro em peças de ipê e freijó respectivamente.....	19
Figura 10. Acabamento com lixa.....	20
Figura 11. Esteiras sendo fixadas à tampa do cajón.....	21
Figura 12. Mecanismo usado nas gravações do cajón.....	22
Figura 13. Caón em freijó.....	25
Figura 14. Caón em ipê.....	25
Figura 15. Caón em marupá.....	25
Figura 16. Resultado do teste de timbre (harmônicos) para Marupá. Freqüência principal em 103 Hz (G#2). ....	27
Figura 17. Resultado do teste de timbre (harmônicos) para Ipê. Freqüência principal em 92,513 Hz (F#2). ....	28
Figura 18. Resultado do teste de timbre (harmônicos) para Freijó. Freqüência principal em 85,785 Hz (F2). ....	28
Figura 19. Resultado do teste de timbre (harmônicos) para Compensado. Freqüência principal em 77,039 Hz (D#2). ....	29
Figura 20. Onda produzida pelo cajón em Marupá. ....	29
Figura 21. Onda produzida pelo cajón em Ipê. ....	30
Figura 22. Onda produzida pelo cajón em Freijó.....	30
Figura 23. Onda produzida pelo cajón em Compensado.....	31
Figura 24. Comparação de decaimento para os 4 cajóns.....	31

## RESUMO

A caixa cajón, ou apenas cajón como é mais conhecido, é um instrumento musical de percussão diferenciado pelas suas possibilidades sonoras. O presente trabalho tem como objetivo principal a seleção de espécies madeireiras amazônicas, para a fabricação do instrumento, no intuito de testar a qualidade destas espécies na produção dos mesmos. Foram selecionadas três espécies com base na massa específica: baixa, média e alta (marupá – *Simarouba amara* Aubl., freijó - *Cordia goeldiana* Huber, ipê - *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols. Foram efetuados dois estudos com estas espécies: fabricação e avaliação do instrumento cajón e análise das propriedades acústicas. Para execução, fabricaram-se corpos do cajón com as madeiras selecionadas e montaram-se os instrumentos completos. Os resultados mostram que todas as madeiras selecionadas foram aptas para a fabricação do instrumento cajón sendo que o ipê - *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols, por possuir uma alta massa específica, se mostrou de difícil trabalhabilidade. Os testes acústicos mostraram que o freijó - *Cordia goeldiana* Huber é a espécie mais indicada para o propósito.

**ABSTRACT****EVALUATION OF NEW WOOD SPECIES  
IN THE MANUFACTURE OF THE CAJÓN**

The box cajón, or just cajón, is a musical instrument of percussion differentiated for its sonorous possibilities. The present work has as main objective the selection of Amazonian wood species, for the manufacture of the instrument, aiming to test the quality of these species. Three species had been selected on the basis of the specific gravity: low, average and high (marupá – *Simarouba amara* Aubl., freijó - *Cordia goeldiana* Huber, ipê - *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols. Two studies with these species had been conducted: manufacture and evaluation of the instrument cajón and analysis of the acoustic properties. For execution, bodies of cajón with the selected wood species had been manufactured and mounted the complete instruments. The results show that all the selected wood are apt for the manufacture of the instrument cajón. Due to the high specific gravity, ipê (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols), showed difficult to work. The acoustic tests showed that freijó (*Cordia goeldiana* Huber ), is the best indicated wood species.



## 1 INTRODUÇÃO:

Quando escravos africanos foram trazidos ao Novo Mundo, como acontece a toda pessoa que é levada de seu ambiente, estes sentiram a necessidade de relembrar os costumes existentes em suas terras de origem. Na África falar de música é falar de percussão e é possível que durante estas viagens surgiram o instrumento cajón.

Na época a colonização peruana, os escravos já imprimiam suas músicas, no qual ao longo dos séculos, combinaria em versatilidade de manifestação e múltiplos ritmos e harmonia. O investigador e folclorista argentino Carlos Castro diz que os africanos que viveram no Peru durante os séculos XVIII e XIX, especialmente os da costa do Pacífico, usavam também em suas festas, caixas de frutas e de outros tipos de alimento que encontravam no porto de Callao (Lima). E que as estas caixas prendiam-se tábuas com o objetivo de produzir mais vibração na madeira (RCPAL, 2006).

O cajón é então um instrumento de percussão latino-americano. O instrumento foi aperfeiçoado no Peru durante décadas e foi levado, nos anos 70, à Espanha, adaptando-se às necessidades e costumes musicais europeus (EL CAJON PERUANO, 2006). O cajón (pronuncia-se carrón), foi criado para substituir a idéia do timbatera, ou seja, com um só instrumento o percussionista pode fazer a combinação de vários sons (ORIGEM CAJON, 2006). Dos diversos modelos de cajón existentes, os mais utilizados são o cajón cubo e o cajón obl, como mostrado na Figura 1. O cajón cubo favorece a execução de sons graves, enquanto o cajón obl produz sons mais agudos.

O cajón consiste de uma caixa de madeira, com uma tampa em laminado, onde o percussionista golpeia com as mãos para que seja produzido o som (HISTÓRIA DO CAJON, 2006). O instrumento é tocado sentando-se em cima do mesmo, golpeando a parte superior da tampa dianteira produzindo tons agudos e batendo no centro da tampa produzindo os graves (FAT CONGAS, 2006) Figura 2. O cajón pode possuir algumas cordas (ou esteiras em aço), geralmente as mesmas usadas em um violão, para que seja produzidos outros sons agudos e

graves. É possível fazer diversos arranjos com o cajón, desde um simples acompanhamento à um batuque mais elaborado. O instrumento tem sido muito usado para acompanhar diversos estilos musicais como flamenco, funk, samba, reggae, blues, bossa nova, rock entre outros.(MANUFATURA, 2006)



**Figura 1.** Exemplo de cajón cubo e cajón obl

(Fonte: modelo OBL, retirado do site: <http://www.cajon.blogger.com.br/HistoriaCajon.jpg>)



**Figura 2.** Cajón sendo tocado.

O objetivo geral deste trabalho foi selecionar e testar 3 espécies madeireiras da Amazônia, dentre as centenas já estudadas pelo Laboratório de Produtos Florestais (LPF), para verificar seus potenciais para a fabricação do instrumento. Das espécies selecionadas foram estudados os seguintes aspectos:

1. Fabricação e avaliação do cajón.

## 2. Análise das propriedades acústicas.

### 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

Dentre as centenas de espécies florestais bem conhecidas no mundo, poucas são efetivamente utilizadas em instrumentos musicais. Isto porque existe um forte tradicionalismo por parte dos fabricantes e *luthiers* de instrumentos musicais que utilizam uma pequena quantidade de madeiras, as quais têm seu uso para partes específicas em cada instrumento (SOUZA, 1983; ANAFIM, 2003).

Esse tradicionalismo somado com a escassez dessas poucas espécies tem onerado significativamente o valor dessas madeiras no mercado internacional. (ANAFIM, 2003)

Há anos, o Brasil tenta diminuir a importação de madeiras para a fabricação de instrumentos musicais devido às excelentes alternativas existentes em nossas florestas. Isto está sendo possível graças ao Projeto “Avaliação de Madeiras Amazônicas para Utilização em Instrumentos Musicais” coordenado pelo IBAMA.

#### 2.1 MADEIRA PARA INSTRUMENTO MUSICAL

Segundo Souza, 1983; Slooten, 1993; Bucur, 1995; Pearson, 1967 as madeiras mais utilizadas hoje na confecção de instrumentos musicais e suas partes principais para percussão são:

Baqueta: "hickory" (*Carya spp.*), "maple" (*Acer spp.*), oak (*Quercus spp.*), bétula (*Betula spp.*), faia (*Fagus spp.*), ébano (*Dyospirus spp.*).

Baterias, conga e bongôs: maple (*Acer sp.*), mogno (*Swietenia macrophylla*), bubinga (*Guibourtia demeusei*), "ash" (*Fraxinus sp.*).

Sobre as propriedades ideais para as madeiras utilizadas em instrumentos musicais, citam-se (SOUZA, 1983; BUCUR, 1995):

*Tampo harmônico a tábua harmônica:*

Baixa massa específica, alto módulo de elasticidade, grã direita, boa trabalhabilidade, boa estabilidade dimensional, boa para colagem e bom acabamento final.

*Fundo:*

Não muito pesada, sem restrições quanto às propriedades mecânicas, boa trabalhabilidade, boa para colagem, bom acabamento a boa estabilidade dimensional.

*Corpo de oboé a clarineta:*

Boa estabilidade dimensional, textura fina, grã direita, bom peso, bom acabamento, fácil de furar a torneiar e, preferencialmente de cor negra.

*Corpo de flauta a fagote:*

Não muito pesada, textura fina, boa estabilidade dimensional, grã direita, bom acabamento, fácil de furar e torneiar.

*Arco para violino:*

Alto módulo de elasticidade em flexão (acima de 200.000 kgf/cm<sup>2</sup>), grã direita, textura fina, alta resistência à ruptura em flexão.

As principais características das madeiras para utilização em instrumentos musicais segundo Souza (1983); Bucur (1995); Slooten (1993); Teles (2004); Fagundes (2003); Fernandes (2004) e Pearson, (1967) para percussão são:

- massa específica acima de 0,50 g/cm<sup>3</sup>, decaimento logarítmico abaixo de 0,030, frequência de ressonância acima de 150 Hz e velocidade de propagação sonora acima de 4.000m/s.

A madeira é o elemento natural utilizado no cajón, ela interage com o músico, recebendo nossos estímulos, e de acordo com o tipo de madeira usada, tem resistências e diferentes propriedades de absorção do som e do choque, produzindo uma resposta única a cada estímulo. Esta resposta se chama “rebote”.

Na elaboração deste instrumento costuma-se utilizar diversos tipos de madeira. As madeiras mais utilizadas em percussão são o maple (*Acer sp.*) e o mogno (*Swietenia macrophylla* (King)). Para o cajón costuma-se usar também a sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn); curupixá (*Micropholis venulosa* ( Mart &

Eichl. ) Pièrre); compensados; embuia (*Ocotea porosa* (Mez) L. Barroso); cedro rosa (*Cedrela fícilis* Vell.).

As características ideais da madeira para fabricação do cajón se enquadram as mesmas características gerais para instrumentos de percussão.

## 2.2 TRABABILIDADE DE MADEIRAS

Na fabricação de instrumentos de percussão, em geral, costumam-se priorizar madeiras de boa trabalhabilidade, ou seja, com ótimas propriedades de acabamento e trabalho em máquina de plaina, torno, lixa e broca.

O estudo da trabalhabilidade da madeira visa melhorar o conhecimento da matéria prima madeira, em particular as suas propriedades de acabamento e trabalho em máquina de plaina, torno, lixa e broca. (STERNADT, 2001).

A melhora contínua da produtividade é essencial para a indústria de produtos da madeira. A seleção da espécie mais indicada para o seu produto, as máquinas adequadas e, o uso eficiente das ferramentas, pode levar a eficiência empresarial dentro de uma indústria. Além disso, o conhecimento das propriedades da matéria prima madeira, as propriedades de trabalhabilidade, são importantes para a redução dos custos operacionais.

A facilidade com que a madeira é trabalhada, o acabamento superficial que apresenta após ser usinada (com auxílio de máquina ou com ferramentas manuais), é uma importante propriedade referencial para avaliar o uso da espécie da madeira.

Uma madeira dita como sendo fácil de trabalhar significa realizar o trabalho e obter um bom acabamento sem esforços excepcionais, e isto tem implicações econômicas em uma indústria, onde cada operação é feita milhares de vezes durante o ano para fabricar determinado produto. (STERNADT, 2001).

As características da madeira são únicas, frente a outros materiais como o ferro, alumínio, cimento, plásticos e outros.

O trabalho com madeira em máquina tem dois processos básicos de corte: periférico e ortogonal.

Segundo Wengert (1998) o corte periférico é definido como o corte intermitente das facas da periferia de um rolo de facas ou serra. A serra circular, plainas desempenadeiras, plainas moldureiras e tupias possuem corte periférico. O corte ortogonal é definido como a ação intermitente das facas na extremidade de um rolo de facas ou serra em ângulo reto ao topo do material a ser usinado (do grego orthos, reto e, gonia, ângulo). A serra de fita e a plaina manual são exemplos de corte ortogonal.

A madeira é anisotrópica, podendo ser usinada em diferentes planos e de diferentes maneiras, em razão da direção e sentido de ataque da ferramenta em relação às fibras. Leitz (2001) definiu que se pode trabalhar a madeira longitudinal e, transversalmente e no topo, conhecendo previamente suas peculiaridades.

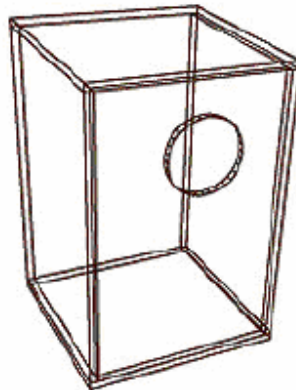
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS:

Não existe um método específico usado na construção do cajón. No mercado podemos encontrar estes instrumentos em várias medidas e formatos. O modelo usado neste trabalho foi baseado em uma metodologia utilizada pela empresa Ocaña Artesania.

#### 3.1 O INSTRUMENTO

##### Cajón cubo

Trata-se de cajón de formato cúbico. O seu formato favorece a execução de sons graves. O modelo cúbico bastante usado na dança flamenca, possui um furo no fundo de 12 cm de diâmetro. A tampa parte frontal, possui espessura de 4 mm e as demais chapas possuem espessura em média de 1,5 cm. Na Figura 3 temos um modelo de cajón em formato de cubo.



**Figura 3.** Visão geral de um cajón em cubo.

Fonte: [www.ocanartesanias.com](http://www.ocanartesanias.com)

#### 3.2 SELEÇÃO DAS AMOSTRAS DE MADEIRA

A seleção das madeiras para o cajón seguiu basicamente dois critérios:

1. As madeiras selecionadas possuem massa específica variável.
  - Uma espécie de baixa massa específica (marupá - *Simarouba amara* Aubl.);
  - Uma espécie de média massa específica (freijó-*Cordia goeldiana* Huber );
  - Uma espécie de alta massa específica (ipê-*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols.).
2. A madeira deve ter boas características de trabalhabilidade e usinagem, aceitando bem cola, corte, furos, pregos, lixas sem grandes dificuldades.

### 3.3 COMPRA DAS PRACHAS DE MADEIRA

No mercado é muito difícil encontrar as pranchas em madeira nas dimensões desejadas, por isso, optou-se por comprá-las nas medidas que satisfizessem a construção do instrumento. As dimensões encontradas das espécies estão mostradas na Tabela 1. Aquelas que não foram encontradas na largura mínima de construção (32 cm), como foram os casos do marupá e do freijó, tiveram que ser coladas conforme visto na Figura 4.



**Figura 4.** Pranchas em freijó sendo coladas.



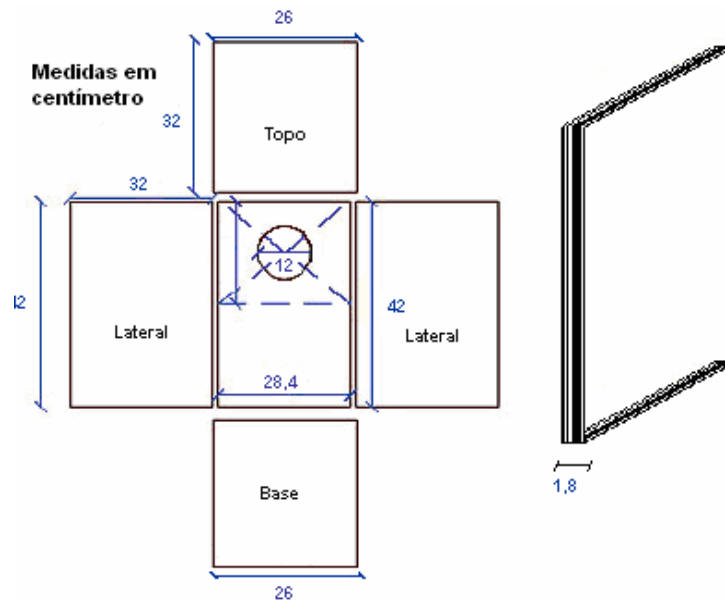
Tabela 1. Dimensões das pranchas de madeira compradas no mercado.

Espécie	Quant. Peças	Medidas em cm		
		Largura	Espessura	Comprimento
Ipê	1	33	4	210
Freijó	1	19	4	382
Marupá	2	22	4	195
		20	4	193

### 3.4 CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO

Inicialmente as peças de madeira foram desbastadas com ajuda de uma desgrossadeira, até que chegasse à espessura desejada de 1,8 cm. Este procedimento foi realizado na marcenaria da Universidade de Brasília.

A seguir as peças foram cortadas em dimensões pré-estabelecidas, vide Figura 5, seguindo a metodologia adotada pela empresa Ocaña Artesania (2006),



**Figura 5.** Dimensões cajón.

Para o corte e acabamento foram usadas serra “tico-tico”, furadeiras e tupias da marca Makita.

### 3.4.1 Montagem do instrumento

Após cortar as peças nas medidas desejadas, iniciou-se então o processo de montagem do instrumento. Neste cajón utilizou-se cola da marca Cascorez, para a colagem, apresentando bom rendimento.

Como forma de aumentar a resistência do instrumento, utilizou-se pregos para dar reforço a estrutura. Para o cajón em ipê, ao invés de pregos, utilizou-se parafusos com objetivo de evitar entortamentos.



**Figura 6.** Peça em freijó sendo pregada após colagem.



**Figura 7.** Peça em freijó após montada.

Para fazer o furo na parte anterior do instrumento, utilizou-se de uma furadeira e uma serra do tipo “tico-tico”. O furo possui um diâmetro de 12 cm e deve ser localizada na metade da parte superior traseira. (ver Figura 5).



**Figura 8.** Marcação do furo.



**Figura 9.** Furadeira e serra tico-tico abrindo furo de 12 cm de diâmetro em peças de ipê e freijó respectivamente.

Para o acabamento dos três instrumentos utilizaram-se lixas de grana variada. Quando se inicia com uma lixa na madeira, a próxima lixa deve ter uma

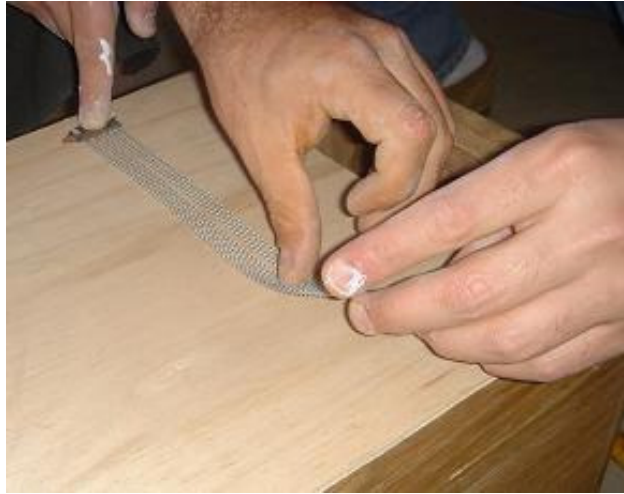
grana no máximo 50% maior que a grana da lixa anterior e o procedimento se repete quantas vezes forem necessárias até atingir o resultado desejado.

No tratamento, preservação e embelezamento da madeira utilizaram-se um tingidor da marca Sayerlack e em seguida a seladora também da mesma marca. Após a aplicação da seladora é necessário lixar novamente, para tirar “as fibras levantadas” que fica na madeira. Para este fim utilizam-se lixas de grana entre 280 e 360.



**Figura 10.** Acabamento com lixa

Após o acabamento inicia-se o processo de fixação das esteiras na tampa do instrumento. As esteiras possuem 12 cordas e são usadas para dar ao cajón um som tipo “caixa de bateria” e foram coladas com silicone secagem a frio.



**Figura 11.** Esteiras sendo fixadas à tampa do cajón.

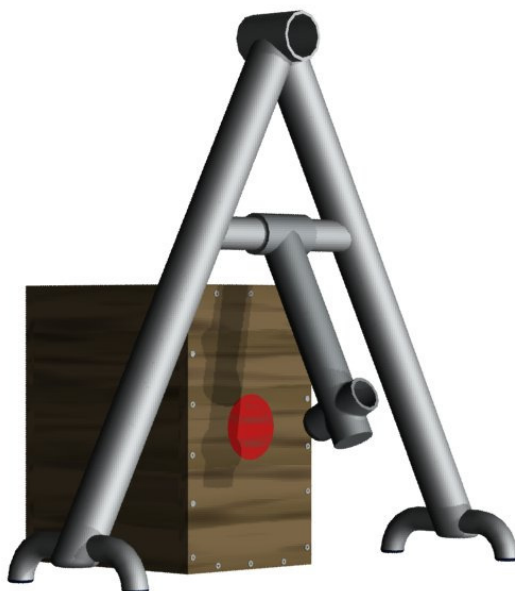
### 3.5 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES ACÚSTICAS

Em instrumentos musicais os testes acústicos em amostras de madeiras não são definitivos para a escolha de uma espécie. Os testes são um indicativo do potencial e das possibilidades dos instrumentos. Somente após a construção do instrumento associado a um teste por um músico poderá dizer em definitivo se uma determinada espécie é apta. Portanto, adotou-se nesse projeto a idéia de construir os instrumentos e testá-los em um estúdio por um músico profissional.

Os testes acústicos em instrumentos acabados são caros, pois requer pessoal e equipamento, como microfone, computadores e programas de análises muito sofisticados.

O teste acústico foi realizado da seguinte maneira: foi desenvolvido um sistema de pêndulo que era levantado e solto à alturas fixas e que batia no centro do instrumento, como mostrado na Figura 12. Para cada um dos instrumentos repetiram-se 20 vezes os procedimentos. Os testes foram gravados em estúdio profissional (estúdio Odisséia) equipado com microfone Behringer B1 (Alemão), um computador AMD Athlon XP 3200+ e uma mesa de som Behringer Eurorack UB1002. O software de gravação foi o Cubase versão 3. Os sons foram gravados em CDROM no formato WAV. O teste de timbre foi procedido através de uma análise chamada "Fast Fourier" (FFT) feita pelo programa Cool Edit Pro . A análise

FFT determina o timbre do instrumento através dos harmônicos. Esta foi gravada graficamente e os resultados comparados para as três espécies.



**Figura 12.** Mecanismo usado nas gravações do cajón.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

### 4.1 ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

As madeiras selecionadas para este trabalho baseiam-se nos estudos já realizados pelo Laboratório de Produtos Florestais (LPF), localizado no IBAMA-DF. As propriedades físicas e mecânicas das madeiras das espécies selecionadas estão presentes na Tabela 2. A Tabela 3 apresenta os dados de trabalhabilidade, tração e resistência ao impacto.

Tabela 2. Propriedades físicas e mecânicas das espécies selecionadas.

Nome comum	Propriedades Físicas					Propriedades Mecânicas			
	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Contração (%)				Flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> )		Dureza janka seca (kgf)	
		RAD	TAN	VO	T/R	MOR	MOE	PAR	TRANS
Freijó-verdadeiro	0,48	4,1	6,6	10,6	1,61	932	104000	608	452
Ipê	0,89	4,7	6,3	10,1	1,34	1726	131000	1480	1406
Marupá	0,38	2,6	5,9	8,8	2,27	664	82000	439	267

MOR - módulo de ruptura; MOE - módulo de elasticidade; PAR – paralela;

TRANS - transversal

Tabela 3 Resultados de tração, resistência ao impacto e trabalhabilidade das espécies selecionadas.

Nome comum			Trabalhabilidade			
	Tração Perpend (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistência ao Impacto (mm)	Testes			
			Aplainamento	Torno	Broca	Serra
Freijó-verdadeiro	31	1264,7	fácil/bom	-	-	fácil
Ipê	39	3430,6	fácil/bom	fácil/ótimo	fácil/ótimo	-
Marupá	28	741,0	fácil/ótimo	ruim	fácil/ótimo	fácil/ótimo

#### 4.2 ANÁLISE DO CORTE DA MADEIRA

Um requisito básico para se determinar se uma espécie de madeira é adequada para um uso determinado, é o conhecimento e a análise de suas propriedades durante a usinagem. Estas características incluem serramento, desengrosso, torneamento, lixamento e furação. Algumas dessas operações podem ser encontradas no processamento primário e outras principalmente no processamento secundário da madeira.

A partir do resultado exposto na Tabela 3 podemos descrever as espécies trabalhadas da seguinte maneira:

- Marupá (*Simarouba amara* AUBL.)  
A madeira é fácil de serrar, aplainar, pregar e aparafusar. Recebe bom acabamento.
- Ipê (*Tabebuia serratifolia* (VANI) NICH)  
A madeira é moderadamente difícil de serrar e de aplainar. Para pregar e aparafusar recomenda-se uma pré-furação, para evitar rachaduras e entortamento de pregos. A madeira recebe bom acabamento.



- Freijó ( *Cordia goeldiana* )

Madeira moderadamente pesada; Madeira fácil de desdobrar, boa de aplainamento e para colagem; fixação de prego um tanto regular.

Os resultados para todas as espécies foram bons, sendo que o ipê, por ser extremamente denso, portanto, duro e pesado, mostrou-se mais resistente ao corte. Esta característica aumenta a energia requerida para processá-lo e acelera o desgaste das ferramentas de corte, das máquinas.



**Figura 13.** cajón em freijó    **Figura 14.** cajón em ipê    **Figura 15.** cajón em marupá

## 4.3 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES ACÚSTICAS

### 4.3.1 Escolha das espécies:

A espécie que apresentou maior potencial para fabricação do cajón foi o freijó. Essa espécie se comportou muito bem durante o processo de usinagem, esteticamente é bem aceitável e possui boa estabilidade.

### 4.3.2 Teste de timbre:

Podemos considerar que o timbre é como a impressão digital sonora de um instrumento. Nos instrumentos musicais, os harmônicos são os responsáveis pelo timbre.

Para efeito de comparação, foi testado um cajón em compensado, comprado no mercado. Os resultados foram bem próximos dos construídos por este projeto.

As Figuras de 16 a 19 mostram gráficos com os harmônicos de cada instrumento na frequência testada. O pico maior é a frequência principal e os demais, os harmônicos.

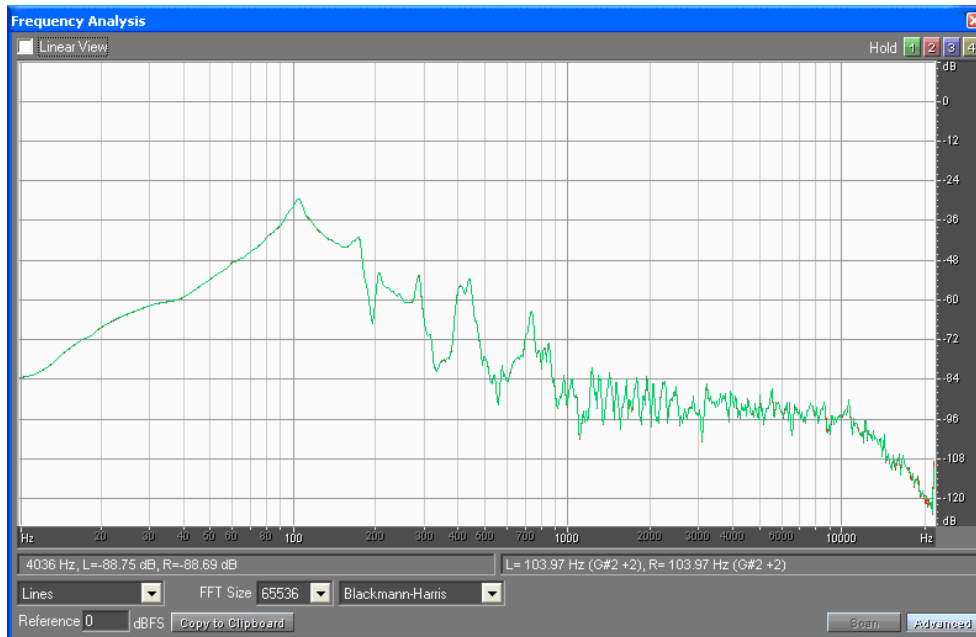
A escala vertical desses gráficos estão em decibéis (db) sem offset (correção) que representa o nível (altura) real de cada harmônico. Faixas muito grandes de razões de valores podem ser expressas em decibel em uma faixa bastante moderada, uma das grandes vantagens desta unidade. O limite inferior do ouvido humano é de aproximadamente 50 db, assim, picos abaixo desse valor devem ser desprezados.

Comparando-se as espécies, pode-se verificar que houve uma pequena diferença de timbre entre elas. Analisando os gráficos é possível perceber um segundo pico para cada instrumento testado. Essas diferenças não inviabilizam os instrumentos, apenas conferem uma característica diferente a cada um deles. Todos foram considerados bons instrumentos.

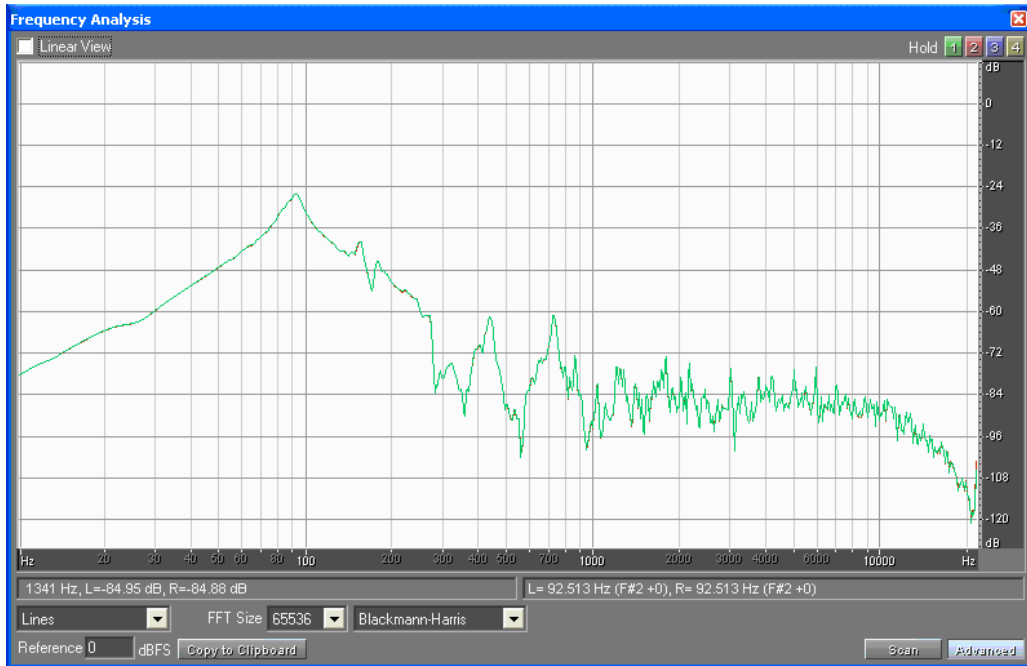
Não é só a forma de onda que define que um som é produzido por determinado instrumento, mas também a forma como o som se inicia se mantém e termina ao longo do tempo. Esta característica é chamada envelope sonoro ou envoltória sonora (WIKIPEDIA, 2006). O envelope é composto basicamente de quatro momentos: Ataque, decaimento, sustentação e Relaxamento.

Nas Figuras 20 a 23 podem-se ver a estrutura de onda para os cajóns. Percebe-se claramente como o som surge quase instaneamente após a batida no instrumento pelas mãos do executante e como cada nota tem uma duração muito curta, esse tipo de onda é característico de instrumentos de percussão.

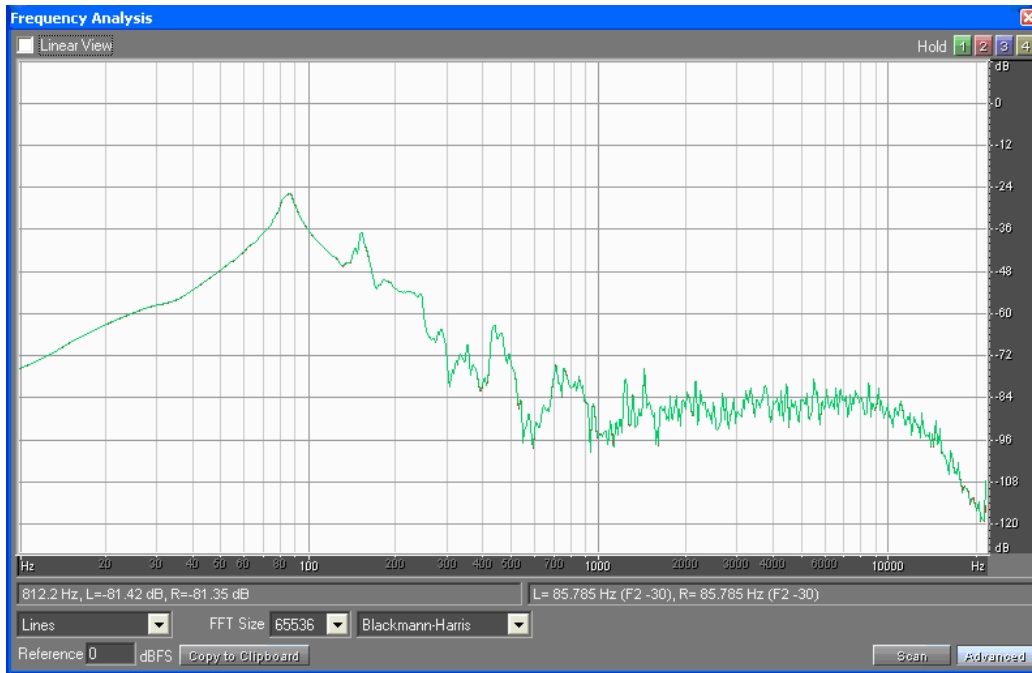
A partir desta onda, pode-se calcular o decaimento de intensidade em cada um dos instrumentos após o ataque produzido pelo músico. Como pode ser visto na Figura 24, o marupá sofreu maior decaimento enquanto que o freijó mostrou-se o melhor dos quatro instrumentos analisados.



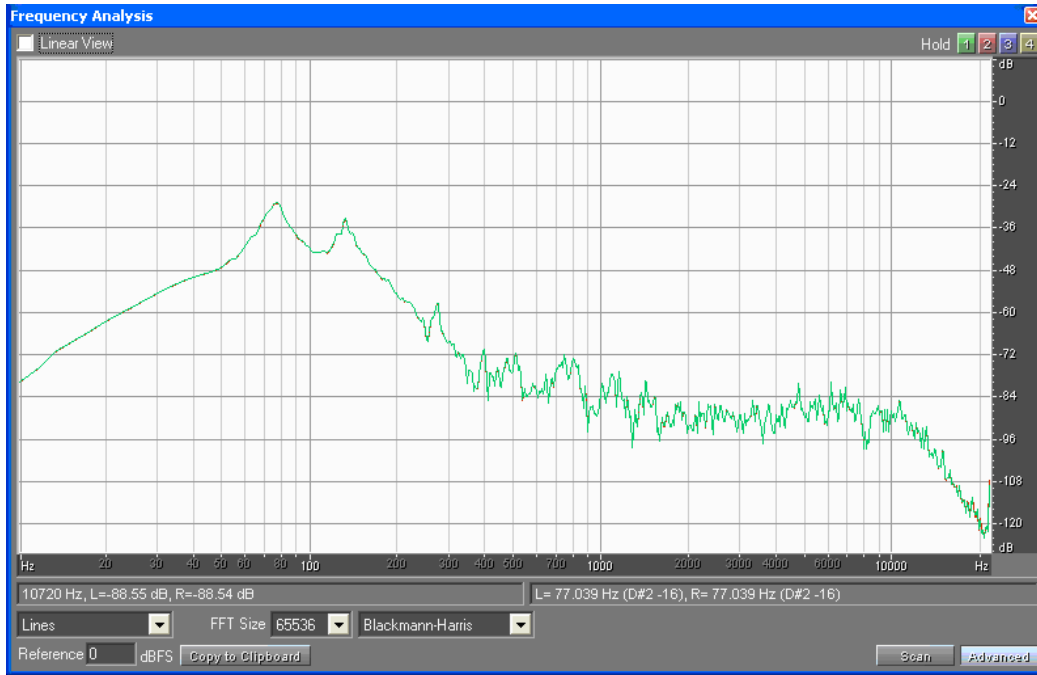
**Figura 16.** Resultado do teste de timbre (harmônicos) para Marupá. Frequência principal em 103 Hz (G#2).



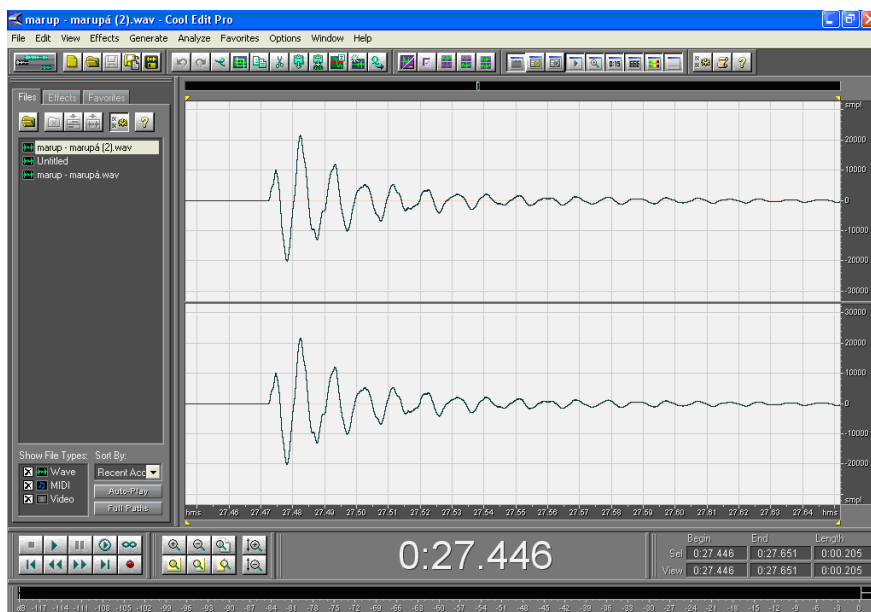
**Figura 17.** Resultado do teste de timbre (harmônicos) para Ipê. Frequência principal em 92,513 Hz (F#2).



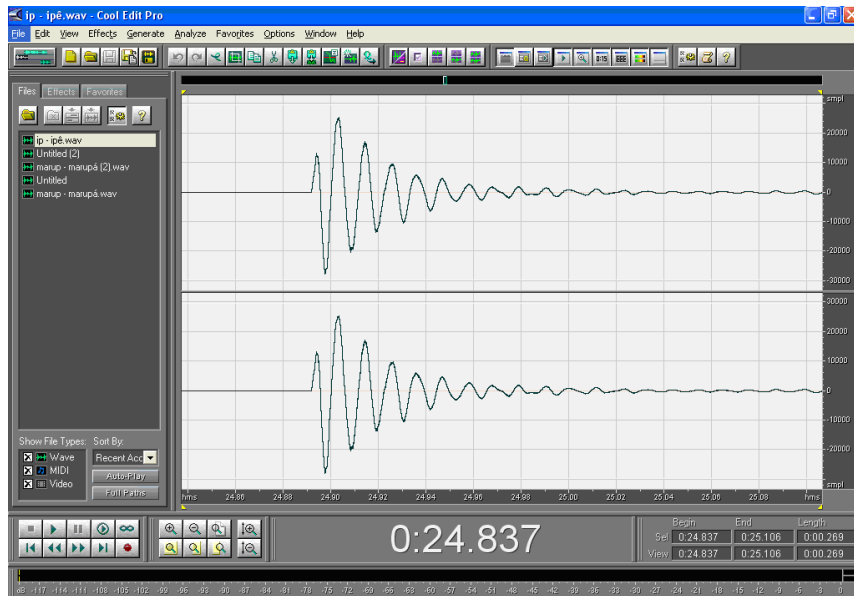
**Figura 18.** Resultado do teste de timbre (harmônicos) para Freijó. Frequência principal em 85,785 Hz (F2).



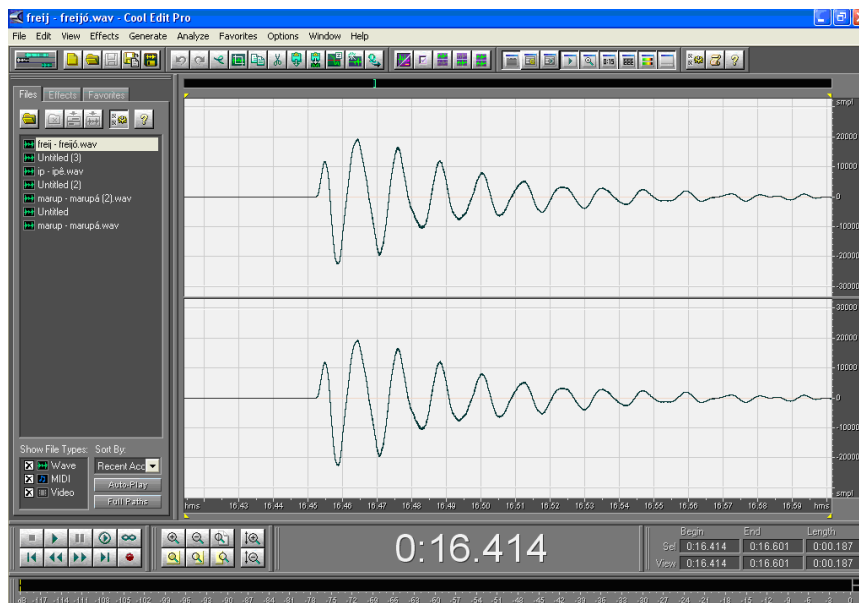
**Figura 19.** Resultado do teste de timbre (harmônicos) para Compensado.  
 Freqüência principal em 77,039 Hz (D#2).



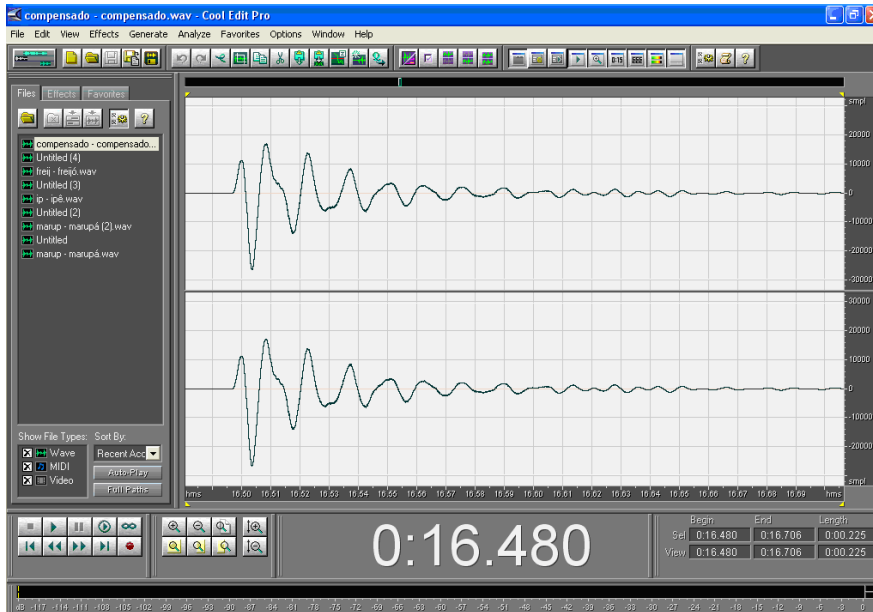
**Figura 20.** Onda produzida pelo cajón em Marupá.



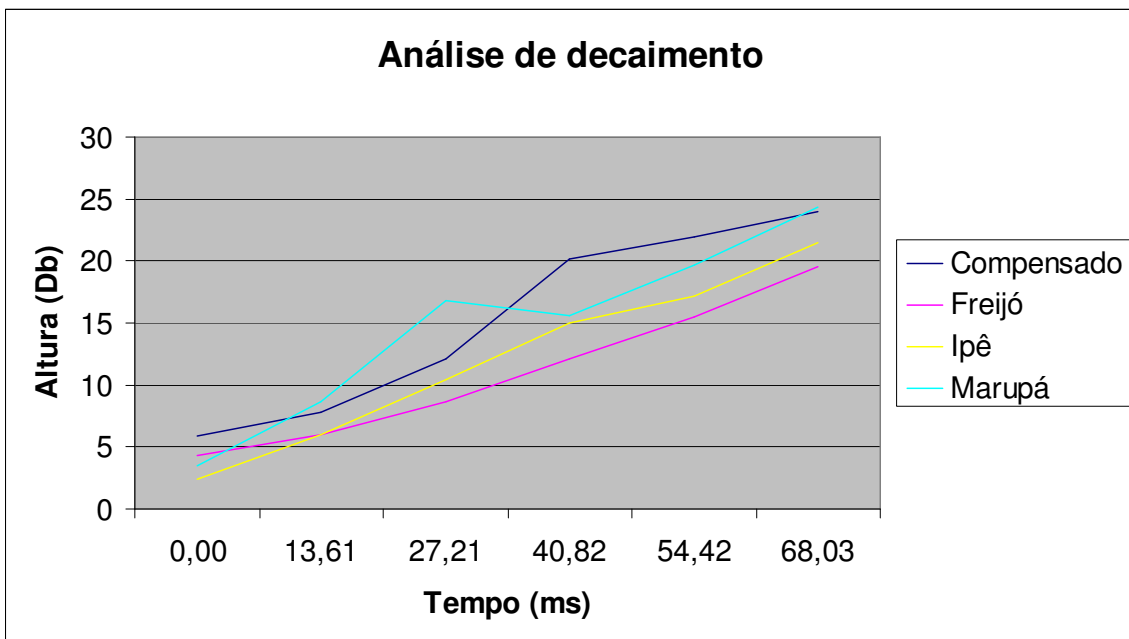
**Figura 21.** Onda produzida pelo cajón em Ipê.



**Figura 22.** Onda produzida pelo cajón em Freijó



**Figura 23.** Onda produzida pelo cajón em Compensado



**Figura 24.** Comparação de decaimento para os 4 cajóns.

## **5 CONCLUSÕES:**

A metodologia utilizada para a escolha das espécies, levando em conta à alta, média e baixa densidade, mostrou-se surpreendente. Para uma variação na densidade da madeira foram observadas variações nos timbres dos instrumentos como mostra as Figuras de 16 a 19. Isso não significa que um instrumento é melhor ou pior, mas mostra as possibilidades de se trabalhar com diversos tipos de espécies madeireiras com diferentes densidades. Todas as espécies selecionadas foram aptas para a fabricação do cajón.

O resultado da usinagem e trabalhabilidade da madeira para fabricação do cajón mostrou-se mais satisfatória nas espécies com menor massa específica. O Ipê se mostrou de difícil trabalhabilidade mas os resultados estéticos surpreendem.

Pelos testes acústicos realizados em estúdio para as três espécies, conclui-se que o freijó apresentou resultados satisfatório, sendo altamente indicada para a fabricação do cajón.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Associação Nacional dos Pequenos e Médios Fabricantes de Instrumentos Musicais – ANAFIM. Projeto do “**Programa Setorial Integrado da Indústria de Instrumentos Musicais do Brasil. Blumenau**”, 2003.

BUCUR, Voichita. **Acoutics of Wood**. CRC Press. 1995. 284p

EL CAJON PERUANO. Disponível em <<http://www.musicaperuana.com/cajon/>> Acesso em 14/03/2006.

FAGUNDES, P. V. **Utilização de espécies madeireiras amazônicas para fabricação em corpo de gaita diatônica**. 2003. 55 f. Trabalho final de curso (Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília.

FAT CONGAS: Disponível em <[http://www.fatcongas.com/Product\\_Review.html](http://www.fatcongas.com/Product_Review.html)>. Acesso em 25/03/2006.

FERNANDEZ, G. de A. **Avaliação de madeiras brasileiras para utilização em guitarras elétricas**. 2004. 41 f. Trabalho final de curso (Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília.

HISTÓRIA DO CAJON. <http://www.cajon.blogger.com.br/HistoriaCajon.jpg> acessada em 15/03/2006.

LEITZ DAS LEITZ LEXIKON. 3. ed. Unterschneidheim, 2001. Não paginado.

MANUFATURA: Disponível em <<http://www.manufatura.art.br/cajon.html>>. Acesso em 15/03/2006.

OCAÑA ARTESANIA: Disponível em <<http://www.ocanartesania.com>>. Acesso em 25/03/2006.

ORIGEM CAJON. Disponível em <<http://www.americanas.com.br/prod/297492/eacom#ficha>>. acesso em 15/03/2006.

PEARSON, F. G. O.; WEBSTER, C. **Timbers used in the musical instrument industry**. U.K: Forest Products Research Laboratory, 1956. 47p.

RCPAL, Disponível em <<http://takillakta.org/rcpal/article/42/el-cajon-es-peruano>>. Acesso em 07/07/06.

SIMPSON, W. T. **Dry kiln operator's manual**. Madison: United States Department of Agriculture/Forest Service/Forest Products Laboratory, 1991. 274 p. il. (USDA. Agriculture Handbook, 188).

SLOOTEN, H. J. van der. ; SOUZA, M. R. **Avaliação das espécies madeireiras da Amazônia selecionadas para a manufatura de instrumentos musicais**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1993.

SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS, J. A. **Madeiras Tropicais Brasileiras**. Brasília: IBAMA/LPF, 1997, 152 p. il. (Publicação bilíngüe: português e inglês).

SOUZA, M. R. **Classificação de madeiras para instrumentos musicais**. Brasília: IBDF/DE/LPF, 1983. 21p. (DE. Série Técnica, 6).

STERNADT, G. H. 2001. **Trabalhabilidade de 108 espécies de madeiras da região amazônica**. 2001. Livro – Laboratório de Produtos Florestais, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2001. 106 p. il.

TECHLINE. **Protecting Wood From Humidity**. Madison: Forest Products Laboratory, 1998.

TELES, R. F. **Avaliação de madeiras amazônicas para utilização em instrumentos musicais**. Madeiras para violões. Relatório de projeto PIBIC, IBAMA/CNPq. Brasília: 2004.

WENGERT , Gene. Rx for Wood Machining Defects. Pesquisa na Internet em 05/07/2006 no endereço Disponível em [http://www.woodweb.com/knowledge\\_base/Rx\\_for\\_Wood\\_Machining\\_Defects.html](http://www.woodweb.com/knowledge_base/Rx_for_Wood_Machining_Defects.html) Acesso em 15/03/2006.

WIKIPEDIA. A Encilopédia livre. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Timbre>>. Acesso em 20/06/2006.