

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE PSICOLOGIA

Bianca de Oliveira Fonseca

**Escolha e transporte de ferramentas para a quebra de cocos por macacos-prego (*Sapajus* sp) em semi-liberdade: manipulação experimental dos custos da distância dos “martelos” às “bigornas” e da eficiência da ferramenta.**

São Paulo

2012

Bianca de Oliveira Fonseca

**Escolha e transporte de ferramentas para a quebra de cocos por macacos-prego (*Sapajus* sp) em semi-liberdade: manipulação experimental dos custos da distância dos “martelos” às “bigornas” e da eficiência da ferramenta.**

*Dissertação apresentada para o Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Psicologia.*

Área de Concentração: Psicologia Experimental  
Orientador: Prof. Dr. Eduardo B. Ottoni

São Paulo

2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação

Biblioteca Dante Moreira Leite

Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Fonseca, Bianca de Oliveira.

Escolha e transporte de ferramentas para a quebra de cocos por macacos-prego (*Sapajus* sp) em semi-liberdade: manipulação experimental dos custos da distância dos “martelos” às “bigornas” e da eficiência da ferramenta / Bianca de Oliveira Fonseca; orientador Eduardo Benedicto Ottoni. -- São Paulo, 2012.

ix+109 f.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Psicologia Experimental) – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

1. Cebus 2. Utilização de ferramentas 3. Cognição 4. Etologia Animal 5. Primatas (não humanos) I. Título.

QL737.P925

**Escolha e transporte de ferramentas para a quebra de cocos por macacos-prego (*Sapajus* sp) em semi-liberdade: manipulação experimental dos custos da distância dos “martelos” às “bigornas” e da eficiência da ferramenta.**

Bianca de Oliveira Fonseca

Banca Examinadora

---

(Nome e Assinatura)

---

(Nome e Assinatura)

---

(Nome e Assinatura)

# Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Eduardo B. Ottoni pela orientação atenciosa e cuidadosa, pela oportunidade concedida para realizar este trabalho que me fez crescer tanto e pela amizade

À Michele Verderane e José Siqueira pelas críticas preciosas recebidas por meio do exame de qualificação

Ao Parque ecológico do Tietê por ter me permitido conduzir a pesquisa, à Liliane por toda a ajuda concedida, aos seguranças e tratadores pela ajuda e conversas tão interessantes sobre os macacos

À Edione por ter me apresentado os macacos-prego do PET

À Francine Aguiar e Mari Winandy pela companhia e discussão sobre a identidade dos macacos

Ao Jardim Botânico por permitir a coleta de cocos

À FAPESP pela concessão da bolsa de mestrado

Aos macacos-prego do PET. Foi maravilhoso passar os dias observando e me divertindo com esses primatas tão interessantes

Aos amigos da pós, Clara, Olívia, Mari Dutra, Mari Nagi, Elisa, Lucas, Zé, Rai e Tiago por toda a ajuda e companheirismo

À Camila pela amizade, pela oportunidade de fazer parte de sua pesquisa e, com isso, aprender os passos básicos e por sempre estar disposta a me ajudar, serei eternamente grata

Às minhas amigas, Thais, Renata, Luciana, Juliana, Cida, Ana Flávia, Angela e Tati que são integrantes cruciais na minha vida

Aos meus pais pelo amor incondicional e por serem meus mentores e orientadores na vida, vocês sempre serão o meu porto seguro

Aos meus irmãos e meu avô, eu amo muito vocês

Ao meu amor Fabrício, pela cumplicidade, apoio e por ter a inacreditável capacidade de me acalmar em qualquer circunstância. Você, com certeza, é inesquecível. Eu te amo.

À Deus, por todo o suporte físico e espiritual

# Sumário

<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>i</b>
<b>Lista de Tabelas</b> .....	<b>iv</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>vi</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1. Uso de ferramentas em primatas não-humanos .....	2
1.2. Os macacos-prego de topete .....	4
1.2.1. Uso de ferramentas por macacos-prego em cativeiro/laboratório .....	5
1.2.2. Uso espontâneo de ferramentas por macacos-prego em semiliberdade .....	9
1.2.3. Uso de ferramentas por macacos-prego selvagens.....	13
1.2.4. Eficiência de pedras para a quebra de frutos encapsulados .....	15
1.2.5. Seleção de pedras para a quebra de frutos encapsulados.....	17
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>21</b>
<b>3. Material e Métodos</b> .....	<b>24</b>
3.1. Local .....	24
3.2. Grupo de Estudo .....	25
3.3. Sítio de Quebra Experimental .....	29
3.4. Procedimento .....	32
<b>4. Resultados</b> .....	<b>37</b>
4.1. Eficiência dos martelos e proficiência dos indivíduos na quebra de frutos encapsulados – Blocos 1 e 2 .....	41
4.2. Eventos de escolha no Bloco 1 - Fornecimento de coco de Jerivá ( <i>Syagrus romanzoffiana</i> ).....	52
4.2.1. Escolha X Distância nos eventos de escolha no Bloco 1 - Fornecimento de coco de Jerivá ( <i>Syagrus romanzoffiana</i> ).....	53

4.3. Eventos de Escolha no Bloco 2 - Fornecimento de coco de Indaiá (Attalea dubia).....	68
4.3.1. Escolha X Distância nos eventos de escolha inicial no Bloco 2 - Fornecimento de coco de Indaiá ( <i>Attalea dubia</i> ) .....	69
4.4. Bloco 1 – Fornecimento de coco de Jerivá ( <i>Syagrus romanzoffiana</i> ) x Bloco 2 – Fornecimento de coco de Indaiá ( <i>Attalea dubia</i> ).....	82
<b>5. Discussão .....</b>	<b>86</b>
5.1. Eficiência dos martelos e Proficiência dos indivíduos na quebra de frutos encapsulados.....	86
5.2. Escolhas de martelos quanto ao peso, custo de transporte e dureza da espécie de coco .....	91
5.2.1. Escolhas por martelos de uma determinada faixa de peso/tamanho utilizados para a quebra de fruto encapsulados .....	91
5.2.2. Pesos médios dos martelos escolhidos quando acrescido o custo de transporte dessa ferramenta.....	96
5.2.3. Escolhas de martelos de determinada faixa de peso quando a quebra está associada a cocos de diferentes tamanhos e graus de dureza .....	97
<b>6. Conclusões Finais.....</b>	<b>97</b>
<b>7. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>102</b>



## Lista de Figuras

- Figura 1 - (A) Cocos de jervá (*Syagrus romanzoffiana*) - A1: Coco maduro e A2: Coco seco; (B) Cocos de Indaiá (*Atallea dubia*) – B1: Coco maduro e B2: Coco seco.....30
- Figura 2 - Diagrama do sítio de quebra experimental no Bloco 1. P1 – Posição 1; P2 – Posição 2; P3 – Posição 3; P4 – Posição 4 e P5 – Posição 5.....31
- Figura 3 - Diagrama do sítio de quebra experimental no Bloco 2. P1 – Posição 1; P2 – Posição 2; P3 – Posição 3; P4 – Posição 4 e P5 – Posição 5.....32
- Figura 4 - Taxa de golpes por cocos quebrados (GCQ) para cada um dos pesos de martelos (g). A linha preta indica a mediana; \* e ° representam *outliers*.....47
- Figura 5 - Taxa de golpes por cocos quebrados (GCQ) para cada um dos pesos de martelos (g) para quebrar cocos de jervá e cocos de indaiá. A linha preta indica a mediana.....48
- Figura 6 - Taxas de golpes por cocos quebrados (GCQ) para machos e fêmeas. A linha preta indica a mediana; \* e ° representam *outliers*.....49
- Figura 7 - Taxa de golpes por cocos quebrados (GCQ) para adultos e juvenis. A linha preta indica a mediana; \* e ° representam *outliers*.....50
- Figura 8 - Taxa de golpes por cocos quebrados (GCQ) para q quebra de coco jervá e indaiá. A linha preta indica a mediana; \* e ° representam *outliers*.....51
- Figura 9 - Freqüência absoluta dos eventos de escolha no Bloco 1. Em azul, machos adultos; em vermelho, fêmeas adultas; em verde, machos juvenis; em laranja, fêmeas juvenis.....53
- Figura 10 - Freqüência absoluta das escolhas por martelos de diferentes pesos (g) para o total da amostra na Condição 0m e freqüência relativas das escolhas por martelos de diferentes pesos (g) realizadas por machos adultos, machos juvenis, fêmeas adultas e fêmeas juvenis na Condição 0m do Bloco 1.....55
- Figura 11 - Freqüência relativa de escolhas pelo peso dos martelos por machos nos eventos de Escolha (EI, EI/QB, EF1 e EF1/QB) a 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 1, os rótulos de coluna referem-se à freqüência absoluta.....57

Figura 12 - Frequência relativa de escolhas pelo peso dos martelos por fêmeas nos eventos de Escolha (EI, EI/QB, EF1 e EF1/QB) a 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 1, os rótulos de coluna referem-se à frequência absoluta.....	57
Figura 13 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo DAV, no Bloco 1.....	59
Figura 14 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo MED, no Bloco 1.....	60
Figura 15 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo SUS, no Bloco 1.....	60
Figura 16 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo VIK, no Bloco 1.....	61
Figura 17 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo ANG, no Bloco 1.....	61
Figura 18 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo VAV, no Bloco 1.....	62
Figura 19 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo JAB, no Bloco 1.....	62
Figura 20 - Peso médio escolhido (g) por adultos e juvenis nas condições de 0 metro, 5 metros e 10 metros, no Bloco 1.....	65
Figura 21 - Frequência absoluta dos eventos de Escolha no Bloco 2. Em azul, machos adultos; em vermelho, fêmeas adultas; em verde, machos juvenis; em laranja, fêmeas juvenis.....	69
Figura 22 - Frequência absoluta das escolhas por martelos de diferentes pesos (g) para o total da amostra na Condição 0m e frequência relativas das escolhas por martelos de diferentes pesos (g) realizadas por machos adultos, machos juvenis, fêmeas adultas e fêmeas juvenis na Condição 0m do Bloco 2.....	71
Figura 23 - Frequência de escolhas pelo peso dos martelos (g) por machos nos eventos de Escolha (EI, EI/QB, EF1 e EF1/QB) a 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 2, os rótulos de coluna referem-se à frequência absoluta.....	72
Figura 24 - Frequência de escolhas pelo peso dos martelos (g) por fêmeas nos eventos de Escolha (EI, EI/QB, EF1 e EF1/QB) a 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 2, os rótulos de coluna referem-se à frequência absoluta.....	73

Figura 25 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo DAV, no Bloco 2.....	74
Figura 26 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo MED, no Bloco 2.....	74
Figura 27 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo FLU, no Bloco 2.....	75
Figura 28 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo VIK, no Bloco 2.....	75
Figura 29 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo ANG, no Bloco 2.....	76
Figura 30 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo VAV, no Bloco 2.....	76
Figura 31 - Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo JAB, no Bloco 2.....	77
Figura 32 - Peso médio escolhido (g) por adultos e juvenis nas Condições de 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 2.....	79
Figura 33 - Peso médio dos martelos escolhidos (g) por adultos nas três Condições de distância (0m, 5m e 10m) para quebrar cocos jerivá e indaiá.....	83
Figura 34 - Peso médio dos martelos escolhidos (g) por juvenis nas três Condições de distância (0m, 5m e 10m) para quebrar cocos jerivá e indaiá.....	84
Figura 35 - Peso médio dos martelos escolhidos (g), na Condição 0m, por juvenis machos e juvenis fêmeas, para quebrar jerivá e indaiá. A linha preta indica a mediana; ° representa <i>outlier</i> .....	86

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Composição do grupo estudado no período de coleta (14/Mai/2009 – 07/Out/2010).....	28
Tabela 2 - Categorias de interação com o sítio, categorias comportamentais e categorias de resultado da quebra.....	35
Tabela 3 - Freqüência, porcentagem e descrição dos eventos do Bloco 1.....	40
Tabela 4 - Freqüência absoluta de eventos de Quebra Proficiente na bigorna e total de cocos quebrados (n) no Bloco 1 – Fornecimento de coco Jerivá. M#1: 300g, M#2: 600g, M#3: 900g, M#4: 1300g, M#5: 1700g.....	43
Tabela 5 - Freqüência absoluta de eventos de Quebra Proficiente na bigorna e total de cocos quebrados (n) no Bloco 2 – Fornecimento de coco Indaiá. M#1: 300g, M#2: 600g, M#3: 900g, M#4: 1300g, M#5: 1700g.....	44
Tabela 6 - Taxa GCQ nos eventos de quebra na bigorna. M#1: 300g, M#2: 600g, M#3: 900g, M#4: 1300g, M#5: 1700g.....	45
Tabela 7 - Significância das variáveis testadas no modelo preditor da taxa GCQ.....	46
Tabela 8 - Participação dos indivíduos em episódios de escolha (EI/QB+EI+EF1/QB+EF1) nas condições de 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 1. F: fêmea; M: macho; A: adulto; J: juvenil.....	54
Tabela 9 - Comparação par a par dos resultados sobre as médias dos pesos dos martelos escolhidos (g) por adultos e juvenis nas três Condições de distâncias (0m, 5m e 10m), no Bloco 1.....	66
Tabela 10 - Participação dos indivíduos em episódios de escolha (EI + EI/QB + EF1 + EF1/QB) nas condições de 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 2. F: fêmea; M: macho; A: adulto; J: juvenil.....	70
Tabela 11 - Comparação par a par dos resultados sobre as médias dos pesos dos martelos escolhidos (g) por adultos e juvenis nas três Condições de distâncias (0m, 5m e 10m), no Bloco 2.....	80

Tabela 12 - Peso médio dos martelos escolhidos (g) por adultos nas três Condições de distância (0m, 5m e 10m) para quebrar cocos jerivá e indaiá.....83

Tabela 13 - Peso médio dos martelos escolhidos (g) por juvenis nas três Condições de distância (0m, 5m e 10m) para quebrar cocos jerivá e indaiá.....85

FONSECA, B. O. **Escolha e transporte de ferramentas para a quebra de cocos por macacos-prego (*Sapajus* sp) em semi-liberdade: manipulação experimental dos custos da distância dos “martelos” às “bigornas” e da eficiência da ferramenta.** 2012. ix+109p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

## Resumo

Experimentos realizados com grupos de macacos-prego (*Sapajus* sp) cativos, semilivres e livres em tarefas de escolha de ferramentas para a quebra de frutos encapsulados parecem indicar que esses primatas possuem a capacidade de distinguir ferramentas funcionais de não-funcionais e que também sejam capazes de escolher, dentre as funcionais, a ferramenta mais eficiente. Neste estudo buscamos examinar estas escolhas num grupo semi-livre de macacos-prego através de experimentos que tiveram como objetivos gerais analisar possíveis preferências por “martelos” de determinados pesos e os efeitos de custos e benefícios associados ao seu transporte e manejo, verificando se essas preferências se modificam em função da distância de transporte até o local de uso (as “bigornas”) ou do grau de dureza dos cocos oferecidos.

Encontramos uma preferência dos juvenis por martelos mais pesados que os escolhidos pelos adultos, o que pode refletir uma compensação daqueles, menores e mais fracos, já que com um martelo mais pesado, menos golpes são necessários para romper o coco. As escolhas individuais parecem

indicar a influência de fatores, como tamanho corporal e experiência na quebra de cocos, na escolha dos martelos em função do peso.

Depois do peso, o custo do transporte da ferramenta até o local de uso parece ter sido a variável de maior importância, dentre as que investigamos, na escolha do peso médio dos “martelos”: quando estes tinham que ser transportados até as “bigornas”, os indivíduos escolheram “martelos” mais leves em comparação com a situação onde os “martelos” eram oferecidos junto às “bigornas”; entretanto esse custo não parece ser levado em conta de forma precisa, uma vez que a distância de transporte (5m x 10m) não afetou as escolhas.

As escolhas por martelos de determinada faixa de peso também não variaram significativamente em função das espécies de cocos oferecidas, jerivá, *Syagrus Romanzoffiana* (menor) e indaiá, *Atallea dubia* (maior).

FONSECA, B. O. **Selection and transport of tools to crack open nuts by semifree-ranging capuchin monkeys (*Sapajus* sp): experimental manipulation of the costs of the distance between "hammers" and "anvils" and efficiency of the tool.** 2012. ix+109p. Master Thesis - Institute of Psychology, University of São Paulo, São Paulo, 2012.

## **Abstract**

Experiments with captive, semi-free and wild tufted capuchin (*Sapajus* sp) groups in tasks involving the selection of tools to crack encapsulated fruit seem to show that these primates can distinguish functional from non-functional tools, and also choose, among functional tools, the most efficient ones. In the present study, we investigate these choices in a semi-free group by means of experiments analyzing the potential preferences for "hammer" stones of a particular weight and the effects of costs and benefits associated with their transport and handling, to verify whether these preferences are modified as a function of the transport distance to their place of utilization (the "anvils") or of the toughness of the available nuts.

We found a preference by juveniles for heavier "hammers" than the ones chosen by adults, which may point to a compensation by the former, since they are smaller and weaker, and heavier "hammers" require less strikes to crack nuts open. Individual choices seem to indicate the influence of factor such as body size and nut cracking experience on "hammer" choice.



Besides weight, the costs of transporting the tools to their utilization sites seem to be the most relevant variable examined affecting the average weight of the chosen “hammers”: when these had to be carried to the “anvils”, the subjects selected lighter “hammers”, as compared to when “hammers” were made available near the “anvils”. The precise transport costs did not seem to be taken into account, though, since the transport distance (5m x 10m) did not affect choices. The choice of “hammers” of a given weight were also not significantly affected by the palm nut species made available, either *Syagrus Romanzoffiana* (smaller), or *Atallea dubia* (bigger).

## 1. Introdução

A definição de uso de ferramentas passou por diversas alterações no intuito de deixá-la menos subjetiva e mais precisa e consistente. (St Amant & Horton, 2008; Bentley-Condit *et al*, 2010, para uma revisão sobre o tema).

A definição de Beck (1980) vem sendo a mais empregada pelos pesquisadores da área de cognição animal nos últimos 25 anos (St Amant & Horton, 2008). Nela, o uso de ferramentas é caracterizado como “*o emprego externo de um objeto do ambiente, não fixado, para alterar de modo mais eficiente a forma, posição ou condição de um outro objeto, outro organismo ou o próprio usuário, quando este segura e carrega a ferramenta durante ou imediatamente antes de usá-la e é responsável pela orientação efetiva e adequada dessa ferramenta*”.

Em uma recente definição dada por St Amant & Horton (2008), o uso de ferramentas é definido como sendo “*o exercício do controle de um objeto externo livremente manipulável (a ferramenta) com o objetivo de (1) alterar as propriedades físicas de um outro objeto, substância, superfície ou meio (o alvo, que pode ser o usuário da ferramenta ou outro organismo), via interação mecânica dinâmica, ou (2) mediar o fluxo de informação entre o usuário da ferramenta e o ambiente ou outro organismo no ambiente*”. Aqui, o objetivo do uso da ferramenta seria não só alterar os aspectos físicos do que os autores chamaram de alvo, mas também mediar o fluxo de informação entre o usuário e o ambiente.

O uso de ferramentas para a quebra de frutos encapsulados, que é o comportamento estudado no presente trabalho, se enquadra nas duas definições citadas acima. Mas como faremos um breve levantamento sobre outros tipos de uso de ferramentas em primatas não-humanos, incluindo alguns comportamentos onde a ferramenta é utilizada para mediar o fluxo de informação entre o usuário da ferramenta e um outro indivíduo, como é o caso exibido por fêmeas de um grupo selvagem de *Sapajus libidinosus* (Parque Nacional Serra da Capivara – Piauí – BR) que arremessam pequenas pedras no macho durante seu período proceptivo como forma de *display* sexual, a definição de St Amant & Horton seria mais adequada.

### **1.1. Uso de ferramentas em primatas não-humanos**

O uso plástico e criativo de objetos por chimpanzés no laboratório já era conhecido há tempo (Köhler, 1927) e revelou muito sobre a capacidade cognitiva individual nesta espécie, mas envolvia situações artificiais e a influência humana direta.

Ao contrário do observado no laboratório, onde, sob condições adequadas, diversas espécies de primatas, incluídos todos os hominóides, podem se utilizar de objetos extra-corporais na solução de problemas - o uso plástico e disseminado de ferramentas na natureza aparentemente se restringia aos chimpanzés (*Pan troglodytes*) e, mais recentemente descoberto, a algumas populações de orangotangos (van Schaik *et al*, 1996).

Chimpanzés em vida livre utilizam uma gama de ferramentas em atividades de forrageamento como pedras e pedaços de tronco para a quebra

de diversos frutos encapsulados (Boesch & Boesch, 1983; Sakura & Matsuzawa, 1991; Inoue-Nakamura & Matsuzawa, 1997), varetas para pescar cupins e formigas (Nishida, 1973) e para a extração de mel (Hicks *et al.*, 2005), folhas dobradas e amassadas como esponja para captar e tomar água (Kitahara-Frisch & Norikoschi, 1982) e almofadas de folhas para sentar em solo úmido (Hirata *et al.*, 1998).

Entre os pongídeos os únicos que utilizam ferramentas para a quebra de frutos encapsulados são os chimpanzés.

Alguns grupos de orangotangos (*Pongo pygmeus*) em vida livre (Sumatra) utilizam varetas para extrair mel e sementes de frutos protegidos por pelos irritantes (van Schaik *et al.*, 2003).

Embora os gorilas (*Gorilla gorilla*) se mostrem manipuladores de objetos bastante proficientes no cativeiro, apenas recentemente foram registrados alguns casos de uso de ferramentas na natureza - neste caso, talvez, o desenvolvimento cognitivo tenha sido em parte sacrificado em favor de um rápido desenvolvimento corporal - na forma de “cajados” como apoio na travessia de cursos d’água (Breuer *et al.*, 2005).

Não há registros, até o momento, de uso de ferramentas em populações selvagens de bonobos (*Pan pansicus*), o que é espantoso, considerando-se o desempenho da espécie em laboratório.

Dentre os primatas do Velho Mundo os *Macaca fascicularis* utilizam, em vida livre, pedras para quebrar conchas de gastrópodes e bivalves (Malaivijitnond *et al.*, 2007).

Como o nosso trabalho foi realizado com um grupo de macacos-prego (*Sapajus sp*), única espécie de primatas do Novo Mundo que utiliza ferramentas em vida livre (Ottoni & Mannu, 2001; Fragaszy *et al.*, 2004; Moura & Lee, 2004; Visalberghi *et al.*, 2007), faremos uma descrição mais detalhada sobre os uso de ferramentas em populações desses primatas.

## **1.2. Os macacos-prego de topete**

A espécie tradicionalmente denominada *Cebus apella* é encontrada do norte da América do Sul até o sul do Brasil, Paraguai e norte da Argentina, vivendo em grupos de 3 a 40 indivíduos (Lynch & Rímoli, 2000), com estrutura multi-macho/multi-fêmea - na proporção de um macho adulto para cada 4 fêmeas adultas (Brown & Colillas, 1983; Freese & Oppenheimer, 1981). O macaco-prego apresenta um tamanho relativo do neocórtex similar aos dos pongídeos (Rilling and Insel, 1999) – e o infante permanece bastante tempo com a mãe e tem uma infância socialmente ativa (Fragaszy, Baer & Adams-Curtis, 1990).

A taxonomia do gênero *Cebus* passou por algumas revisões a partir do ano 2000, sendo que os macacos-prego com topete (pelagem da cabeça), tradicionalmente considerados, todos, como subespécies de *C. apella*, vêm sendo tratadas como espécies distintas: *C. apella* (anteriormente, *C. apella apella*), *C. nigritus*, *C. libidinosus* and *C. xanthosternos*.

Após uma revisão feita por Silva Jr. (2001), os macacos-prego com topete foram enquadrados em um novo gênero, *Sapajus* (anteriormente *Cebus*), e aqueles sem topete continuaram como *Cebus*. Essa separação foi comprovada através de um estudo genético realizado por Alfaro e col. (2011) onde foi mostrado que, através do isolamento geográfico no Mioceno, esses dois gêneros se diversificaram independentemente. Adotaremos, neste trabalho, essa nomenclatura.

### **1.2.1. Uso de ferramentas por macacos-prego em cativeiro/laboratório**

O estudo em cativeiro permite investigar, em condições mais controladas, os mecanismos cognitivos subjacentes e os limites do desempenho dos sujeitos. Estudos experimentais sistemáticos sobre as capacidades manipulatórias de macacos-prego começaram a surgir com os trabalhos de Westergaard, Visalberghi e Fragaszy.

Westergaard & Fragaszy (1987) observaram experimentalmente o uso e/ou modificação de varetas como sondas para a obtenção de melado e esponjas de papel-toalha para beber água, estabelecendo algumas comparações com comportamentos similares em chimpanzés e assinalando a importância do contexto social (caso do filhote com sua mão sobre a da mãe enquanto esta extraía o xarope). Ao contrário do observado em um grupo de macaco de cheiro (*Saimiri*) em uma variação do mesmo experimento, os autores observaram a ocorrência de diferentes formas de manufatura das ferramentas, às vezes executadas a alguma distância e sem contato visual com

o local de utilização (fonte de alimento), além de estratégias de enganação para evitar o “roubo” de uma ferramenta por outros indivíduos.

Em artigos subseqüentes, Westergaard e Suomi enfocaram uma série de comportamentos manipulatórios experimentalmente induzidos. Neles foi constatado o uso seqüencial de pedras e varetas para quebrar nozes e extrair a semente (Westergaard & Suomi, 1993a), resultado que também foi encontrado para chimpanzés em testes análogos, e a modificação e o uso combinado de ferramentas de pedra ou de osso (Westergaard & Suomi, 1994a, 1994b).

Estes autores estudaram ainda a lateralidade na manipulação de ferramentas, encontrando resultados que corroboram a hipótese de que em testes relacionados ao uso de ferramentas os primatas não humanos apresentam uma marcada lateralidade assimétrica no nível individual, uma tendência moderada em usar a mão esquerda no nível populacional e uma tendência crescente com a idade de utilizar a mão direita (Westergaard & Suomi, 1993b, 1994d, 1994e, 1994f).

Esses resultados mostraram não só a extensa capacidade manipulativa e de uso de ferramentas desses primatas como também os autores assinalam algumas implicações destes resultados para o estudo da evolução dos primatas e da hominização, sugerindo que o macaco-prego poderia se constituir em um modelo comparativo bastante útil para a determinação de fatores cognitivos e neurológicos específicos subjacentes ao desenvolvimento

deste complexo padrão manipulatório em primatas (Westergaard & Suomi 1994d).

Além da manipulação de objetos, alguns testes buscando investigar até que ponto esses primatas compreendem a causalidade física desses objetos, ou ferramentas, foram realizados.

Buscando esclarecer essa questão, Visalberghi & Trinca (1989) submeteram seus sujeitos a um experimento envolvendo a extração de amendoins de um tubo horizontal transparente com o uso de hastes, adequadas ou não, mas passíveis de modificação, para empurrá-los. Os macacos-prego eram capazes de modificar as ferramentas, mas apenas diante do insucesso inicial. Embora os erros no desempenho da tarefa diminuíssem com o tempo, não desapareciam por completo - o que, para as autoras, aponta para uma diferença entre o nível do desempenho e o da compreensão do problema: os sujeitos aprenderiam por meio da exploração ativa (tentativa-e-erro), sem uma representação mental do problema.

Obtiveram-se resultados análogos no experimento seguinte (Visalberghi & Limongelli, 1994), em que os sujeitos foram expostos a uma tarefa similar à anterior, mas onde o tubo era dotado de uma “armadilha” - um compartimento rebaixado na região central do tubo onde o amendoim cairia e não poderia mais ser extraído caso a ferramenta (haste para empurrar o amendoim) fosse introduzida pelo lado errado do tubo (o mesmo lado do amendoim em relação à armadilha). Os sujeitos não atingiram um nível de desempenho isento de erros, e na situação subsequente - onde o tubo era girado de maneira que a



armadilha ficasse para cima, tornando-se inoperante, continuavam a empurrar o amendoim muito lentamente quando este passava pela região central do tubo - resultados que parecem corroborar a hipótese das autoras de que faltaria a estes animais a compreensão dos mecanismos de causa-e-efeito envolvidos no problema. Tal compreensão estaria possivelmente restrita aos pongídeos, conforme sugerido por experimentos envolvendo a aplicação dos testes com os tubos a macacos-prego, chimpanzés, bonobos e um orangotango (Visalberghi, Fragaszy & Savage-Rumbaugh, 1995).

Entretanto, reavaliações destes resultados questionaram até certo ponto esta interpretação (Tomasello & Call, 1997), e experimentos recentes parecem indicar que os macacos-prego sejam capazes de alguma compreensão sobre a funcionalidade das ferramentas, distinguindo, com experiência mínima, ferramentas funcionais de não-funcionais (Fujita, Kuroshima & Asai, 2003; Evans & Westergaard, 2004).

Outros experimentos de campo realizados com populações semilivres e selvagens, em testes de escolha e utilização de pedras para a quebra de frutos encapsulados, obtiveram resultados que parecem indicar que esses primatas são não só capazes de escolher as ferramentas funcionais mas também, dentre as ferramentas funcionais, a mais eficiente (ver 2.4).

Apesar da extensa capacidade dos macacos-prego de manipular objetos e utilizar ferramentas demonstrada em laboratório, Anderson (1990) observou o desempenho de macacos-prego numa tarefa de quebra de nozes com pedras, também no laboratório, e supôs que eles não usariam pedras como martelos

na natureza em função do hábito arbóreo. Porém esse hábito estritamente arbóreo, assumido por esse autor para macacos prego, não se mostrou verdadeiro.

### **1.2.2. Uso espontâneo de ferramentas por macacos-prego em semiliberdade**

Anderson (1990) baseou a sua previsão negativa sobre o uso de pedras para a quebra de frutos encapsulados em uma generalização acerca do hábito arbóreo dos macacos do Novo Mundo. Ele observou que quando os indivíduos testados em seu trabalho estavam no solo utilizando pedras para quebrar nozes, frequentemente eram interrompidos por fatores externos, como, por exemplo, um barulho alto. Quando isso acontecia, os sujeitos abandonavam a ferramenta e recorriam a outros métodos, que poderiam ser realizados em um local mais elevado. Essas observações serviram como ponto de argumentação para o autor supor que esse medo ou nervosismo dos macacos quando estão no solo constituem um fator contrário ao estabelecimento do uso regular de ferramentas de pedra em vida livre.

O grau de terrestrialidade, promovido pelo forrageamento no solo, ainda é apontado como um fator chave na emergência do uso de ferramentas de pedra por macacos-prego (Visalberghi et al, 2005), porém assumir que somente esse aspecto seria suficiente para descartar a possibilidade do uso de ferramentas em vida livre, ou assumir que macacos-prego são estritamente arbóreos, parece ser um equívoco.

As descobertas sobre o uso espontâneo de pedras para a quebra de cocos em populações semilivres (Ottoni & Mannu, 2001), e mais tarde em populações selvagens de *Sapajus libidinosus*, onde o uso de ferramentas não se restringe à quebra de cocos mas se constitui em um “*tool-kit*” diversificado (Mannu & Ottoni, 2009; Falótico, 2011) mostraram que em ambientes que propiciam um maior grau de terrestrialidade, como nas regiões de caatinga/cerrado, esses primatas utilizam ferramentas de pedra espontaneamente.

As primeiras observações sistemáticas de uso de ferramentas, mais especificamente a quebra de cocos, por macacos-prego não-cativos foram feitas com dois grupos semilivres: um grupo que vive no Parque Municipal Arthur Thomas (Londrina – PR) (Rocha, Reis & Sekiama, 1998) e um grupo que vive no Parque Ecológico do Tietê - PET (Mannu & Ottoni, 1996), sendo o segundo, o mesmo que participou do presente estudo.

O estudo sobre uso de ferramentas no Parque Ecológico do Tietê - PET se desenvolveu através de quatro etapas. Na Fase I, foi feita uma descrição preliminar do uso de pedras para a quebra de frutos encapsulados, comportamento recém-descoberto, através de observações de "Todas as Ocorrências" (Martin & Bateson, 1993) e de observações indiretas (levantamento e monitoramento dos sítios de quebra de cocos; Mannu & Ottoni, 1996). Na Fase II, as observações diretas foram refinadas através da coleta de dados pelo método do "Animal Focal" (Martin & Bateson, 1993), e daí resultou uma descrição mais elaborada do fenômeno, em seus aspectos morfológicos e demográficos (Mannu & Ottoni, 1998, 1999, 2001). A Fase III

voltou-se para os aspectos ontogenéticos do uso de ferramentas e para as relações entre aprendizagem individual e observacional na difusão deste comportamento (Resende & Ottoni, 2002a; Ottoni, Mannu & Resende, 2002; Ottoni, Resende & Izar, 2005; Resende, Ottoni & Fragaszy, 2008, Coelho, 2009).

Desde então, outros projetos abordaram diferentes aspectos do uso de ferramentas e de questões associadas, como as relações entre brincadeira, exploratória e social, e aprendizagem do uso de ferramentas (Resende & Ottoni, 2002b; Carvalho *et al*, 2002), bipedalismo e uso do solo (Silva *et al*, 2000) e o uso induzido de ferramentas na extração de melado de uma caixa-problema (Aquino & Ottoni, 2001).

Após um estudo detalhado do comportamento na sua forma natural, foram iniciados experimentos de campo (Fase IV) a fim de avaliar aspectos mais finos do comportamento como “escolha” e transporte da ferramenta utilizada para quebrar cocos, doravante chamado de “martelo”, bem como a superfície utilizada como apoio para o coco que será chamada a partir de agora de “bigorna”.

Nessa Fase IV, foram realizados três experimentos, que resultaram na dissertação de mestrado de Tiago Falótico (2006). No experimento I, foram fornecidos frutos encapsulados previamente desconhecidos dos animais (*Attalea dúbia*) para acompanhar a difusão de seu consumo.

No experimento II, cinco martelos de pesos diferentes foram fornecidos a fim de verificar uma possível preferência quanto ao peso destes martelos. Esse

experimento será descrito detalhadamente, bem como seus resultados, mais adiante por constituir um dos pontos que suportam as hipóteses do presente estudo.

Por fim, no experimento III, foi induzido o transporte de martelos até a bigorna, onde foi constatado que quando a ferramenta está afastada (5 metros e 10 metros) do seu local de utilização os indivíduos realizam o transporte desta, resultado que não corrobora aos encontrados em alguns estudos anteriores (Jalles-Filho et al., 2001; Cleveland et al, 2004), onde os macacos-prego não realizavam o transporte do martelo, mas transportavam os cocos até a ferramenta. Foi observado, porém, ainda no experimento III, que os sujeitos iam primeiramente atrás dos cocos (que eram fornecidos em cima da bigorna), transportavam estes até o local dos martelos e depois transportavam concomitantemente cocos e martelo de volta à bigorna; esse comportamento foi apontado como uma possível estratégia para evitar a usurpação do recurso alimentar por coespecíficos.

Levando em consideração a alta capacidade cognitiva supracitada, a alta dependência do forrageamento extrativo, que constituem vantagens adaptativas críticas e a alta tolerância social, especialmente para com o jovem, a emergência do uso de ferramentas em populações selvagem de macacos-prego corrobora com o modelo proposto por van Schaik e col. (1996) onde esses três aspectos são apontados como sendo pré-condições do surgimento do uso de ferramentas em vida livre.

### 1.2.3. Uso de ferramentas por macacos-prego selvagens

Macacos-prego são os únicos, dentre os primatas do Novo Mundo, que utilizam, em determinados ambientes, uma série de ferramentas em vida livre (Ottoni & Mannu, 2001; Fragaszy et al., 2004).

Os primeiros estudos sistemáticos sobre o uso de ferramentas em macacos-prego selvagens foram realizados em duas de regiões de cerrado/caatinga. Na Fazenda Boa Vista, Gilbués - PI, foi relatado o uso de pedras para a quebra de cocos por grupos de *S. libidinosus* (Fragaszy et al, 2004; Visalberghi et al, 2007; Visalberghi et al, 2009b). E no Parque Nacional Serra da Capivara – PI, inicialmente foi relatado em alguns grupos, também de *S. libidinosus*, o uso de pedras para cavar e quebrar frutos encapsulados (Moura & Lee, 2004).

Em um estudo posterior mais aprofundado realizado com o acompanhamento de dois grupos de *S. libidinosus* parcialmente simpátricos também no Parque Nacional Serra da Capivara – PI (mesmos grupos do relato citado acima nesse local) foi encontrado, pela primeira vez, um “*kit de ferramentas*” mais diferenciado com a utilização de pedras para outras finalidades além da quebra de frutos como para afofar a terra para posterior escavação, para cortar partes de plantas, na escavação da terra para desenterrar tubérculos e inspecionar ninhos de insetos, para pulverizar quartzo cujo pó é lambido, cheirado ou esfregado no corpo (a finalidade desse comportamento ainda não é clara), e também o uso de varetas como sondas para explorar fendas nas rochas com ninhos de insetos, para coletar mel e água e para acertar presas ou algum animal ameaçador (Mannu & Ottoni,

2009; Falótico, 2011). Essa diversificação nas ferramentas possibilitou o primeiro registro de uso seqüencial/combinado de ferramentas por macacos-prego selvagens, como o uso de uma pedra para abrir um orifício no solo seguido do uso de uma vareta para obter um alimento (Ottoni & Mannu, 2005; Mannu & Ottoni, 2009).

Recentemente, Falótico (2011) descreveu o uso de pedras de arremesso em *display* sexual: nessa modalidade, fêmeas no período proceptivo arremessam pequenas pedras nos machos que estão seguindo. Esse comportamento só foi observado em um dos grupos estudados (*S. libidinosus*, Parque Nacional Serra da Capivara - PI) e nunca foi relatado em nenhuma outra população selvagem de macacos-prego.

Há também evidências indiretas (sítio de quebra) relatados em área de caatinga e mata atlântica na Bahia para *S. xanthosternos* (Canale et al., 2009), e registros do uso de martelos para quebrar sementes também na área de caatinga por *S. flavius* (Ferreira, et al., 2009).

Em um mapeamento dos trabalhos sobre uso de ferramentas de longa duração realizado por Ottoni & Izar (2008) foi constatado que não há registros desse comportamento em populações selvagens de *S. nigritus* e *S. apella*, embora haja registros sobre manipulações complexas para a obtenção de alimentos de difícil acesso para ambas espécies (Taira et al., 2002; Izawa & Mizuno, 1977; Struhsaker & Leland, 1977).

O uso de pedras para a quebra de frutos encapsulados vem sendo considerado a forma mais complexa de utilização de ferramentas porque

envolve duas relações espaciais, uma entre o coco e a bigorna e outra entre o martelo e o coco (Fragaszy et al., 2004).

#### **1.2.4. Eficiência de pedras para a quebra de frutos encapsulados**

A eficiência das pedras utilizadas para a quebra de frutos encapsulados pode variar de acordo com suas propriedades físicas como peso, que influencia no impacto do golpe, e material, que indica sua resistência ou fragilidade. Em geral, quanto maior o peso do martelo menos golpes são necessários para romper o fruto (Schrauf et al, 2008; Fragaszy et al, 2009) e martelos constituídos de materiais mais resistentes, como por exemplo martelos de quartzo (mais resistentes) comparados com de arenito (menos resistentes), permitem que o martelo resista aos golpes desferidos (Antinucci & Visalberghi, 1986; Visalberghi et al, 2009a).

Fatores intrínsecos como massa corporal e a experiência dos indivíduos na quebra podem influenciar, tanto quanto as propriedades físicas dos martelos, na eficiência dos indivíduos na quebra. Indivíduos maiores, como machos adultos que são mais fortes e deferem golpes com maior impacto e indivíduos mais velhos, que têm mais experiência por terem mais tempo “treinando” a quebra que indivíduos mais jovens, talvez sejam mais eficientes na quebra (Fragaszy et al, 2009; Coelho, 2009).

Para investigar esses pontos, Fragaszy e col. (2009) realizaram um estudo também na Faz. Boa Vista (Gibués – PI), com um grupo de *S. libidinosus*, e buscaram, responder à seguinte previsão: “Indivíduos maiores e



mais pesados seriam mais eficientes que indivíduos menores e mais leves, por causa da força que pode ser aplicada no golpe”. Para isso, foram fornecidos cocos de Piaçava (*Orbignya sp*), que é a espécie de coco mais resistente quebrada por esse grupo nessa área, e um martelo pesando 1,465Kg. Todos os sujeitos tiveram o seu peso mensurado e foi constatado que machos adultos são bem mais pesados que fêmeas e juvenis. A eficiência dos indivíduos na quebra foi medida pela quantidade de cocos quebrados em 100 batidas (golpes). Os autores encontraram que machos adultos, pesando em média nesse grupo 3,5kg ou mais, foram muito mais eficientes que fêmeas e juvenis. A diferença no peso corporal de fêmeas adultas e juvenis é de apenas alguns gramas e para esses dois grupos o peso corporal não foi um preditor forte da eficiência na quebra de cocos.

Em outro estudo realizado no Parque Ecológico do Tietê (PET – São Paulo – SP) (Coelho, 2009) com o mesmo grupo semilivre onde o presente estudo foi realizado, verificou que os adultos não somente eram os mais proficientes na quebra de cocos (*Syagrus romanzoffiana*) como também eram mais produtivos. A proficiência foi definida por um taxa dos episódios onde houve a quebra de pelo menos um coco dividido pelo total de episódios de quebra de cocos realizados e a produtividade foi inferida a partir do número de cocos rompidos dividido pela frequência absoluta de episódios de quebra de cocos realizados.

Outro fator altamente relacionado à eficiência do martelo durante a quebra de cocos é o grau de dureza do fruto a ser quebrado, isso porque cocos

maiores são mais resistentes (Visalberghi et al, 2008) e por isso necessitam de mais golpes para serem rompidos (Fragaszy et al, 2009).

Na mesma área de alguns experimentos de campo citados acima (Faz. Boa Vista, Gibués – PI) verificou-se que para quebrar cocos de Piaçava (*Orbignya sp*) inteiros (mais duros e difíceis de quebrar) os indivíduos precisavam de mais golpes que para quebrar cocos dessa mesma espécie que já haviam sido parcialmente quebrados (mais fáceis de quebrar) (Fragaszy et al, 2009).

### **1.2.5. Seleção de pedras para a quebra de frutos encapsulados**

A escolha ativa realizadas por macacos-prego pelas pedras utilizadas para quebrar cocos quanto as suas características físicas foi investigada em uma série de experimentos tanto com grupos em cativeiro (Antinucci & Visalberghi, 1986; Schrauf et al, 2008) quanto em semiliberdade (Falótico, 2006) e em vida livre (Visalberghi et al, 2009a)

Antinucci e Visalberghi (1986) apresentaram para um grupo de macacos-prego cativos martelos de três materiais: pedra, madeira e plástico, sendo o de pedra o mais eficiente, seguido pelo de madeira e depois o de plástico, que não era eficiente, e verificaram que os indivíduos escolheram significativamente mais o martelo mais eficiente (pedra). Esse resultado corrobora a idéia de que o martelo de pedra foi preferido por causa da sua eficiência mas levanta questões sobre quais características desses objetos determinaram essa escolha.

Em um estudo posterior realizado por Schrauf e col. (2008) averiguou se os indivíduos eram capazes de associar o peso da ferramenta (martelo) com a sua eficiência, sendo que martelos mais pesados eram os mais eficientes, e desenvolver um preferência pelo martelo mais eficiente. Para tanto, foram fornecidos martelos com pesos variando de 150g a 750g e que possuíam as outras características de forma, tamanho, material e cor idênticas. A eficiência de cada ferramenta foi determinada pelo número de golpes e o tempo necessários para quebrar o coco. Os resultados mostraram que os macacos-prego podem desenvolver uma preferência baseada somente no peso da ferramenta, e que essa seletividade aumenta a proficiência dos indivíduos na quebra.

Essa seletividade dos macacos-prego por martelos quanto ao seu peso também foi investigada em uma população semilivre no Parque Ecológico do Tietê (Falótico, 2006). Nesse estudo, foram disponibilizados martelos de cinco pesos diferentes (M#1: 300g, M#2: 600g, M#3: 900, M#4: 1300g e M#5: 1700g) entre duas bigornas, constituídas de pedras hexagonais maiores, a fim de verificar se há padrões individuais ou de classe (sexo/idade) na escolha dos martelos, bem como o grau de variabilidade destas preferências. Cocos de jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) foram fornecidos *ad libitum*.

Os resultados totais mostraram uma preferência por martelos em função do tamanho/peso, sendo o martelo de 1300g, o segundo maior, significativamente mais utilizado. No entanto, quando as faixas etárias foram comparadas, verificou-se que os juvenis exibiram um uso significativamente maior de martelos nas posições mais próximas à bigorna, embora a preferência

pelo martelo #4, de 1300g, tenha se mantido significativa nesta sub-amostra. Já os adultos e subadultos não apresentaram preferência por posição, escolhendo significativamente mais os martelos mais pesados (#4/#5). Os padrões de resposta exibidos pelas diferentes faixas etárias sugeriram uma crescente seletividade na escolha das ferramentas.

Ainda no intuito de investigar a seletividade de macacos-prego por martelos com diferentes características físicas, alguns experimentos foram realizados com um dos grupos selvagem de *S. libidinosus* na Faz. Boa Vista (Gibués – PI) (Visalberghi et al, 2009a). Nestes experimentos, o grupo foi exposto a um série de condições. Condição 1: para testar a seletividade quanto à resistência do martelo foram disponibilizados um martelo natural de arenito (frágil) e um martelo de seixo de quartzo natural (resistente); Condição 2: foram disponibilizados um martelo pequeno e outro grande, ambos de quartzo, sendo que o martelo pequeno era menos eficiente que o maior e mais pesado; Condição 3: foram disponibilizados dois martelos artificiais de mesmo tamanho mas com pesos diferente, sendo o mais pesado considerado mais eficiente; Condição 4: onde dois martelos artificiais foram fornecidos, um leve e grande e o outro pesado e pequeno, sendo o segundo o considerado mais eficiente; e, por fim, a Condição 5: onde foram disponibilizados um martelo leve e grande, outro leve e pequeno e um terceiro pesado e grande, todos artificiais.

Nas duas primeiras condições todos os indivíduos tocaram primeiro, escolheram, transportaram e utilizaram o martelo funcional, ou mais eficiente, acima do esperado pelo acaso. O fato deles terem tocado primeiro o martelo funcional nessas duas condições, onde as pistas visuais eram confiáveis, foi

interpretado pelos autores como um indício de que os indivíduos discriminam o martelo através de pistas visuais, ou seja, eles associam o tamanho ao peso da ferramenta.

Nas Condições 3 e 5, onde o peso não podia ser detectado por pistas visuais (tamanho), nenhum indivíduo tocou primeiro o martelo funcional, porém todos (exceto um na Condição 3) transportaram e utilizaram o martelo funcional mais que o esperado pelo acaso.

Na Condição 4, onde o martelo mais pesado era o menor, metade dos indivíduos tocaram primeiro o martelo funcional (mais pesado). Entretanto, quando o martelo mais leve foi o primeiro a ser tocado, os sujeitos não o transportaram - todos transportaram e usaram o martelo pesado significativamente mais que o esperado pelo acaso.

Em suma, os autores concluíram que os macacos-prego selvagens testados selecionam consistente e imediatamente as ferramentas funcionais, independentemente da complexidade das condições.

Através de observações indiretas em uma região de caatinga no Rio Grande do Norte, foram mapeados sítios de quebra com restos de cocos de três espécies, *Attalea oleifera*, *Syagrus cearensis* e *Manihot dichotoma*. Essas três espécies de cocos variam quanto ao seu tamanho sendo suas medidas 54 cm<sup>3</sup>, 16 cm<sup>3</sup> e 0,24 cm<sup>3</sup>, respectivamente. O peso médio dos martelos encontrados nos sítios de quebra variou de acordo com o tipo de coco encontrados nos mesmos, sendo que quanto maior o coco encontrado maior era o peso médio dos martelos no local (Ferreira *et al*, 2010). Como trata-se de

evidências indiretas, já que não houve a observação direta da quebra em si, os autores levantaram a questão de que talvez algumas pedras encontradas nos locais averiguados tenham sido utilizadas de maneira não eficiente (peso impróprio) e possam ter sido posteriormente descartadas. Por isso, investigações mais refinadas devem ser realizadas associando o peso das pedras utilizadas para quebrar cocos de diferentes graus de dureza.

Os resultados descritos acima são análogos aos encontrados para chimpanzés selvagens (Floresta de Tai) que escolhem martelos de pedra (mais resistentes) para quebrar cocos mais duros (*Panda oleosa*) e martelos de madeira (menos resistentes) para quebrar cocos menores (*Coula edulis*), além disso os martelos utilizados para quebrar o coco mais resistente eram mais pesados que aqueles utilizados para quebrar o coco menos resistente (Boesch & Boesch, 1983).

A partir desses resultados encontrados em cativeiro, semiliberdade e vida livre, podemos levantar algumas hipótese e previsões que constituirão os objetivos do presente estudo.

## **2. Objetivos**

Antes de falarmos sobre uma possível seleção de determinadas faixas de peso dos martelos utilizados na quebra de frutos encapsulados por macacos-prego, devemos verificar se existe diferença na eficiência dessas ferramentas e se existe uma diferença na eficiência dos indivíduos (classes de Sexo/Faixa Etária) quando utilizam essas ferramentas. Para tanto iremos investigar as seguintes hipóteses:

H<sub>1</sub>: Existência de uma diferença na efetividade de martelos com pesos diferentes quando utilizados para a quebra de frutos encapsulados.

Baseado nos resultados encontrados anteriormente (Schrauf *et al.*, 2008) podemos esperar que:

1) Indivíduos utilizando martelos mais pesados necessitarão de menos golpes para romper o fruto.

H<sub>2</sub>: Existência de uma eficiência diferencial na quebra de cocos entre as classes de sexo e faixa etária.

Partindo do pressuposto de que indivíduos maiores, como machos adultos e indivíduos com mais prática, como adultos, sejam mais eficientes na quebra de cocos por serem mais fortes ou mais experientes (Fragaszy *et al.*, 2009; Coelho, 2009), podemos esperar que:

1) Indivíduos maiores, como machos adultos, necessitarão de menos golpes para romper o fruto por serem mais fortes e por isso serem capazes de desferir golpes com maior impacto.

2) Indivíduos com mais prática na quebra de cocos, como adultos, necessitarão de menos golpes para romper o fruto.

Partindo do pressuposto de que cocos maiores são mais resistentes (Visalberghi *et al.*, 2008) e por isso necessitam de mais golpes para serem rompidos (Fragaszy *et al.*, 2009), podemos levantar a seguinte hipótese e previsões:

H<sub>3</sub>: Existência de uma diferença na efetividade de martelos com pesos diferentes para a quebra de frutos com diferentes graus de dureza.

1) Cocos maiores e mais duros precisam de mais golpes para serem

rompidos que cocos menores.

Macacos-prego são capazes de associar o tamanho da pedra utilizada para quebrar cocos ao seu peso e, a partir disso, utilizar pistas visuais para inferir a eficiência dessa ferramenta. Além disso, são capazes de selecioná-las de acordo com o seu peso e eficiência (Falótico, 2006; Visalberghi et al., 2009a). A partir disso, podemos levantar a seguinte hipótese:

H<sub>4</sub>: Existência de uma preferência por martelos de uma determinada faixa de peso/tamanho utilizados para a quebra de fruto encapsulados.

A partir dos resultados encontrados anteriormente sobre essa preferência no mesmo grupo que participou do presente estudo (Falótico, 2006) e nos encontrados em vida livre (Visalberghi et al., 2009a), podemos esperar que:

1) Os indivíduos apresentarão uma preferência por martelos mais pesados, dentre as faixas de peso disponíveis.

Levando em consideração que os macacos-prego transportam pedras, utilizadas para a quebra de frutos encapsulados, que correspondem a até 25-40% da média de peso corporal de machos e fêmeas adultos (Visalberghi et al., 2007) parece seguro afirmar que esse transporte implica em um custo não-desprezível. Portanto, além dessa preferência por martelos de determinada faixa de peso, queremos investigar também:

H<sub>5</sub>: Existência de uma preferência diferencial por martelos de determinada faixa de peso quando acrescido o custo de transporte dessa ferramenta.

Se a Hipótese 5 for confirmada poderemos, então, esperar que:



1) Quando os martelos, de diferentes tamanho/peso, não estiverem disponíveis ao lado do seu local de utilização (bigorna) e por isso tiverem que ser transportados para serem utilizados, os sujeitos irão preferir martelos mais leves.

E, por fim, baseado nos resultados encontrados por Ferreira e col. (2010) onde o peso médio dos martelos encontrados nos sítios de quebra variou de acordo com o tipo de coco, de tamanhos diferentes, encontrados nos mesmos, sendo que quanto maior o coco encontrado maior era o peso médio dos martelos no local, podemos levantar a seguinte hipótese:

H<sub>6</sub>: Existência de uma preferência diferencial por martelos de determinada faixa de peso quando a quebra está associada a cocos de diferentes tamanhos e graus de dureza.

Se a Hipótese 6 for confirmada, poderemos esperar que:

1) Os indivíduos apresentarão uma preferência por martelos mais pesados para quebrar cocos maiores e mais duros que para quebrar cocos menores.

### **3. Material e Métodos**

#### **3.1. Local**

A coleta de dados foi realizada no Parque Ecológico do Tietê (PET) que ocupa uma área de 14 km<sup>2</sup> na Zona Leste do município de São Paulo, SP. A Área de Preservação possui três lagos, algumas pequenas construções e a vegetação é composta por mata de reflorestamento, incluindo vegetação arbustiva, eucaliptos e árvores frutíferas como jaboticabeiras (*Myscivora*

*jaboticaba*), bananeiras (*Musa paradisiaca*), limoeiros (*Citrus limonum*), goiabeiras (*Psidium guayava*) e quatro espécies de palmeiras, incluindo o jerivá (*Syagrus romanzoffiana*). A Área de Preservação abriga diversas outras espécies de mamíferos como bugios (*Alouatta fusca*), capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*), antas (*Tapirus terrestris*), quatis (*Nasua nasua*), cotias (*Dasyprocta agouti*), preguiças (*Bradypus variegatus*) entre outros. Não há predadores naturais de macacos-prego na área.

O parque possui um Centro de Reabilitação de Animais Silvestres (CRAS) que recebe animais provenientes de apreensões realizadas pelo IBAMA, além de viveiros de mudas e animais.

### **3.2. Grupo de Estudo**

O grupo de macacos-prego estudado vive na área de preservação do P.E.T., que ocupa 200.000 m<sup>2</sup> e tem acesso restrito a visitantes. Esse grupo foi introduzido nessa área e a origem dos indivíduos não é bem documentada, sendo a hibridação freqüente. Por isso, ao nos referirmos a esse grupo adotamos a nomenclatura de *Sapajus sp.*

Os sujeitos são diariamente provisionados com frutas e verduras, mas itens vegetais e animais naturalmente disponíveis têm um papel importante em sua dieta (Ferreira *et al*, 2002, Resende *et al*, 2003). Neste ambiente, os macacos utilizam o solo freqüentemente (Silva *et al.*, 2000), partilham alimento (Ferreira *et al*, 2002) e exibem grande tolerância social (Resende & Ottoni, 2002).

O grupo vive ali há quase 20 anos, tendo sido estabelecido por indivíduos que haviam sido apreendidos pelo IBAMA e escaparam das ilhas em que foram soltos para a Área de Preservação.

Durante o período de coleta de dados o grupo chegou a 34 indivíduos: 4 machos adultos, 9 fêmeas adultas, 4 machos juvenis, 7 fêmeas juvenis, 6 infantes e 4 indivíduos que passaram de infante para juvenil durante esse período. A composição do grupo variou em função do nascimento de cinco infantes (quatro que nasceram entre os meses de Novembro e Dezembro de 2009 e um infante que nasceu no final da coleta em Setembro de 2010), sendo que um deles morreu com uma semana de idade. Uma fêmea adulta, um infante e um juvenil desapareceram do grupo entre os meses de Janeiro e Fevereiro de 2010, tendo provavelmente falecido. Um macho adulto proveniente de uma das ilhas do PET, não exibindo o comportamento de uso de ferramentas na quebra de cocos, ingressou no grupo em agosto de 2009. No final do período de coleta de dados o grupo contava com 29 indivíduos.

Foram considerados infantes os indivíduos até um ano e seis meses de idade (18 meses), indivíduos a partir de um ano e meio até seis anos (para machos) e até a idade da primeira concepção (para fêmeas) foram considerados juvenis - e a partir de seis anos, os machos foram considerados adultos, e a partir da data da primeira concepção as fêmeas foram consideradas adultas (Tabela 1).

A data da primeira concepção é calculada diminuindo 155 dias, referentes ao período de gestação de macacos-prego, da data do nascimento

ou do primeiro avistamento do filhote (Fragaszy et al, 2004; Izar et al, 1994 e 2004).

Os indivíduos foram classificados de acordo com a sua permanência por mais tempo na categoria.

Os indivíduos Val e Caju mudaram de faixa etária durante a coleta de dados e por isso aparecem como infantes no Bloco 1 e juvenis no Bloco 2. Eles participaram somente em eventos de “Visita” ao sítio de quebra e manipulação de martelos, por isso, não influenciaram a análise dos dados.

A data da primeira concepção da fêmea Cacá foi 08/04/2010, dois meses após o início da coleta de dados do Bloco 2, e por isso ela foi classificada como juvenil no Bloco 1 e adulta no Bloco 2. Como a comparação entre juvenis do Bloco 1 e adultos da Bloco 2 não foi realizada em nenhuma das análises, o que poderia gerar uma comparação dos dados dessa fêmea como se ela fosse dois sujeitos diferentes, essa mudança de faixa etária não influenciou as análises.

**Tabela 1.** Composição do grupo estudado no período de coleta (14/Mai/2009 – 07/Out/2010)

<b>Nome</b>	<b>Sigla</b>	<b>Gênero</b>	<b>Faixa Etária (Bloco 1)</b>	<b>Faixa Etária (Bloco 2)</b>	<b>Observação</b>
<b>Abelha</b>	ABE	Macho	Adulto	Adulto	Entrou no grupo em Ago/09
<b>Davi</b>	DAV	Macho	Adulto	Adulto	
<b>Medeiros</b>	MED	Macho	Adulto	Adulto	
<b>Suspeito</b>	SUS	Macho	Adulto	Adulto	
<b>Ana</b>	ANA	Fêmea	Adulto	Adulto	
<b>Angélica</b>	ANG	Fêmea	Adulto	Adulto	
<b>Cisca</b>	CIS	Fêmea	Adulto	Adulto	
<b>Cláudia</b>	CLA	Fêmea	Adulto	Adulto	
<b>Filó</b>	FIL	Fêmea	Adulto	Adulto	Desapareceu em Jan/10
<b>Física</b>	FIS	Fêmea	Adulto	Adulto	
<b>Frida</b>	FRD	Fêmea	Adulto	Adulto	
<b>Janete</b>	JAN	Fêmea	Adulto	Adulto	
<b>Vavá</b>	VAV	Fêmea	Adulto	Adulto	
<b>Acácio</b>	ACA	Macho	Juvenil	Juvenil	
<b>Click</b>	CLK	Macho	Juvenil	-	Desapareceu em Fev/10
<b>Flufi</b>	FLU	Macho	Juvenil	Juvenil	
<b>Vicki</b>	VIK	Macho	Juvenil	Juvenil	
<b>Alice</b>	ALI	Fêmea	Juvenil	Juvenil	
<b>Amora</b>	AMO	Fêmea	Juvenil	Juvenil	
<b>Cacá</b>	CAC	Fêmea	Juvenil	Adulto	Data da primeira concepção 08/04/2010
<b>Cuca</b>	CUC	Fêmea	Juvenil	Juvenil	
<b>Fleur</b>	FLE	Fêmea	Juvenil	Juvenil	
<b>Fritz</b>	FRT	Fêmea	Juvenil	Juvenil	
<b>Jabá</b>	JAB	Fêmea	Juvenil	Juvenil	
<b>Caju</b>	CAJ	Macho	Infante	Juvenil	Mudou de classe etária em Abr/10
<b>Cloro</b>	CLO	Macho	Infante	-	Desapareceu em Fev/10
<b>Floyd</b>	FLO	Macho	Infante	Infante	
<b>Frapê</b>	FRA	Macho	Infante	Infante	
<b>Vodka</b>	VOD	Macho	Infante	Infante	Nasceu em Nov/09
<b>Val</b>	VAL	Fêmea	Infante	Juvenil	Mudou de Faixa Etária em Mar/10
<b>Aveia</b>	AVE	Indeterminado	Infante	Infante	Nasceu em Jan/10 e morreu em Ago/10
<b>Didi</b>	DID	Indeterminado	-	Infante	Nasceu em Set/10
<b>Gorila</b>	GOR	Indeterminado	Infante	Infante	Nasceu em Nov/09
<b>Jambo</b>	JAM	Indeterminado	Infante	-	Nasceu e morreu em Dez/09

### 3.3. Sítio de Quebra Experimental

De Janeiro a Abril de 2009, foi realizado um estudo-piloto na Área de Preservação do Parque Ecológico do Tietê (PET) a fim de verificar aspectos da viabilidade e logística do experimento, incluindo a escolha do local onde o experimento seria realizado, em função da atividade diária do grupo de macacos-prego em estudo. Durante esta fase, foi verificada a visitação constante dos indivíduos do grupo ao local onde o “sítio de quebra experimental” foi montado. Essa visitação constante se deu, em boa parte, pelo fato do sítio experimental ser localizado próximo ao local onde o grupo recebe a alimentação provisionada.

Martelos ovalados (seixos de rio) pesando 300g, 600g, 900g, 1300g e 1700g (3 unidades de cada peso) foram disponibilizados perpendicularmente, em relação às bigornas, a 0m, 5m ou 10m de distância de duas bigornas (blocos de concreto hexagonais de 16 cm cada lado e com 9 cm de espessura), para avaliar a influência dos custos associados ao transporte destes, e dos benefícios associados à sua eficiência como ferramentas, na preferência por martelos de determinada faixa de peso.

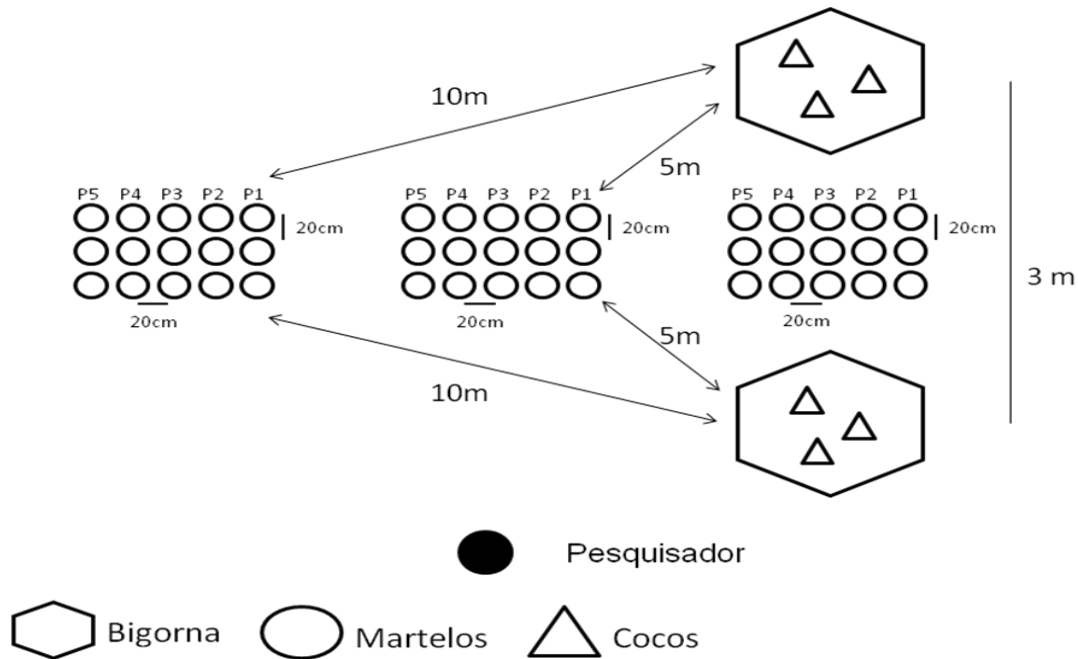
Para manipular aspectos relacionados à eficiência das ferramentas, duas espécies de cocos com diferentes graus de dureza, *Syagrus romanzoffiana* (jervá) e *Attalea dubia* (indaiá) (Figura 1), foram oferecidas em cima das bigornas, visando investigar se a mudança dos cocos menores e menos duros (os de jervá, costumeiramente consumidos pelos macacos do

PET) para cocos maiores e mais resistentes (indaiá) afeta a seleção dos martelos.



**Figura 1.** (A) Cocos de jervá (*Syagrus romanzoffiana*) - A1: Coco maduro e A2: Coco seco; (B) Cocos de Indaiá (*Attalea dubia*) – B1: Coco maduro e B2: Coco seco.

A coleta de dados foi sub-dividida em dois Blocos, correspondentes ao oferecimento de cocos de *Syagrus* (Bloco 1) e de *Attalea* (Bloco 2). Os martelos de seixos de quartzo naturais acima descritos foram disponibilizados a 0m, 5m ou 10 metros de distância das duas bigornas, posicionadas a 3 metros de distância uma da outra. Em cada dia de coleta de dados, três martelos de cada um dos pesos foram disponibilizados a uma das três distâncias (Figura 2).



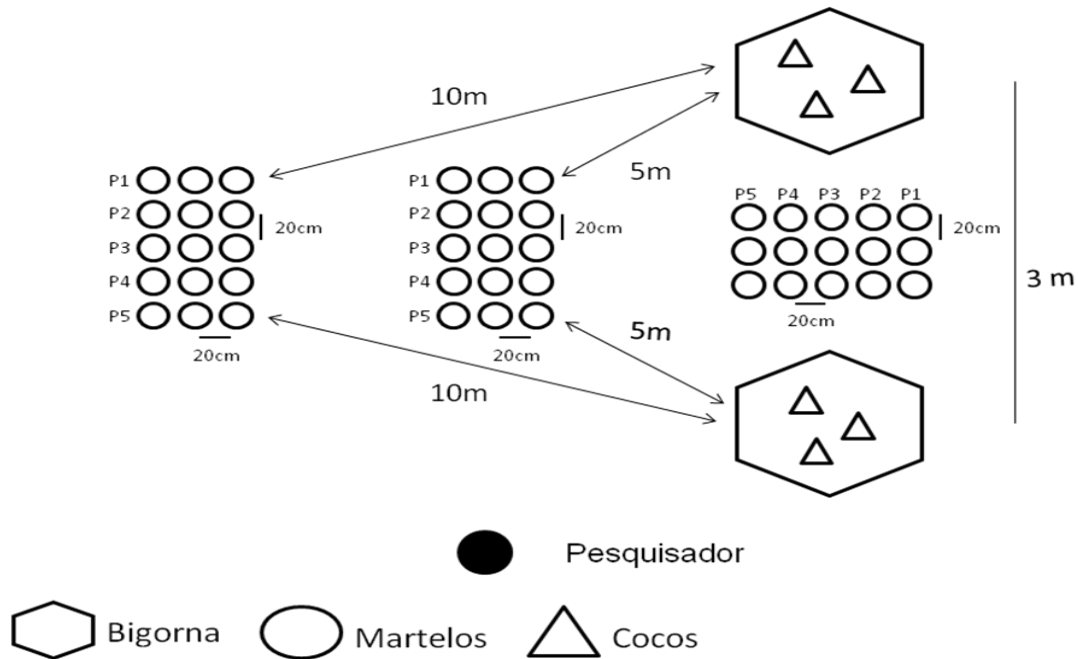
**Figura 2.** Diagrama do sítio de quebra experimental no Bloco 1. P1 – Posição 1; P2 – Posição 2; P3 – Posição 3; P4 – Posição 4 e P5 – Posição 5.

A coleta de dados referente ao Bloco 1 teve início em maio de 2009 e foi concluída em fevereiro de 2010, totalizando nove meses de coleta.

No Bloco 2, o mesmo desenho experimental foi utilizado, porém com o fornecimento de cocos de *Attalea*, maiores e mais resistentes que os de *Syagrus*. A fim de minimizar o efeito que a posição dos martelos em relação às bigornas pode causar gerando uma preferência por martelos mais próximos ao invés da preferência pelo peso, como observado no Bloco 1 (v. adiante), neste Bloco 2 os martelos foram disponibilizados transversalmente, nas distância de 5m e 10m, em relação às bigornas (Figura 3).

A coleta de dados do Bloco 2 teve início em fevereiro de 2010 e foi concluída em outubro de 2010, totalizando oito meses de coleta.





**Figura 3.** Diagrama do sítio de quebra experimental no Bloco 2. P1 – Posição 1; P2 – Posição 2; P3 – Posição 3; P4 – Posição 4 e P5 – Posição 5.

### 3.4. Procedimento

A preparação do sítio de quebra era realizada no início de cada dia de coleta. Os martelos, três exemplares de cada um dos cinco pesos, eram fornecidos em uma sequência aleatorizada, sendo sempre os 3 martelos de mesmo peso em uma das posições sorteadas para aquele dia de coleta, isto é, se a sequência sorteadas para um determinado dia de coleta fosse, por exemplo M300g/M1300g/M600g/M1700g/M900g, então, naquele dia, os três martelos de 300g eram disponibilizados na P#1 (Posição 1), os três de 1300g na P#2, os três de 600g na P#3, os três de 1700g na P#4 e os três de 900g na P#5 (Figuras 2 e 3).

As distâncias nas quais os martelos eram disponibilizados variavam sequencialmente em cada dia de coleta. Por exemplo, no “dia 1” eles eram

fornecidos a 0m (Condição 0m), no “dia 2” a 5m (Condição 5m), no “dia 3” a 10m (Condição 10m) e assim sucessivamente. Cocos de jerivá, no Bloco 1, e de indaiá, no Bloco 2, eram fornecidos *ad libitum* em cima das bigornas.

A coleta de dados ocorreu com uma frequência de no mínimo seis dias por mês, totalizando 730 horas de esforço de campo no período de maio de 2009 a outubro de 2010.

O método de amostragem utilizado nesse estudo é o que chamamos de “evento focal” onde o foco é o evento completo da quebra de coco, incluindo o processo de escolha, transporte e utilização da ferramenta. Os episódios de quebra, que se iniciam com a aproximação (~2m) do indivíduo ao sítio de quebra e são finalizados com o distanciamento deste (~2m), foram filmados (inicialmente em câmera mini-DV e posteriormente em câmera HDD).

Após o início de um episódio, priorizava-se o registro deste até o seu término, mesmo que houvesse atividade de outros indivíduos no monte de martelos quando estes estavam distantes das bigornas.

A cada episódio concluído, os martelos eventualmente deslocados eram repostos na posição inicial. Em situações onde não foi possível rearranjar os martelos por causa da chegada de outro indivíduo ao sítio de quebra, um novo episódio se iniciava, porém não era possível realizar uma escolha na configuração inicial. Os dados referentes a estes episódios foram utilizados nas análises sobre a eficiência da ferramenta.

Episódios em que todos os martelos (três exemplares de cada um dos cinco pesos) estavam disponíveis para escolha foram chamados de “episódios de Escolha Inicial” (EI). Já aqueles onde um ou mais martelos já haviam sido previamente removidos e transportados para a bigorna por outro indivíduo, foram denominados “episódios de Escolha Faltando” (EF).

A atividade de outros animais que visitaram o sitio de quebra experimental e que realizaram quebra de cocos com martelos que já estavam em cima da bigorna, transportados por outros indivíduos, mas que não realizaram a escolha e o transporte do martelo utilizado, foi registrada para utilização em algumas das análises, como na avaliação da eficiência dos diferentes martelos e na proficiência dos indivíduos na quebra de cocos, mas estes “episódios” não foram considerados nas análises do experimento de escolha em si.

Em cada episódio foram registrados o indivíduo, o martelo escolhido, se houve ou não tentativa de quebra do coco e o resultado da quebra, além da sequência das categorias comportamentais (Tabela 2).

O martelo escolhido foi definido como o martelo selecionado e transportado geralmente até a bigorna, seguindo-se quebra ou não. Casos onde o indivíduo começou a transportar um martelo na direção da bigorna porém o largou a até 2 metros desta por ser deslocado por outro indivíduo também foram considerados como “escolha”.

**Tabela 2.** Categorias de interação com o sítio, categorias comportamentais e categorias de resultado da quebra.

<b>Categorias de Interação com o Sítio</b>		
<b>Categorias</b>	<b>Moderadores</b>	<b>Descrição</b>
<b>Chegar</b>	BC	Chegar à bigorna com coco na mão
	BS	Chegar à bigorna sem coco na mão
	MC	Chegar ao monte de martelos com coco na mão
	MS	Chegar ao monte de martelos sem coco na mão
<b>Sair</b>	SM	Distanciar-se do sítio (~2m) carregando martelo
	SC	Distanciar-se do sítio (~2m) carregando coco
	SO	Distanciar-se do sítio (~2m) carregando coco e martelo
	SS	Distanciar-se do sítio (~2m) com as mãos vazias, sem cocos nem martelos
<b>Etograma das Categorias Comportamentais</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	
<b>Pegar coco (PP)</b>	Pegar coco disponibilizado em cima da bigorna	
<b>Pegar restos de coco (PRC)</b>	Pegar restos de cocos já quebrados	
<b>Posicionar coco (PC)</b>	Posicionar coco na bigorna	
<b>Posicionar restos de coco (PR)</b>	Posicionar restos de coco na bigorna	
<b>Bater na bigorna (BB)</b>	Golpear a bigorna com o martelo	
<b>Bater no coco (BCO)</b>	Golpear o coco com o martelo	
<b>Bater em restos de coco (BR)</b>	Golpear restos de coco	
<b>Bater indeterminado (BI)</b>	Quando não foi possível definir se o golpe atingiu a bigorna ou o coco	
<b>Coco na boca (CB)</b>	Levar pedaços do endosperma à boca	
<b>Categorias de resultados da quebra</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	
<b>Coco quebra (CQ)</b>	Quando o coco golpeado é rompido	
<b>Coco não quebra (CN)</b>	Quando o coco é atingido pelo golpe mas não se rompe	
<b>Coco voa (CV)</b>	Quando o coco é atingido pelo golpe mas é projetado para fora da bigorna	

Cada episódio de quebra foi classificado, de acordo com a proficiência do sujeito na quebra, como Quebra Proficiente (QP), Quebra Adequada (QA) ou Quebra Inepta (QI).

A quebra foi considerada “Inepta” quando o animal fez uso do martelo de forma inadequada e desordenada não conseguindo romper o coco que se encontrava sobre a bigorna. Na Quebra Adequada, o indivíduo golpeia o coco, com a ajuda do martelo, de forma adequada e coordenada, porém não ocorre o rompimento do coco. Nesse caso, o coco pode apenas não quebrar e permanecer no local em que o animal o posicionou ou pode ser projetado para fora da bigorna. Já a Quebra Proficiente ocorre quando o animal consegue, depois de posicionar o coco sobre a bigorna e golpeá-lo, realmente rachá-lo e obter o acesso ao endosperma.

O método utilizado nas análises estatísticas foi o GEE (Generalized Estimating Equations), que é uma análise de regressão para dados longitudinais, ou medidas repetidas. Neste teste, as variáveis independentes, e as interações par a par entre elas, são testadas como efectoras da variável dependente (variável resposta).

Nas análises sobre a eficiência dos martelos e dos sujeitos na quebra, a variável resposta foi o número médio de batidas por cocos quebrados (taxa GCQ, ver adiante) e as variáveis efectoras foram Sexo, Faixa Etária, Peso do Martelo, Espécie de Coco e as interações entre estas, par a par.

Nas análises sobre escolha da ferramenta, a variável resposta foi o peso médio dos martelos escolhidos (g) e as variáveis efectoras foram Faixa Etária e distância (Condições 0m, 5m e 10m) e sua interação.

No método utilizado (GEE) o teste de estimativa é realizado através de passos, ou iterações, até que o critério de convergência seja alcançado, ou seja, até que o erro mínimo pré-estabelecido pelo teste seja alcançado. Quando as variáveis Sexo e Espécie de Coco foram inseridas no modelo para testar a escolha da ferramenta, o número máximo de iterações foram realizadas pelo *software* porém não houve a convergência, ou seja, o critério de convergência não foi alcançado, quando isso ocorre os resultados não são confiáveis. Porém, quando essas duas variáveis foram retiradas do modelo o teste alcançou a convergência e os resultados puderam ser, então, utilizados.

Por isso, as variáveis Sexo e Espécie de Coco não puderam ser inseridas no modelo e uma análise descritiva das escolhas realizadas por machos e fêmeas, e também das escolhas realizadas pelos sujeitos para quebrar cocos de jerivá (Bloco 1) e indaiá (Bloco 2) foi realizada.

#### **4. Resultados**

Dentro de um mesmo episódio, o indivíduo pode realizar mais de uma atividade no sítio; por exemplo, pode escolher um martelo, transportá-lo até uma das bigornas e tentar quebrar cocos (EI/QB). Depois disso, esse mesmo indivíduo, sem se afastar do sítio, pode se dirigir ao monte de martelos novamente e escolher outro martelo, que também transporta e utiliza em uma das bigornas (EF/QB). E ainda no mesmo episódio, ele pode ficar mudando de

bigorna e intercalando tentativas de quebra com os dois martelos nas duas bigornas (QB).

Cada uma dessas atividades foi registrada e classificada como um evento. As análises serão realizadas a partir desses eventos e não dos episódios.

Os eventos foram classificados como: (1) escolha e transporte de martelo sem quebra na bigorna (EI ou EF), (2) escolha/transporte e quebra na bigorna (EI/QB ou EF/QB), (3) somente quebra na bigorna, com martelo deixado ali por outro indivíduo (QB), (4) quebra nos martelos, usados como bigornas (QM), (5) somente visita (V) e (6) eventos que foram classificados como Outros.

A descrição desses eventos e a frequência absoluta de ocorrência em cada um dos Blocos estão indicados na Tabela 3.

Os eventos de Escolha Faltando (EF e EF/QB) foram subdivididos em dois grupos, sendo que aqueles onde havia ao menos dois exemplares de cada peso disponíveis no momento da escolha foram classificados como eventos de Escolha Faltando 1 (EF1 e EF1/QB) e aqueles onde havia ao menos um exemplar de cada peso na hora da escolha foram classificados como eventos de Escolha Faltando 2 (EF2 e EF2/QB).

Os eventos descritos a seguir, referentes ao Bloco 1, foram classificados como “Outros” por constituírem variações que não puderam ser inseridas nas

outras categorias. Eles ocorreram em uma baixa frequência e não farão parte das análises.

Em dois eventos, o sujeito realizou quebra na bigorna - porém com um martelo naturalmente disponível (i.e. não oferecido pela experimentadora), trazido por ele ao sítio, e em cinco eventos os sujeitos transportaram o martelo para fora do sítio experimental e realizaram a quebra fora da visão da experimentadora.

Por três vezes os sujeitos utilizaram um martelo como “bigorna” - mas não houve escolha, porque os martelos utilizados já se encontravam ao lado das bigornas “oficiais”, e em seis ocasiões os sujeitos realizaram quebra nos martelos, porém isto não foi filmado por que um episódio, de outro indivíduo, já havia sido iniciado e já estava sendo acompanhado.

Dentro de um episódio um sujeito transportou o martelo para um tronco localizado a mais ou menos 2m do monte de martelos, quando estes estavam a 5m das bigornas, e tentou quebrar cocos ali, e em cinco eventos, os indivíduos transportaram o martelo por mais ou menos 2m - mas não em direção às bigornas (esses últimos eventos ocorreram em um contexto de brincadeira).

No Bloco 1, foram registrados 689 episódios em 95 horas de filmagem que resultaram em 1212 eventos, porém como os “Outros” eventos foram descartados, somente 1190 eventos serão utilizados nas análises. Esses eventos foram realizados por 28 indivíduos, sendo (4 machos adultos, 9 fêmeas adultas, 4 machos juvenis, 7 fêmeas juvenis, 3 infantes machos e uma infante fêmea).



**Tabela 3.** Frequência, porcentagem e descrição dos eventos do Bloco 1.

Eventos	Frequência (N) Bloco 1	Frequência (N) Bloco 2	Descrição
VISITA	235	568	Sujeito entra no “sítio experimental” mas não realiza nenhuma atividade relacionada à quebra
EI	1	2	Escolha/transporte de martelo na situação inicial sem quebra de cocos na bigorna
EI/QB	110	135	Escolha/transporte de martelo na situação inicial seguido de quebra na bigorna
EF1	15	23	Escolha/transporte de martelo, com ao menos dois exemplares de cada peso disponíveis no momento da escolha, sem quebra na bigorna
EF1/QB	112	107	Escolha/transporte de martelo, com ao menos dois exemplares de cada peso disponíveis no momento da escolha, seguido de quebra na bigorna
EF2	5	4	Escolha/transporte de martelo, com ao menos um exemplar de cada peso disponível no momento da escolha, sem quebra na bigorna
EF2/QB	23	17	Escolha/transporte de martelo, com ao menos um exemplar de cada peso disponível no momento da escolha, seguido de quebra na bigorna
QM	110	91	Quebra nos martelos, usados como bigornas
QB	579	574	Quebra na bigorna com martelo deixado ali por outro indivíduo
OUTROS	22	39	Eventos descartados
Total	1212	1560	

No Bloco 2, os 39 eventos que foram classificados como “Outros” são referentes a: (a) 4 eventos onde os indivíduos quebram cocos com martelos naturais, não fornecidos pela experimentadora; (b) 9 eventos onde houve escolha porém o exemplar escolhido foi transportado para fora do sítio; (c) 11 eventos de quebra utilizando os próprios martelos como bigorna, porém que não foram filmados porque um outro episódio, realizado por outro indivíduo, já

havia sido iniciado; (d) 4 eventos onde a tentativa de quebra foi realizada utilizando um tronco localizado próximo ao monte de martelos quando estes estavam na condição de 5m como bigorna e (e) 11 eventos onde os indivíduos quebram, ou tentaram quebrar, jervivá trazidos por eles mesmos ao sítio.

Como os “Outros” eventos também foram descartados no Bloco 2, o total de eventos que farão parte das análises deste Bloco é de 1521 eventos, totalizando 111 horas de filmagem. Eles foram realizados por 29 indivíduos sendo, 4 machos adultos, 9 fêmeas adultas, 4 machos juvenis, 7 fêmeas juvenis, 3 infantes machos e 2 infantes cujo sexo ainda não foi determinado.

#### **4.1. Eficiência dos martelos e proficiência dos indivíduos na quebra de frutos encapsulados – Blocos 1 e 2**

O cálculo da eficiência dos martelos, e da proficiência dos sujeitos com cada um dos martelos foi feito a partir da taxa de golpes por cocos quebrados (GCQ), calculado pela equação:

$$GCQ = \frac{\text{Total de golpes (BB + BCO + BI)}}{\text{Total de cocos quebrados (CQ)}}$$

As descrições das siglas estão presentes na Tabela 2.

Vale ressaltar que a taxa de golpes por cocos quebrados (GCQ) não é uma medida exata do total de batidas para quebrar cada um dos cocos golpeados, mas uma taxa do total de batidas pelo total de cocos quebrados em

cada evento. Isso porque, em cada evento de quebra com martelo de determinado peso, o sujeito pode golpear diversas vezes um coco e este não quebrar e ele desistir, ou o coco pode “voar” e por isso ser perdido ou ser “roubado” por outro sujeito.

Com a finalidade de deixar o resultado mais fiel, as taxas GCQ foram calculadas somente nos eventos de quebra na bigorna (EI/QB, EF1/QB, EF2/QB e QB) onde ao menos um coco foi rompido, ou seja, somente os eventos de Quebra Proficiente. Aqueles eventos onde houve tentativa de quebra de cocos na bigorna mas nenhum coco foi rompido (Quebra Adequada e Quebra Inepta) durante todo o evento não fizeram parte das análises.

As taxas GCQ foram calculadas para cada indivíduo, quebrando com cada um dos cinco pesos de martelos e para cada espécie de coco golpeada.

As frequências dos eventos que fizeram parte dessa análise (Quebra Proficiente) e o total de cocos quebrados com cada um dos cinco pesos de martelos, dentro desses eventos estão presentes nas Tabelas 4 e 5.

**Tabela 4.** Frequência absoluta de eventos de Quebra Proficiente na bigorna e total de cocos quebrados (n) **no Bloco 1** – Fornecimento de coco Jerivá. M#1: 300g, M#2: 600g, M#3: 900g, M#4: 1300g, M#5: 1700g

Sujeito	Frequência de eventos (n)					Total de cocos quebrados (n)				
	M#1	M#2	M#3	M#4	M#5	M#1	M#2	M#3	M#4	M#5
<b>ACA</b>	1	0	0	2	0	1	0	0	4	0
<b>AMO</b>	2	3	13	9	21	2	9	73	26	83
<b>ANA</b>	1	4	1	1	5	4	10	3	2	15
<b>ANG</b>	11	17	16	14	15	32	51	55	78	69
<b>CAC</b>	10	11	3	0		21	17	8	0	
<b>CIS</b>	0	7	9	7	10	0	15	25	26	24
<b>CLA</b>	3	0	1	0	0	4	0	1	0	0
<b>DAV</b>	9	14	15	9	10	62	127	82	58	52
<b>FIL</b>			1	2	2			3	6	4
<b>FLU</b>	5	4	4	1	2	0	12	7	1	2
<b>JAB</b>	6	0	4	7	23	8	0	9	21	71
<b>JAN</b>	4	5	1	2	1	15	14	2	8	8
<b>MED</b>	12	12	5			98	130	17		
<b>SUS</b>	11	6	6	5	3	44	15	46	9	9
<b>VAV</b>	23	11	13	8	5	77	95	70	28	25
<b>VIK</b>	49	34	11	5	10	164	115	19	11	27
<b>TOTAL</b>	147	128	103	72	107	538	610	410	278	383

Obs. Células em branco significam que o sujeito não tentou quebrar coco com o determinado martelo, e células com o algarismo "0" significam que o sujeito tentou quebrar cocos com o determinado martelo porém não realizou nenhum evento de Quebra Proficiente com este.

**Tabela 5.** Frequência absoluta de eventos de Quebra Proficiente na bigorna e total de cocos quebrados (n) **no Bloco 2** – Fornecimento de coco Indaiá. M#1: 300g, M#2: 600g, M#3: 900g, M#4: 1300g, M#5: 1700g

Sujeito	Frequência de eventos (n)					Total de cocos quebrados (n)				
	M#1	M#2	M#3	M#4	M#5	M#1	M#2	M#3	M#4	M#5
ACA	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
AMO				2					4	
ANA	1	3	5	2	6	1	3	7	3	14
ANG	3	6	7	11	13	4	15	27	29	41
CAC	1	8	5	1	1	1	12	7	1	3
CIS	0	4	3	2	6	0	5	5	2	12
CLA	0	0	4	0	1	0	0	5	0	4
DAV	6	18	17	7	10	10	39	32	22	25
FLU	4	19	15	6	7	4	39	25	12	19
FRT	0	1	0	1	1	0	2	0	1	2
JAB	1	8	3	2	2	1	8	5	4	2
JAN	0	3	3	1		0	4	11	3	
MED	8	19	8	2	7	15	37	26	6	10
SUS	0	2	3	4		0	3	11	7	
VAV	6	7	9	7	7	7	14	20	15	20
VIK	7	12	5		1	14	22	12		1
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>111</b>	<b>88</b>	<b>48</b>	<b>62</b>	<b>57</b>	<b>204</b>	<b>194</b>	<b>109</b>	<b>153</b>

Obs. Células em branco significam que o sujeito não tentou quebrar coco com o determinado martelo, e células com o algarismo "0" significam que o sujeito tentou quebrar cocos com o determinado martelo porém não realizou nenhum evento de Quebra Proficiente com este.

As taxas GCQ de cada sujeito com cada um dos cinco pesos de martelos, em cada Bloco, estão presentes na Tabela 6.

**Tabela 6.** Taxa GCQ nos eventos de quebra na bigorna. M#1: 300g, M#2: 600g, M#3: 900g, M#4: 1300g, M#5: 1700g

Sujeito	Bloco 1 (Coco Jerivá)					Bloco 2 (Coco Indaiá)				
	M#1	M#2	M#3	M#4	M#5	M#1	M#2	M#3	M#4	M#5
ACA	15,00			25,75			74,00	29,00		
AMO	3,50	5,22	3,48	4,38	2,53				4,75	
ANA	6,75	1,80	2,33	4,00	2,13	9,00	9,33	3,14	5,33	3,93
ANG	2,28	2,12	1,94	1,45	1,64	4,50	3,40	2,52	1,52	1,73
CAC	7,57	10,78	6,00			6,00	23,08	13,43	8,00	5,00
CIS		3,33	3,16	2,19	3,08		10,80	8,60	1,50	6,50
CLA	23,00		9,00					7,20		4,00
DAV	2,18	1,85	1,62	1,34	1,29	10,70	5,36	3,16	2,54	1,88
FIL			1,67	1,33	2,75					
FLU	0,83	4,33	4,43	3,00	2,50	21,25	10,97	6,44	2,83	2,10
FRT							17,00		10,00	16,50
JAB	13,87		4,33	2,00	1,98	113,00	19,00	4,60	2,50	1,00
JAN	2,93	2,50	2,00	1,50	1,75		4,75	5,36	2,00	
MED	2,61	2,35	1,88			13,60	7,86	5,19	3,67	2,20
SUS	4,93	3,47	1,80	1,89	1,00		17,00	7,64	6,43	
VAV	1,97	2,44	1,63	1,68	1,64	2,71	3,78	2,15	1,80	2,00
VIK	3,37	2,70	1,79	1,36	1,89	9,36	6,73	3,33		1,00

Obs. A taxa GCQ não foi calculada para indivíduos que não realizaram eventos de Quebra Proficiente com algum dos martelos e por isso ficaram com as respectivas células em branco.

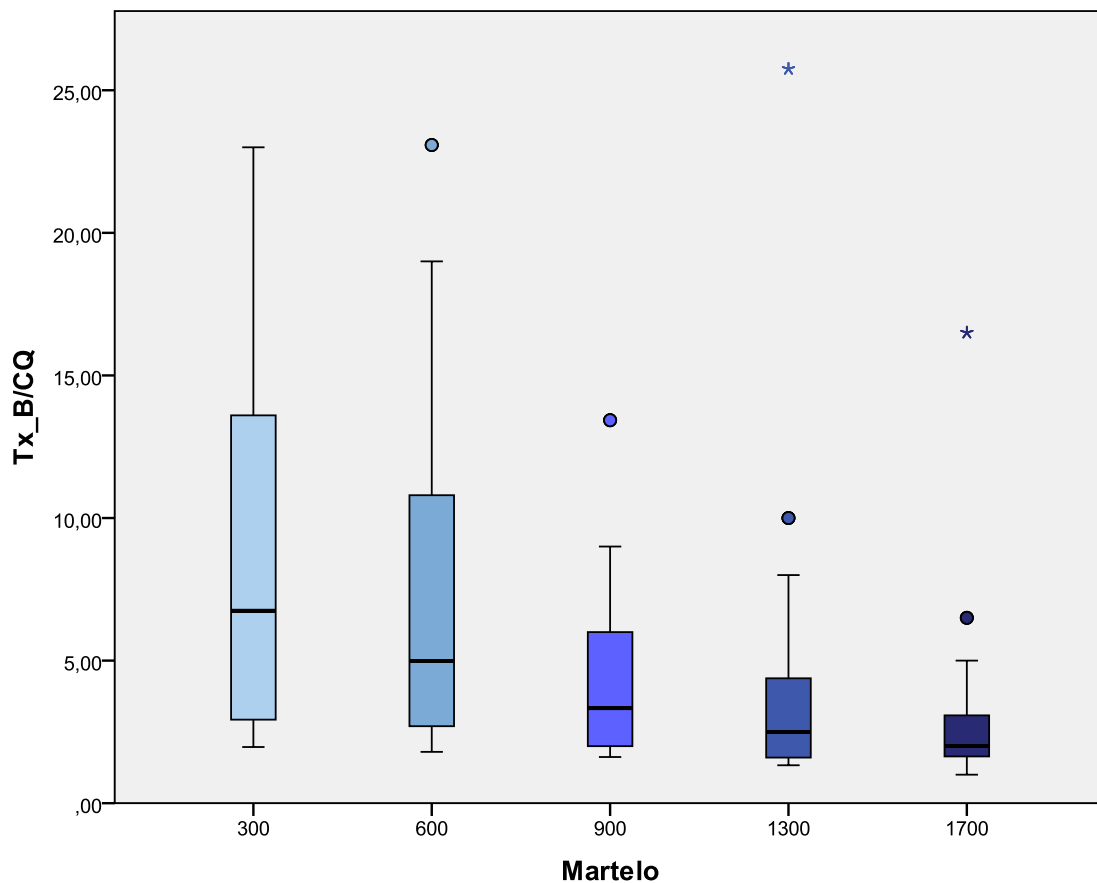
Comparamos a média de batidas por cocos quebrados (GCQ) para os grupos de Sexo, Faixa Etária, Pesos dos Martelos e Espécie de Coco quebrado.

Houve efeitos isolados (analisados a seguir) das variáveis Peso do Martelo, Faixa Etária, e Espécie de Coco na taxa de batidas por cocos quebrados. A variável Sexo e as interações entre todas as variáveis não foram preditoras da taxa GCQ (Tabela 7).

**Tabela 7.** Significância das variáveis testadas no modelo preditor da taxa GCQ.

Variáveis Predictoras	Wald Chi-Square	df	Sig.
Sexo	,019	1	,890
Faixa Etária	4,993	1	,025 <sup>a</sup>
Espécie de coco	8,701	1	,003 <sup>a</sup>
Peso do martelo	26,579	1	,000 <sup>a</sup>
Sexo * Faixa etária	,130	1	,719
Sexo * Espécie de coco	,037	1	,848
Sexo * Peso do martelo	,000	1	,995
Faixa Etária * Espécie de coco	,336	1	,562
Faixa Etária * Peso do martelo	,375	1	,540
Espécie de coco * Peso do martelo	1,200	1	,273

No efeito isolado do Peso do Martelo, a média esperada de golpes por cocos quebrados diminui conforme aumenta o peso do martelo ( $\chi^2$ : 26,579; gl:1;  $p= 0,000$ ), sendo que quanto mais pesado o martelo menos golpes foram necessários para romper os cocos, independentemente do sexo/faixa etária, do quebrador e da espécie do coco golpeado (Figura 4).

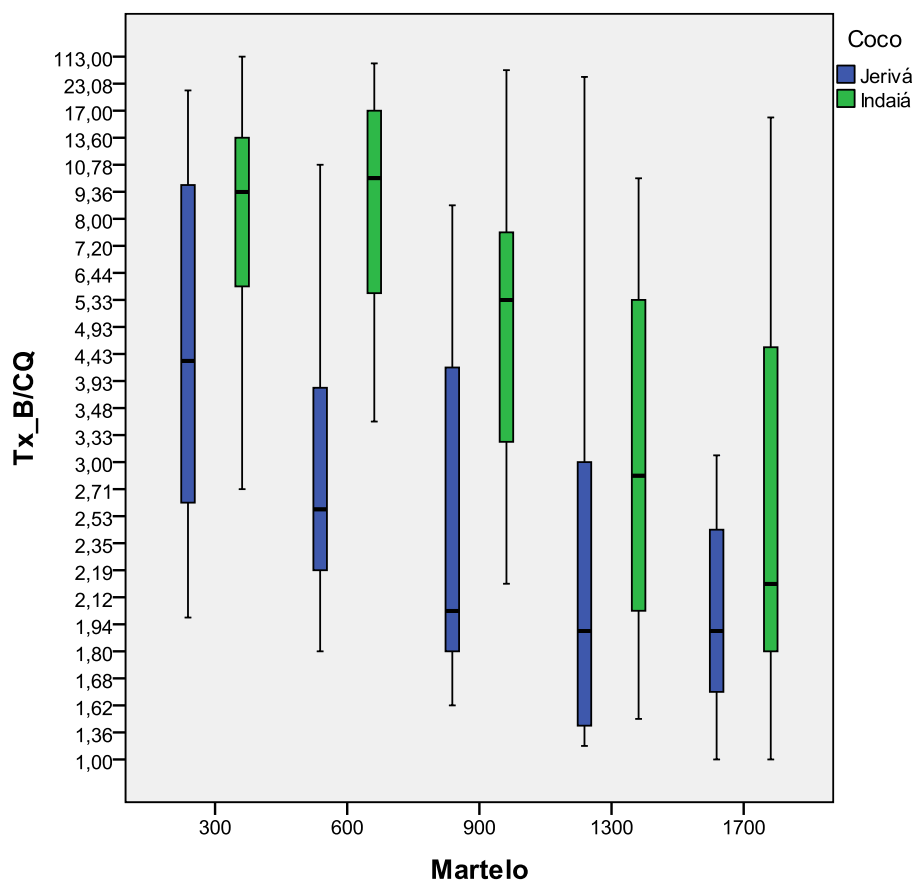


**Figura 4.** Taxa de golpes por cocos quebrados (GCQ) para cada um dos pesos de martelos (g). A linha preta indica a mediana; \* e ° representam *outliers*.

Quando comparamos as taxas GCQ apresentadas pelos indivíduos para quebrar cocos de jervá e cocos de indaiá com os diferentes pesos dos martelos disponibilizados verificamos que quanto mais pesado o martelo utilizado, mais a média de batidas para romper ambos coco ficava mais próxima (Figura 5). Para quebrar cocos de jervá os dois martelos mais leves parecem não ser tão eficientes quanto os três mais pesados e para quebrar cocos de indaiá os dois martelos mais leves parecem ter a mesma eficiência e dentre os três martelos mais pesados quanto maior o peso do martelo mais eficiente ele é para quebrar este coco.

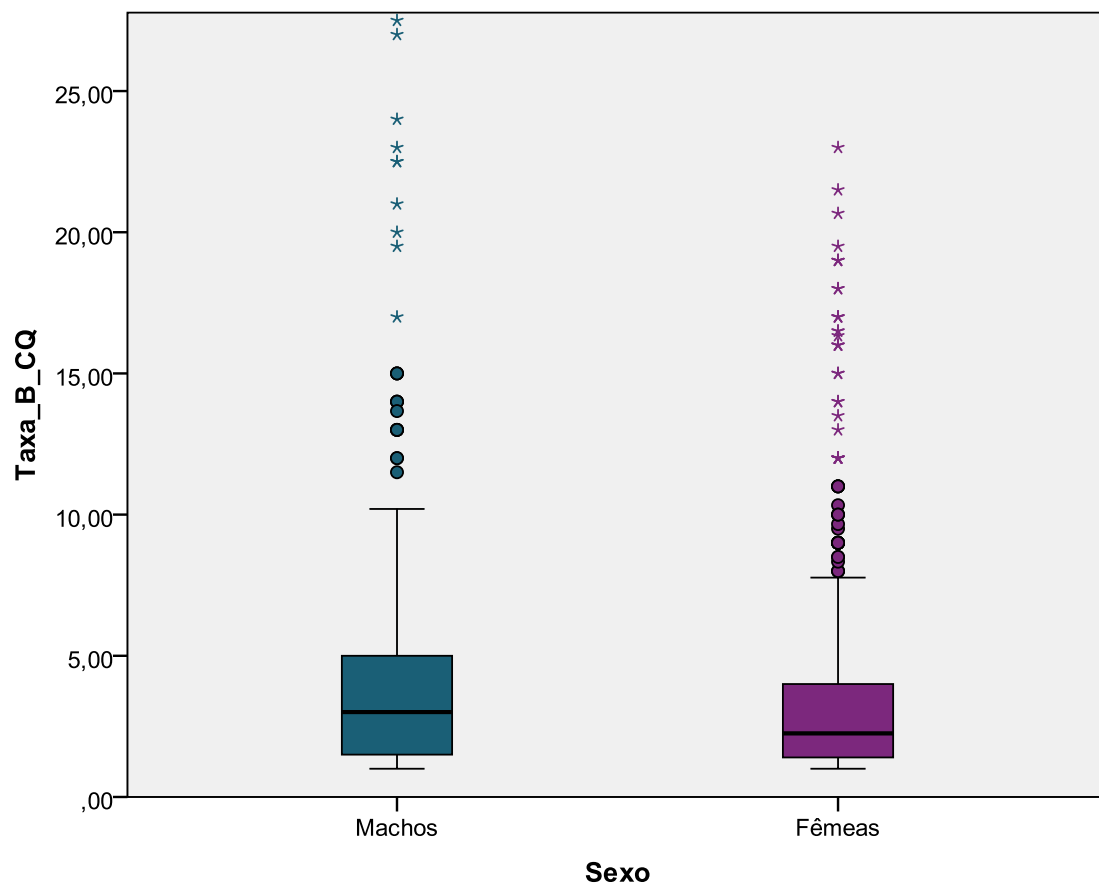


Esses resultados talvez indiquem que o peso do martelo possa ter maior influência na eficiência dessa ferramenta quando utilizada para quebrar o coco de indaiá que quando utilizada para quebrar cocos de jerivá.



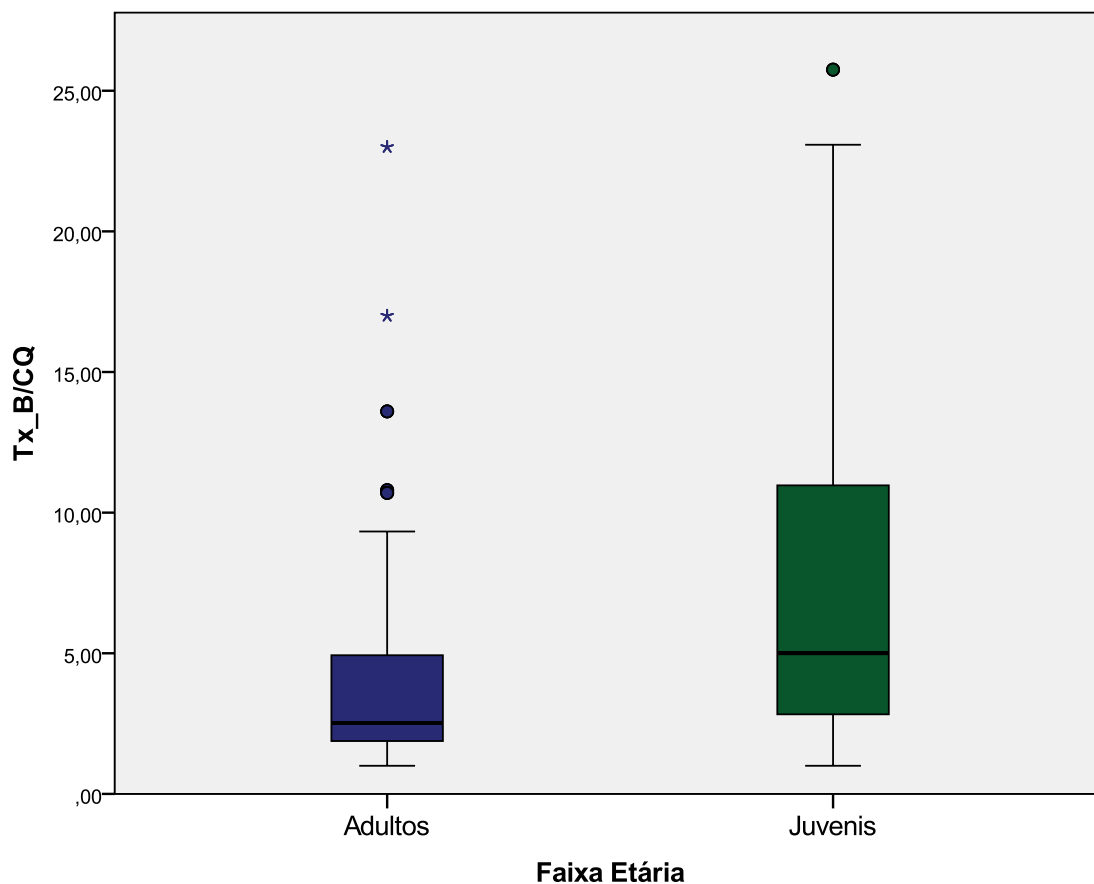
**Figura 5.** Taxa de golpes por cocos quebrados (GCQ) para cada um dos pesos de martelos (g) para quebrar cocos de jerivá e cocos de indaiá. A linha preta indica a mediana.

Não houve diferença nas taxas GCQ entre machos e fêmeas ( $\chi^2$ : 0,019; gl; 1;  $p$ = 0,890), a média de golpes por cocos quebrados desferidos por machos foi de 4,95 e pelas fêmeas foi de 4,54 (Figura 6).



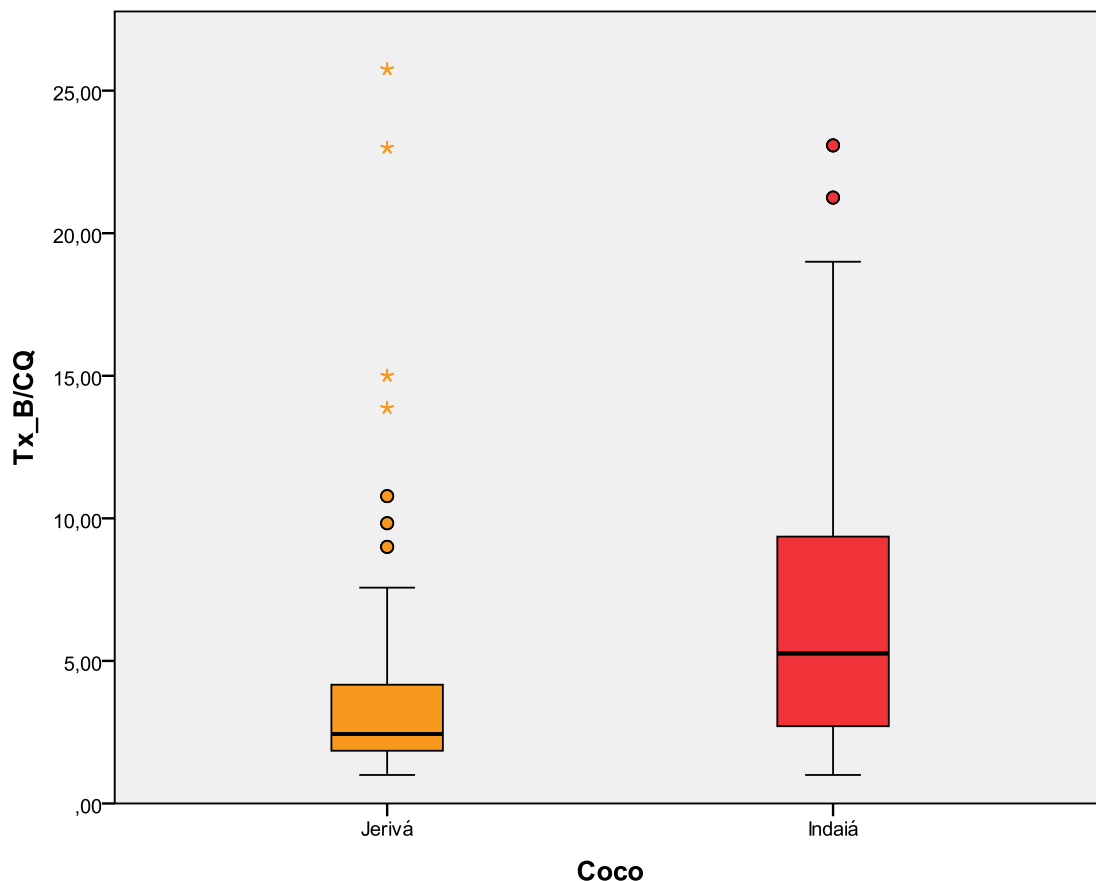
**Figura 6.** Taxas de golpes por cocos quebrados (GCQ) para machos e fêmeas. A linha preta indica a mediana; \* e ° representam *outliers*.

No efeito principal da faixa etária, os juvenis apresentam um número esperado de golpes por cocos quebrados maior que os adultos, sendo 8,58 a média de golpes por cocos quebrados para juvenis e 3,76 para adultos ( $\chi^2$ : 4,993; gl: 1;  $p= 0,025$ ) (Figura 7). Como esse efeito é isolado, por não haver diferença significativa nas interações, esse resultado independe do sexo, peso do martelo e espécie de coco golpeado, isto é, juvenis de ambos os sexos precisam de mais batidas que os adultos para romper os cocos independente do martelo que estiverem usando ou da espécie de coco a ser quebrada.



**Figura 7.** Taxa de golpes por cocos quebrados (GCQ) para adultos e juvenis. A linha preta indica a mediana; \* e ° representam *outliers*.

Os indivíduos apresentaram um número de golpes por cocos quebrados menor para quebrar o coco menor, jervá, ( $Tx\_GCQ = 3,99$ ) que para quebrar o coco maior, indaiá, ( $Tx\_GCQ = 8,09$ ) ( $\chi^2: 8,701$ ; gl: 1;  $p= 0,003$ ), também independente do peso do martelo, sexo e faixa etária (Figura 8).



**Figura 8.** Taxa de golpes por cocos quebrados (GCQ) para q quebra de coco jerivá e indaiá. A linha preta indica a mediana; \* e ° representam *outliers*

Podemos, então, concluir a partir dos resultados descritos acima que os martelos mais eficientes, dentre os disponíveis, são os mais pesados e que indivíduos com mais experiência e maiores, como adultos, são mais eficientes na quebra, independente do peso dos martelos utilizados.

Como os indivíduos precisaram de menos golpes para quebrar os cocos de jerivá que para quebrar os cocos de indaiá, que são maiores, podemos também concluir que de fato o coco de jerivá é mais fácil de ser rompido que o coco de indaiá, mesmo que uma medida do seu grau de dureza não tenha sido realizada.

## **4.2. Eventos de escolha no Bloco 1 - Fornecimento de coco de Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*)**

A análise deste subconjunto dos resultados terá como base os eventos de Escolha Inicial seguidos de quebra na bigorna (EI/QB), eventos onde os indivíduos escolheram um martelo na situação de Escolha Inicial, porém durante o transporte da ferramenta foram deslocados por outro indivíduo e por isso a quebra nas bigorna não foi realizada (EI), mais os eventos de Escolha Faltando 1 seguidos de quebra na bigorna (EF1/QB) e eventos de Escolha Faltando 1 sem quebra na bigorna (EF1).

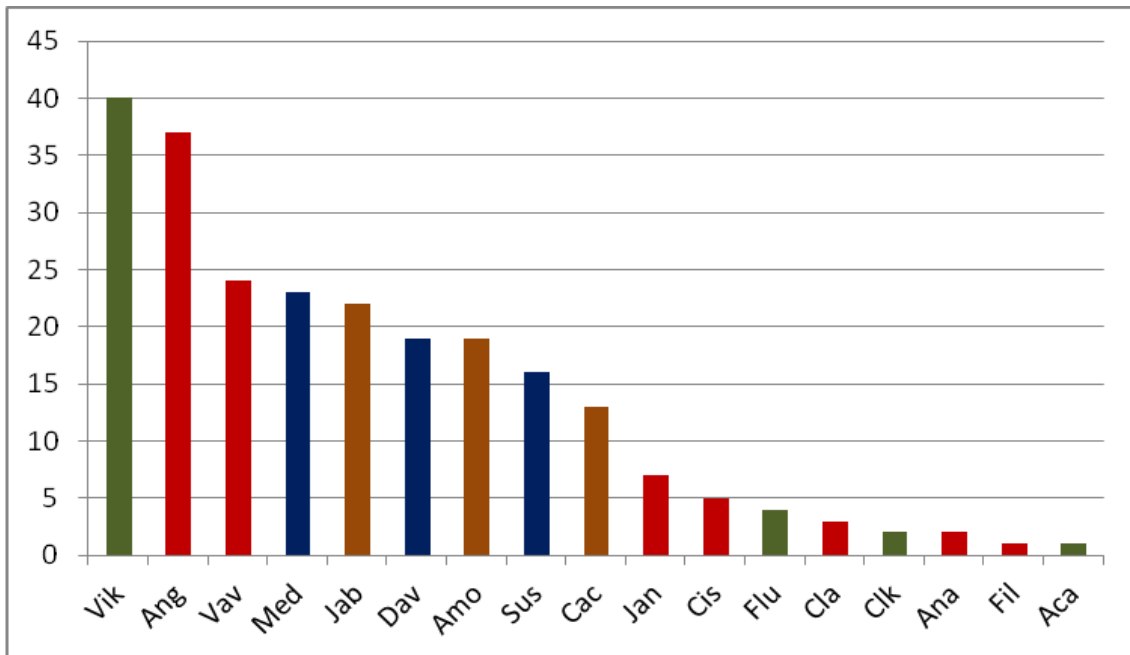
A soma dos eventos de Escolha Faltando, com ao menos dois exemplares de cada peso disponíveis no momento da escolha (EF1 e EF1/QB), aos eventos de Escolha Inicial foi feita no intuito de aumentar o “n” de escolhas, levando a um resultado mais fiel ao observado. Consideramos que apesar da falta de um exemplar de determinado peso no momento da escolha, a disponibilidade de outros dois exemplares do mesmo peso garantiria a opção aos indivíduos, caso houvesse uma preferência efetiva por aquele peso.

Os eventos de Escolha Faltando 2 (EF2 e EF2/QB) não farão parte das análises de escolha porque a probabilidade de selecionar um martelo quando apenas um exemplar de um dos peso está disponível, e em alguns casos apenas um exemplar de mais de um dos pesos, é bem menor que nos eventos onde ao menos dois exemplares de cada peso estavam disponíveis.

Dos 28 indivíduos que participaram do Bloco 1, 17 realizaram eventos de escolha com quebra, ou “intenção” de quebra, nas bigornas (EI/QB + EI + EF1/QB + EF1). Esse grupo de 17 indivíduos incluiu 3 machos adultos, 7

fêmeas adultas, 4 machos juvenis e 3 fêmeas juvenis, totalizando 238 eventos de escolha nesse subconjunto.

A participação dos indivíduos nos eventos de escolha no Bloco 1, ordenados pelas freqüências absolutas, está indicada na Figura 9.



**Figura 9.** Freqüência absoluta dos eventos de escolha no Bloco 1. Em azul, machos adultos; em vermelho, fêmeas adultas; em verde, machos juvenis; em laranja, fêmeas juvenis.

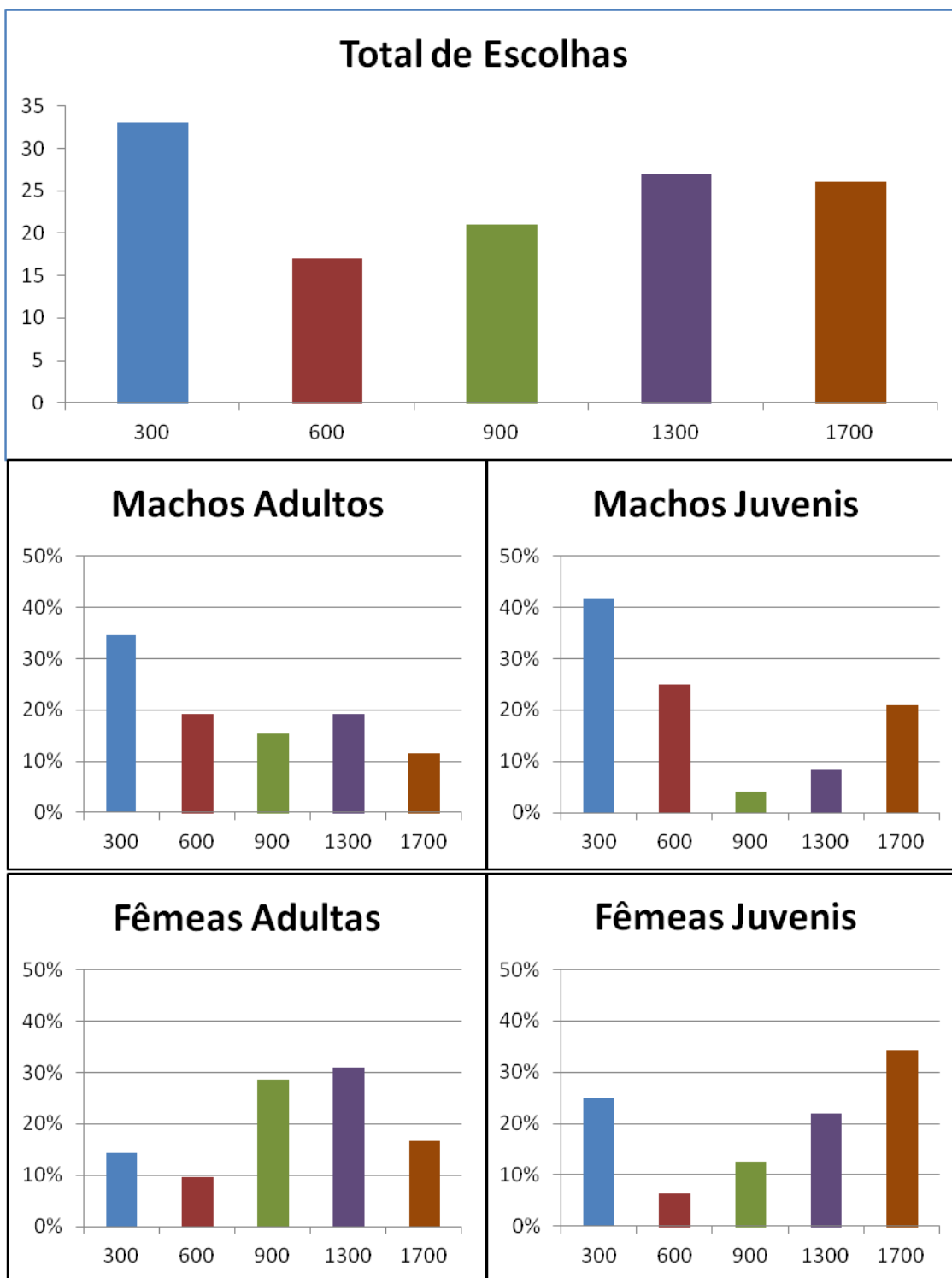
#### 4.2.1. Escolha X Distância nos eventos de escolha no Bloco 1 - Fornecimento de coco de Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*)

Nas sessões onde os martelos foram disponibilizados entre as duas bigornas (Condição 0m) houve a participação de 17 indivíduos (3 machos adultos, 7 fêmeas adultas, 4 machos juvenis e 3 fêmeas juvenis) resultando em 124 eventos de escolha; nas sessões onde os martelos foram disponibilizados a 5 metros das bigornas, 11 indivíduos participaram, resultando em 75

escolhas; finalmente, nas sessões onde os martelos foram disponibilizados a 10 metros das bigornas, 9 indivíduos participaram, resultando em 39 eventos de escolha/transporte de martelos (Tabela 8).

**Tabela 8.** Participação dos indivíduos em episódios de escolha (EI/QB+EI+EF1/QB+EF1) nas condições de 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 1. F: fêmea; M: macho; A: adulto; J: juvenil.

Indivíduo	Sexo	Faixa Etária	0 (m)	5 (m)	10 (m)	Total
ACA	M	J	1	0	0	1
AMO	F	J	15	3	1	19
ANA	F	A	2	0	0	2
ANG	F	A	17	13	7	37
CAC	F	J	9	2	2	13
CIS	F	A	4	1	0	5
CLA	F	A	3	0	0	3
CLK	M	J	2	0	0	2
DAV	M	A	12	5	2	19
FIL	F	A	1	0	0	1
FLU	M	J	4	0	0	4
JAB	F	J	8	8	6	22
JAN	F	A	3	4	0	7
MED	M	A	7	11	5	23
SUS	M	A	7	5	4	16
VAV	F	A	12	7	5	24
VIK	M	J	17	16	7	40
<b>Total</b>	-	-	124	75	39	238



**Figura 10.** Frequência absoluta das escolhas por martelos de diferentes pesos (g) para o total da amostra na Condição 0m e frequência relativas das escolhas por martelos de diferentes pesos (g) realizadas por machos adultos, machos juvenis, fêmeas adultas e fêmeas juvenis na Condição 0m do Bloco 1.

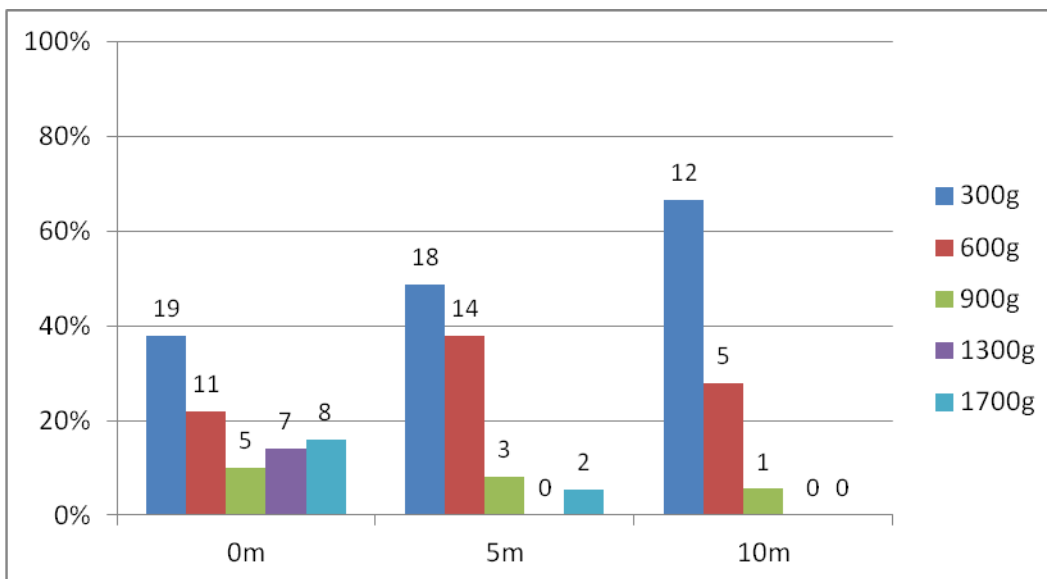


Para investigarmos uma possível preferência por martelos de determinada faixa de peso iremos analisar as escolhas realizadas pelas classes de sexo e faixa etária somente na Condição 0m, onde não há o custo do transporte (Figura 10).

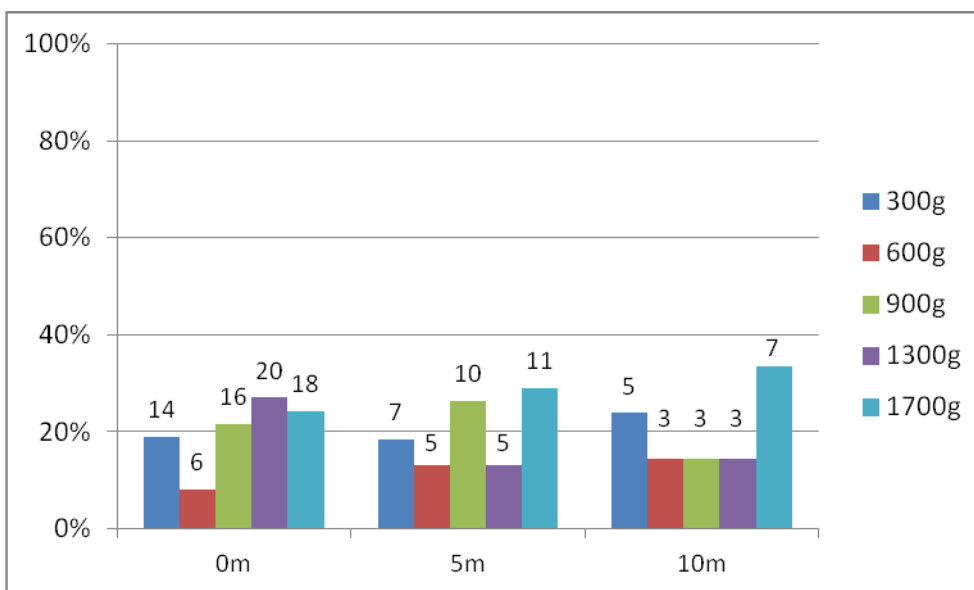
Examinando as escolhas totais dos indivíduos, não encontramos diferença significativa nas preferências pelo peso dos martelos ( $\chi^2$ : 2,0; gl: 4;  $p=0,199$ ).

Machos adultos e juvenis escolheram mais vezes o martelo mais leve (300g). Já entre as fêmeas, as adultas escolheram mais vezes os martelos de 900g e o de 1300g e as juvenis escolheram mais vezes o martelo mais leve (300g) e o martelo mais pesado (1700g). De modo geral, pode-se notar uma tendência dos machos (adultos e juvenis) a escolherem martelos mais leves e das fêmeas (adultas e juvenis), a escolher martelos um pouco mais pesados (com uma preferência das adultas pelo segundo e terceiro martelos mais pesados), mas os padrões são menos bem definidos para os juvenis de ambos os sexos.

As frequências de escolha pelo peso dos martelos por machos e por fêmeas nas condições de 0 metros, 5 metros e 10 metros estão presentes nas Figuras 11 e 12.



**Figura 11.** Frequência relativa de escolhas pelo peso dos martelos por machos nos eventos de Escolha (EI, EI/QB, EF1 e EF1/QB) a 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 1, os rótulos de coluna referem-se à frequência absoluta.



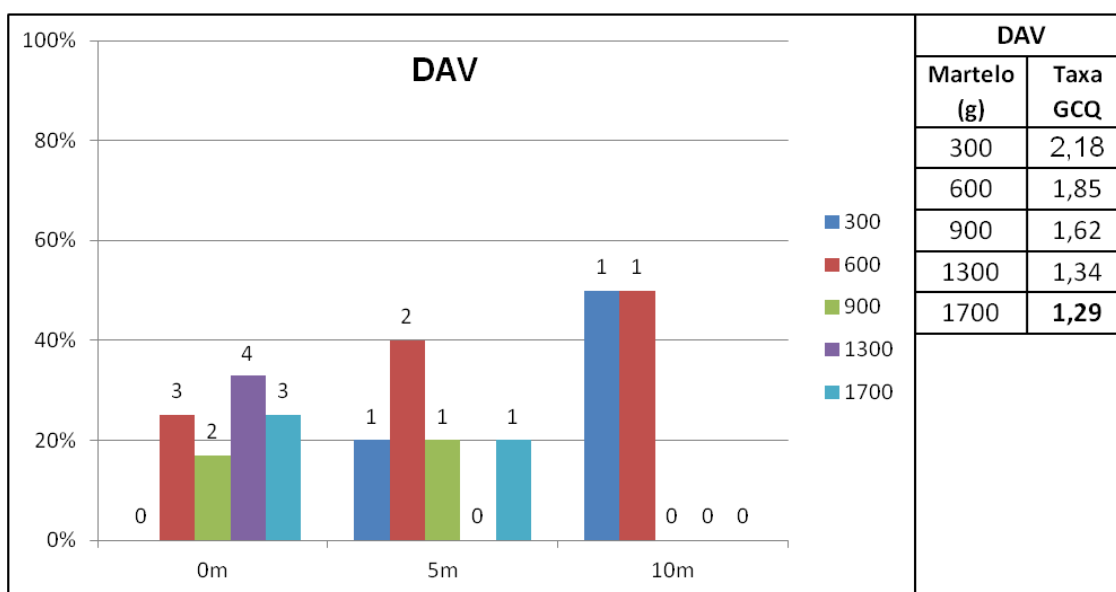
**Figura 12.** Frequência relativa de escolhas pelo peso dos martelos por fêmeas nos eventos de Escolha (EI, EI/QB, EF1 e EF1/QB) a 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 1, os rótulos de coluna referem-se à frequência absoluta.

O martelo mais leve, de 300g, foi o mais utilizado pelos machos em todas as distâncias (38% a 0m, 48,65% a 5m e 66,67% a 10m), sendo que quando os martelos foram disponibilizados a 5 metros o martelo de 1700g, o mais pesado, foi escolhido apenas duas vezes e a 10 metros os dois martelos mais pesados não foram escolhidos nenhuma vez.

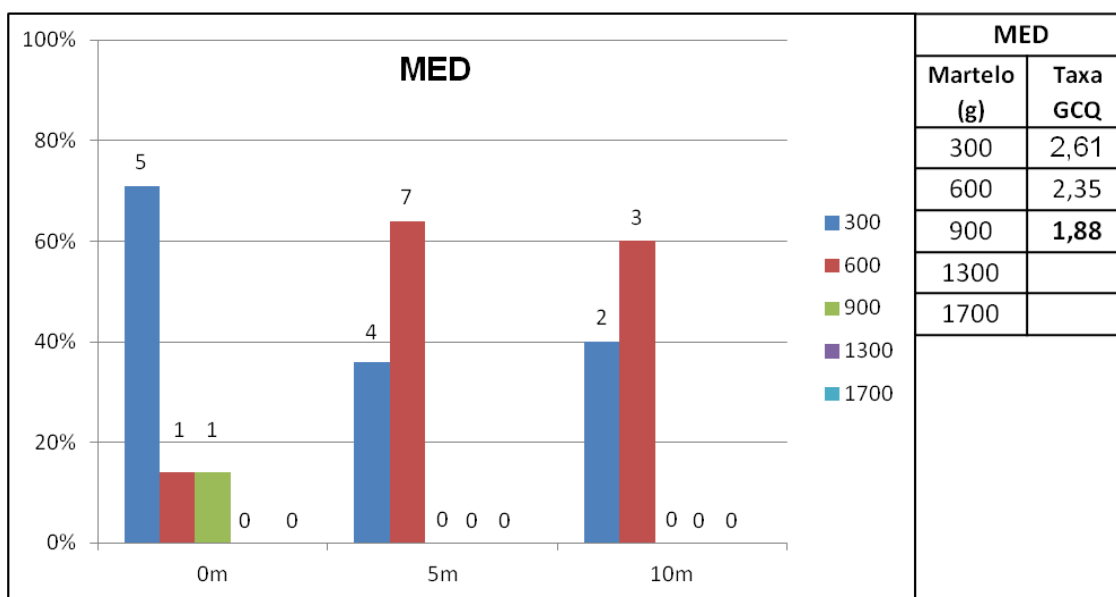
Entre as fêmeas, houve uma grande variação nas escolhas pelo peso nas três distâncias.

Os machos escolheram os dois martelos mais leves na Condição de 0 metro (M#1: 38%; M#2: 22%) mais vezes que as fêmeas nessa mesma Condição (M#1: 18,92%, M#2: 8,11%). E nas Condições de 5 metros e 10 metros os martelos de 300g e o de 600g, os dois mais leves, também foram utilizados mais vezes pelos machos que pelas fêmeas.

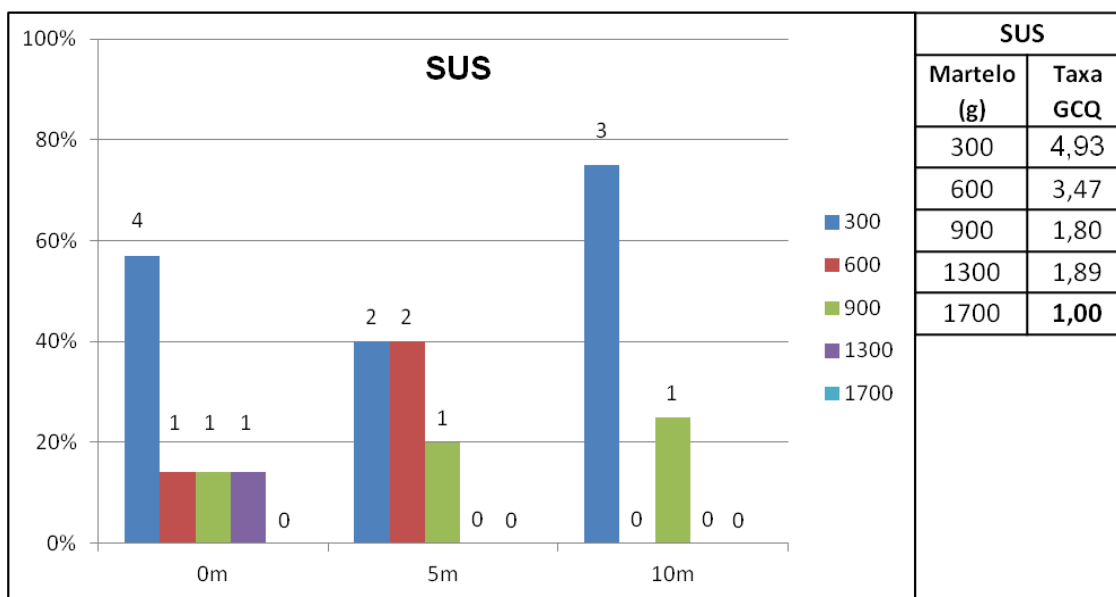
Como a média dos pesos dos martelos escolhidos em cada grupo, machos e fêmeas, pode diluir possíveis preferências individuais por martelos de determinado peso, realizamos uma análise descritiva das escolhas individuais. Os sujeitos que foram analisados são aqueles que apresentaram um mínimo de 4 escolhas nas Condições de 0m, 5m e 10m ou nas Condições de 0m e 5m ou na Condições de 0m e 10m, a fim de avaliar também a influência do custo de transporte nas escolhas. Dentre os sujeitos analisados estão 3 machos adultos, 1 macho juvenil, 2 fêmeas adultas e 1 fêmea juvenil (Figuras 13 a 19).



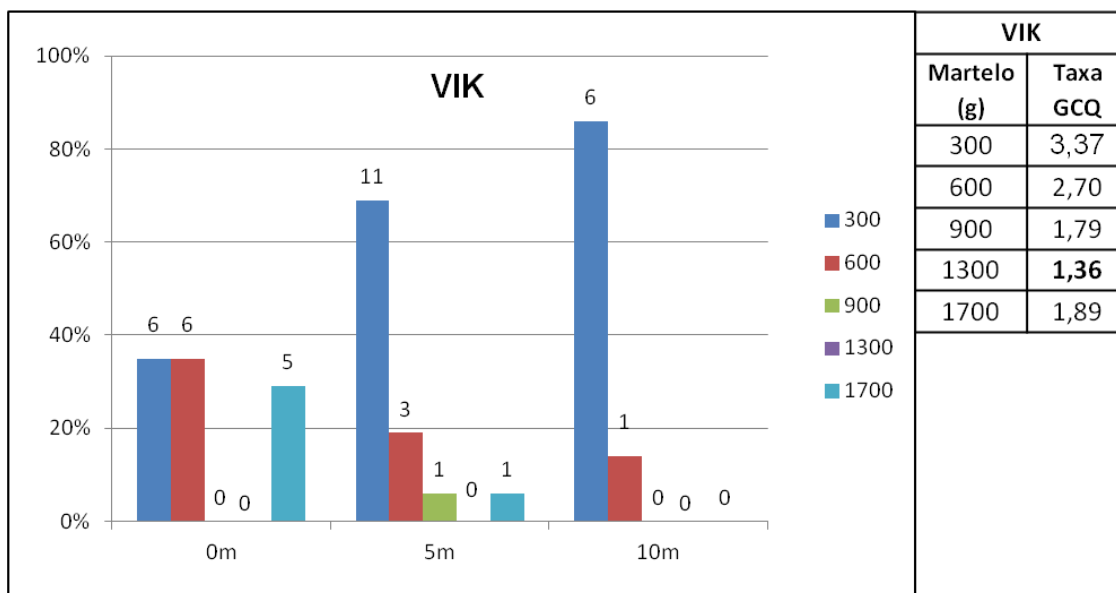
**Figura 13.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo DAV, no Bloco 1.



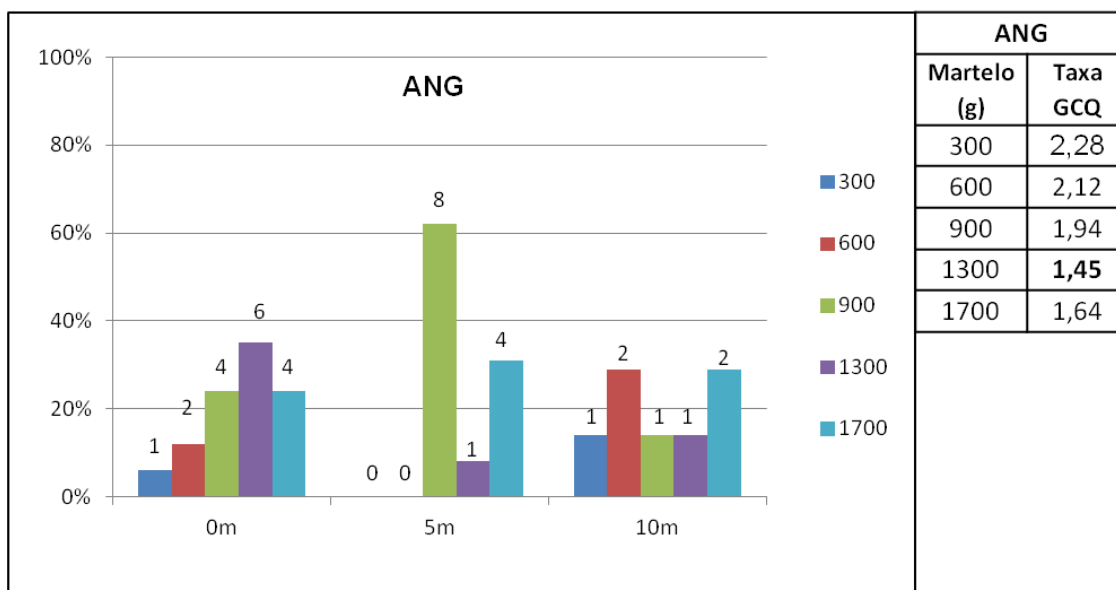
**Figura 14.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo MED, no Bloco 1.



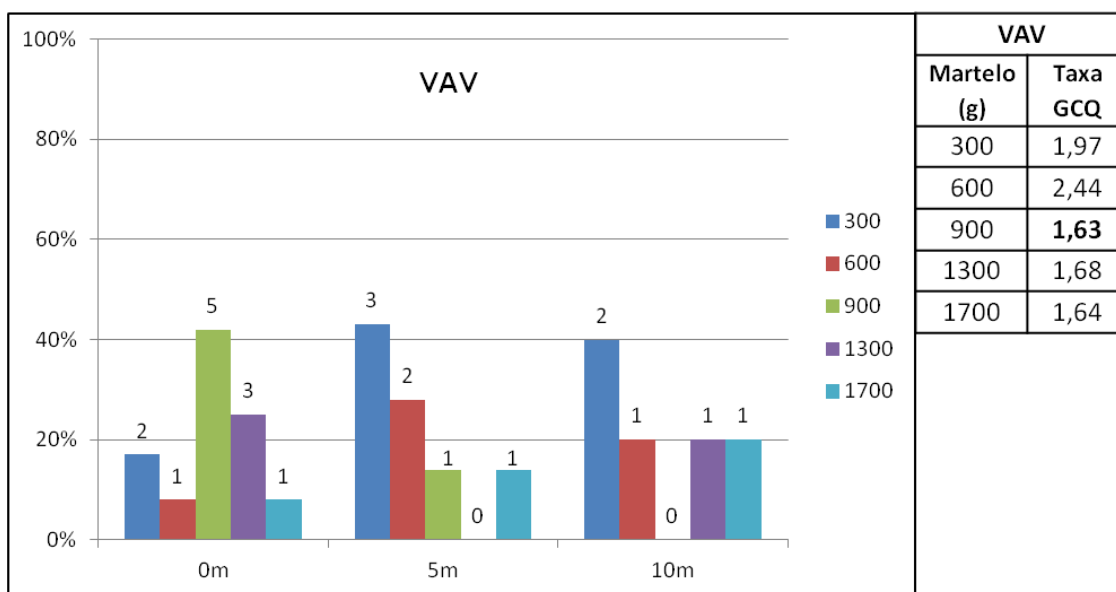
**Figura 15.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo SUS, no Bloco 1.



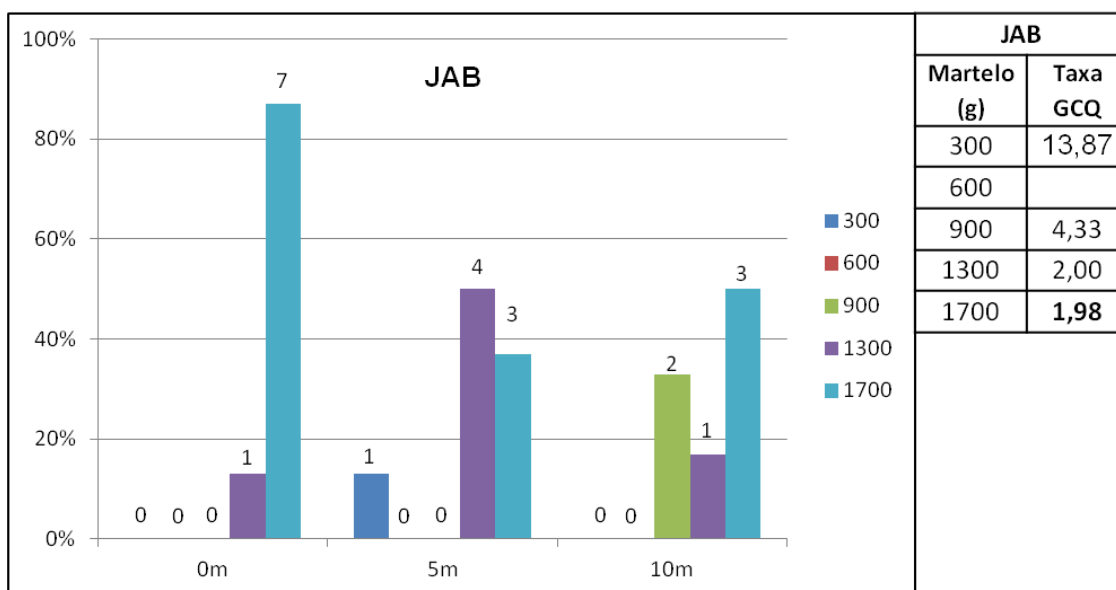
**Figura 16.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo VIK, no Bloco 1.



**Figura 17.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo ANG, no Bloco 1.



**Figura 18.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo VAV, no Bloco 1.



**Figura 19.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo JAB, no Bloco 1.

O indivíduo DAV (macho adulto) apresentou uma leve preferência pelo martelo de 1300g na Condição 0m e quando o custo do transporte foi acrescido (condição 5m) ele escolheu mais vezes um martelo mais leve, o de 600g.

Como na Condição 10m, ele realizou somente duas escolhas, uma vez o martelos de 300g e outra o martelo de 600g. Não houve muita variação na taxa GCQ desse indivíduo com os martelos de diferentes pesos disponibilizados.

O sujeito MED (macho adulto) é um dos mais velhos e acreditamos que ele seja um dos introdutores do comportamento de quebra de cocos do presente estudo. Sua preferência por martelos mais leves já havia sido verificada desde o início dos estudos realizados com esse grupo. Nossos resultados confirmaram essa preferência por martelos pequenos e, portanto, mais leves, sendo que mesmo quando a ferramenta tinha que ser transportada até o seu local de uso ele manteve essa preferência por martelos mais leves.

O terceiro macho adulto analisado, SUS, também apresentou uma preferência por martelos mais leves, mais especificamente o de 300g nas Condições de 0m e 10m e os de 300g e de 600g, os dois mais leves, na Condição 5m.

O único macho juvenil, VIK, que pode ser analisado, por causa do número satisfatório de escolhas realizadas, não apresentou uma preferência muito clara por determinado peso de martelo na Condição 0m, já nas Condições de 5m e 10m ele escolheu mais vezes o martelo mais leve, mesmo sendo este o menos eficiente.

As duas fêmeas adultas, ANG e VAV, apresentaram uma preferência na Condição 0m pelos martelos que, para elas, foram os mais eficientes, ou seja, com os quais elas obtiveram uma menor taxa GCQ. A ANG, escolheu mais vezes o martelo de 1300g (Taxa GCQ = 1,45) e a VAV escolheu mais vezes o



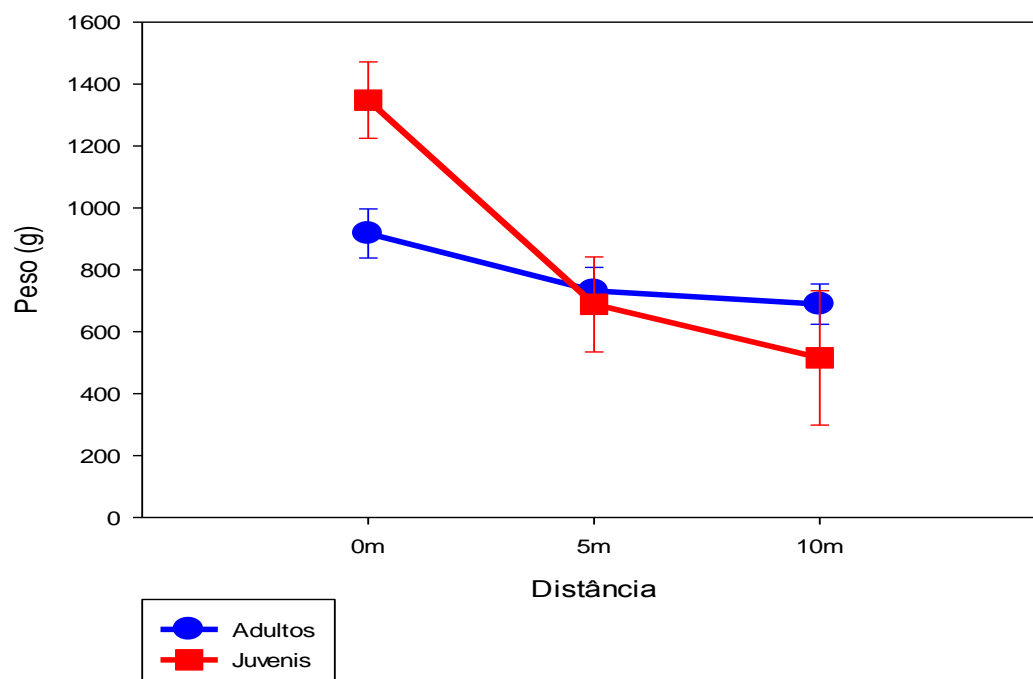
martelo de 900g (Taxa GCQ = 1,63). Na Condição 5m, a ANG escolheu mais o martelo de 300g e na Condição 10m, as escolhas realizadas por essa fêmeas foram bastante distribuídas entre os pesos. Já a VAV escolheu mais vezes o martelo de 300g nas Condições de 5m e 10m.

E, por fim, a única fêmea juvenil cujas escolhas analisamos individualmente, em função do número de escolhas, JAB, apresentou uma clara preferência pelo martelo mais pesado, 1700g, na Condição de 0m e manteve a preferência por martelos mais pesados também nas Condições de 5m e 10m. Embora não tenhamos conseguido calcular a taxa GCQ dessa fêmea quebrando cocos com o martelo de 600g, por ela não ter realizado nenhuma Quebra Proficiente com esse martelo, dentre as taxas calculadas para ela, o martelo mais pesado, de 1700g, foi o mais eficiente para ela.

No método aplicado nas análises estatísticas, os pesos médios (g) utilizados pelos grupos de classe etária e nas três condições de distâncias (0m, 5m e 10m) foram comparados levando em consideração as medidas repetidas.

As médias dos pesos escolhidos foram calculadas a partir da soma dos pesos dos martelos selecionados pelos indivíduos, dividido pelo número de eventos ocorridos em cada uma das distâncias (0m, 5m e 10m).

Quando comparamos as escolhas de martelos em função do peso (g) encontramos um efeito de interação entre faixa etária e a distância dos martelos em relação às bigornas (Condição 0m, Condição 5m e Condição 10m) ( $\chi^2 = 61,325$ ,  $gl = 2$ ,  $p = 0,000$ ) (Figura 20). O modelo testado foi com dois efeitos principais, faixa etária e distância, e sua interação.



**Figura 20.** Peso médio escolhido (g) por adultos e juvenis nas condições de 0 metro, 5 metros e 10 metros, no Bloco 1.

Os adultos escolheram martelos mais pesados quando estes estavam na condição de 0m (M= 917g) que nas condições de 5m e 10m (M= 732g e M= 689,04g,  $p= 0,002$ ). Não houve diferença significativa nas médias dos pesos escolhidos por estes nas condições de 5m e 10m ( $p=1,000$ ).

O mesmo aconteceu com os juvenis, que também escolheram martelos mais pesados a 0m (M = 1348g) que a 5m (M = 688g,  $p= 0,000$ ) e a 10m (M = 515g,  $p= 0,000$ ). Também não houve diferença significativa no peso médio dos martelos escolhidos por estes a 5m e 10m ( $p= 1,000$ ).

Comparando as escolhas de adultos e juvenis nas três Condições de distâncias verificamos que juvenis escolheram martelos mais pesados que adultos a 0m ( $p= 0,05$ ), porém não houve diferença significativa nas médias de

pesos escolhidos entre esses dois grupos de faixa etária a 5m e a 10m ( $p=1,000$ ) (Tabelas 9).

**Tabela 9.** Comparação par a par dos resultados sobre as médias dos pesos dos martelos escolhidos (g) por adultos e juvenis nas três Condições de distâncias (0m, 5m e 10m), no Bloco 1.

Faixa Etária * Distância (Par 1)	Faixa Etária * Distância (Par 2)	Mean Difference (Par 1 - Par 2)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Adultos] * [Condição 0m]	[Adultos] * [Condição 5m]	185,08 <sup>a</sup>	48,588	1	,002	42,46	327,69
[Adultos] * [Condição 0m]	[Adultos] * [Condição 10m]	228,50 <sup>a</sup>	59,717	1	,002	53,22	403,79
[Adultos] * [Condição 5m]	[Adultos] * [Condição 10m]	43,43	40,236	1	1,000	-74,68	161,53
[Juvenis] * [Condição 0m]	[Juvenis] * [Condição 5m]	659,94 <sup>a</sup>	36,517	1	,000	552,76	767,12
[Juvenis] * [Condição 0m]	[Juvenis] * [Condição 10m]	832,75 <sup>a</sup>	117,242	1	,000	488,62	1176,88
[Juvenis] * [Condição 5m]	[Juvenis] * [Condição 10m]	172,81	95,630	1	1,000	-107,89	453,50
[Adultos] * [Condição 0m]	[Juvenis] * [Condição 0m]	-430,74 <sup>a</sup>	146,777	1	,050	-861,56	,08
[Adultos] * [Condição 5m]	[Juvenis] * [Condição 5m]	44,12	171,459	1	1,000	-459,15	547,39
[Adultos] * [Condição 10m]	[Juvenis] * [Condição 10m]	173,50	226,667	1	1,000	-491,81	838,81

<sup>a</sup> A diferença média é significativa ao nível de 5%.

Este resultado - adultos e juvenis escolhendo martelos mais pesados na condição de 0m, em comparação com as escolhas realizadas nas condições de 5m e 10m - mostra uma preferência pelos martelos mais eficientes quando não há o custo do transporte, e também que o custo de transporte influencia a escolha da ferramenta. Isto é, quando há a necessidade de transportar a ferramenta até o seu local de uso, eles escolhem martelos que geram um custo menor nesse transporte, ou seja, martelos mais leves.

Quando olhamos somente para as preferências na Condição 0m, os juvenis escolheram martelos mais pesados que adultos, o que talvez indique uma compensação dos juvenis na força aplicada no golpe, já que com um martelo mais pesado, menos golpes são necessários para romper o coco.

Esse resultado pode ser comparado com o encontrado em um estudo realizado anteriormente com esse mesmo grupo (Falótico, 2004), onde os mesmos pesos das ferramentas e o mesmo desenho experimental foram utilizados, porém os martelos foram disponibilizados somente ao lado das bigornas (Condição 0m).

No trabalho citado, tanto juvenis como adultos exibiram uma preferência pelos martelos de 1300g. No presente estudo, a média de peso dos martelos escolhidos pelos juvenis foi igual ao resultado anteriormente verificado (1348g), já os adultos escolheram martelos pesando em média 917g. Porém, no estudo anterior, não foi feita uma avaliação sobre as médias de pesos preferidos e por isso uma comparação mais fina não pôde ser realizada.

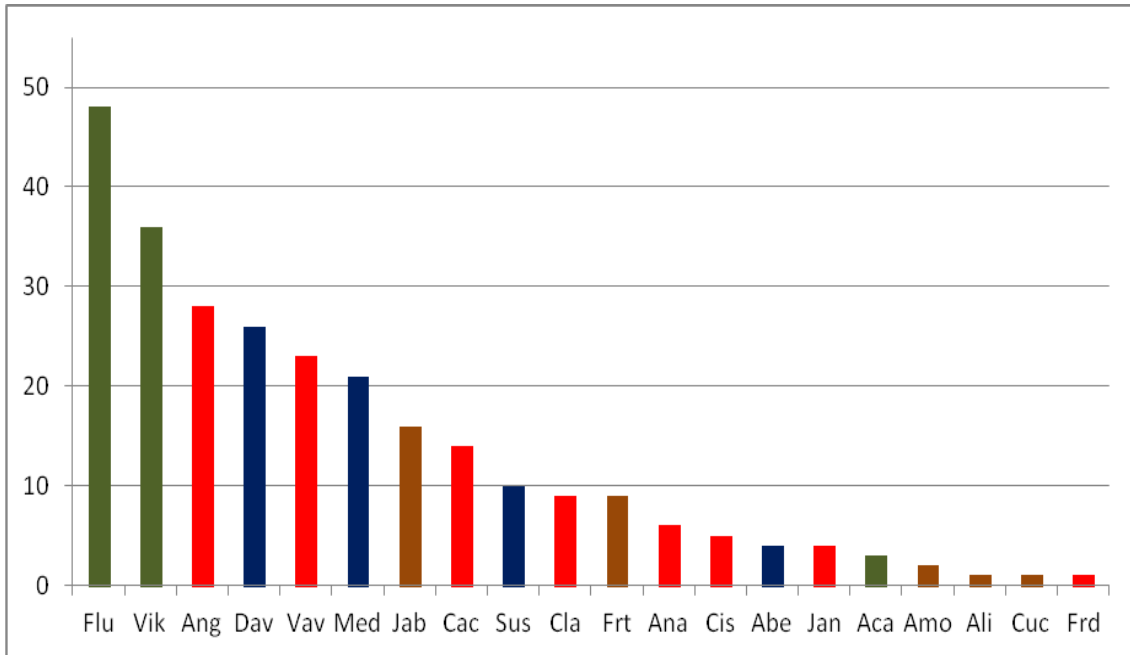
### **4.3. Eventos de Escolha no Bloco 2 - Fornecimento de coco de Indaiá (*Attalea dubia*)**

As análises sobre escolha foram realizadas utilizando, assim como no Bloco 1, os eventos de Escolha Inicial e Escolha Faltando 1, seguidas ou não de quebra (EI, EI/QB, EF1 e EF1/QB).

Do total de 1521 eventos neste Bloco 2, 267 eventos foram de escolha inicial seguida de quebra ou de “intenção” de quebra na bigorna (EI/QB + EI) mais os eventos de Escolha Faltando 1 seguida de quebra ou “intenção” de quebra (EF1 + EF1/QB).

Esses 267 eventos foram realizados por 20 indivíduos (4 machos adultos, 7 fêmeas adultas, 3 machos juvenis e 5 fêmeas juvenis).

A participação dos indivíduos no Bloco 2, ordenados pelas frequências individuais, está indicada na Figura 21.



**Figura 21.** Freqüência absoluta dos eventos de Escolha no Bloco 2. Em azul, machos adultos; em vermelho, fêmeas adultas; em verde, machos juvenis; em laranja, fêmeas juvenis.

#### 4.3.1. Escolha X Distância nos eventos de escolha inicial no Bloco 2 - Fornecimento de coco de Indaiá (*Attalea dubia*)

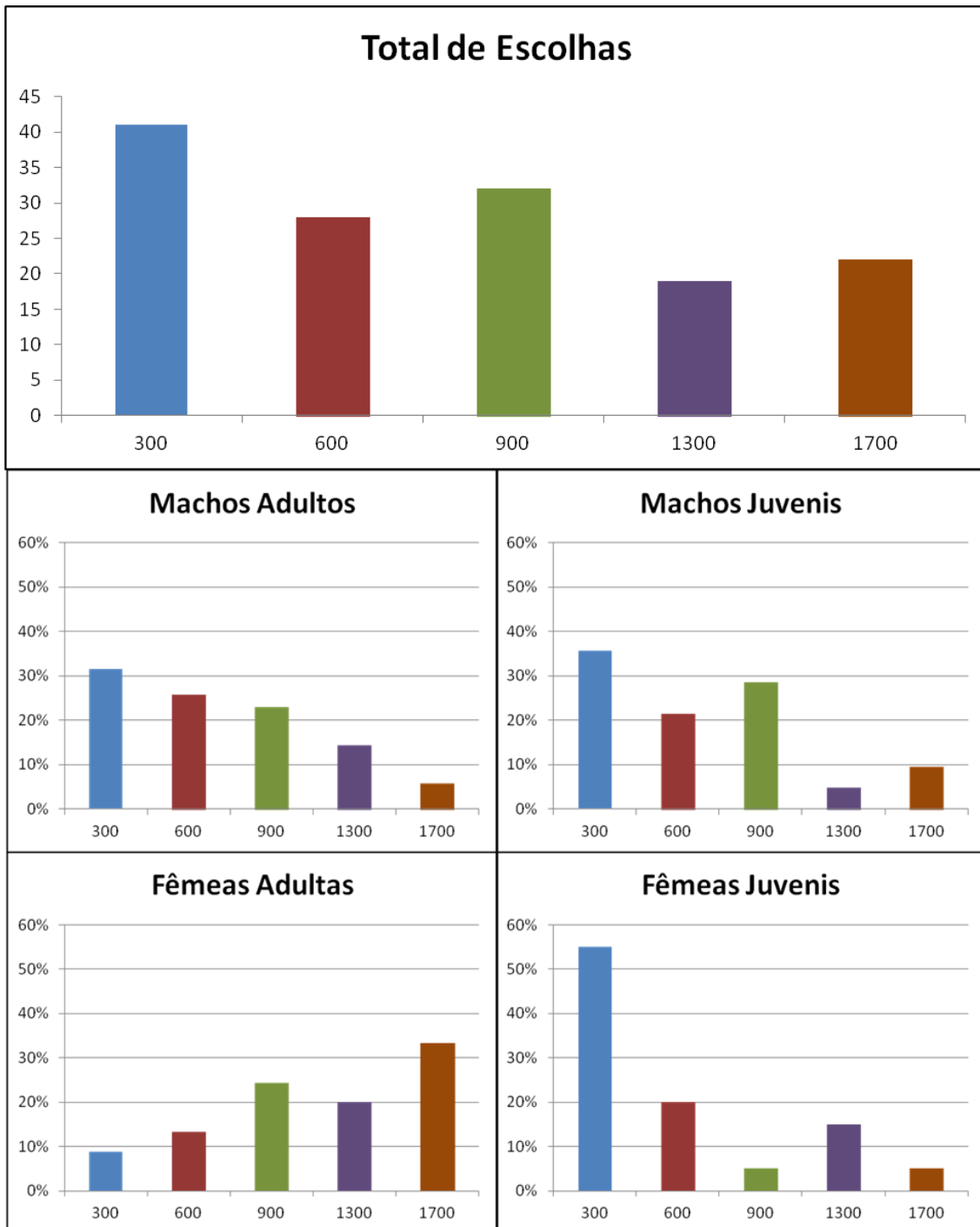
Nas sessões onde os martelos foram disponibilizados entre as duas bigornas (0m) houve a participação de 20 indivíduos (4 machos adultos, 7 fêmeas adultas, 3 machos juvenis e 5 fêmeas juvenis), resultando em 142 eventos de escolha; nas sessões onde os martelos foram disponibilizados a 5m das bigornas, 11 indivíduos participaram, resultando em 63 escolhas; finalmente, nas sessões onde os martelos foram disponibilizados a 10 metros das bigornas, 10 indivíduos participaram, resultando em 62 eventos de escolha/transporte de martelos (Tabela 10).

Para investigarmos uma possível preferência por martelos de determinada faixa de peso iremos analisar as escolhas realizadas pelas

classes de sexo e faixa etária somente na Condição 0m, onde não há o custo do transporte (Figura 22).

**Tabela 10.** Participação dos indivíduos em episódios de escolha (EI + EI/QB + EF1 + EF1/QB) nas condições de 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 2. F: fêmea; M: macho; A: adulto; J: juvenil.

<b>Indivíduos</b>	<b>Sexo</b>	<b>Faixa Etária</b>	<b>0 (m)</b>	<b>5 (m)</b>	<b>10 (m)</b>	<b>TOTAL</b>
<b>ABE</b>	M	A	2	1	1	<b>4</b>
<b>ACA</b>	M	J	3	0	0	<b>3</b>
<b>ALI</b>	F	J	1	0	0	<b>1</b>
<b>AMO</b>	F	J	2	0	0	<b>2</b>
<b>ANA</b>	F	A	5	1	0	<b>6</b>
<b>ANG</b>	F	A	14	2	12	<b>28</b>
<b>CAC</b>	F	A	13	0	1	<b>14</b>
<b>CIS</b>	F	A	5	0	0	<b>5</b>
<b>CLA</b>	F	A	9	0	0	<b>9</b>
<b>CUC</b>	F	J	1	0	0	<b>1</b>
<b>DAV</b>	M	A	11	8	7	<b>26</b>
<b>FLU</b>	M	J	18	16	14	<b>48</b>
<b>FRD</b>	F	A	1	0	0	<b>1</b>
<b>FRT</b>	F	J	9	0	0	<b>9</b>
<b>JAB</b>	F	J	7	3	6	<b>16</b>
<b>JAN</b>	F	A	2	2	0	<b>4</b>
<b>MED</b>	M	A	6	6	9	<b>21</b>
<b>SUS</b>	M	A	3	3	4	<b>10</b>
<b>VAV</b>	F	A	9	11	3	<b>23</b>
<b>VIK</b>	M	J	21	10	5	<b>36</b>
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>142</b>	<b>63</b>	<b>62</b>	<b>267</b>



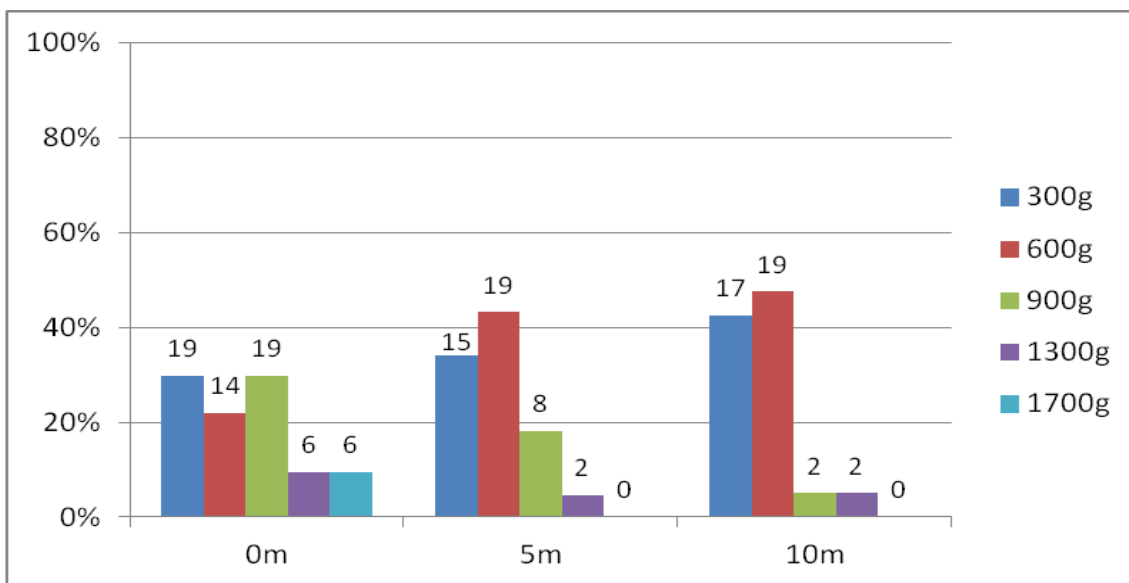
**Figura 22.** Frequência absoluta das escolhas por martelos de diferentes pesos (g) para o total da amostra na Condição 0m e frequência relativas das escolhas por martelos de diferentes pesos (g) realizadas por machos adultos, machos juvenis, fêmeas adultas e fêmeas juvenis na Condição 0m do Bloco 2.



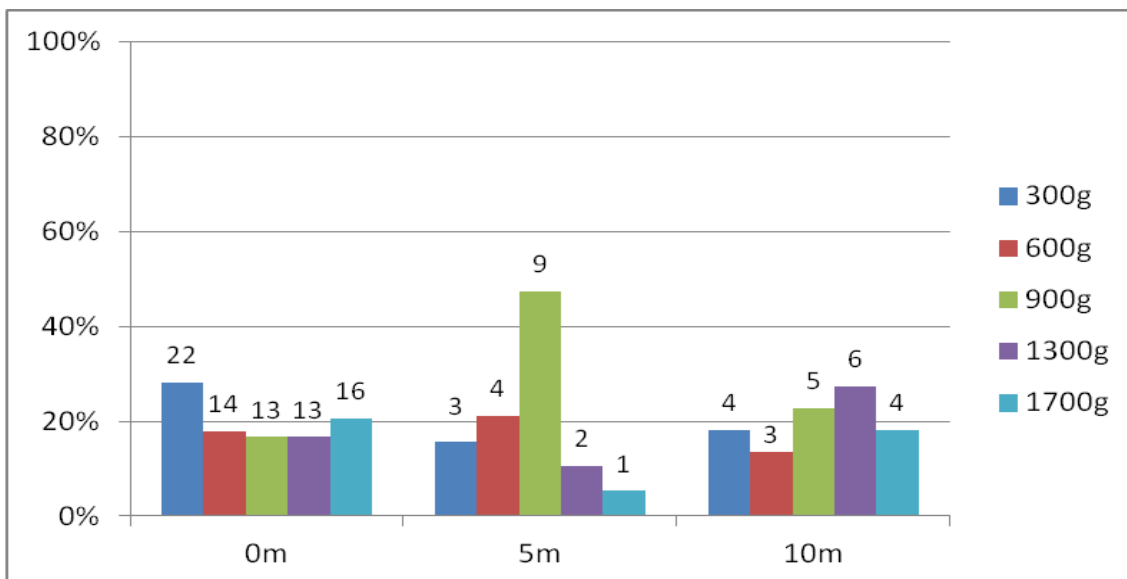
Ao exarminarmos as escolhas totais realizadas pelos indivíduos verificamos uma preferência pelos três martelos mais leves ( $\chi^2$ : 10,6; gl: 4;  $p=0,0314$ ).

Machos adultos e juvenis escolheram mais vezes os martelos mais leves (300g). Já entre as fêmeas, as adultas escolheram mais vezes os martelos mais pesados e as juvenis, o martelo mais leve (300g). Com exceção do observado para as fêmeas juvenis, os padrões dos grupos de sexo/idade são similares aos encontrados na Condição 0m do Bloco 1.

As frequências de escolha pelo peso dos martelos por machos e fêmeas nas condições de 0 metros, 5 metros e 10 metros estão indicadas nas Figuras 23 e 24.



**Figura 23.** Frequência de escolhas pelo peso dos martelos (g) por machos nos eventos de Escolha (EI, EI/QB, EF1 e EF1/QB) a 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 2, os rótulos de coluna referem-se à frequência absoluta.

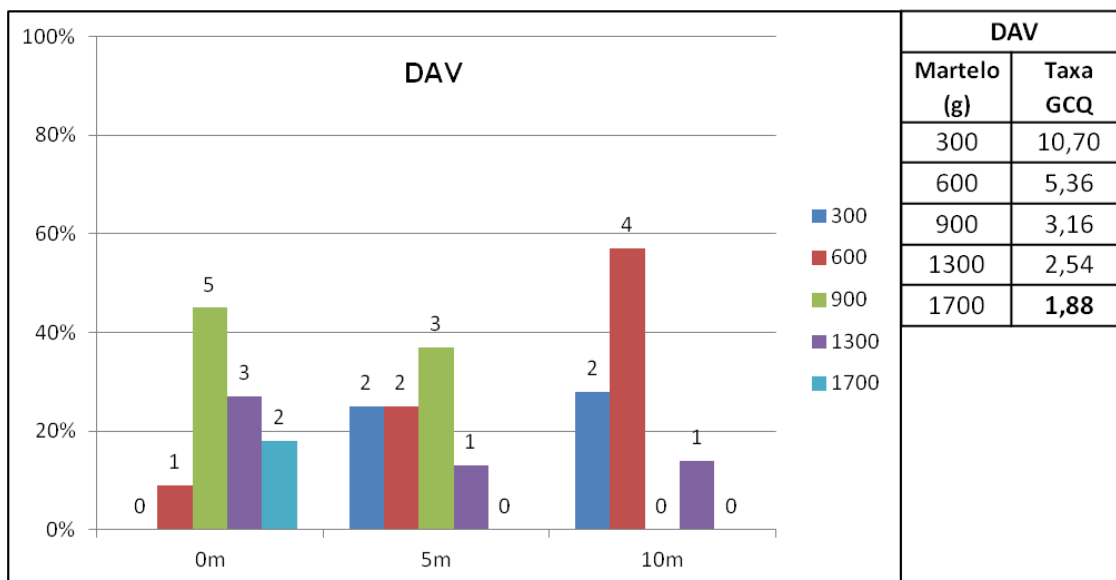


**Figura 24.** Frequência de escolhas pelo peso dos martelos (g) por fêmeas nos eventos de Escolha (EI, EI/QB, EF1 e EF1/QB) a 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 2, os rótulos de coluna referem-se à frequência absoluta.

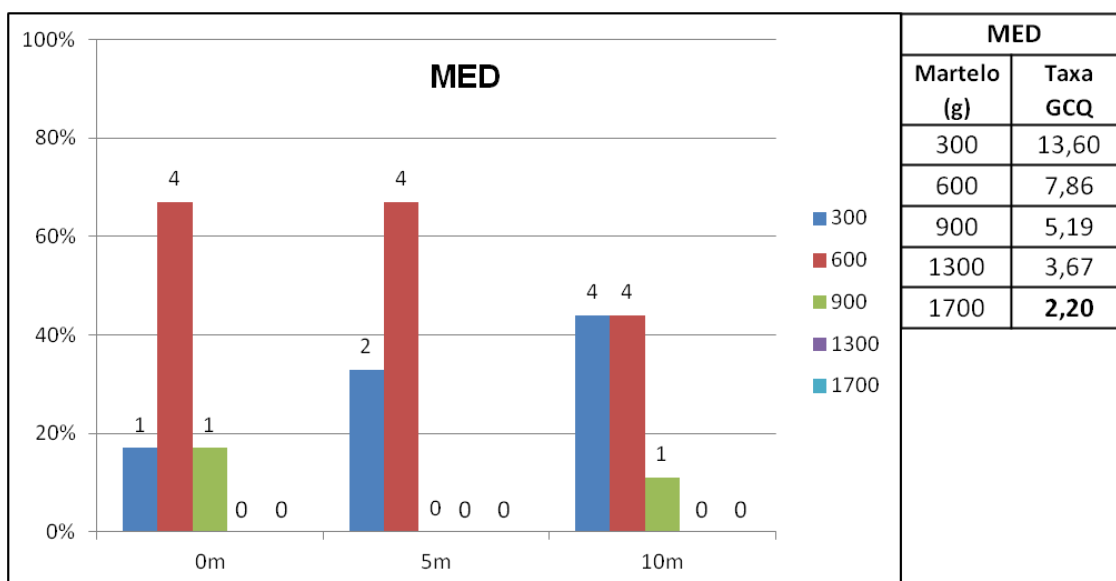
Os machos tenderam a escolher os martelos mais leves nas três Condições de distância. E as fêmeas variaram bastante nas escolhas realizadas nas três Condições de distância, somente na Condição 5m elas escolheram o martelo de peso intermediário (900g). Porém as frequências apresentadas nas figuras 14 e 15 podem ter sofrido um viés individual, ou seja, indivíduos que participaram mais influenciando nessas frequências. Por isso, apresentaremos uma descrição das frequências individuais, somente na Condição 0m, para uma análise descritiva das escolhas de machos e fêmeas onde somente a variável peso, sem o acréscimo do custo de transporte, será avaliada.

As frequências relativas individuais de escolha dos martelos em função do peso nas três Condições de distância, somente para indivíduos com o “n” de escolhas igual ou maior que 4 em cada uma das Condições, ou nas Condições

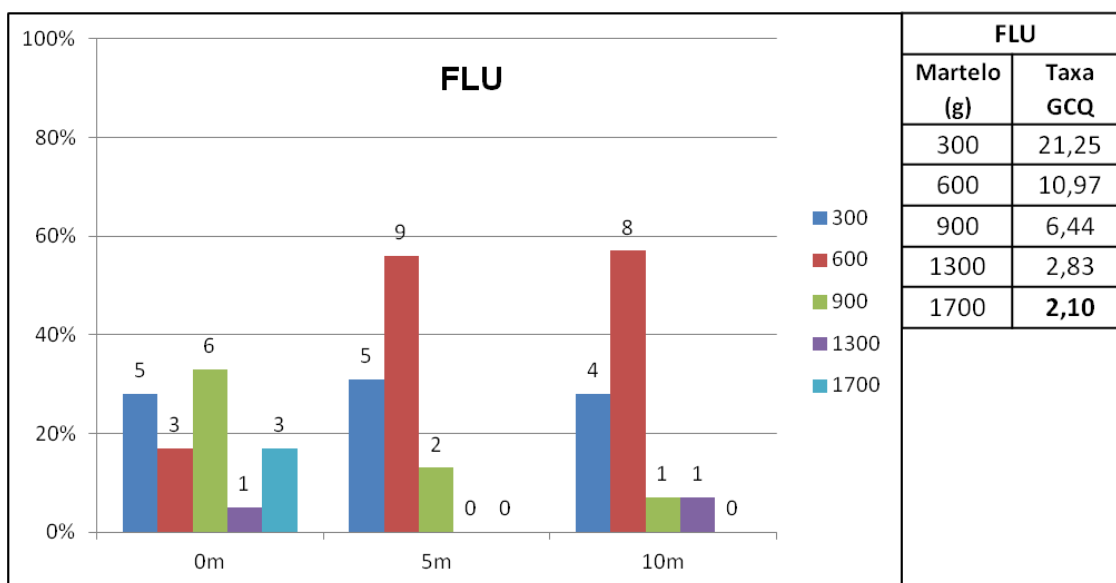
de 0m e 5m ou nas Condições de 0m e 10m, bem como as taxas GCQ para cada sujeito com cada um dos pesos estão presentes nas Figuras 25 a 31.



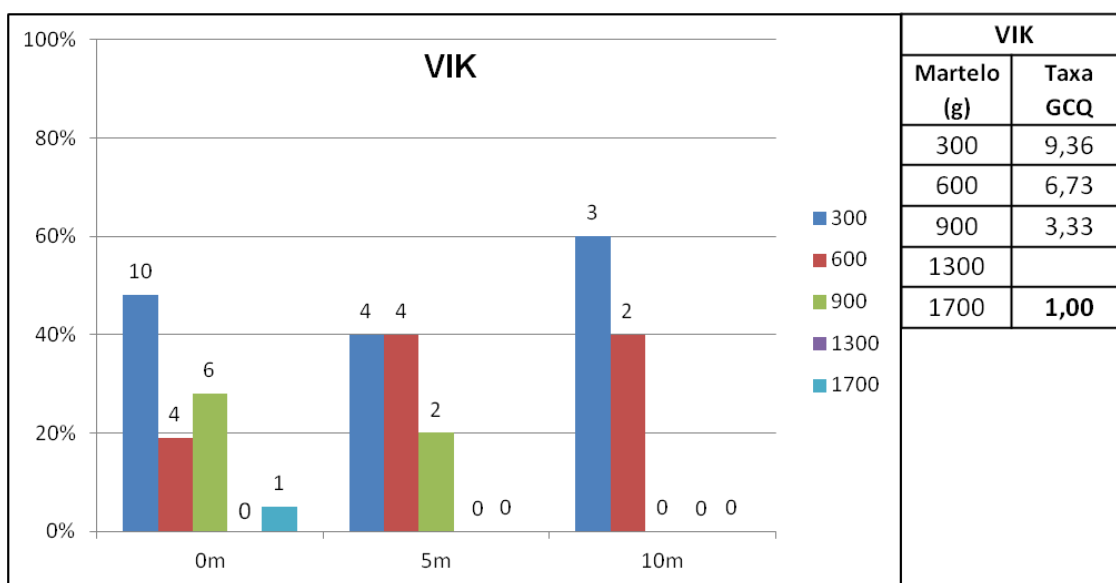
**Figura 25.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo DAV, no Bloco 2.



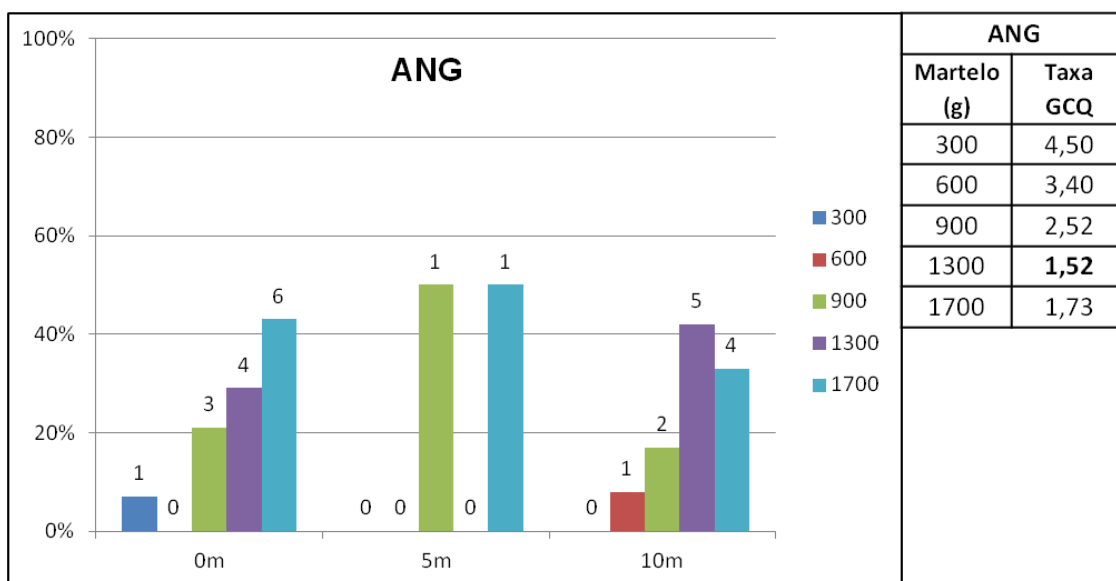
**Figura 26.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo MED, no Bloco 2.



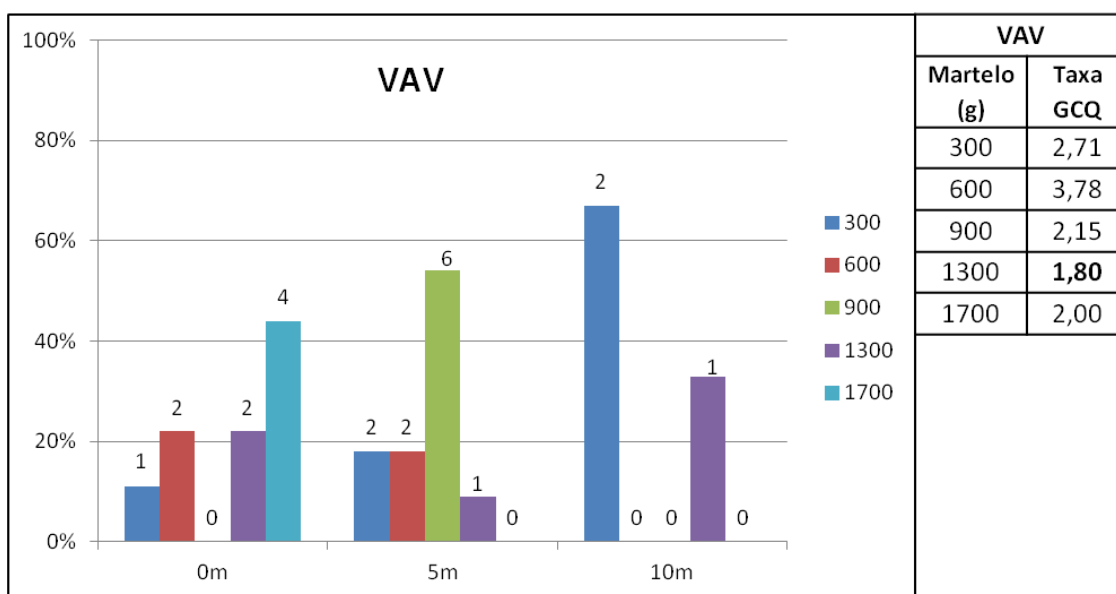
**Figura 27.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo FLU, no Bloco 2.



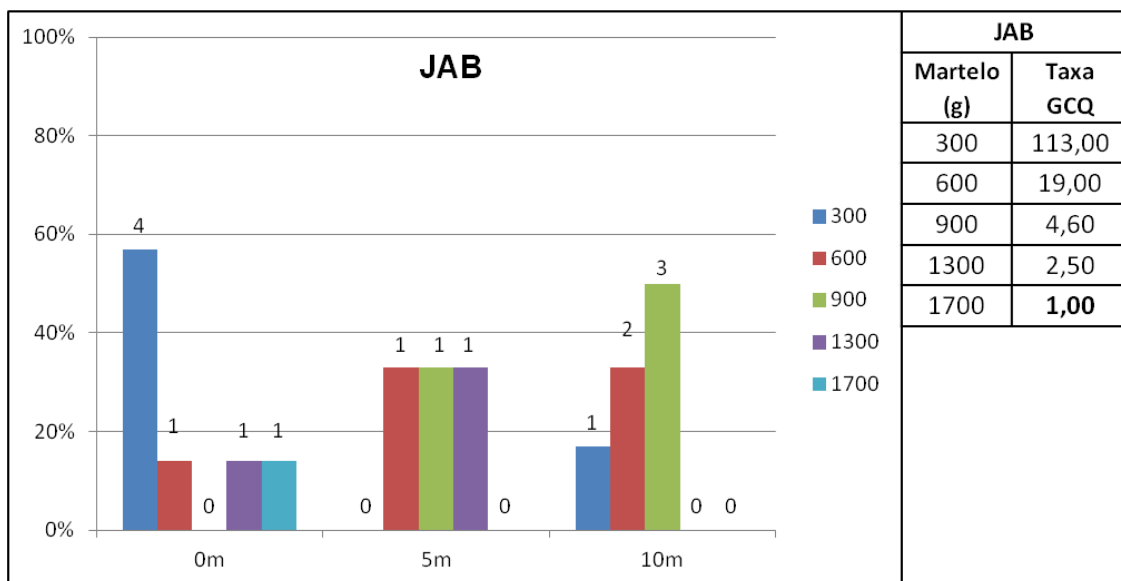
**Figura 28.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo VIK, no Bloco 2.



**Figura 29.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo ANG, no Bloco 2.



**Figura 30.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo VAV, no Bloco 2.



**Figura 31.** Frequência relativa de escolhas por peso (g) dos martelos e taxas GCQ, realizadas pelo indivíduo JAB, no Bloco 2.

O indivíduo DAV escolheu mais vezes o martelo de 900g na Condição 0m, mesmo este não sendo o martelo mais eficiente para ele. Ele manteve essa tendência de escolher o martelo de 900g na Condição 5m e quando a ferramenta tinha que ser transportada por 10m até as bigornas ele escolheu mais vezes um martelo mais leve, o de 600g.

O sujeito MED, escolheu mais vezes o segundo martelo mais leve, 600g, nas Condições de 0m e 5m e na Condição 10m ele escolheu mais vezes os dois martelos mais leves, o de 300g e o de 600g.

As escolhas do FLU na Condição 0m foram variadas, sendo que ele escolheu um pouco mais de vezes os martelos de 300g e de 900g. Nas Condições de 5m e 10m ele apresentou uma preferência pelo martelo de 600g.

VIK manteve uma preferência por martelos mais leves nas três Condições de distância.

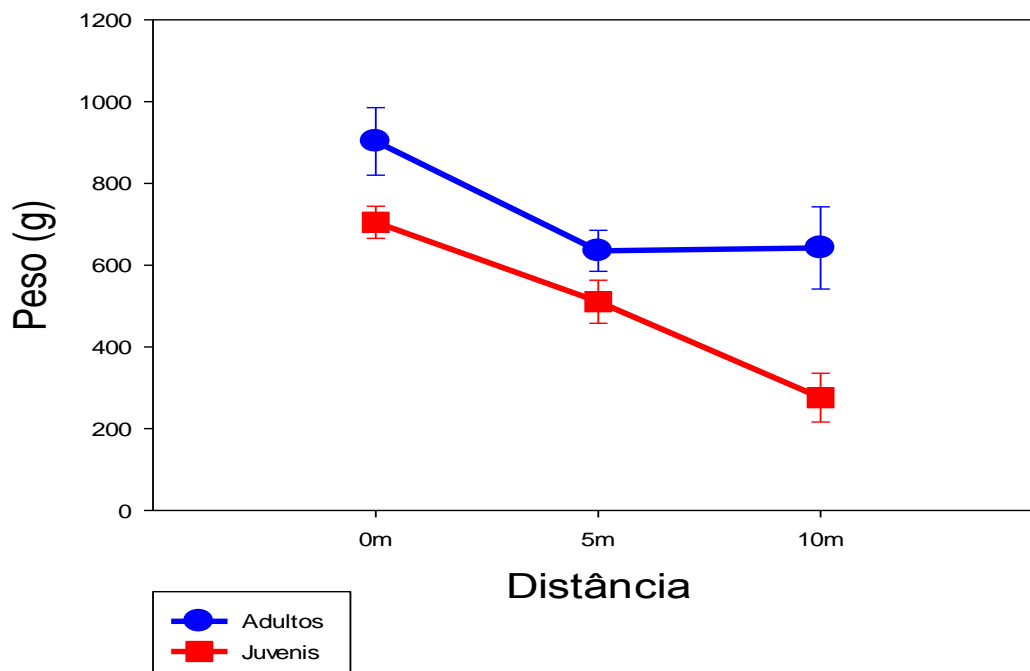
Entre as fêmeas, a ANG escolheu mais vezes o segundo martelo mais pesado, de 1300g, na Condição de 0m, e o martelo mais pesado, o de 1700g, na Condição 10m. Como ela realizou somente duas escolhas na Condição de 5m, elas não foram consideradas. A VAV também escolheu mais vezes o martelo de 1700g na Condição 0m e na Condição de 5m ela preferiu um martelo mais leve, de 900g. As escolhas dessa fêmea na condição 10m também não puderam ser consideradas por causa do baixo “n”.

E, por fim, a fêmea juvenil JAB escolheu mais vezes o martelo de 300g na Condição 0m e na Condição 10m o martelo mais escolhido foi um mais pesado, o de 900g.

Na análise inferencial para o grupo, as escolhas de todos os sujeitos foram analisadas levando em consideração as medidas repetidas. No modelo estatístico utilizado foram testadas as variáveis Faixa Etária, Condições de distância (0m, 5m e 10m) e sua interação como efectoras do peso médio (g) dos martelos escolhidos pelos sujeitos.

As médias dos pesos escolhidos foram calculadas a partir da soma dos pesos (g) dos martelos selecionados pelos indivíduos, dividido pelo número de eventos ocorridos em cada uma das distâncias (0m, 5m e 10m).

Houve um efeito da interação entre Faixa Etária e as Condições de distância ( $\chi^2$ : 9,725; gl: 2;  $p= 0,008$ ) (Figura 32).



**Figura 32.** Peso médio escolhido (g) por adultos e juvenis nas Condições de 0 metros, 5 metros e 10 metros no Bloco 2.

O peso médio dos martelos escolhidos pelos adultos na Condição a 0m (M= 902g) foi maior que a 5m (M= 635g) ( $p= 0,000$ ) e a 10m (M= 642g) ( $p= 0,015$ ). Portanto, adultos utilizaram martelos mais pesados a 0m que a 5m e 10m. Porém não houve diferença significativa entre o peso médio dos martelos escolhidos a 5m e 10m ( $p= 1,000$ ).

Entre os juvenis, o peso médio dos martelos escolhidos a 0m (M= 705g) foi maior que a 10m (M= 275g) ( $p= 0,000$ ), porém não houve diferença significativa entre o peso médio dos martelos escolhidos a 0m e a 5m (M= 510g) ( $p= 0,504$ ). Como o peso médio dos martelos escolhidos por estes a 5m também foi maior que a 10m ( $p= 0,000$ ), podemos concluir que eles escolheram martelos mais leves a 10m que a 0m e 5m.



Não houve diferença significativa entre o peso médio dos martelos escolhidos por adultos e juvenis a 0m (M=902g e M= 705g, respectivamente,  $p= 0,461$ ), nem a 5m (M= 635g e 510g, respectivamente,  $p= 1,000$ ). E houve diferença entre esses dois grupos a 10m (M= 642g e 275g,  $p= 0,026$ ), ou seja, somente na Condição 10m os adultos escolheram martelos mais pesados que juvenis (Tabela 11).

**Tabela 11.** Comparação par a par dos resultados sobre as médias dos pesos dos martelos escolhidos (g) por adultos e juvenis nas três Condições de distâncias (0m, 5m e 10m), no Bloco 2.

Faixa Etária * Distância (Par 1)	Faixa Etária * Distância (Par 2)	Mean Difference (Par 1 - Par 2)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Adultos] * [Condição 0m]	[Adultos] * [Condição 5m]	267,55 <sup>a</sup>	60,617	1	,000	89,63	445,47
[Adultos] * [Condição 0m]	[Adultos] * [Condição 10m]	260,49 <sup>a</sup>	79,300	1	,015	27,73	493,25
[Adultos] * [Condição 5m]	[Adultos] * [Condição 10m]	-7,06	75,228	1	1,000	-227,87	213,75
[Juvenis] * [Condição 0m]	[Juvenis] * [Condição 5m]	194,57	91,568	1	,504	-74,20	463,34
[Juvenis] * [Condição 0m]	[Juvenis] * [Condição 10m]	429,28 <sup>a</sup>	95,658	1	,000	148,50	710,05
[Juvenis] * [Condição 5m]	[Juvenis] * [Condição 10m]	234,71 <sup>a</sup>	19,281	1	,000	178,11	291,30
[Adultos] * [Condição 0m]	[Juvenis] * [Condição 0m]	197,68	91,513	1	,461	-70,93	466,29
[Adultos] * [Condição 5m]	[Juvenis] * [Condição 5m]	124,70	72,840	1	1,000	-89,10	338,50
[Adultos] * [Condição 10m]	[Juvenis] * [Condição 10m]	366,47 <sup>a</sup>	117,060	1	,026	22,88	710,07

<sup>a</sup> A diferença média é significante ao nível de 5%.

O fato de adultos e juvenis escolherem, em média, martelos mais pesados na Condição 0m que nas Condições 5m e 10m mostra que, não havendo custos de transporte, houve uma preferência por martelos mais eficientes do que quando o custo de transporte foi acrescido, os adultos a escolheram, em média, martelos mais leves. Já os juvenis pareceram responder de forma mais proporcional/gradual aos custos de transporte, escolhendo martelos mais leves em função da distância (embora a diferença entre o peso médio dos martelos escolhidos a 5m e 10m não tenha se mostrado estatisticamente significativa).

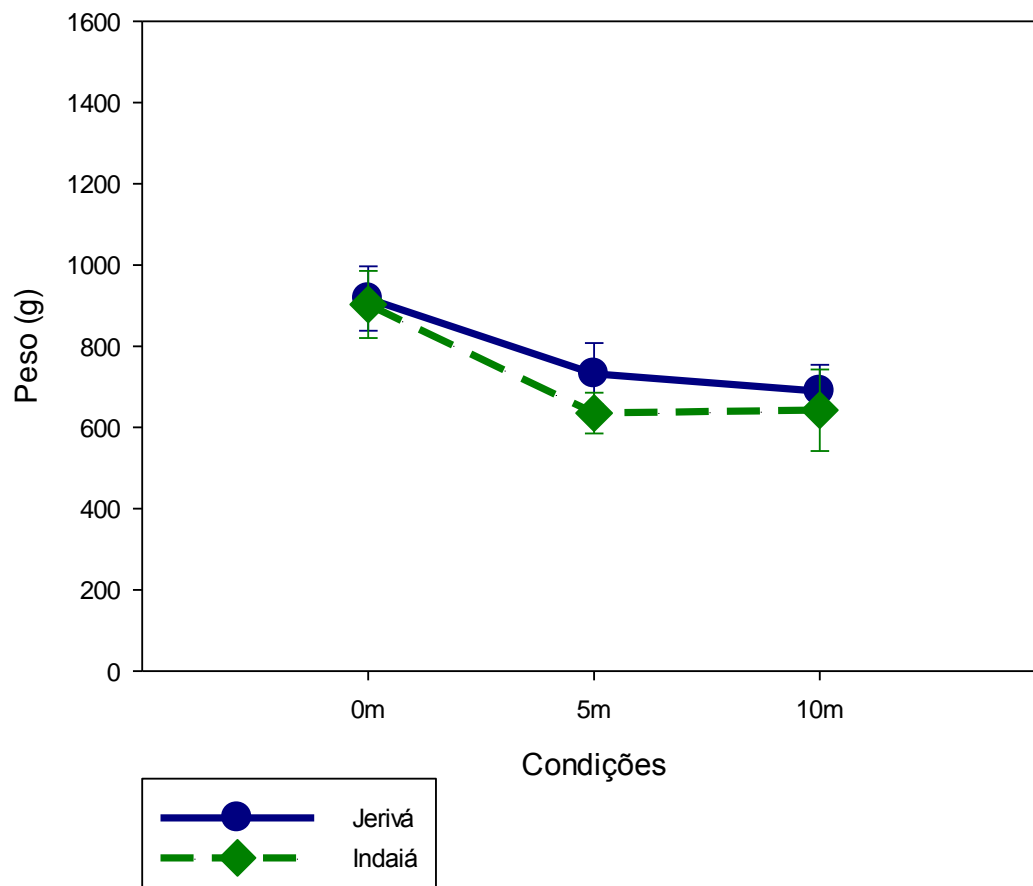
Esse resultado sugere que o custo do transporte da ferramenta até o seu local de uso afeta a escolha entre martelos de diferentes pesos. Talvez em função dos custos de transporte, os sujeitos escolheram martelos mais leves quando estes precisavam ser transportados até a bigorna. No entanto, os resultados sugerem que, enquanto os adultos discriminaram, basicamente, as condições “com transporte” X “sem transporte” (mas escolheram martelos de peso médio similar nas condições 5m e 10m), os pesos médios escolhidos pelos juvenis pareceram refletir mais adequadamente um compromisso entre os custos (transporte) e os benefícios (eficiência) associados aos diferentes pesos de martelos disponíveis, talvez, inclusive, em função da dureza maior do coco de indaiá.

#### **4.4. Bloco 1 – Fornecimento de coco de Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) x Bloco 2 – Fornecimento de coco de Indaiá (*Attalea dúbia*)**

As espécies de cocos disponibilizadas nos Blocos 1 e 2 diferem no grau de dureza, sendo que o coco de jerivá (fornecido no Bloco 1) é menor e requer menos golpes para ser rompido que o coco de Indaiá (fornecido no Bloco 2).

Os adultos escolheram martelos mais pesados para quebrar as duas espécies de coco na Condição 0m que nas Condições 5m e 10m, sendo que nessa Condição a média de peso dos martelos escolhidos para quebrar jerivá foi de 917,54g e para quebrar indaiá foi de 902,80g, ou seja, praticamente não diferiu (Figura 33).

Os pesos médios dos martelos escolhidos pelos adultos para quebrar ambas as espécies de cocos nas condições de 5m e 10m também se mantiveram próximos, sendo que na Condição 5m a média foi de 732,46g para quebrar jerivá e 635,25g para quebrar indaiá e na Condição 10m a média foi de 689,04g para quebrar jerivá e de 642,31g para quebrar indaiá (Tabela 12).

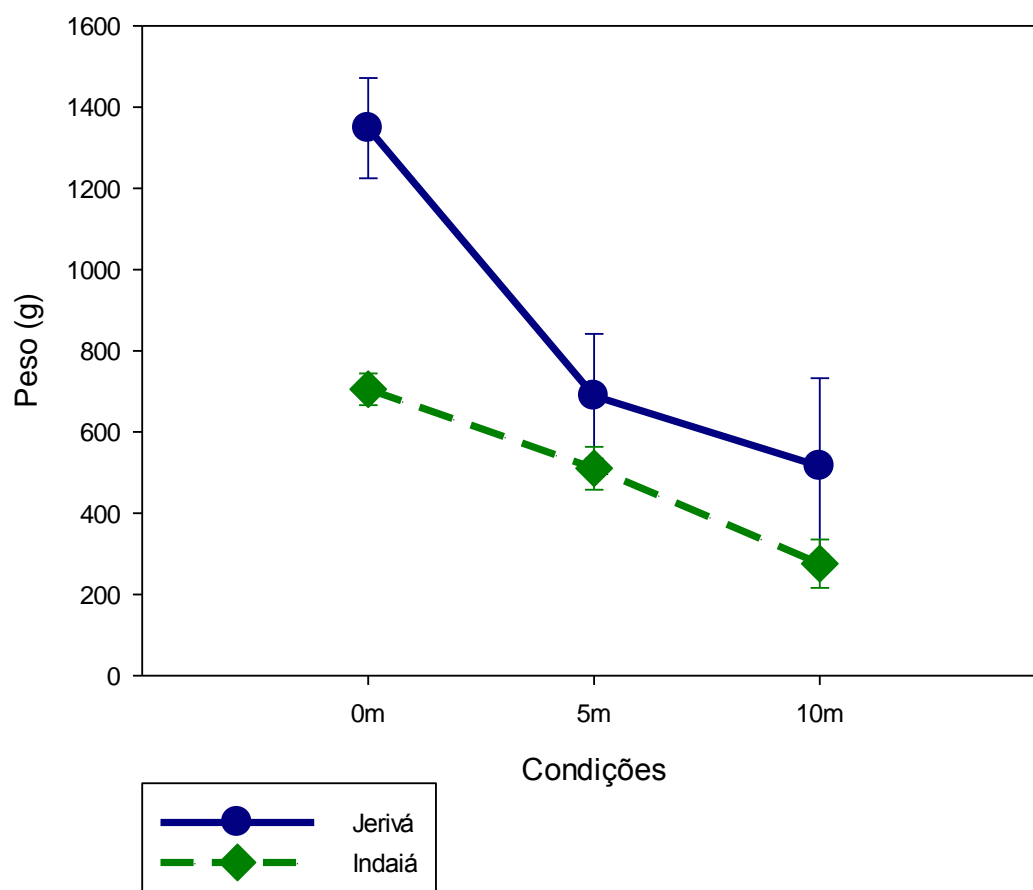


**Figura 33.** Peso médio dos martelos escolhidos (g) por adultos nas três Condições de distância (0m, 5m e 10m) para quebrar cocos jerivá e indaiá.

**Tabela 12.** Peso médio dos martelos escolhidos (g) por adultos nas três Condições de distância (0m, 5m e 10m) para quebrar cocos jerivá e indaiá.

Espécie de coco	Condições	Peso Médio (g)	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
JERIVÁ	0m	917,54	79,252	762,21	1072,87
	5m	732,46	75,635	584,22	880,70
	10m	689,04	65,243	561,16	816,91
INDAIÁ	0m	902,80	82,648	740,82	1064,79
	5m	635,25	50,072	537,11	733,39
	10m	642,31	100,715	444,92	839,71

Os juvenis também escolheram, em média, martelos mais pesados para quebrar cocos jerivá na Condição 0m que nas Condições 5m e 10m. E para quebrar indaiá eles escolheram martelos mais pesados nas Condições 0m e 5m que na Condição 10m, mas neste caso parece haver uma variação mais gradual em função da distância que no caso da quebra de cocos de jerivá(Figura 34) – ou do observado nos adultos em ambos os Blocos, onde os sujeitos parecem ter discriminado, basicamente, as situações exigindo ou não transporte dos martelos (mas não a distância de transporte).



**Figura 34.** Peso médio dos martelos escolhidos (g) por juvenis nas três Condições de distância (0m, 5m e 10m) para quebrar cocos jerivá e indaiá.

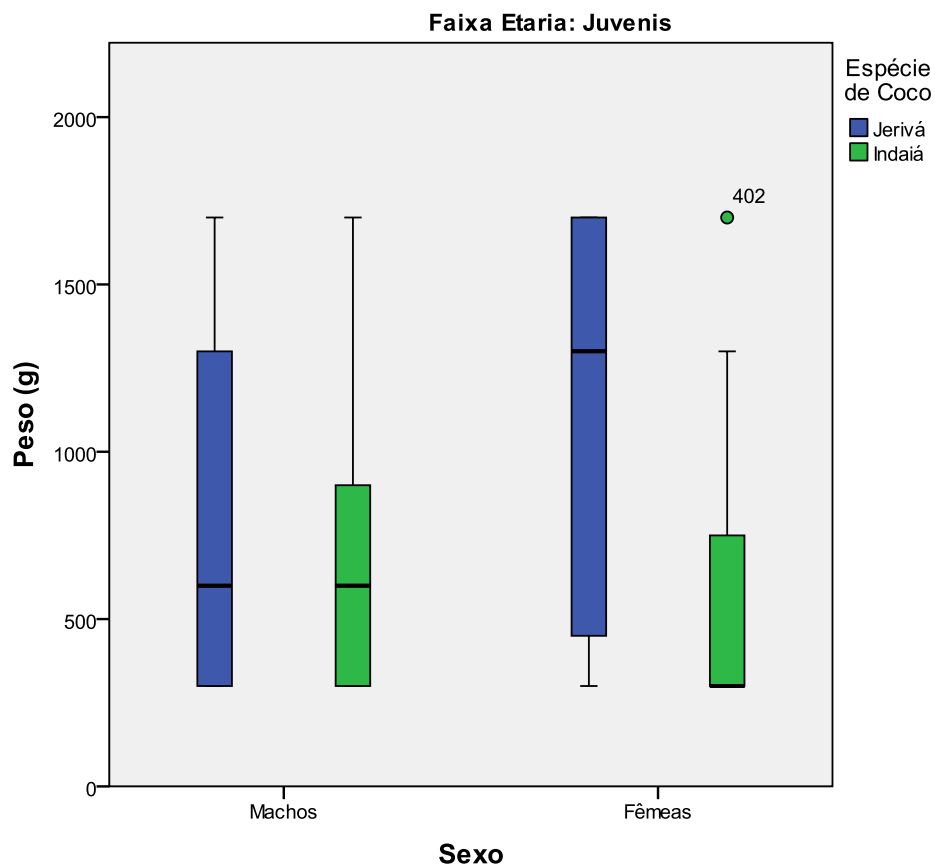
A média de peso dos martelos escolhidos pelos juvenis para quebrar jerivá (M= 1348,28g) na Condição 0m foi muito maior que para quebrar indaiá (M= 705,12g) (Tabela 13), o que é contra-intuitivo já que o coco mais duro é o indaiá. Isso pode ter ocorrido por causa da participação diferencial de machos e fêmeas juvenis que realizaram escolhas nos dois Blocos.

**Tabela 13.** Peso médio dos martelos escolhidos (g) por juvenis nas três Condições de distância (0m, 5m e 10m) para quebrar cocos jerivá e indaiá.

Espécie de Coco	Condições	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
JERIVÁ	0m	1348,28	123,543	1106,15	1590,42
	5m	688,34	153,875	386,75	989,93
	10m	515,54	217,075	90,08	941,00
INDAIÁ	0m	705,12	39,294	628,11	782,14
	5m	510,55	52,901	406,87	614,23
	10m	275,84	59,663	158,90	392,78

As fêmeas juvenis apresentaram uma preferência por martelos mais pesados no Bloco 1 (Figura 35), porém elas tiveram uma participação maior nesse Bloco 1 (n= 32) que no Bloco 2 (n= 20) podendo, com isso, terem elevado o peso médio dos martelos escolhidos pelos juvenis no Bloco 1, e não influenciado tanto na média no Bloco 2. Como no Bloco 2 foram os machos juvenis que participaram mais (n= 42), e estes apresentaram uma média dos martelos escolhidos equiparada com o dos adultos, isso pode ter feito com que

essa média se igualasse estatisticamente à dos adultos na Condição 0m neste Bloco 2.



**Figura 35.** Peso médio dos martelos escolhidos (g), na Condição 0m, por juvenis machos e juvenis fêmeas, para quebrar jerivá e indaiá. A linha preta indica a mediana; ° representa *outlier*.

## 5. Discussão

### 5.1. Eficiência dos martelos e Proficiência dos indivíduos na quebra de frutos encapsulados

Algumas características da ferramenta utilizada para a quebra de frutos encapsulados podem influenciar na sua eficiência. O peso do martelo é, sem dúvida, uma dessas características importantes, pois quando associado à força

e à experiência do indivíduo na quebra irá determinar o impacto do golpe desferido.

No intuito de investigar uma possível diferença na efetividade de martelos com pesos diferentes quando utilizados na quebra de cocos (Hipótese 1), analisamos a proficiência dos indivíduos do grupo estudado (taxa de Golpes por Cocos Quebrados – GCQ) quando estes utilizavam martelos com pesos diferentes.

Em um estudo realizado por Schrauf e col. (2008) onde foram fornecidos, para um grupo cativo de macacos-prego, martelos com pesos variando de 150g a 750g e que possuíam as outras características de forma, tamanho, material e cor idênticas mostrou que eles eram capazes de desenvolver uma preferência baseada somente no peso da ferramenta, e que essa seletividade aumentava a proficiência dos indivíduos na quebra, ou seja, quando utilizavam os martelos mais pesados, eles precisavam de menos golpes e menos tempo para romper o fruto.

Baseados nos resultados do estudo citado acima, previmos que indivíduos realizando a quebra de cocos com martelos mais pesados apresentariam uma menor taxa GCQ. Nossos resultados confirmaram essa previsão, já que quanto maior o peso do martelo utilizado, dentre os pesos disponíveis, menos golpes foram necessários para romper o coco, independentemente de estarem quebrando cocos de jerivá ou de indaiá.

Características intrínsecas dos indivíduos também podem influenciar na eficiência da ferramenta: indivíduos maiores e mais fortes seriam capazes de



desferir golpes com maior impacto, e indivíduos mais experientes, como adultos que passaram mais tempo “treinando” a quebra, apresentariam uma técnica mais eficaz.

Para investigar uma possível eficiência diferencial na quebra de cocos entre as classes de sexo e faixa etária (Hipótese 2), buscamos sustentar duas previsões baseadas em resultados encontrados para macacos-prego.

A primeira previsão - Indivíduos maiores, como machos adultos, necessitarão de menos golpes para romper o fruto por serem mais fortes e por isso serem capazes de desferir golpes com maior impacto - foi baseada no estudo de Fragazy e col. (2009) realizado com um grupo de *S. libidinosus* selvagem. Nesse estudo foram fornecidos cocos de Piaçava (*Orbignya sp*) e um martelo pesando 1,465Kg. Todos os sujeitos tiveram o seu peso mensurado e foi constatado que machos adultos são bem mais pesados que fêmeas e juvenis. A eficiência dos indivíduos na quebra foi medida pela quantidade de cocos quebrados em 100 golpes. Os autores encontraram que machos adultos, pesando em média nesse grupo 3,5kg ou mais, foram muito mais eficientes que fêmeas e juvenis. A diferença no peso corporal de fêmeas adultas e juvenis é de apenas alguns gramas e para esses dois grupos o peso corporal não foi um preditor forte da eficiência na quebra de cocos.

A segunda previsão referente à H2 - Indivíduos com mais prática na quebra de cocos, como adultos, necessitarão de menos golpes para romper o fruto – foi baseada em um estudo também realizado no Parque Ecológico do Tietê, com o mesmo grupo do presente estudo, de Coelho (2009) que verificou

que os adultos são os mais proficientes na quebra de cocos (*Syagrus romanzoffiana*). Neste estudo, a eficiência dos indivíduos foi definida pela taxa de episódios de quebra onde pelo menos um coco foi efetivamente quebrado.

Nossos resultados mostraram que houve um efeito isolado da Faixa Etária na média de golpes por cocos quebrados (GCQ), sendo que adultos, que são mais experientes e maiores (especialmente no caso dos machos) que juvenis, precisaram de menos golpes para romper o coco, independentemente do sexo do indivíduo e da espécie de coco que foi quebrada. O Sexo do indivíduo não foi um bom preditor da taxa GCQ.

Podemos concluir, então, que esses resultados suportam parcialmente a hipótese de uma possível eficiência diferencial na quebra de cocos entre as classes de sexo e faixa etária. O fato do sexo do sujeito não ter sido um bom preditor na taxa GCQ, ao contrário do observado no caso do grupo testado na Fazenda Boa Vista (Fragaszy et al, 2009), talvez se deva ao fato de que a dureza da espécie maior e mais dura de coco fornecida nesse experimento (indaiá) não possa ser equiparada àquela fornecida no experimento realizado com os macacos-prego selvagens (piaçava). Isso porque o coco de piaçava é bem maior que o coco de indaiá e, talvez, por isso, ser maior e mais forte, como os machos adultos, talvez faça mais diferença para quebrar o coco de piaçava que para quebrar o coco de indaiá. Também não temos as medidas de peso dos indivíduos do nosso grupo para quantificar precisamente a diferença entre as classes de sexo e faixa etária do grupo estudado.

Outro fator que poderia influenciar o desempenho dos sujeitos no uso da ferramenta, e que buscamos também investigar aqui, é a resistência da espécie de coco a ser quebrada. Para tanto, oferecemos duas espécies de cocos com diferentes graus de resistência, jervá (menor) e indaiá (maior e mais resistente à quebra).

A Hipótese 3 previa uma possível diferença na efetividade de martelos com pesos diferentes para a quebra de frutos com diferentes graus de dureza.

Os resultados encontrados para um grupo de macacos-prego selvagens (*S. libidinosus*) mostraram que para quebrar cocos de Piaçava (*Orbignya sp*) intactos (mais duros e difíceis de quebrar) os indivíduos precisavam de mais golpes que para quebrar cocos dessa mesma espécie que já haviam sido parcialmente quebrados (mais fáceis de quebrar) (Fragaszy et al, 2009).

Como não temos a medida exata do grau de dureza das duas espécies de cocos disponibilizadas neste estudo buscamos verificar se, de fato, o coco de jervá era menos resistente, ou seja, necessitaria de menos golpes para ser rompido que o coco de indaiá. E baseados nos resultados encontrados por Fragaszy e col. (2009) essa foi a previsão que levantamos referente à Hipótese 3.

Nossos resultados mostraram que os indivíduos precisaram de, em média, menos golpes para romper cocos de jervá que para romper cocos de indaiá.

## **5.2. Escolhas de martelos quanto ao peso, custo de transporte e dureza da espécie de coco**

Em alguns dos primeiros estudos que buscaram investigar um possível entendimento da causalidade física das ferramentas utilizadas por macacos-prego pareciam indicar que eles não apresentavam uma capacidade de compreensão dos mecanismos de causa-e-efeito da ferramenta (Visalberghi & Trinca, 1989; Visalberghi & Limongelli, 1994). Porém, estudos subseqüentes parecem indicar que não só esses primatas possuam a capacidade de distinguir ferramentas funcionais de não-funcionais (Evans & Westergaard, 2004) como também parecem indicar que esses primatas são não só capazes de escolher as ferramentas funcionais mas também, dentre as ferramentas funcionais, a mais eficiente (Antinucci & Visalberghi, 1986; Schrauf *et al*, 2008; Falótico, 2006; Visalberghi *et al*, 2009a).

Com o intuito de investigar as escolhas de ferramentas utilizadas na quebra de frutos encapsulados por macacos-prego montamos um experimento que teve como objetivos gerais analisar uma possível preferência por martelos de determinado peso, se essa preferência se modifica quando acrescido o custo de transporte dessa ferramenta até o seu local de uso ou se ela se modifica quando associada a dois cocos que diferem no grau de dureza.

### **5.2.1. Escolhas por martelos de uma determinada faixa de peso/tamanho utilizados para a quebra de fruto encapsulados**

Uma série de experimentos realizados com um grupo de macacos-prego selvagens (*S. libidinosus* – Faz. Boa Vista - Gilbués) mostrou que esses primatas conseguem distinguir o martelo funcional do não-funcional e escolher

o funcional (Visalberghi *et al*, 2009a). Como no nosso experimento todos os cinco pesos diferentes de martelos que foram disponibilizados são funcionais, isso porque mesmo quebrando com o martelo de menor peso (300g) os indivíduos eram capazes de quebrar os cocos, o foco aqui foi investigar a escolha por martelos mais eficientes, ou seja, que apresentavam uma menor taxa GCQ, dentre os funcionais.

A hipótese de uma possível preferência por martelos de determinada faixa de peso, que também foi a nossa Hipótese 4 (H4), já havia sido investigada em um trabalho realizado com o mesmo grupo do presente estudo, com o mesmo desenho experimental que o utilizado por nós na Condição 0m (Falótico, 2006). Nesse trabalho, verificou-se que tanto adultos como juvenis exibiram uma preferência pelo martelo de 1300g, o segundo mais pesado. Esse resultado sugeria um balanço entre os custos e benefícios de utilizar um martelo mais pesado, já que embora o martelo mais pesado seja o mais eficiente ele também estaria associado a um maior custo na sua utilização.

O peso médio dos martelos escolhidos pelos juvenis para quebrar coco de jerivá (mesma espécie de coco fornecida por Falótico) em nosso estudo foi de 1348g, mas o peso médio dos martelos escolhidos pelos adultos foi menor, 917g. Porém, no estudo anterior, não foram calculadas as médias de pesos escolhidos e por isso uma comparação mais fina não pôde ser realizada.

Por outro lado, ao compararmos as distribuições totais das escolhas (todos os indivíduos) nos dois estudos (com os martelos fornecidos junto às bigornas), ao contrário da tendência a preferir o segundo martelo mais pesado,

observada por Falótico, (2006), observamos uma distribuição bastante homogênea: os “pesos médios” dos martelos escolhidos são próximos do peso do martelo “médio” (900g) não porque esse tenha sido significativamente mais escolhido, mas, sim, porque as frequências similares de escolha produziram uma média próxima à média geral de peso dos martelos disponibilizados – o que sugere (se observarmos apenas estes dados totais) uma “escolha” aleatória dos martelos.

No entanto, ao decompor a amostra nas classes de sexo e idade, passamos a perceber padrões menos “aleatórios”, mas simétricos/complementares, com os machos tendendo a escolher martelos mais leves e as fêmeas, os mais pesados – o que produziu uma distribuição total mais homogênea.

A escolha “ótima” pode variar de acordo com as características físicas (tamanho/força) e experiência dos indivíduos; sendo assim, os resultados totais das escolhas das escolhas podem mascarar padrões mais definidos de “preferências” individuais ou das diferentes classes de sexo/idade.

Assim como os resultados para as classes de sexo/idade mostraram que há padrões distintos e, para machos e fêmeas, opostos (que se compensam e “mascaram” no total geral), um exame das escolhas individuais de alguns sujeitos (aqueles cujas frequências de participação nas 3 Condições para cada Bloco permitiram ao menos um exame qualitativo das escolhas de martelos) mostrou, na maioria dos casos, distribuições menos homogêneas,

correspondendo a escolhas aparentemente menos “aleatórias” do que sugere a distribuição total

Não constatamos nestas escolhas individuais, entretanto, uma relação clara entre os martelos preferidos e as taxas GCQ obtidas pelos indivíduos com cada martelo. As três fêmeas que apresentaram um número de escolhas satisfatório para que se pudesse fazer algum tipo de inferência sobre suas preferências individuais escolheram mais vezes os martelos que para elas eram os mais eficientes. Já entre os machos, DAV realizou escolhas bastante variadas e como as suas taxas GCQ não variaram muito (ou seja, as médias de golpes por cocos quebrados foram bastante próximas com todos os cinco pesos de martelos disponibilizados) e também levando em consideração que ele é maior que os outros machos, o tamanho/força desse indivíduo podem ter diminuído os custos de manejar o martelo e a eficiência relativa associada ao peso dos martelos e, por isso, talvez não faça muita diferença para ele quebrar com martelos mais leves ou mais pesados. Os outros dois machos adultos examinados individualmente, MED e SUS, apresentaram uma preferência pelo martelo mais leve (300g), mesmo este martelo não sendo o mais eficiente para eles. E o único macho juvenil (VIK) que foi analisado individualmente não escolheu nenhuma vez os dois martelos com os quais ele apresentou uma menor taxa GCQ (900g e 1300g).

Sendo assim, não é possível afirmar que as “preferências” individuais resultem de estratégias claras de “otimização” da quebra, embora possam resultar de um compromisso entre a otimização do número de golpes (minimização das taxas GCQ) e outros fatores relevantes de custo/benefício,

tais como os custos energéticos ou os riscos diferenciais de lesão corporal associados ao manejo de martelos de diferentes pesos.

A técnica do indivíduo também pode influenciar na escolha, assim como o tamanho corporal e, conseqüentemente, a força aplicada no golpe, ou seja, como adultos são geralmente mais experientes na quebra, talvez a técnica diminua a vantagem de utilizar um martelo mais pesado. Um caso sugestivo neste sentido é o do macho adulto MED. Ele é um dos mais velhos do grupo, e supomos que tenha sido um dos responsáveis pela disseminação do comportamento de quebra de cocos neste grupo. Desde o início das observações realizadas no Parque Ecológico do Tietê ele se destacava por utilizar pedras bem pequenas para quebrar cocos. MED é extremamente proficiente tanto na técnica de posicionamento dos cocos sobre a bigorna (um fator bastante relevante para a proficiência individual) quanto no manejo de martelos menores, o que faz com que ele obtenha taxas GCQ bastante baixas mesmo com os martelos mais leves, tornando preferênciã por estes coerente em termos de “otimização” do comportamento.

Indivíduos menores, como fêmeas ou machos juvenis, podem se beneficiar mais com martelos mais pesados, já que a força aplicada no golpe por esses sujeitos é menor. Por outro lado, utilizar um martelo bem mais pesado pode gerar um custo também maior para estes indivíduos. Nossos resultados talvez reflitam o equilíbrio variável entre esses custos e benefícios, já que o peso médio dos martelos escolhidos pelos juvenis (1300g) foi maior que o dos martelos escolhidos pelos adultos (9170g), o que talvez indique uma compensação dos juvenis na força aplicada no golpe, já que esses indivíduos



são menores que os adultos e com um martelo mais pesado, menos golpes são necessários para romper o coco.

### **5.2.2. Pesos médios dos martelos escolhidos quando acrescido o custo de transporte dessa ferramenta**

Os martelos utilizados por macacos-prego na quebra de cocos podem representar até 25-40% da média de peso corporal de machos e fêmeas adultos (Visalberghi et al., 2007) e, por isso, parece seguro afirmar que esse transporte implica em um custo não-desprezível. O grau de influência desse custo de transportar a ferramenta até a bigorna foi o ponto que buscamos avaliar a partir da hipótese (H5) de uma preferência diferencial pelo peso do martelo quando acrescido o custo do transporte. Para isso, disponibilizamos os martelos em três Condições de distância: 0m, Condição sem transporte; 5m e 10m. E previmos que nas Condições de distância de 5m e 10m os sujeitos poderiam preferir martelos um pouco mais leves que na Condição de 0m para “compensar” os custos relacionados ao transporte.

Para quebrar cocos de jerivá, o peso médio dos martelos escolhidos tanto por adultos como por juvenis foi maior na Condição 0m que nas Condições de 5m e 10m, e para esses dois grupos não houve diferença no peso médio dos martelos escolhido nas Condições de 5m e 10m.

O mesmo aconteceu para quebrar cocos de indaiá, porém com uma única diferença, o peso médio dos martelos escolhidos pelos juvenis nas Condições de 0m e 5m não foi significativamente diferente, porém houve diferença no peso médio dos martelos escolhidos por eles nessas duas

Condições do peso médio dos martelos escolhidos por eles na Condição de 10m.

A não-significância na diferença entre o peso médio dos martelos escolhidos nas Condições de 5m e de 10m (exceto para os juvenis, no Bloco 2) talvez indique que a diferença entre essas distâncias não tenha sido suficiente para alterar de forma relevante os custos de transporte da ferramenta ou talvez os indivíduos não “discriminem” essa diferença de distância, mas tão-somente as condições de “transporte” *versus* “não-transporte”. Uma forma de averiguar essas possibilidades seria aumentar a distância de transporte, o que nos daria uma idéia mais clara da importância da distância do transporte e os custos associados à essa distância.

Esses resultados mostram que o custo de transporte influencia a escolha da ferramenta e, portanto, corroboram a hipótese de uma preferência diferencial por martelos de determinada faixa de peso quando acrescido o custo de transporte dessa ferramenta. Isto é, quando há a necessidade de transportar a ferramenta até o seu local de uso, eles escolhem martelos que geram um custo menor nesse transporte, ou seja, martelos mais leves, mesmo que o coco a ser quebrado seja mais resistente.

### **5.2.3. Escolhas de martelos de determinada faixa de peso quando a quebra está associada a cocos de diferentes tamanhos e graus de dureza**

Outra característica que poderia influenciar a eficiência de martelos de diferentes pesos é a dureza da espécie de cocos quebrados. Esse ponto foi o

que buscamos verificar ao testar nossa última hipótese (H6): a existência de uma preferência diferencial por martelos de determinada faixa de peso para a quebra de cocos de diferentes tamanhos e graus de dureza.

Em algumas observações indiretas feitas em uma região de caatinga no Rio Grande do Norte o peso dos martelos encontrados nos sítios de quebra utilizados por *S. libidinosus* variou de acordo com a espécie de cocos encontradas nos mesmos, quanto maior o coco encontrado no sítio mais pesados eram os martelos (Ferreira et al, 2010).

Sabendo que dentre os pesos dos martelos que disponibilizamos, quanto mais pesado o martelo mais eficiente ele é, e também que cocos de indaiá requerem, em média, mais golpes para serem rompidos que cocos de jerivá, poderíamos supor que a relação custo/benefício de utilizar martelos mais pesados seria mais decisiva para quebrar cocos de indaiá que para quebrar cocos de jerivá, o que poderia levar os indivíduos a apresentarem uma preferência por martelos mais pesados para quebrar cocos maiores e mais duros (indaiá) que para quebrar cocos menores (jerivá).

Escolher e utilizar martelos mais pesados gera um custo maior de manejo da ferramenta, mas esse custo poderia ser compensado por uma diminuição na quantidade de golpes necessários para romper o coco.

Contrariando esta previsão, no entanto, a média de peso dos martelos escolhidos pelos adultos foi praticamente a mesma, na Condição 0m, para quebrar cocos de jerivá (917g) e para quebrar cocos de indaiá (902g). Já a média de peso dos martelos escolhidos pelos juvenis, na mesma Condição, foi

bem maior para quebrar cocos de jerivá (1348g) que para quebrar cocos de indaiá (705g).

A diferença nas médias de peso dos martelos escolhidos para quebrar cocos de jerivá e cocos de indaiá pode ter sido enviesada pelas escolhas realizadas pelas fêmeas juvenis; isso porque verificamos que elas, em geral, apresentaram uma preferência por martelos mais pesados para quebrar cocos de jerivá e martelos, em média, mais leves para quebrar cocos de indaiá em comparação às escolhas realizadas por machos e fêmeas adultos e machos juvenis.

Esses resultados gerais parecem indicar que a diferença na resistência das duas espécies de cocos fornecidas nesse experimento não foi tão expressiva para que a diferença na eficiência dos pesos dos martelos disponibilizados para quebrar cocos de jerivá e cocos de indaiá se refletisse na escolha de martelos. Talvez se a diferença na resistência desses cocos fosse maior, a relação custo/benefício fosse ser mais decisiva, a ponto de gerar uma preferência diferencial. Outra explicação plausível seria a falta de experiência dos indivíduos com o coco de indaiá. Esse coco já havia sido apresentado para este grupo em um estudo anterior (Falótico, 2006) mas ele não ocorre naturalmente no Parque Ecológico do Tietê e, por isso, sua quebra não é costumeira. Talvez uma análise das escolhas entre martelos de diferentes pesos ao longo de um período maior de habituação nos permitisse observar uma mudança na preferência ao longo do tempo, confirmando essa hipótese.

Vale ressaltar que o ideal seria que todas as variáveis que pudessem influenciar na escolha de martelos de diferentes pesos e que buscamos investigar (Faixa Etária, Sexo, Condição de Distância e Espécie do Coco) tivessem sido testadas conjuntamente, o que não foi possível realizar na análise sobre as escolhas, já que as variáveis Sexo e Espécie de Coco não puderam ser testadas no modelo estatístico empregado. Uma investigação sobre um método estatístico onde isso pudesse ser feito poderá nos dar respostas mais claras e precisas.

## **6. Conclusões Finais**

Pudemos verificar que, apesar das frequências totais de escolha de cada martelo não indicarem preferências claras, os padrões observados para cada classe de sexo/idade (machos x fêmeas, em especial) parecem refletir padrões mais sistemáticos – e opostos - de preferências, com os machos tendendo a escolher mais frequentemente martelos mais leves e as fêmeas, martelos mais pesados, o que pode ser consequência de diferentes processos de “otimização”, dada as diferenças de tamanho e força entre machos e fêmeas. Também constatamos que as escolhas dos juvenis (em especial, fêmeas) mostraram tendências tão claras, o que pode refletir a menor experiência destes indivíduos.

Pudemos verificar que, depois do peso, o custo do transporte da ferramenta até o local de uso parece ter sido a variável de maior importância, dentre as que investigamos, na escolha do peso médio dos “martelos”: quando estes tinham que ser transportados até as “bigornas”, os indivíduos escolheram

“martelos” mais leves em comparação com a situação onde os “martelos” eram oferecidos junto às “bigornas”; entretanto esse custo não parece ser levado em conta de forma precisa, uma vez que a distância de transporte (5m x 10m) não afetou as escolhas (com a possível exceção dos juvenis, na quebra de cocos de indaiá). Essa similaridade no peso médio dos martelos escolhidos nas duas Condições de transporte (5m e 10m) talvez se explique pela diferença entre essas distâncias não ter sido suficiente para alterar sensivelmente os custos de transporte da ferramenta, ou talvez os indivíduos não “discriminem” essa diferença de distância e o importante para eles seja o custo do transporte *versus* não-transporte. O grau de influência da distância do transporte do martelo nas escolhas poderia ser melhor avaliado aumentando-se essa distância, o que nos daria uma idéia mais refinada da importância dos custos associados à distância do transporte.

E, por fim, a diferença no grau de resistência das duas espécies de cocos fornecidas parece não ter sido tão expressiva a ponto de gerar uma diferença significativa nas escolhas dos martelos. Uma forma de reavaliar esse resultado seria oferecer cocos que apresentassem uma diferença maior no grau de dureza e, assim, gerar um custo ainda maior no manejo do martelo.

## 7. Referências Bibliográficas

- ALFARO, J.W.L., BOUBLI, J.P., OLSON, L.E., FIORE, A., WILSON, B., GUTIÉRREZ-ESPELETA, G.A., CHIOU, K.L., SCHULTE, M., NEITZEL, S., ROSS, V., SCHWOCHOW, D., NGUYEN, M.T.T., FARIAS, I., JANSON, C.H. & ALFARO, M.E. (2011). Explosive Pleistocene range expansion leads to widespread Amazonian sympatry between robuste and gracile capuchin monkeys. *Journal of Biogeography*.
- AMANT, R.ST. & HORTON, T.E. (2008). Revisiting the definition of animal tool use.
- ANDERSON, J.R. (1990). Use of objects as hammers to open nuts by capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Folia Primatologica*, 54: 138-145.
- Animal Behaviour*, 75: 1199-1208.
- ANTINUCCI, F., VISALBERGHI, E. (1986) Tool use in *Cebus apella*: a case study. *International Journal of Primatology*, 7: 351–363.
- AQUINO, C.M.C. & OTTONI, E.B. (2001). Uso induzido de ferramentas por macacos-prego (*Cebus apella*) em condições de semi-liberdade. *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Etologia*: 74.
- BECK, B. (1980). *Animal tool behavior*. New York: Garland STPM Press.
- BENTLEY-CONDIT, V.K. & SMITH, E.O. (2010). Animal tool use: current definitions and an update comprehensive catalog. *Behaviour*, 147: 185-221.
- BOESCH, C. & BOESCH, H. (1983). Optimization of nut-cracking with natural hammers by wild chimpanzees. *Behaviour*, 89(3): 265-286.
- BREUER, T., NDOUNDOU-HOCKEMBA, M. & FISHLOCK, V. (2005). First observation of tool use in wild gorillas. *PLoS Biology*, 3(11), e380.
- BROWN, A.D. & COLILLAS, O.J. (1983). Ecologia de *Cebus apella*. In: MELLO, M. T. (Ed.) *A Primatologia no Brasil*, Brasília, Sociedade Brasileira de Primatologia, pp. 301-312.
- CANALE, G.R., GUIDORIZZI, C.E., KIERULFF, M.C.M. & GATTO, C.A.F.R. (2009). First record of tool use by wild populations of the yellow-breasted capuchin monkey (*Cebus xanthosternos*) and new records for the bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*). *American Journal of Primatology*, 118: 11-24.

- CARVALHO, C.E.G., IZAR, P. & OTTONI, E.B. (2002). Brincadeira e manipulação exploratória em um grupo de macacos-prego (*Cebus apella*). *Anais do 10º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP*, s/n.
- CLEVELAND, A., ROCCA, A.M., WENDT, E.L. & WESTERGAARD, G.C. (2004). Transport of tools to food sites in tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Animal Cognition*, 7: 193-198.
- COELHO, C.G. *Observação por co-específicos e influências sociais na aprendizagem do uso de ferramentas para quebrar cocos por macacos-prego (Cebus sp) em semi-liberdade*. 2009. 147p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- EVANS, T.A. & WESTERGAARD, G.C. (2004). Discrimination of functionally appropriate and inappropriate throwing tools by captive tufted capuchins (*Cebus apella*). *Animal Cognition*, 7: 255–262.
- FALÓTICO, T. *Estudo experimental do uso de ferramentas para a quebra de frutos encapsulados por macacos-prego (Cebus apella) em semi-liberdade*. 2006. 119p. Dissertação (Mestrado em Psicologia Experimental) - Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FALÓTICO, T. *Uso de ferramentas por macacos-prego (Sapajus libidinosus) do Parque Nacional Serra da Capivara – PI*. 2011. 172p. Tese de Doutorado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FERREIRA, R., JERUSALINSKY, L., SILVA, T., FIALHO, M., FERNANDES, A., ROQUE, A. & ARRUDA, M.F. (2009). On the occurrence of *Cebus flavius* (Schreber 1774) in the Caatinga, and the tool use of semi-arid environments by *Cebus* species in the Brazilian State of Rio Grande do Norte. *Primates*, 50(4): 357-362.
- FERREIRA, R.G., EMIDIO, R.A. & JERUSALINKY, L. (2010). Three Stones for three seeds: Natural occurrence of selective tool use by capuchins (*Cebus libidinosus*) based on an analyses of the weight of stones found at nutting sites. *American Journal of Primatology*, 72: 270-275.
- FRAGASZY, D., IZAR, P., VISALBERGHI, E., OTTONI, E.B. & OLIVEIRA, M.G. (2004). Wild capuchin monkeys use anvils and stone pounding tools. *American Journal of Primatology*, 64(4): 359-366.



- FRAGASZY, D.M., BAER, J. & ADAMS-CURTIS, L. (1990). Behavioral development and maternal care in tufted capuchins (*Cebus apella*) and squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) from birth through seven months. *Developmental Psychobiology*, 24(6): 375 – 393.
- FREESE, C.H., & OPPENHEIMER, J.R. (1981). The capuchin monkeys, genus *Cebus*. In: NOLTE, J., DUCKER, C. (Eds.) *Ecology and Behaviour of Neotropical Primates*, Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, pp. 331-390.
- FUJITA, K., KUROSHIMA, H. & ASAI, S. (2003). How do tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*) understand causality involved in tool use? *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 29(3): 233-242.
- HICKS, T.C., FOUTS, R.S., & FOUTS, D.H. (2005). Chimpanzee (*Pan troglodytes troglodytes*) tool use in the Ngotto forest, Central African Republic. *American Journal of Primatology*, 65: 221-237.
- HIRATA, S., MYOWA, M., MATSUZAWA, T. (1998). Use of leaves as cushions to sit on wet ground by wild chimpanzees. *American Journal of Primatology*, 44: 215-220.
- INOUE-NAKAMURA, N. & MATSUZAWA, T. (1997). Development of stone tool use by wild chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology*, 111(2): 159-173.
- IZAWA, K. & MIZUNO, A. (1977). Palm-fruit cracking behavior of wild black-capped capuchin (*Cebus apella*). *Primates*, 18(4): 773-792.
- JALLES-FILHO, E., GRASSETTO, R., DA CUNHA, T. & SALM, R.A. (2001). Transport of tools and mental representation: is capuchin monkey tool behaviour a useful model of Plio-Pleistocene hominid technology? *Journal of Human Evolution*, 40: 365-377.
- KITAHARA-FRISCH, J. & NORIKOSCHI, K. (1982). Spontaneous sponge-making in captive chimpanzees. *Journal of Human Evolution*, 11(1): 41-47.
- KÖHLER, W. (1927). *The mentality of apes* (trad. de E. Winter). Paperback edition (1976), Liveright, New York, vi+336 pp.

- LYNCH, J.W. & RÍMOLI, J. (2000). Demography of a group of tufted capuchin monkeys (*Cebus apella nigritus*) at the Estação Biológica de Caratinga, Minas Gerais, Brazil. *Neotropical Primates*, 8(1): 44-49.
- MALAIVIJITNOND, S., LEKPRAYOON, C., TANDAVANITTJ, N., PANHA, S., CHEEWATHAM, C. & HAMADA, Y. (2007). Stone-tool usage by thai long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*). *American Journal of Primatology*, 69: 227-233.
- MANNU, M. & OTTONI, E.B. (1996). Observações preliminares das técnicas de forrageamento e uso espontâneo de ferramentas por um grupo de macacos-prego (*Cebus apella*, primates - cebidae), em condições de semi-cativeiro. *Anais de Etologia*, 14: 384.
- MANNU, M. & OTTONI, E.B. (1998). Uso espontâneo de ferramentas na quebra de cocos por macacos-prego (*Cebus apella*): aspectos demográficos. *Anais de Etologia*: 16, 179.
- MANNU, M. & OTTONI, E.B. (1999). Postura e lateralidade na quebra espontânea de cocos por um grupo de macacos-prego (*Cebus apella*) em condições de semi-cativeiro. *Resumos do IX Congresso Brasileiro de Primatologia*: 31.
- MANNU, M. & OTTONI, E.B. (2001). Preferência por materiais como ferramentas na quebra de cocos por um grupo de macacos-prego. *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Etologia*: 75.
- MANNU, M. & OTTONI, E.B. (2001). Preferência por materiais como ferramentas na quebra de cocos por um grupo de macacos-prego. *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Etologia*: 75.
- MANNU, M. & OTTONI, E.B. (2009) The enhanced tool-kit of two groups of wild bearded capuchin monkeys in the Caatinga: tool making, associative use, and secondary tools. *American Journal of Primatology*, 70: 1-10.
- MARTIN, P. & BATESON, P. (1993). *Measuring behaviour - an introductory guide*. (2nd ed.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- MOURA, A.C.A., & LEE, P.C. (2004). Capuchin stone tool use in caatinga dry forest. *Science*, 306: 1909.

- NISHIDA, T. (1987). Local traditions and cultural transmission. In: SMUTS, B. B.; CHENEY, D. L.; SEYFARTH, R. M.; WRANGHAM, R. W.; STRUHSAKER, T. T. *Primate societies*. Chicago, IL: University of Chicago Press, p. 462-474.
- OTTONI, E.B. & IZAR, P. (2008). Capuchin monkey tool use: overview and implications. *Evolutionary Anthropology* 17:171–178.
- OTTONI, E.B. & MANNU, M. (2005). Towards a map of capuchin monkeys` tool use: an overview of its occurrence and diversity. *Abstracts of the XIX International Ethological Conference* (Budapest): 68.
- OTTONI, E.B., MANNU, M. & RESENDE, B.D. (2002). Developmental aspects of the spontaneous use of tools by semifree-ranging brown capuchin monkeys. *Abstracts of the XXXIX Animal Behavior Society Meeting*: 70.
- OTTONI, E.B., RESENDE, B.D. & IZAR, P. (2005). Watching the best nutcrackers: what capuchin monkeys (*Cebus apella*) know about others' tool-using skills. *Animal Cognition*, 8: 215–219
- RESENDE, B.D. & OTTONI, E.B. (2002a). Ontogeny of nutcracking behavior in a semifree-ranging group of tufted capuchin monkeys. *Abstracts of the XIXth Congress of the International Primatological Society*, Beijing: 319-320.
- RESENDE, B.D. & OTTONI, E.B. (2002b). Brincadeira e aprendizagem do uso de ferramentas em macacos-prego (*Cebus apella*). *Estudos de Psicologia (Natal)*, 7(1): 173-180.
- RESENDE, B.D., OTTONI, E.B. & FRAGASZY, D.M. (2008). Ontogeny of manipulative behavior and nut-cracking in young capuchin monkeys (*Cebus apella*): a Perception-Action perspective. *Developmental Science*, 11(6): 828-840.
- RILLING, J.K. & INSEL, T.R. (1999). The primate neocortex in comparative perspective using magnetic resonance imaging. *Journal of Human Evolution*, 37: 191–223.
- ROCHA, V.J., REIS, N.R. & SEKIAMA, M.L. (1998). *Revista Brasileira de Zoologia*, 15(4): 945-950.
- SAKURA, O. & MATSUZAWA, T. (1991). Flexibility of wild chimpanzee nut-cracking behavior using stone hammers and anvils: an experimental analysis. *Ethology*, 87: 237-248.

- SCHRAUF, C., HUBER, L. & VISALBERGHI, E. (2008). Do capuchin monkeys use weight to select hammer tools? *Animal Cognition*, 11: 413-422.
- SILVA Jr., J.S. *Especiação nos macacos-prego e caiararas, gênero Cebus Erxleben (Primates, Cebidae)*. 2001. Tese de Doutorado, Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SILVA, F.D., RESENDE, B.D. & OTTONI, E.B. (2000). Terrestrialidade e bipedalismo em macacos-prego (*Cebus apella*) em semi-liberdade: observações preliminares. *Anais do XVIII Encontro Anual de Etologia*: 117.
- STRUHSAKER, T.T. & LELAND, L. (1977). Palm-nut smashing by *Cebus a. paella* in Colômbia. *Biotropica*, 9: 124-126.
- TAIRA, J.T., VERDERANE, M.P., OTTONI, E.B., IZAR, P. (2002). Exploração das palmeiras *Euterpe edulis* e *Anchontophoenix cunninghamiana* por duas populações de macacos-prego (*Cebus apella*). *Anais de Etologia*, 20: 326.
- TOMASELLO, M. & CALL, J. (1997). *Primate cognition*. Oxford University Press, New York, ix+517 pp.
- VAN SCHAİK, C. P. & PRADHAN, G. (2003). A model for tool-use traditions in primates: implications for the coevolution of culture and cognition. *Journal of Human Evolution*, 44(6): 645-664.
- VAN SCHAİK, C.P., FOX, E.A. & SITOMPUL, A.F. (1996). Manufacture and use of tools in wild Sumatran orangutans: implications for human evolution. *Naturwissenschaften*, 83: 186-188.
- VAN SCHAİK, C.P., FOX, E.A. & SITOMPUL, A.F. (1996). Manufacture and use of tools in wild Sumatran orangutans: implications for human evolution. *Naturwissenschaften*, 83: 186-188.
- VISALBERGHI, E. & LIMONGELLI, L. (1994). Lack of comprehension of cause-effect relations in tool-using capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 108(1): 15-22.
- VISALBERGHI, E. & TRINCA, L. (1989). Tool use in capuchin monkeys: distinguishing between performing and understanding. *Primates*, 30(4): 511-521.

- VISALBERGHI, E., ADDESSI, E., TRUPPA, V., SPAGNOLETTI, N., OTTONI, E., IZAR, P. & FRAGASZY, D. (2009). Selection of effective stone tools by bearded capuchin monkeys. *Current Biology*, 19: 213-217.
- VISALBERGHI, E., FRAGASZY, D., IZAR, P. & OTTONI, E.B. (2005). Terrestriality and tool use. *Science*, 308: 951.
- VISALBERGHI, E., FRAGASZY, D., OTTONI, E.B., IZAR, P., OLIVEIRA, M.G. & ANDRADE, F.R.D. (2007). Characteristics of hammer stones and anvils used by wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) to crack open palm nuts. *American Journal of Physical Anthropology*, 132: 426-444.
- VISALBERGHI, E., FRAGASZY, D., OTTONI, E.B., IZAR, P., OLIVEIRA, M.G. & ANDRADE, F.R.D. (2007). Characteristics of hammer stones and anvils used by wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) to crack open palm nuts. *American Journal of Physical Anthropology*, 132: 426-444.
- VISALBERGHI, E., FRAGASZY, D.M. & SAVAGE-RUMBAUGH, S. (1995). Performance in a tool-using task by common chimpanzees (*Pan troglodytes*), Bonobos (*Pan paniscus*), an Orangutan (*Pongo pygmaeus*), and capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 109(1): 52-60.
- VISALBERGHI, E., SABBATINI, G., SPAGNOLETTI, N., ANDRADE, F., OTTONI, E., IZAR, P. & FRAGASZY, D. (2008). Physical properties of palm fruits processed with tools by wild bearded capuchins (*Cebus libidinosus*). *American Journal of Primatology*, 70: 884–891.
- WESTERGAARD, G.C. & FRAGASZY, D.M. (1987). The manufacture and use of tools by capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 101(2): 159-168.
- WESTERGAARD, G.C. & SUOMI, S.J. (1993a). Use of a tool-set by capuchin monkeys. *Primates*, 34(4): 459-462
- WESTERGAARD, G.C. & SUOMI, S.J. (1993b). Hand preference in the use of nut-cracking tools by tufted capuchin monkeys. *Folia Primatologica*, 61: 38-42.
- WESTERGAARD, G.C. & SUOMI, S.J. (1994a). A simple stone-tool technology in monkeys. *Journal of Human Evolution*, 27: 399-404.

WESTERGAARD, G.C. & SUOMI, S.J. (1994b). The use and modification of bone tools by capuchin monkeys. *Current Anthropology*, 35(1): 75-77.

WESTERGAARD, G.C. & SUOMI, S.J. (1994d). Asymmetrical manipulation in the use of tools by tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Folia Primatologica*, 63: 96-98.

WESTERGAARD, G.C. & SUOMI, S.J. (1994e). The use of probing tools by tufted capuchins (*Cebus apella*): evidence for increased right-hand preference with age. *International Journal of Primatology*, 15(4): 521-529.

WESTERGAARD, G.C. & SUOMI, S.J. (1994f). Aimed throwing of stones by tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Human Evolution*, 9(4): 323-329.

\* \* \*