**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

Análise isotópica de diferentes tecidos de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) de criadouro e vida livre

Sandra Maria Navarro

Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre em Ecologia Aplicada

**Piracicaba
2009**

Sandra Maria Navarro
Bióloga

**Análise isotópica de diferentes tecidos de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*)
de criadouro e vida livre**

Orientador:
Dr. **PLÍNIO BARBOSA DE CAMARGO**

Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre em Ecologia Aplicada

**Piracicaba
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Navarro, Sandra Maria

Análise isotópica de diferentes tecidos de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) de criadouro e vida livre / Sandra Maria Navarro. - - Piracicaba, 2009.
80 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Capivaras 2. Carbono 3. Dieta animal 4. Ecologia animal 5. Isótopos estáveis 6. Manej animal 7. Nitrogênio I. Título

CDD 636.9323
N322a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A VIDA É UM DESAFIO, ENFRENTA-O.

A VIDA É UM SONHO, REALIZE-O.

A VIDA É UM JOGO, JOGUE-O.

A VIDA É AMOR, DESFRUTE-O.

Sai Baba

DEDICO INTEIRAMENTE ESTE TRABALHO A DEUS,
AOS MEUS PAIS, QUE ME DERM A VIDA E ME
APOIARAM INCONDICIONALMENTE EM TODOS
OS MOMENTOS, E A MINHA AVÓ IZOLINA (*in memoriam*)

SÍMBOLO DE PERSEVERANÇA E FORTALEZA.

O MEU ETERNO AGRADECIMENTO!!!

AGRADECIMENTOS

“NÃO HÁ NO MUNDO EXCESSO MAIS BELO QUE O DA GRATIDÃO”

La Brayère

Sendo assim, quero neste momento, demonstrar toda a minha gratidão às pessoas que tornaram direta ou indiretamente o processo deste trabalho, inesquecível e especial.

Quero agradecer imensamente pela oportunidade de aprendizado, conhecimento e experiência de vida ao meu orientador PLÍNIO BARBOSA DE CAMARGO, uma pessoa que demonstrou tamanha paciência e companheirismo durante todo o processo.

MUITO OBRIGADA!!!

Ao meu comitê de orientação MARCELO ZACHARIAS MOREIRA, pelo entusiasmo demonstrado em seu trabalho, uma pessoa que foi para mim exemplo de disciplina, obrigada por ter me recebido quando visitei o laboratório pela primeira vez e muito obrigada pelos ensinamentos transmitidos. A KATIA MARIA PASCHOALETTO MICCHI DE BARROS FERRAZ obrigada pela oportunidade deste mestrado, obrigada pela sua dedicação, atenção, compreensão das dificuldades que eu apresentei durante este processo. Seus conhecimentos e sua paciência foram fundamentais para a realização deste trabalho, ***MUITO OBRIGADA!!!***

Aos professores que tive no decorrer do mestrado: REGINA TERESA ROSIM MONTEIRO, LUIZ ANTONIO MARTINELLI, ANA RAQUEL LUCATO CIANFLONE, GLAUCIA MARIA da SILVA, RODRIGO AUGUSTO SANTINELO PEREIRA, DAVID de JONG, obrigada pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

Ao Laboratório de Ecologia Animal ESALQ/USP em nome do Prof. Dr. LUCIANO MARTINS VERDADE por ter cedido os tecidos das capivaras, material este que fortificou o trabalho, ***MUITO OBRIGADA!!!***

Ao Instituto Florestal de São Paulo, aos veterinários e funcionários do Parque Estadual Alberto Löfgren, pela coleta de material realizada, muito obrigada. E um agradecimento especial ao MARCIO PORT CARVALHO, pela atenção, receptividade e dedicação demonstrada. **MUITO OBRIGADA!!**

Obrigada a equipe da ONG Tropical Sustainability Institute, por ter realizado as coletas dos tecidos nos criadouros comerciais, e um agradecimento em especial ao GONZALO BARQUEIRO pela gentileza, confiança, atenção, experiência e entusiasmo em poder contribuir para o avanço do conhecimento científico. **MUITO OBRIGADA!!**

Obrigada aos proprietários e funcionários dos criadouros comerciais da Fazenda das Posses e Fazenda Santarém, obrigada pela atenção e serviços prestados. **MUITO OBRIGADA!!**

Durante o processo do mestrado, algumas tentativas de captura de capivaras foram realizadas, porém não obtendo sucesso, mesmo assim, quero neste espaço demonstrar minha eterna gratidão a algumas pessoas que batalharam e me deram forças nestes momentos:

Quero agradecer ao Sr. HUGO BENEDINE, proprietário da Fazenda Santa Esília, que autorizou a captura das capivaras que são criadas dentro da fazenda;

Aos seus funcionários em especial ao Sr. PEDRINHO pela atenção e ajuda prestada na montagem das armadilhas, pela paciência e carinho;

Ao JOÃO veterinário que me forneceu material e conhecimento técnico, quero agradecê-lo imensamente por todo o apoio e atenção;

Ao FLÁVIO veterinário que me acompanhou até a Fazenda algumas vezes, muito obrigada pela atenção;

E quero agradecer de uma maneira muito especial ao meu anjo da guarda, uma pessoa que tenho a honra de tê-lo como amigo, J. MARTINS. Uma pessoa que para agradecê-lo me faltam palavras, tamanha a sua pureza e bondade, foi meu companheiro de tocaia na captura, ajuda técnica, palavra amiga, e que me demonstrava

determinação e otimismo nos momentos em que eu desanimava. A vocês minha eterna gratidão!!!! **MUITTTTOOOO OBRIGADAAAA!!!**

Um agradecimento aos funcionários técnicos do Laboratório de Ecologia Isotópica: quero agradecer a TONINHA pela ajuda, pelo seu serviço e carinho demonstrado no decorrer do meu trabalho; ao GERALDO por todo seu auxílio e amizade; a FABIANA pela ajuda prestada, conhecimento transmitido, e por facilitar e organizar nosso ambiente de trabalho, muito obrigada pela atenção; a SIMONI por toda a ajuda prestada e colaboração, ao EDMAR por todo auxílio, e a todo o corpo de funcionários do laboratório que direta ou indiretamente auxiliou na realização do meu trabalho.

Um agradecimento ao Programa de Pós-graduação Interunidades, Ecologia Aplicada, quero agradecer as secretárias REGINA por todo auxílio e paciência; MARA pela atenção e empenho em desenvolver um bom trabalho e um agradecimento especial ao coordenador do programa REYNALDO LUIZ VICTÓRIA pela oportunidade. **MUITO OBRIGADA!!**

Ao CNPQ pela concessão da bolsa, obrigada pelo auxílio financeiro!!

Aos amigos e colegas que aqui conquistei, quero agradecer pelas risadas, trocas de informações e conhecimentos, pela ajuda, pelo companheirismo, pelas “baladinhas”, por terem tornado meus momentos dentro deste laboratório inesquecíveis: a GABRIELA pela imensa ajuda em estatística, a minha ex-companheira de baia GAROTS (GI), ao NEI pelas dicas de informática e, sobretudo por transmitir suas experiências de vida; a SUSIAN, BETH, LÚ, TATI, VÂNIA, MAÍRA, FERNANDA, SANDRINHA, MICHELA, companheiras de longas conversas e baladinhas, ao RODRIGÃO, URSO, GEORGE, JOBA, ALEXANDRE, DUZÃO, LUIZ FELIPE, ZÉ MAURO, TAMAGUSHI, MAURICIO, obrigada pelo companheirismo e risadas. Um agradecimento especial a dois mocorongos, maravilhosos, pessoas lindas que conheci aqui e que me receberam em suas casas com tanto amor, ao ERACLITO E JADSON,

minha imensa gratidão, vocês foram protagonista para a realização de um sonho, que era conhecer a Amazônia, e fizeram deste momento muito mais especial que imaginei, muito obrigada pela amizade!!! A todos, o meu **MUITO OBRIGADA!!**

A minha família de Pira, melhor de PIRACICASA, aos meus meninos que transformaram minha estadia em piracicaba, em um período muito especial: ao PEXE menino autêntico, sincero que me ajudou e me transmitiu tanto conhecimento, obrigada por ter me convidado a morar com vocês e obrigada pela sua amizade; ao PEDRÃO meu anjo, companheiro, engraçado, divertido, obrigada por existir; ao CARIOCA menino bom, companheiro de longas conversas e parceiro de avatar, obrigada por tudo, ao agregado da casa LEONARDINHO, meu amigo lindo, obrigada por fazer parte do meu convívio! Cada um de vocês teve papel fundamental para meu amadurecimento durante meu processo em Piracicaba, suas qualidades, seus defeitos, suas dificuldades e suas habilidades, as trocas de vivências e experiências, foram de extremo enobrecimento para minha vida, meu eterno agradecimento. **MUITO OBRIGADA!!!**

Aos amigos de Piracicaba, PINGIN por ter me recebido e acolhido com tanto carinho quando cheguei; DONA EDNA pelo carinho; UVE pela amizade, apoio, confiança e atenção; SOL pela amizade; THIAGO (CAPIVARA) pela amizade, atenção e respeito, pessoas especiais que encontrei pelo caminho!!!**MUITO OBRIGADA!!**

Aos amigos da minha terra: VANESSINHA e MATHEUS parceiros, amigos eternos, meus anjos. MARINA, CAMILA, ANA RITA, JAPA e AMANDA parceiros em desvendar os mistérios da estatística, CRISTIANE, REGIANE, CAMILA e TALITA obrigada pelo companheirismo e amizade. **MUITO OBRIGADA!!**

Aos grupos: Programa Educare Sathya Say pelos ensinamentos em educação baseado em valores humanos, pelas trocas de conhecimento e sábados de filosofia e reflexão, obrigada a todos os integrantes deste grupo em especial ao Prof. DALTON DE SOUZA AMORIM, obrigada por todo o ensinamento e pelo exemplo de retidão. Obrigada ao grupo de preceptoria da Pró-vida, que me acompanhou me dando

embasamento filosófico durante meu período mais crítico, obrigada a todos os integrantes e em especial as monitoras: ANGELITA, VANIA, LILI, PAULA E VERA vocês foram muito especiais!!! A todos vocês o meu **MUITO OBRIGADA!!**

Um agradecimento especial a toda a minha família, meus irmãos SIDNEI e SÉRGIO, a minha irmã SOLANGE, obrigada pelo apoio em todos os momentos, vocês são meus alicerces e exemplos de vida. Obrigada as minhas cunhadas PATRÍCIA E LUCINHA, pelo apoio oferecido, ao meu cunhado FAUSTO pela conversas filosóficas e ensinamentos, aos meus tios GETÚLIO e PAULO, minhas tias CIDA, LUIZA e RUTH pela ajuda e apoio prestados para a realização deste trabalho e por vocês fazerem parte de minha vida, meu eterno agradecimento. Obrigado as minhas primas companheiras, amigas e irmãs: THAIS, VANESSA, VIVIAN e VALÉRIA, aos primos: VINÍCIUS e HEBERT, pelo companheirismo e aos meus sobrinhos e sobrinhas: FAUSTINHO, MAURÍCIO, MARCELA, RAFAELA e LAIZINHA pela alegria. Família que amo tanto!!! **MUITO OBRIGADA!!!**

E para sempre agradecerei a DEUS e aos meus pais RUBENS e DONA MARLENE. **MUITO OBRIGADA!!!**

O GRANDE HOMEM

Mantém seu modo de pensar, independentemente da opinião pública.

É tranqüilo, calmo, paciente; não grita nem desespera.

Pensa com clareza, fala com inteligência.

Vive com simplicidade.

É do futuro e não do passado.

Sempre tem tempo.

Não despreza nenhum ser humano.

Causa a impressão dos vastos silêncios da natureza: O céu.

Não é vaidoso.

Como não anda a cata de aplausos, jamais se ofende.

Possui sempre mais do que julga merecer.

Está sempre disposto a aprender, mesmo das crianças.

Vive dentro do seu próprio isolamento espiritual, aonde não chega nem o louvor e nem a censura.

Não obstante, seu isolamento não é frio: ama, sofre, pensa,

compreende.

O que você possui, dinheiro, posição social, nada significam para
ele.

Só lhe importa o que você é.

Despreza a opinião própria tão depressa verifica o seu erro.

Não respeita usos estabelecidos e venerados pôr espíritos tacanhos.

Respeita somente a verdade.

Tem a mente de homem e coração de menino.

Conhece-se a si mesmo, tal qual é,

E... Conhece a Deus.

Dr. Celso Charuri

SUMÁRIO

RESUMO.....	15
ABSTRACT	17
LISTA DE FIGURAS	19
LISTA DE TABELAS	21
1 INTRODUÇÃO	23
1.1 OBJETIVO.....	25
2 DESENVOLVIMENTO	27
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1.1 Características comportamentais	27
2.1.2 Comportamento alimentar das capivaras	29
2.1.3 Utilização de isótopos estáveis no diagnóstico alimentar.....	31
2.1.4 Fracionamento isotópico	33
2.1.5 “ <i>Turnover</i> ” isotópico	35
2.2 MATERIAL e MÉTODOS	36
2.2.1 Áreas de estudo e material coletado	36
2.2.1.1 Estação Experimental Fazenda Areão, Piracicaba /SP.....	37
2.2.1.2 Parque Estadual Alberto Löfgren, São Paulo /SP	38
2.2.1.3 Criadouro Fazenda das Posses, distrito de Holambra II, Paranapanema /SP ...	42
2.2.1.4 Criadouro Fazenda Santarém, Três Rios /RJ.....	43
2.2.2 Análise isotópica	45
2.2.3 Análise estatística	46
2.3 RESULTADOS e DISCUSSÃO	47
2.3.1 Comportamento dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre os tecidos	47
2.3.2 Comportamento dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre os tecidos	54
2.3.3 Relação dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nos tecidos das capivaras entre as localidades	59
2.3.3.1 Relação dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no músculo.....	59
2.3.3.2 Relação dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no sangue	61
2.3.3.3 Relação dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ na unha	61

2.3.3.4 Relação dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no pêlo.....	62
2.3.4 Diagnóstico dos recursos alimentares utilizados pelas capivaras	63
2.3.4.1 Diagnóstico dos recursos alimentares utilizados pelas capivaras da Estação Experimental Fazenda Areão, Piracicaba/SP	64
2.3.4.3 Diagnóstico dos recursos alimentares utilizados pelas capivaras do criadouro da Fazenda das Posses, Holambra II, Paranapanema/SP.....	66
2.3.4.4 Diagnóstico dos recursos alimentares utilizados pelas capivaras do PEAL, São Paulo/SP.....	67
3 CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS	70
ANEXO.....	76

RESUMO

Análise isotópica de diferentes tecidos de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) de criadouro e vida livre

Com base na metodologia isotópica, este estudo realizou um diagnóstico alimentar de capivaras de vida livre e criadouro analisando diferentes tecidos (músculo, sangue, unha e pêlo), a fim de fornecer informações para estudos de manejo e verificar possíveis alternativas de uso de tecidos que reflita o valor da fonte consumida. Foram analisados os isótopos dos elementos C e N nos tecidos, sendo a interpretação dos resultados para o C baseado nas diferenças isotópicas entre plantas do tipo C₃ e plantas do tipo C₄ enquanto que para o N, baseado no tipo de fixação de nitrogênio que a planta realiza. Os tecidos foram coletados: na Estação Experimental da Fazenda Areão (ESALQ/USP), localizado em Piracicaba/SP, no Parque Estadual Alberto Löfgren, localizado na zona norte de São Paulo/SP e nos criadouros localizados na Fazenda das Posses no distrito de Holambra II, Paranapanema/SP e na Fazenda Santarém na cidade de Três Rios/RJ. O valor médio do fracionamento do $\delta^{13}\text{C}$ das unhas e pêlos em comparação aos músculos e sangue considerando-se todas as áreas de estudo foi de 1,5‰. O percentual de C incorporado nos músculos das capivaras de Piracicaba/SP e do distrito de Holambra II/SP foram 100 e 96% oriundos de plantas de ciclo fotossintético C₄, respectivamente. Nos animais coletados em Três Rios/RJ este percentual variou de 53 a 80%. Na área de São Paulo/SP a partir dos resultados do $\delta^{13}\text{C}$ do sangue, constatou-se um grupo cuja incorporação de C de plantas C₄ variou de 73 a 89% e outro grupo de capivaras que variou entre 46 e 71%. O fracionamento médio do $\delta^{15}\text{N}$ dos pêlos, unhas e sangue em comparação ao músculo foi de 1‰. Os resultados de $\delta^{15}\text{N}$ foram importantes para a caracterização das áreas, pois os agrupamentos de capivaras de cada localidade apresentaram valores que diferiram estatisticamente entre si. As conclusões deste trabalho demonstraram a eficiência da ferramenta isotópica para estudos de diagnóstico alimentar, fornecendo informações para planos de manejo de animais de vida livre e criadouro, assim como, possibilita alternativas de uso de outros tecidos além do músculo, que podem ser coletados com maior facilidade e sem a necessidade de sacrificar o animal, para a realização desta avaliação.

Palavras-chave; Isótopos estáveis, *Hydrochoerus hydrochaeris*, Dieta

ABSTRACT

Isotopical analysis of free range and wild capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) tissues

Based on isotopic methodology, this study developed a dietary analysis of free range and wild capybara, using different tissues (muscle, blood, nail and hair), in order to provide information for the species management and verify possible alternative tissues that reflect the values of the consumption source. It was analyzed carbon (C) and nitrogen (N) stable isotopes of the different tissues and .The interpretation of carbon results were based on the isotopic differences between C₃ plants and C₄ plants while the nitrogen interpretations were based on the type of nitrogen fixation done by each kind of plant. The samples were collected at the Estação Experimental da Fazenda Areão, located inside of Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba/SP; Parque Estadual Alberto Löfgren, São Paulo/SP; Fazenda das Posses, district of Holambra II/SP and Fazenda Santarém, Três Rios/RJ. The average values of nail and hair $\delta^{13}\text{C}$ compared to muscle of all areas showed a 1,5‰ fractionation, on the other hand blood values, in all areas, show no fractionation if compared to muscle tissue. The carbon incorporated into the capybara muscles at the Piracicaba site was 100% from C₄ plants, similar to Holambra II that showed about 92% of C₄ plants in their diet. In the two groups of Três Rios this percentual varied from 53 to 80% of C₄ plants. In the São Paulo area, based on blood $\delta^{13}\text{C}$ results it was possible to observed one group whose values varied from 73 to 89% and another group from 46 to 71% of C₄ plants in their diet. The average fractionation values of nail, hair and blood in comparison with the muscle was about 1‰. The $\delta^{15}\text{N}$ results were important to characterize the areas since the values of the capybara groups of each area show itself to be statically different. The results obtained in this study show the efficiency of the isotopic tool into a perspective of a dietary analyses, producing solid information to possible management plans of wild and free range animals as well as showing alternative possibilities for the use of another tissue besides muscle that can be collected in a more practical and painless way for the animal leading to similar results.

Keywords: Stable isotope, *Hydrochoerus hydrochaeris*, Diet

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão aérea da Fazenda Areão, Piracicaba/SP, com identificação do B1, B2 e açude.....	38
Figura 2 - Brete móvel montado na área de ceva, PEAL, São Paulo/SP	39
Figura 3 - Retirada dos tecidos e das fezes das capivaras do PEAL. (A) retirada do músculo, (B) sangue, (C) pêlo, (D) unha e (E) fezes	41
Figura 4 - Brete existente dentro do piquete na Fazenda das Posses, Holambra II/SP.	42
Figura 5 - Piquete 1, Fazenda Santarém, Três Rios/RJ. (A) Lago recoberto por aguapés e taboas, (B) brete para captura.....	44
Figura 6 - Piquete 2, Fazenda Santarém, Três Rios/RJ: (A) Lago recoberto por taboa, (B) Brete para a captura	44
Figura 7 - Valores do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos do G1 – Três Rios/RJ	48
Figura 8 - Valores do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos do G2 – Três Rios/RJ	49
Figura 9 - Valores do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos da Fazenda das Posses, Holambra II, Paranapanema/SP.....	50
Figura 10 - Valores do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) nos tecidos e fezes dos indivíduos do PEAL – São Paulo/SP.....	53
Figura 11 - Valores do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos de G1 – Três Rios/RJ	55
Figura 12 - Valores do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos de G2 – Três Rios/RJ	56
Figura 13 - Valores do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos da Fazenda das Posses – Holambra II, Paranapanema/SP	58
Figura 14 - Valores do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos do PEAL – São Paulo/SP.	59
Figura 15 - Relação dos valores do $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (‰) no músculo (média e desvio padrão)	60
Figura 16 - Relação dos valores do $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (‰) no sangue (média e desvio padrão)	61
Figura 17 - Relação dos valores do $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (‰) na unha (média e desvio padrão)	62
Figura 18 - Relação dos valores do $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (‰) no pêlo (média e desvio padrão)	63

Figura 19 - Valores do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) no músculo dos indivíduos da Fazenda Areão – Piracicaba/SP	64
Figura 20 - Valores do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) no músculo dos indivíduos da Fazenda Areão – Piracicaba/SP.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sexo e peso (Kg) dos indivíduos do brete 1, Fazenda Areão, Piracicaba/SP	38
Tabela 2 - Sexo e peso (Kg) dos indivíduos do brete 2, Fazenda Areão, Piracicaba/SP	38
Tabela 3 - Peso (Kg) e tecidos coletados dos indivíduos do PEAL – São Paulo	40
Tabela 4 - Dados coletados dos indivíduos nos criadouros comerciais da Fazenda das Posses, Holambra II/SP, Três Rios/RJ: grupo 1 (G1) e grupo 2 (G2)	45
Tabela 5 - Diferenças do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) dos tecidos entre si ¹ e entre as localidades ²	52
Tabela 6 - Valores do fracionamento do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ (‰) de diferentes tecidos encontrados na literatura	54
Tabela 7 - Diferenças do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) dos tecidos entre si ¹ e entre as localidades ²	57
Tabela 8 - Valores incorporados de C de plantas C ₃ (%) a partir do $\delta^{13}\text{C}$ dos músculos	68
Tabela 9 - Valores incorporados de C de plantas C ₃ (%) a partir do $\delta^{13}\text{C}$ das fezes e sangue da área de São Paulo	68

1 INTRODUÇÃO

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) é um mamífero roedor semi-aquático cuja distribuição se estende por toda a América Latina (OJASTI, 1973; AZCARATE, 1980; EISENBERG; REDFORD, 1999). No Brasil, a capivara é encontrada geralmente em ambientes alagáveis como savanas sazonalmente inundáveis, regiões de pântanos e matas ciliares (MOREIRA; MACDONALD, 1997). É um animal que demonstra uma alta capacidade de adaptação ambiental, sendo encontrado em locais com grande interferência antrópica (FERRAZ et al., 2003; 2007).

É um animal herbívoro (OJASTI, 1973; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, 1977; QUINTANA et al., 1994; BARRETO; HERRERA, 1998), que quando comparado com outros animais herbívoros, apresenta-se mais seletivo, dando preferência a plantas com maior teor protéico (GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, 1977; QUINTANA et al., 1998). Embora suas principais fontes de alimentação sejam gramíneas e plantas aquáticas (OJASTI, 1973; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, 1977; QUINTANA et al., 1994; BARRETO; HERRERA, 1998), registros de consumo de cana-de-açúcar (FERRAZ et al., 2007), arroz (RECHENBERG, 2000) e milho (FERRAZ et al., 2003) tem sido freqüentes.

Devido ao seu alto poder de adaptabilidade em ambientes antropizados (FERRAZ et al., 2006; VERDADE; FERRAZ, 2006) freqüentes conflitos associados à capivara estão ocorrendo. Os principais problemas estão relacionados às invasões a ambientes agrícolas (RECHENBERG, 2000; FERRAZ et al., 2003), transtornos provocados por atropelamentos, ocupação em ambientes urbanos e rurais próximos às margens dos rios (RECHENBERG, 2000), problemas de zoonoses (LEMOS et al., 1996; LABRUNA et al., 2001, 2004), entre outros.

Nota-se que as modificações causadas pelo homem no ambiente, principalmente quando relacionadas às culturas agrícolas, podem aumentar a capacidade de suporte do habitat devido a uma maior oferta de alimento, permitindo assim a ocorrência de grandes grupos de capivaras (FERRAZ et al., 2007), o que gera preocupação e, portanto, a necessidade de uma maior investigação sobre os hábitos alimentares deste mamífero.

Para realizar estudos sobre o comportamento alimentar das capivaras as principais técnicas utilizadas são: técnicas de observação de consumo (OJASTI, 1973;

MACDONALD, 1981; ALHO et al., 1987b; FERRAZ et al., 2003) e análise microhistológica de fezes (ESCOBAR; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, 1976a; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, 1977; QUINTANA et al., 1994, QUINTANA, 2003). As técnicas de observação podem não ser tão precisas quanto à análise microhistológica de fezes, no entanto, elas nos trazem informações importantes a respeito da utilização de recursos alimentares. No caso da análise microhistológica de fezes, é possível obter informações precisas de quais alimentos foram consumidos, porém estas informações relatam uma alimentação recente das capivaras, sem discriminar o recurso alimentar efetivamente incorporado nos tecidos.

Neste presente estudo, utilizou-se a metodologia dos isótopos estáveis para diagnosticar a dieta das capivaras. Esta técnica vem sendo amplamente utilizada para realizar diagnóstico alimentar em diversas espécies de animais (DeNIRO; EPSTEIN, 1978, 1981; TIESZEN et al., 1979; BOUTTON, 1991; HOBSON; CLARK, 1992; SUKUMAR; RAMESH, 1992; BEST; SCHELL, 1996; ROTH; ROBSON, 2000; OLIVEIRA, 2003; NARDOTO et al., 2006). Esta metodologia demonstra quais elementos foram efetivamente incorporados pelos tecidos e quais suas possíveis fontes alimentares. A técnica baseia-se na relação existente entre o isótopo mais raro e o mais abundante do Carbono e Nitrogênio ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) nos tecidos dos animais, sendo que a cada transformação física, química e biológica pela qual a matéria orgânica passa, faz com que ocorra uma discriminação entre os seus isótopos, possibilitando assim sua utilização como traçadores naturais. Dessa forma, ao ingerir e assimilar um determinado alimento, o animal o reflete no sinal isotópico de seus tecidos (DeNIRO; EPSTEIN, 1978, 1981; BOUTTON, 1991).

Para realizar o diagnóstico alimentar através dos isótopos estáveis, deve-se considerar o tecido a ser analisado, uma vez que a fixação dos elementos C e N nos tecidos ocorrem de diferentes maneiras, dependendo da via metabólica de assimilação que cada tecido apresenta. Essas diferenças de assimilações acarretam em uma diferenciação do sinal isotópico do tecido em relação à fonte, denominado de fracionamento isotópico. O tecido comumente utilizado em análises isotópicas para um diagnóstico alimentar é o músculo, pelo fato de apresentar um pequeno fracionamento em relação a fonte (DeNIRO; EPSTEIN, 1978, 1981). Porém, para retirar este tecido

geralmente é necessário que ocorra o sacrifício do animal. Neste contexto, na tentativa de verificar uma outra alternativa de tecido que refletisse a mesma alimentação, foram coletados das capivaras além do músculo, o pêlo, a unha e o sangue.

O diagnóstico alimentar foi realizado em capivaras de vida livre existentes no Parque Estadual Alberto Löfgren (PEAL), localizado na zona norte da cidade de São Paulo/SP e na Fazenda Areão (ESALQ/USP), localizada em Piracicaba/SP. De modo a apresentar dados consistentes que viabilizem o uso de outro tecido da capivara na reflexão da fonte alimentar, foram agregados a este estudo, amostras de tecidos de capivaras advindas de dois criadouros comerciais, um situado na Fazenda Santarém, localizado na cidade de Três Rios/RJ e outro na Fazenda das Posses, localizado no distrito de Holambra II/SP.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho ficou estabelecido em: verificar alternativas de tecidos que reflitam a fonte alimentar utilizada pelas capivaras, assim como fornecer informações a respeito dos hábitos alimentares de capivaras que habitam ambientes antropizados, de modo que estas informações possam ser utilizadas em possíveis planos de manejos para controle populacional como para conservação da espécie.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Características comportamentais

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) pertence a ordem Rodentia, família Hydrochoeridae, gênero hydrochoerus e espécie hydrochaeris. É um mamífero que possui adaptações anatômicas e fisiológicas para o ambiente aquático (OJASTI, 1973).

É um animal herbívoro e monogástrico (OJASTI, 1973). Sua capacidade digestiva inicia-se por uma trituração de forragens eficaz, passando por um processo de fermentação microbiana que ocorre no ceco, digerindo os carboidratos estruturais das plantas (MENDES, 2000).

O comportamento sexual da capivara é considerado promíscuo (HERRERA, 1986). A gestação dura em média 150 dias, com uma taxa de fertilidade de 5 filhotes por ano para cada fêmea, obtendo uma incidência média de 1,2 parições por ano (MOREIRA; MACDONALD, 1997). Na relação entre os machos de um mesmo grupo, existe um sistema organizado em hierarquia estável e linear, no qual o macho dominante acasala-se com um maior número de fêmeas em relação aos machos subordinados (HERRERA, 1986). O sucesso reprodutivo do macho é geralmente limitado ao número de fêmeas reprodutivas a que tem acesso, dentro do grupo social (ALHO et al., 1987). O resultado desse comportamento é a observação de interações intensamente agressivas entre os machos, estabelecendo a dominância e determinando a estrutura social do grupo (ALHO, 1986).

Os grupos de capivaras são mistos, com uma proporção de fêmea sempre maior que a de macho, podendo variar de 1 a 2 machos para cada 3 fêmeas (ALHO; RONDON, 1987). Esta proporção maior de fêmeas em relação a macho está relacionada à estratégia reprodutiva da espécie, já que o macho ao atingir a maturidade sexual é expulso do grupo pelo macho dominante, podendo manter-se solitário ou satélite à unidade social de origem (ALHO et al., 1987).

O número de indivíduos por grupo pode variar entre 5 a 12 (MACDONALD, 1981; ALHO; RONDON, 1987a; HERRERA; MACDONALD, 1987). Este número varia de acordo com os recursos disponíveis para a capivara. Jorgenson (1986) em um

estudo realizado na Colômbia, verificou um tamanho médio de indivíduos por grupo de 44,8, atribuindo esta constatação a uma possível baixa de predadores e a um habitat com melhor qualidade.

A utilização do espaço no ambiente natural pelas capivaras está diretamente relacionada com a disponibilidade alimentar e a sazonalidade (ALHO et al., 1987b). As alterações sazonais influenciam na quantidade de alimento disponível no habitat, o que afeta em muitos aspectos do comportamento do animal (MACDONALD, 1981; ALHO; RONDON., 1987; HERRERA; MACDONALD, 1989).

Um dos aspectos comportamentais que as variações sazonais influenciam, está relacionada com o tamanho do grupo, onde a entrada e a saída de indivíduos são comuns em diferentes épocas do ano. Alho et al. (1987) em um estudo realizado com capivaras do Pantanal mato-grossense, observaram que durante a cheia, os grupos se subdividiam e ficavam confinados em capões e nas cordilheiras, com a passagem da estação chuvosa para a seca, o tamanho do grupo aumentou e os animais passaram a ocupar os campos.

A capivara procura manter seu território sempre próximo a presença de água, áreas de mata e campo. Cada porção de seu território tem uma função específica para o uso da capivara. A água permite a realização de atividades reprodutivas, obtenção de alimentos, repouso e fuga de predadores. As áreas de mata oferecem repouso, parição e abrigo para os filhotes e as áreas de campo são utilizadas para o forrageio (AZCARATE, 1980; MACDONALD, 1981; ALHO et al., 1989). Sua distribuição pelo território, assim como densidade populacional, está diretamente relacionada com a fonte alimentar disponível, sendo que, locais com plantas do ciclo fotossintético C_4 , como cana de açúcar e alguns tipos de gramíneas, favorecem a presença das capivaras (ALDANA-DOMINGUÉZ et al., 2002; FERRAZ et al., 2007)

Mesmo quando o ambiente possui modificações antrópicas, a capivara procura manter sua conformação territorial, ou seja, a busca por um corpo d'água, porção de mata e campo para forrageio. Porém, o que se percebe é uma adaptação das capivaras quanto a escolha do recurso alimentar a utilizar. Como exemplo, estudos mostraram que plantações agrícolas próximas a cursos d'água e que possuem uma pequena porção de mata, potencializaram o ambiente para as capivaras, pois além da

semelhança com seu hábitat natural, ainda permitiram a utilização de culturas agrícolas como alimento (FERRAZ et al., 2003; 2007)

Quando a modificação ambiental disponibiliza mais recursos alimentares para as capivaras, o desenvolvimento da população tende a aumentar, o que nos remete a necessidade de elaborar maneiras de controlar o aumento populacional destes animais. Ojasti e Sosa-Burgos (1985) verificaram que a menor disponibilidade de alimento foi provavelmente um fator limitante para o desenvolvimento populacional deste animal. Portanto, o conhecimento do comportamento alimentar é uma das possíveis ferramentas para se obter um controle populacional.

2.1.2 Comportamento alimentar das capivaras

O estudo sobre o comportamento alimentar das capivaras é um tema que apresenta controvérsias. Alguns estudos mostraram que as capivaras são generalistas (ALHO et al., 1987; ALHO; RONDON, 1987), enquanto outros estudos mostraram que as capivaras apresentaram seletividade alimentar (ESCOBAR; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, 1976a; QUINTANA et al., 1998; NOGUEIRA FILHO, 1996). As técnicas utilizadas para se obterem informações sobre o comportamento alimentar das capivaras, foram basicamente realizadas através de análise microhistológica de fezes e observação de consumo.

Utilizando-se da técnica de análise microhistológica de fezes, Escobar e González-Jiménez (1976b) analisaram o consumo de alimentos realizado pelas capivaras que habitavam áreas da Venezuela. Os resultados obtidos apontaram a preferência alimentar por plantas com teor proteico mais elevado, sendo que as plantas mais abundantes (73% do seu consumo) encontradas nas análises foram gramíneas do ciclo fotossintético C_3 (*Hymenachne amplexicaulis*, *Leersia hexandra* e *Paratheria próstata*) que possuem alto teor proteico, e o restante da alimentação foi complementado por plantas que possuem ciclo fotossintético C_4 , com teor protéico inferior.

Quintana et al. (1994) investigaram os recursos alimentares utilizados pelas capivaras da região Delta da Argentina, através de análise microhistológica de fezes.

Os resultados demonstraram que as capivaras desta região são mais seletivas no período de seca, onde a escassez de alimento é maior e mais generalista nos outros períodos do ano.

Barreto e Herrera (1998) ao contrário de Quintana et al. (1994) constataram que nas savanas Venezuelanas há maior seletividade alimentar das capivaras em época chuvosa, cujo período possui maior abundância de recursos alimentares.

As mudanças sazonais influenciam diretamente no comportamento alimentar das capivaras, uma vez que a variedade e a quantidade alimentar disponível no habitat varia de acordo com as estações do ano, ou seja, alguns itens preferidos pelas capivaras, normalmente plantas mais ricas em proteínas, tendem a ser mais sazonais do que as plantas mais pobres em proteínas. Esta afirmação feita por Alho et al. (1987) está baseada em um estudo realizado por eles com capivaras do Pantanal mato-grossense, cujos itens preferidos pelas capivaras eram: *Axonopus purpusii*, *Panicum laxum* e *Reimarochloa spp* plantas com alto teor proteico e que ocorre apenas nas estações chuvosas.

A influência da variação sazonal na escolha dos alimentos, foi constatado em capivaras das savanas venezuelanas no qual, espécies de plantas aquáticas como *Eleocharis spp* e *Eichhornia spp* que possuem baixo teor protéico deixam de ser consumidas no período da chuva quando a oferta de alimento aumenta (HERRERA; MACDONALD, 1989).

Plantas forrageiras de planícies inundáveis são um dos principais itens de escolha da capivara para o seu consumo, porém estas plantas servem potencialmente para o consumo de outros animais herbívoros. Para verificar a existência de competição entre animais herbívoros pelo consumo de forrageiras foi realizado um estudo nas planícies inundáveis da Venezuela onde foram observados os seguintes animais: boi (*Bos sp.*), cavalo (*Equus equus*), veado (*Odocoileus virginianus*) e capivara. A competição ocorreu entre todos exceto com o veado. O consumo das plantas forrageiras ocorreu nas proporções: bovinos (47%), eqüinos (53%), capivara (63%) e veado (3%), sendo que as espécies mais consumidas pelas capivaras foram *Hymenachne amplexicaulis*, *Paratheria próstata*, *Leersia hexandra* (espécies do ciclo C₃) e espécies do grupo ciperácea (ESCOBAR; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, 1976a).

Pelo fato das capivaras consumirem plantas sazonais, existe um reflexo de adaptação em seus hábitos alimentares, não excluindo a existência de uma seletividade alimentar (MILAN, 1978). Este reflexo de adaptação alimentar evidencia a plasticidade que as capivaras possuem diante das adversidades em âmbito alimentar dentro do habitat. Estudos dos hábitos alimentares das capivaras que evidenciaram esta plasticidade alimentar foram realizados em ambientes modificados antropicamente, nos quais os autores relataram alguns itens preferenciais como: milho (*Zea mays*) (BERTELLI et al., 2000; FERRAZ et al., 2003), arroz (*Oriza sativa*) (RECHENBERG, 2000), cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), bananeira (*Musa paradisíaca*), bambu (*Bambusa vulgaris*), maracujá (*Passiflora eduli*), entre outros (BERTELLI et al. 2000). Estes relatos demonstraram a potencialidade que as capivaras apresentaram em se adaptar a ambientes modificados, utilizando-se das diferentes culturas para seu próprio benefício.

2.1.3 Utilização de isótopos estáveis no diagnóstico alimentar

Para a utilização da metodologia isotópica, devem ser salientadas antes de seu emprego, informações a respeito do comportamento do animal, e considerar todas as possíveis fontes alimentares (GANNES et al., 1998; WEBSTER et al., 2002). É necessário também salientar, informações a respeito do tecido a ser analisado, principalmente informações a respeito do fracionamento isotópico que possa existir entre a dieta e o tecido do animal.

A diferença entre o valor isotópico do tecido animal e o de sua dieta, designada como fracionamento isotópico, é resultante dos processos decorrentes durante a digestão, a absorção, a assimilação e a excreção dos nutrientes (DeNIRO; EPSTEIN, 1978, 1981). O principal elemento analisado para o diagnóstico alimentar é o Carbono, contudo a complexidade na interpretação dos valores isotópicos de carbono na investigação sobre as possíveis fontes alimentares, sugere a necessidade de complementação com outros isótopos como o nitrogênio (FRY; SHERR, 1984).

A interpretação dos resultados em relação ao C, baseia-se na diferença existente entre a composição isotópica do carbono estável de plantas que seguem o

ciclo fotossintético C_3 , e aquelas do ciclo fotossintético C_4 . As plantas que seguem o ciclo fotossintético C_3 , o primeiro composto orgânico formado pelo Ciclo de Calvin contém 3 átomos de carbono. A enzima fixadora do CO_2 , a RuBP-carboxilase, discrimina o $^{13}CO_2$, resultando em valores de $\delta^{13}C$ relativamente baixos, entre -32 e -23‰ , com média de -28‰ . Exemplos de plantas que realizam esta via são: arroz, feijão, trigo e a soja, que servem potencialmente como fonte de alimento para as capivaras.

Outra forma de fixação do carbono pelas plantas, ocorre nas células do mesófilo onde o dióxido de carbono é fixado ao fosfoenolpiruvato (PEP), formando o oxalacetato, que é um composto de 4 carbonos. Por este motivo, são denominadas de plantas de ciclo fotossintético C_4 . Neste caso, a enzima catalisadora da reação de fixação de carbono (PEP-carboxilase) não discrimina o $^{13}CO_2$ como a RuBP-carboxilase, e desta forma, estas plantas possuem valores de $\delta^{13}C$ relativamente mais altos, que podem variar entre -15 a -9‰ com média de -12‰ . Como exemplos de plantas C_4 tem-se: várias espécies de gramíneas, milho e cana-de-açúcar. Como a concentração do C de plantas C_3 e C_4 são menores que o valor padrão (Belenite fóssil da formação Pee Dee, PDB), seus valores aparecem sempre negativos.

A investigação da influência da dieta na distribuição de isótopos de nitrogênio em animais evidenciou que, os tecidos animais apresentam normalmente valores maiores de ^{15}N em relação aos encontrados em plantas. Esse progressivo enriquecimento demonstrado em tecidos animais é decorrência dos caminhos catabólicos que favorecem a liberação do isótopo mais leve. Sendo assim, a cada nível trófico ocorre um aumento no valor isotópico do $\delta^{15}N$. Estudos realizados por Minagawa e Wada (1984) mostraram um enriquecimento de ^{15}N na cadeia alimentar de aproximadamente 3‰ entre cada nível trófico.

As espécies fixadoras de N como as plantas leguminosas, ao fixar N da atmosfera, tendem a ficar próximas de 0‰ , ou seja, o mesmo valor encontrado no nitrogênio da atmosfera. As espécies não fixadoras de N mostram grande variação na sua razão isotópica dependendo da taxa de mineralização de N no solo, podendo apresentar valores positivos ou negativos de $\delta^{15}N$ (EHLERINGER; RUNDEL, 1989).

Outro fator que influencia diretamente no valor do $\delta^{15}\text{N}$ é a realização de uma intensa adubação em plantas cultivadas na agricultura (GARTEN; VAN MIEGROET, 1994).

Para uma melhor interpretação dos resultados isotópicos no diagnóstico alimentar, deve-se levar em consideração alguns fatores que podem causar variações na razão isotópica do animal. As causas de variações na razão isotópica podem estar relacionadas, ao fracionamento isotópico, *turnover* isotópico, os tipos de tecidos analisados, e a qualidade da dieta, entre outros fatores (DeNIRO; EPSTEIN, 1978; TIESZEN et al., 1983; FRY; SHERR, 1984; POST, 2002).

2.1.4 Fracionamento isotópico

Estudo realizado com suínos, Nardoto et al. (2006) determinaram os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em diferentes tecidos, e compararam com a fonte (ração para suínos), com o objetivo de documentar o fracionamento que ocorre entre os tecidos e o valor da dieta. Os tecidos analisados foram: pêlo, unha, fígado, músculo, gordura e cartilagem. Os tecidos como gordura, fígado e músculo foram em média 2,1‰ mais leves que a dieta, enquanto que o pêlo e a unha não apresentaram enriquecimento do C em relação a dieta. O resultado do $\delta^{15}\text{N}$ nesses tecidos apresentou um fracionamento entre 2,2 a 3,0‰, sendo a unha o tecido que apresentou o valor mais enriquecido.

Estudo relacionado ao fracionamento isotópico foi desenvolvido com diversos mamíferos herbívoros por Sponheimer et al. (2003b), onde foram analisados as fezes e os pêlos. Estes tecidos foram selecionados para se obter uma comparação entre os resultados obtidos e a forma de alimentação mais recente, no caso demonstrado pelas fezes, e uma alimentação realizada há alguns meses, demonstrada pelo pêlo. O resultado obtido do fracionamento entre a dieta e as fezes variou entre -1,0 a -0,6‰, e no caso do pêlo houve um fracionamento de 2,7 a 3,2‰. Entre os diferentes herbívoros o tempo de resposta da composição da dieta nas fezes variou de 60 a 200h, para os animais cavalo e alpaca respectivamente.

A aplicação desta metodologia na análise das fezes revela de imediato a proporção de plantas consumidas pelos herbívoros, em especial nas savanas e em condições controladas. A utilização da metodologia isotópica aplicada em partes específicas do corpo gera uma informação mais precisa de qual foi a fonte alimentar

efetivamente incorporada ao tecido do animal ao longo do tempo (SPONHEIMER et al. 2003b).

Tieszen et al (1983) realizaram um estudo, no qual observaram o fracionamento isotópico do pêlo, músculo, cérebro, gordura e fígado em gerbil (*Meriones unguiculatus*), um pequeno roedor. A alimentação era controlada, portanto os valores isotópicos dos tecidos foram comparados com a fonte e os resultados apontaram um maior fracionamento na gordura, no qual apresentou um valor menos enriquecido em até 3‰. O pêlo apresentou-se mais enriquecido em relação a fonte em até 1‰, enquanto o músculo e o cérebro apresentaram-se menos enriquecidos em 1‰ em relação a fonte.

Estudos com isótopos estáveis foram aplicados em animais carnívoros selvagens onde, Roth e Robson (2000) analisaram o fracionamento isotópico do C e N de raposas (*Vulpes vulpes*) na pele do animal, no fígado, no músculo e no sangue. Foram selecionados estes tecidos com o objetivo de reconstruir o perfil alimentar das raposas. O $\delta^{13}\text{C}$ apresentou um enriquecimento da pele em torno de 2,6‰ em relação a fonte (carne e ração), o músculo obteve um valor intermediário de 1,1‰ mais enriquecido, enquanto o fígado e o sangue apresentaram-se com valores menos enriquecidos em torno de 0,4 – 0,6‰. Quanto a avaliação do $\delta^{15}\text{N}$, o sangue apresentou um maior fracionamento em torno de 4,2‰, enquanto o músculo, a pele e o fígado, apresentaram uma variação entre 3,0 a 3,5‰. Pode-se notar um enriquecimento no valor $\delta^{15}\text{N}$ relacionado com a idade do animal, no qual as raposas mais jovens apresentaram valores mais enriquecidos em relação aos animais adultos.

A interpretação da análise do $\delta^{15}\text{N}$ em tecidos de animais, ainda segue com algumas dificuldades em relação ao tipo alimentar utilizado pelo animal, devido a amplitude e a variação de valores que as plantas apresentam, porém sabe-se que ele é um excelente indicador de nível trófico. Um estudo realizado com diversos herbívoros mamíferos na análise do comportamento de fracionamento do $\delta^{15}\text{N}$ realizado por Sponheimer et al (2003a), colocou os animais sob uma alimentação controlada e com diferentes níveis de proteínas. Esta análise foi realizada apenas com o pêlo dos animais e os resultados obtidos foram: o índice do $\delta^{15}\text{N}$ ficou mais enriquecido nos tecidos quando a dieta era rica em teor protéico e menos enriquecida quando a dieta era de

baixo teor proteico. Contudo, o fracionamento trófico entre os animais não superou 3,6‰ quando submetidos a uma dieta idêntica.

2.1.5 “*Turnover*” isotópico

A contribuição do valor $\delta^{13}\text{C}$ de uma dieta isotopicamente distinta ($\text{C}_4 \times \text{C}_3$ ou ambiente marinho $\times$ terrestre), pode parecer obscuro se a dieta do animal variar a todo momento. Esta variação merece atenção em todos os estudos que usam os valores dos isótopos estáveis como indicadores da dieta. Para minimizar este problema é interessante analisar vários tecidos cobrindo o tempo de *turnover*, uma vez que este tempo difere de tecido para tecido (TIESZEN et al. 1983). Portanto, quando um determinado organismo se utiliza de diferentes fontes alimentares com composição isotópica distinta, deve-se levar em consideração a “memória isotópica”, ou seja, quanto tempo leva para que o carbono ou nitrogênio fixado a partir de uma fonte alimentar seja completamente substituído pela nova fonte alimentar nos tecidos. Este tempo de substituição é denominado de taxa de “*turnover*” isotópico (TIESZEN; BOUTTON, 1983).

Tieszen et al (1983) no estudo com gerbil, além de observar o fracionamento isotópico, também analisou o “*turnover*” nos tecidos, controlando a alimentação destes animais. No início, o gerbil era alimentado com plantas C_4 e depois trocou-se por uma alimentação por plantas C_3 . Os resultados mostraram que houve um decaimento gradativo no valor dos isótopos dos tecidos na medida em que ocorria a troca do C da planta C_4 pelo C da planta C_3 . Cada tecido apresentou um tempo distinto para a total troca do sinal isotópico da antiga alimentação para a nova alimentação. O músculo teve um tempo total de troca de 6,4 dias, a gordura apresentou um tempo de “*turnover*” de 15,6 dias, enquanto que o músculo, e o cérebro apresentaram uma troca de 27,6 e 28,2 dias respectivamente, tendo o fígado a taxa de “*turnover*” mais lenta com tempo de 47,5 dias.

Em um estudo realizado por Ayliffe et al. (2004), avaliou-se a taxa de “*turnover*” do $\delta^{13}\text{C}$ do sangue e o $\delta^{13}\text{C}$ do pêlo de cavalos. A dieta oferecida aos cavalos foi controlada, sendo primeiramente oferecida uma dieta com plantas do tipo C_3 e

substituído por uma dieta com plantas do tipo C₄. Os resultados apresentados foram: um tempo de 53 dias para a total troca do sinal isotópico do sangue e um tempo de 120 dias para a total troca do sinal isotópico no pêlo.

A taxa de “turnover” foi estudada por Voight et al (2003), em duas espécies de morcegos frugívoros (*Leptonycteris curasoae* e *Glossophaga soricina*), onde foram analisados o pêlo, o sangue e a membrana das asas. A alimentação foi controlada, havendo a troca de plantas com sinais isotópicos distintos, sendo primeiramente plantas C₃ e depois C₄. A mudança do sinal isotópico ocorreu nos tecidos dos morcegos na seguinte ordem: sangue> membrana das asas>pêlo, sendo que a diferença do tempo entre o sangue e a membrana não foi significativa em ambos os morcegos, no entanto, o pêlo obteve uma diferença significativa em relação aos outros tecidos.

Os tecidos e componentes do corpo que tem alto nível de atividade metabólica, ou que possuem alta quantidade de gordura, assim como o sangue e fígado, apresentaram rápida taxa de “turnover” em relação aos tecidos menos ativos ou gordurosos, como por exemplo, colágeno e pêlo (TIESZEN et al., 1983; VOIGHT et al. 2003).

Através do conhecimento da taxa de “turnover”, pode-se revelar o período necessário no qual cada espécie assimila os nutrientes da nova dieta nos tecidos e, assim, inferir a identidade da presa e hábitos de forrageamento do animal. Em estudos de migração, os isótopos estáveis utilizados como marcadores biológicos informam sobre o possível local de obtenção do alimento. O uso de tecido com rápida taxa de “turnover”, como por exemplo, o fígado, em contraste com outro tecido com taxa mais lenta de “turnover”, como o músculo, permitirá a identificação dos indivíduos que não obtiveram alimento de um determinado ambiente (TIESZEN; BOUTTON, 1983).

2.2 MATERIAL e MÉTODOS

2.2.1 Áreas de estudo e material coletado

As coletas dos tecidos das capivaras de vida livre foram realizadas em duas áreas: Estação Experimental Fazenda Areão, na cidade de Piracicaba/SP (coletados

pelo Laboratório Ecologia Animal ESALQ/USP) e Parque Estadual Alberto Löfgren na cidade de São Paulo/SP (coletados pelo Instituto Florestal). Os tecidos das capivaras de confinamento foram coletados em um criadouro semi-intensivo na Fazenda das Posses no distrito de Holambra II/SP e em um criadouro semi-extensivo na Fazenda Santarém na cidade de Três Rios/RJ (coletados pela ONG, Tropical Sustainability Institute).

2.2.1.1 Estação Experimental Fazenda Areão Piracicaba /SP

A Estação Experimental Fazenda Areão é uma área localizada dentro do Campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) em Piracicaba, no Estado de São Paulo (22°42’30” S e 47°38’30” W), com uma extensão de 132,59 há (Figura 1). A área é um mosaico predominantemente agrícola. Possui um fragmento de floresta semi decídua de 7 ha e uma represa de 1,7 ha, além de plantações experimentais de milho, soja, algodão, seringueira, *Eucalyptus sp* e *Pinus sp*. A plantação de milho é a área que apresenta maiores danos causados pelas capivaras, seja na quebra de algumas plantas ou mesmo nas evidências de plantas de milho parcialmente ou totalmente comidas pelas capivaras (FERRAZ et al., 2003).

Figura 1 - Visão aérea da Fazenda Areão, Piracicaba/SP, com identificação do B1, B2 e açude

A captura das capivaras ocorreu em 2 bretes existentes nesta fazenda, sendo um próximo ao fragmento de mata, no qual foram capturados 4 indivíduos, brete 1 (B1) (Tabela 1), e outro próximo à represa, onde foram capturados 10 indivíduos, brete 2 (B2) (Tabela 2), totalizando 14 indivíduos. Foi retirado destes indivíduos apenas o músculo para a análise isotópica. Identificou-se o sexo e os mesmo foram pesados.

Tabela 1 - Sexo e peso (Kg)dos indivíduos do brete 1, Fazenda Areão
Piracicaba/SP

Indivíduos	Sexo	Peso (kg)
1	F	27
2	F	81
3	F	32
4	F	32

Tabela 2 - Sexo e peso (Kg) dos indivíduos do brete 2, Fazenda Areão,
Piracicaba/SP

Indivíduos	Sexo	Peso (kg)
1	F	34
2	F	30
3	F	50
4	F	27
5	F	28
6	F	26
7	F	60
8	M	68
9	M	55
10	M	50

2.2.1.2 Parque Estadual Alberto Löfgren São Paulo /SP

O Parque Estadual Alberto Löfgren (PEAL), está localizado na zona norte da cidade de São Paulo (23°27' S e 46°38' W), com um a área de 35 ha. A vegetação do PEAL é composta de espécies nativas como jatobás, jequitibás, jacarandás, entre outras, e de espécies exóticas como pinheiro do brejo, criptomérias, eucaliptos e casuarinas. Possui três lagos, sendo um deles bem assoreado denominado Buracão, sendo o local mais freqüentado pelas capivaras.

O método utilizado para a captura das capivaras foi o brete de contenção móvel. Este brete foi instalado após a habituação das capivaras no local escolhido (Figura 2), local este que ficava ao lado do Buracão. Para atrair os animais ao local foi utilizada uma ceva com fornecimento diário de diversos itens, como: espigas de milho verde (planta do tipo C₄), folhas de taioba preta (planta tipo C₃), folhas de bananeira (planta tipo C₃) e brotos de bambu (planta tipo C₃), totalizando 26 dias consecutivos de habituação.

Figura 2 - Brete móvel montado na área de ceva, PEAL, São Paulo/SP

A contenção dos animais foi realizada através de zarabatana e dardos anestésicos em uma associação de Quetamina e Xilazina, nas doses 04 e 01 mg/kg, respectivamente, adotando uma média de peso de 49 kg para anestésiar os animais. Foram contidos os animais adultos e jovens, totalizando 20 indivíduos.

Os tecidos coletados bem como o peso dos animais, encontram-se na Tabela 3. Para a retirada do músculo, foi adotada a estratégia de uma micro-cirurgia, porém esta experiência não obteve sucesso pelo fato de despende muito tempo e de apresentar riscos de infecção, retirando-se amostras de apenas 3 indivíduos. As amostras de unha e pêlo foram coletadas de todos os animais. Com exceção dos indivíduos 13 e 18 foram coletados os sangue de todos os animais. As amostras de fezes foram retiradas diretamente do reto (Figura 3).

Tabela 3 - Peso (Kg) e tecidos coletados dos indivíduos do PEAL – São Paulo

Capivaras	Peso (Kg)	Músculo	Sangue	Pelo	Unha	Fezes
1	67,8	X	X	X	X	X
2	65,3	X	X	X	X	
3	61,5		X	X	X	
4	63,9	X	X	X	X	
5	62,7		X	X	X	
6	63,2		X	X	X	X
7	55,7		X	X	X	
8	41,9		X	X	X	
9	44,1		X	X	X	X
10	41,7		X	X	X	X
11	42,7		X	X	X	X
12	50,8		X	X	X	
13	42,6			X	X	X
14	49,2		X	X	X	X
15	28,9		X	X	X	X
16	47,8			X	X	X
17	44,3		X	X	X	X
18				X	X	
19	29,7		X	X	X	X
20			X	X	X	X

X- obtenção dos tecidos

Figura 3 - Retirada dos tecidos e das fezes das capivaras do PEAL. (A) retirada do músculo, (B) sangue, (C) pêlo, (D) unha e (E) fezes

2.2.1.3 Criadouro Fazenda das Posses, distrito de Holambra II, Paranapanema/SP

Criadouro comercial situado na Fazenda das Posses, localizado no distrito de Holambra II, na cidade de Paranapanema – São Paulo (23°26'27"S e 48°52'26"W) (Figura 4).

As capivaras eram mantidas confinadas em uma área com aproximadamente 1 ha, em um sistema semi-intensivo de criação. As capivaras eram cevadas diariamente pelos tratadores com milho (planta tipo C₄), e dentro desta mesma área existia um pequeno lago.

Para realizar a captura, as capivaras foram contidas em um brete existente dentro do recinto e levadas vivas até um matadouro onde foram retiradas as amostras.

Figura 4 - Brete existente dentro do piquete na Fazenda das Posses, Holambra II, Paranapanema/SP

Foram abatidos 9 indivíduos (Tabela 4), sendo coletados os tecidos: sangue, músculo, pêlo e unha. O indivíduo 10 não foi abatido devido ao peso reduzido sendo retirado somente a unha e pêlo.

2.2.1.4 Criadouro Fazenda Santarém Três Rios /RJ

Criadouro comercial de capivaras situado na Fazenda Santarém na cidade de Três Rios/RJ próximo a Serra do Mar, uma área que possui 756 ha. Neste local existem três piquetes cercados, cada um com um brete para o aprisionamento das capivaras. A criação destes animais é feita sob um sistema semi-extensivo. As capivaras recebiam um tratamento alimentar a cada 4 dias apenas como forma de suplementação alimentar sendo oferecido cana de açúcar.

Foram capturados desta fazenda dois grupos de capivaras de dois piquetes, o primeiro grupo (G1) foi capturado em um piquete de aproximadamente 1,5 ha todo cercado com cerca elétrica situado a 22°07'02,3"S e 43°00'03,7"W. Esta área também apresenta um lago todo recoberto por aguapés (planta C₃) e taboa (planta C₄), e uma área para forrageio cercado por bambu (planta C₃) e algumas espécies de Mata Atlântica (Figura 5). A partir de relatos dos funcionários da fazenda, as 3 plantas citadas fazem parte da dieta das capivaras. Deste piquete foram capturados 9 indivíduos (Tabela 4).

O segundo grupo (G2) foi capturado em outro piquete com aproximadamente 2 ha situado a 22°06'47,4" S e 43°00'09,1" W tendo as mesmas características do primeiro recinto (Figura 6), neste piquete 11 indivíduos foram capturados (Tabela 4).

Os grupos foram levados até o matadouro, onde, após o abate, foram coletados seus tecidos (sangue, pêlo, unha e músculo). Neste caso foram coletados todos os tecidos de todas as capivaras.

Figura 5 - Piquete 1, Fazenda Santarém, Três Rios/RJ. (A) Lago recoberto por aguapés e taboas, (B) brete para captura

Figura 6 - Piquete 2, Fazenda Santarém, Três Rios/RJ: (A) Lago recoberto por taboa, (B) Brete para a captura

Tabela 4 - Dados coletados dos indivíduos no criadouros comerciais da Fazenda das Posses, Holambra II, Paranapanema/SP, Três Rios/RJ: grupo 1 (G1) e grupo 2 (G2)

Indivíduos	Sexo		
	Holambra II	Três Rios G1	Três Rios G2
1	M	F	M
2	M	M	M
3	F	F	M
4	F	F	F
5	X	M	M
6	X	M	F
7	F	F	M
8	M	F	M
9	M	F	F
10	X		F
11			F

M – Macho; F – fêmea; X – sem identificação de sexo

2.2.2 Análise isotópica

Todos os tecidos e as fezes foram coletados e congelados imediatamente após a retirada, sendo encaminhadas para o Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA/USP. Abaixo são descritos os procedimentos de preparo das amostras:

1. Unhas e pêlos: limpas com álcool 70° e fragmenta das em pequenos pedaços de aproximadamente 2 mm.
2. Músculo: foi descongelado e retirado uma pequena porção de aproximadamente 2 mm.
3. Fezes: foram colocadas em uma estufa a 65°C, durante 3 dias, e então trituradas.
4. Sangue: descongelado.

Todas as amostras foram colocadas separadamente em cápsulas de estanho (tamanho de 5 X 3,5mm), sem a necessidade de pesagem. No caso do sangue, por se tratar de um material líquido, foi necessário adicionar ChromoSorb, um pó “inerte” usado para reter amostras líquidas. Estas amostras foram analisadas em um analisador elementar (Carlo Erba, CHN – 1110), que se encontra acoplado a um espectrômetro de massa Thermo Finnigan Delta Plus. Neste analisador, as amostras foram submetidas a uma combustão sob fluxo contínuo de hélio. Os gases de CO₂ e N₂

resultantes da combustão das amostras foram analisados em duplicata, aceitando-se um desvio de erro analítico de no máximo 0,3‰ para o ^{13}C e 0,5‰ para o ^{15}N .

O cálculo da composição isotópica do Carbono ou do Nitrogênio foi realizado através da equação (1):

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ou } \delta^{15}\text{N} = \left(\frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right) * 1000 \quad (1) \text{ equação}$$

onde R é a razão molar $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ na amostra e no padrão, sendo os resultados comumente expressos em delta (δ) por mil (‰). O valor usado como padrão para o carbono é oriundo de uma rocha calcárea denominada Belenite fóssil da formação Pee Dee, PDB e para o nitrogênio o ar atmosférico.

Para determinar o percentual de plantas C_3 e plantas C_4 incorporado nos tecidos das capivaras foi utilizada a equação (2):

$$\text{Inc} - \text{C}_3 (\%) = \frac{\delta^{13}\text{C}_{\text{tecido}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{planta } \text{C}_4}}{\delta^{13}\text{C}_{\text{planta } \text{C}_3} - \delta^{13}\text{C}_{\text{planta } \text{C}_4}} * 100 \quad (2) \text{ equação}$$

Onde Inc – C_3 (%) é o percentual de C de plantas C_3 incorporada no tecido, e o complemento deste resultado (para 100%) corresponde ao percentual de C de plantas C_4 incorporado no tecido. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ de plantas C_3 como plantas C_4 foram estimados de acordo com as fontes disponíveis nas diferentes localidades. Sendo utilizada a média dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ do aguapé, bambu e bananeira em um valor de -28‰ PDB para a fonte C_3 e para a fonte C_4 foi utilizado a média dos valores da cana de açúcar, milho e taboa em um valor de -12‰ PDB.

2.2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade através do teste Kolmogorov-Smirnov. Como os dados apresentaram distribuição normal, foi utilizado

teste ANOVA One-way para verificar as diferenças existentes entre o músculo e os demais tecidos e entre as localidades. Em decorrência, a ANOVA foi utilizada através do *post hoc* o teste Tukey HSD, assumindo $P < 0,05$. Todas as análises foram realizadas usando o software STATISTICA, versão 8,0 para Windows (STATSOFT, 2006).

2.3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

2.3.1 Comportamento dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre os tecidos

Analisando os resultados dos tecidos das capivaras do G1 da Fazenda Santarém, Três Rios (Figura 7) notou-se que, em todos os indivíduos os valores de $\delta^{13}\text{C}$ dos músculos e sangue apresentaram-se próximos entre si. A maior diferença apresentada entre estes tecidos, ocorreu no indivíduo 1, cujo valor foi de 0,64‰. Nos indivíduos 4, 5 e 7 os valores das diferenças obtidas foram de 0,60, 0,61 e 0,32‰ respectivamente. Quanto aos indivíduos 2, 3, 6, 8 e 9 os valores dos músculos e sangue coincidiram entre si, sendo possível observar através da Figura 7, a sobreposição destes valores.

Quando se observa os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ das unhas e pêlos das capivaras do G1 (Figura 7), nota-se que os valores das unhas dos indivíduos 2, 5 e 6 apresentaram-se empobrecidos em relação aos pêlos, e apenas no caso do indivíduo 2 o valor da unha foi também menor em relação ao músculo e sangue. Quanto aos indivíduos 1, 7, 8 e 9 os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das unhas foram maiores que os pêlos e no caso dos indivíduos 3 e 4 esses valores coincidiram entre si. É interessante ressaltar que dentre a maioria dos indivíduos (indivíduos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), os valores das unhas e pêlos apresentaram-se enriquecidos em relação aos músculos.

Figura 7 - Valores do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos do G1 – Três Rios/RJ

No G2 da Fazenda Santarém, Três Rios (Figura 8), os resultados dos músculos e sangue dos indivíduos apresentaram as mesmas características que os resultados do G1. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ do sangue foram próximos aos dos músculos, ou seja, a maior diferença apresentada entre estes tecidos ocorreu no indivíduo 10 com um valor de 0,65‰. Entre os indivíduos 1, 2, 6, 9 e 11 a diferença dos valores entre o sangue e músculo variou de 0,32 a 0,51‰. Quanto aos indivíduos 3, 4, 5, 7 e 8 os valores do sangue coincidiram com os valores dos músculos, nota-se, na Figura 8 a sobreposição destes valores.

Através da Figura 8 é possível notar ainda que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das unhas dos indivíduos: 1, 4, 5 e 6 foram menores que os apresentados pelos pêlos, enquanto que os outros indivíduos apresentaram valores de $\delta^{13}\text{C}$ das unhas maiores que os pêlos. Nesta área não houve sobreposição de valores entre estes tecidos. Apenas o indivíduo 5 obteve um valor de $\delta^{13}\text{C}$ da unha empobrecida em comparação ao músculo, no caso dos outros indivíduos, as unhas apresentaram-se enriquecidas em comparação ao músculo. Os resultados dos pêlos dos indivíduos 3, 5, 9 e 11 apresentaram-se em alguns casos mais próximos ao sangue e aos músculos do que com as unhas.

Figura 8 - Valores do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos do G2 – Três Rios/RJ

Sendo assim os valores médios do fracionamento apresentado pelas unhas e pêlos das capivaras de Três Rios se estabeleceram da seguinte forma: G1 apresentou um enriquecimento médio das unhas e pêlos de 2,0 a 1,3‰ em comparação ao músculo e sangue, respectivamente. Estas diferenças foram similares para o G2 nos quais, as unhas e os pêlos apresentaram um enriquecimento médio de 1,9 a 2,4‰ em comparação ao músculo, respectivamente. Os valores das unhas e pêlos diferiram estatisticamente do músculo nos dois grupos ($P < 0,05$) (Tabela 5). Estes mesmos resultados em que aparece um enriquecimento do pêlo e da unha em comparação ao músculo em animais mamíferos foram encontrados por Tieszen et al. (1983) em um estudo realizado com gerbil, um pequeno mamífero roedor, no qual o pêlo apresentou um enriquecimento de 2‰ em comparação ao músculo. Nardoto et al. (2006) em um estudo com porcos observou um enriquecimento do pêlo e unha de 1,8 a 1,3‰ respectivamente em comparação ao músculo.

O sangue apresentou a mesma média que o músculo no G1, e no G2 a média entre estes tecidos não diferiu estatisticamente. Resultados em que os valores do sangue são mais próximos aos músculos foi constatado por Roth e Robson (2000) em

um estudo com raposas, onde o músculo apresentou um enriquecimento de 0,6‰ em comparação ao sangue.

No caso das capivaras da Fazenda das Posses, Holambra II/SP (Figura 9) é possível observar que, entre os indivíduos 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 8 os valores de $\delta^{13}\text{C}$ do sangue e músculo coincidiram entre si, ocorrendo a sobreposição dos valores destes tecidos. No caso dos indivíduos 6 e 9 estes tecidos apresentaram diferenças entre si de 0,49 a 0,52‰ respectivamente.

Quando se observa as unhas e os pêlos dos indivíduos de Holambra II na Figura 9, nota-se primeiramente a sobreposição dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ destes tecidos nos indivíduos 1, 7 e 8. Enquanto que entre os indivíduos 2, 5, 6 e 10 os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das unhas apresentaram-se empobrecidos em comparação aos pêlos, ao contrário do que ocorre entre os indivíduos 3, 4, e 9, onde as unhas apresentaram valores de $\delta^{13}\text{C}$ enriquecidos em comparação aos pêlos. Vale ressaltar que entre os indivíduos de Holambra II, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ de todos os tecidos foram próximos uns dos outros tendo alguns indivíduos, apresentado valores que coincidiram entre si, como no caso dos indivíduos 1 e 8. Apenas o indivíduo 9 obteve os valores das unhas e pêlos com maior diferença em relação ao músculo e sangue, sendo de 3,63‰.

Figura 9 - Valores do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos da Fazenda das Posses, Holambra II, Paranapanema/SP

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ dos pêlos, unhas e sangue das capivaras de Holambra II (Figura 9) não diferenciaram estatisticamente do músculo ($P>0,05$), sendo que suas médias variaram entre -13,1 e -13,7‰ enquanto que a média dos músculos foi de -13,8‰ (Tabela 5). Resultados semelhantes foram encontrados por DeNiro e Epstein (1978, 1981), em um estudo com ratos, no qual constatou um enriquecimento de 0,4‰ do pêlo em relação ao músculo.

Tabela 5 - Diferenças do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) dos tecidos entre si¹ e entre as localidades²

Tecidos	Três Rios G1	Três Rios G2	Holambra II	São Paulo	Piracicaba B1	Piracicaba B2
Músculo	-18,2 ± 0,84 ^{Aa}	-17,2 ± 0,79 ^{Aa}	-13,8 ± 0,73 ^{Ab}		-12,0 ± 0,97 ^C	-12,2 ± 0,55 ^C
Pêlo	-15,7 ± 0,91 ^{Ba}	-15,8 ± 1,40 ^{Ba}	-13,1 ± 1,20 ^{Ab}	-15,1 ± 1,79 ^{Aa}		
Unha	-16,1 ± 2,52 ^{Ba}	-15,2 ± 2,51 ^{Ba}	-13,5 ± 1,43 ^{Ab}	-15,1 ± 1,55 ^{Aa}		
Sangue	-18,2 ± 0,68 ^{Aa}	-17,1 ± 0,51 ^{Aac}	-13,7 ± 0,67 ^{Ab}	-16,7 ± 1,76 ^{Bc}		

¹Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tecidos

²Letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença significativa entre as cidades

Teste usado one – way ANOVA seguido do teste *post hoc* de Tukey (P<0,05). Valores das médias (‰)± desvio padrão.

Observando os resultados do $\delta^{13}\text{C}$ dos tecidos dos indivíduos da área do PEAL, São Paulo (Figura 10), nota-se que, as três amostras de músculos (indivíduos 1, 2 e 4) obtiveram valores mais próximos aos do sangue do que em relação aos outros tecidos. Os valores do $\delta^{13}\text{C}$ dos pêlos e unhas apresentaram-se enriquecidos em relação ao sangue, sendo que, apenas nos casos dos indivíduos 11 e 19 os valores destes tecidos coincidiram com os valores do sangue.

Para o caso das capivaras de São Paulo (Figura 10) foi realizada a comparação dos pêlos e das unhas com o sangue. As médias do $\delta^{13}\text{C}$ dos pêlos e das unhas apresentaram o mesmo valor (-15,1‰) sendo estes dois tecidos, portanto, enriquecidos em 1,5‰ em comparação ao sangue (Tabela 5), esta diferença foi estatisticamente significativa ($P < 0,05$). Voight et al. (2003) em um estudo com duas espécies de morcegos frugívoros, constatou um enriquecimento de 1‰ do pêlo em comparação ao sangue, valor similar ao encontrado neste presente estudo. A partir da Tabela 6 é possível conferir os valores de fracionamentos encontrados em diversas bibliografias em estudos realizados com mamíferos.

Figura 10 - Valores do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) nos tecidos e fezes dos indivíduos do PEAL – São Paulo/SP

Ainda que os pêlos e as unhas tenham apresentados diferenças estatísticas significativas quando comparados ao músculo, é possível realizar o mesmo diagnóstico alimentar, desde que feito um ajuste em seus valores a partir dos valores médios das diferenças apresentadas em relação ao músculo. No caso do sangue em todas as áreas, seus valores foram compatíveis com os valores dos músculos, não havendo neste caso, a necessidade de ajuste em seus valores, sendo considerado, portanto, o melhor tecido para a substituição do músculo.

Tabela 6 - Valores do fracionamento do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ (‰) de diferentes tecidos encontrados na literatura

Mamíferos	Tecidos	$\delta^{13}\text{C}$ ‰*	$\delta^{15}\text{N}$ ‰*	Referência
Rato	músculo	1,6	2,7	DeNiro e Epstein (1978, 1981)
Rato	pêlo	2,0	3,2	DeNiro e Epstein (1978, 1981)
Gerbil	músculo	-1,0		Tieszen et al. (1983)
Gerbil	pêlo	1,0		Tieszen et al. (1983)
Raposa	músculo	1,2	3,5	Roth e Hobson (2000)
Raposa	pêlo	2,5	3,0	Roth e Hobson (2000)
Raposa	sangue	0,6	2,8	Roth e Hobson (2000)
Morcego (2 sp)	pêlo	3,0 / 2,6		Voight et al. (2003)
Morcego (2 sp)	sangue	2,0 / 1,6	3,0 / 3,2	Voight et al. (2003)
Porco	músculo	-1,6	2,8	Nardoto et al (2006)
Porco	pêlo	0,2	2,7	Nardoto et al (2006)
Porco	unha	-0,3	3,0	Nardoto et al (2006)

*Diferença nos valores dos tecidos em relação a dieta

2.3.2 Comportamento dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre os tecidos

Os resultados do $\delta^{15}\text{N}$ nos tecidos das capivaras do G1, da Fazenda Santarém em Três Rios apresentaram-se semelhantes entre si. Apenas o indivíduo 3 apresentou valores de $\delta^{15}\text{N}$ dos pêlos e unhas enriquecidos em relação ao músculo e ao sangue, o que o diferenciou dos demais indivíduos.

A maior variação do $\delta^{15}\text{N}$ ocorreu entre o sangue e o músculo, com um enriquecimento do músculo de 0,52‰ em comparação ao sangue, esta diferença foi

estatisticamente significativa ($P < 0,05$) (Tabela 7). As unhas e os pêlos não apresentaram diferença estatística significativa ($P > 0,05$) quando comparados ao músculo.

Figura 11 - Valores do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos de G1 – Três Rios/RJ

No caso das capivaras do G2 da Fazenda Santarém em Três Rios, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ nos músculos (Figura 12), apresentaram-se enriquecidos em comparação aos demais tecidos em todos os indivíduos, exceto aos indivíduos 4, 8 e 10 nos quais obtiveram valores que coincidiram com os outros tecidos. Apenas o indivíduo 5 apresentou valores que o destacou dentre os demais indivíduos, pelo fato de apresentar valores da unha e pêlo empobrecidos em comparação ao músculo e sangue, com uma diferença maior que 4,0‰.

Figura 1 - Valores do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos de G2 – Três Rios/RJ

No G2 (Figura 12) o maior fracionamento do $\delta^{15}\text{N}$ ocorreu entre o músculo e o pêlo de 1,1‰, no qual o músculo apresentou-se enriquecido em comparação ao pêlo. Este valor apresentado pelo músculo de maior enriquecimento permaneceu em comparação a unha e ao sangue em 0,9 e 1,0‰ respectivamente. Nesta área todos os tecidos diferiram estatisticamente do músculo ($P < 0,05$).

Tabela 7 - Diferenças do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) dos tecidos entre si¹ e entre as localidades²

Tecidos	Três Rios G1	Três Rios G2	Holambra II	São Paulo	Piracicaba B1	Piracicaba B2
Músculo	5,2 ± 0,53 ^{Aa}	8,5 ± 0,48 ^{Ab}	10,1 ± 0,63 ^{Ac}		9,0 ± 0,17 ^b	7,7 ± 0,42 ^d
Pêlo	4,9 ± 1,55 ^{Aa}	7,4 ± 1,02 ^{Bb}	8,8 ± 0,74 ^{Bc}	5,6 ± 0,28 ^{Aa}		
Unha	5,2 ± 1,38 ^{Aa}	7,6 ± 0,85 ^{Bb}	9,1 ± 0,45 ^{Bc}	5,6 ± 0,30 ^{Aa}		
Sangue	4,7 ± 0,28 ^{Ba}	7,5 ± 0,39 ^{Bb}	9,3 ± 0,33 ^{Bc}	5,5 ± 0,31 ^{Ad}		

¹Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tecidos

²Letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença significativa entre as cidades

Teste usado one – way ANOVA seguido do teste post hoc de Tukey (P<0,05). Valores das médias (‰) ± desvio padrão.

Os indivíduos da Fazenda das Posses, Holambra II/SP (Figura 13) apresentaram valores do $\delta^{15}\text{N}$ dos músculos enriquecidos em comparação aos outros tecidos em todos os casos exceto nos indivíduos 4 e 8, onde seus valores coincidiram com os valores dos outros tecidos.

A variação do $\delta^{15}\text{N}$ apresentada entre os tecidos das capivaras de Holambra II (Figura 13) foi maior que a variação apresentada nas outras áreas, porém manteve-se o padrão de enriquecimento do músculo em relação aos outros tecidos. A maior diferença dos valores das médias entre os tecidos foi encontrada entre o músculo e o pêlo, equivalendo a 1,3‰. A unha e o sangue apresentaram-se empobrecidos em relação ao músculo em 1,0 e 0,8‰ respectivamente (Tabela 7). Nesta área todos os tecidos se diferenciaram estatisticamente do músculo ($P < 0,05$).

Figura 13 - Valores do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos da Fazenda das Posses, Holambra II, Paranapanema/SP

No PEAL os valores do $\delta^{15}\text{N}$ não apresentaram diferenças significativas entre os tecidos analisados (Figura 14). Os valores do $\delta^{15}\text{N}$ nos tecidos obtiveram médias entre 5,52 e 5,60‰ (Tabela 7).

Figura 24 - Valores do $\delta^{15}\text{N}$ (‰) nos tecidos dos indivíduos do PEAL – São Paulo/SP

Esta pequena variação encontrada no sinal isotópico do N entre os tecidos das capivaras foi relatada em outros estudos com diferentes animais (Tabela 6). DeNiro e Epstein (1978, 1981) em um estudo com rato encontraram um enriquecimento no pêlo de 0,5‰ comparado ao músculo. Roth e Hobson (2000) encontraram uma variação de 0,5‰ entre músculo e pêlo e de 0,7‰ entre o músculo e sangue, sendo o músculo enriquecido em comparação ao pêlo e ao sangue. Nardoto et al. (2006) encontraram uma variação de 0,1‰ entre o músculo e o pêlo, sendo o músculo enriquecido e uma diferença de 0,2‰ entre o músculo e a unha.

2.3.3 Relação dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nos tecidos das capivaras entre as localidades

2.3.3.1 Relação dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no músculo

Comparando-se os valores médios do $\delta^{13}\text{C}$ apresentados nos músculos das capivaras de cada área (Figura 15), verifica-se que existem diferenças estatísticas significativas entre Holambra II, Piracicaba e Três Rios (Tabela 5). Quando se associam os valores do $\delta^{15}\text{N}$ verifica-se uma separação ainda maior dos agrupamentos de

capivaras de cada área (Figura 15), incluindo a separação entre grupos que habitavam o mesmo local, como no caso dos grupos de capivaras de Três Rios e o grupo de capivaras de Piracicaba, sendo estas separações estatisticamente significativas ($P < 0,05$) (Tabela 7). Apenas não houve diferença estatística significativa entre os valores do $\delta^{15}\text{N}$ das capivaras do G2 de Três Rios e o B1 de Piracicaba (Tabela 7).

Os valores médios do $\delta^{15}\text{N}$ encontrados nos músculos nas diferentes localidades variaram entre 5,18 e 10,11‰ (Tabela 7). O alto enriquecimento encontrado em algumas áreas não está relacionado com os níveis tróficos de um animal carnívoro, uma vez que a capivara é um animal herbívoro. Vale ressaltar este fato uma vez que comumente o uso do isótopo de nitrogênio em estudos de nutrição animal está relacionado ao interesse em definir a posição de um animal na cadeia trófica. Onde geralmente ocorre uma perda progressiva de produtos enriquecidos em átomos de ^{14}N ao longo da cadeia trófica ocorrendo um progressivo enriquecimento em átomos de ^{15}N a cada nível trófico de em média 3‰ (MINAGAWA; WADA, 1984), o que torna neste caso a interpretação do $\delta^{15}\text{N}$ mais complexo.

A possível resposta está relacionada ao ambiente em que as plantas utilizadas pelas capivaras se encontravam, sendo que, o valor da composição isotópica das plantas é em função da disponibilidade de N no solo, e esta disponibilidade varia de local para local.

Figura 15 - Relação dos valores do $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (‰) no músculo (média e desvio padrão)

2.3.3.2 Relação dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no sangue

Os valores do $\delta^{13}\text{C}$ do sangue das capivaras (Figura 16) de São Paulo apresentaram diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$) quando comparados com os valores de sangue de Holambra II e G1 de Três Rios (Tabela 5). Os valores apresentados pelos grupos G1 e G2 de Três Rios quando comparados entre si não apresentaram diferença significativa, e estes diferiram estatisticamente de Holambra II (Tabela 5).

Comparando a média dos resultados do $\delta^{15}\text{N}$ do sangue entre as áreas (Figura 16), as capivaras de Holambra II e Três Rios apresentaram-se estatisticamente diferentes. Enquanto que na área de São Paulo, o valor médio do $\delta^{15}\text{N}$ apresentou-se diferente estatisticamente de todas as outras localidades (Tabela 7).

Figura 36 - Relação dos valores do $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (‰) no sangue (média e desvio padrão)

2.3.3.3 Relação dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ na unha

Os resultados do $\delta^{13}\text{C}$ das unhas das capivaras de Holambra II, quando comparados entre as outras áreas (Figura 17) apontaram diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$). Enquanto que os grupos de Três Rios e São Paulo quando

comparados entre si não apresentaram diferenças estatísticas significativas ($P>0,05$) (Tabela 5).

Comparando os valores do $\delta^{15}\text{N}$ das unhas de todas as áreas (Figura 17), houve uma diferenciação entre si, exceto entre G1 de Três Rios e São Paulo que não se diferenciaram estatisticamente (Tabela 7).

Figura 17 - Relação dos valores do $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (‰) na unha (média e desvio padrão)

2.3.3.4 Relação dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no pêlo

Comparando as médias dos resultados do $\delta^{13}\text{C}$ dos pêlos das capivaras da área de Holambra II com os pêlos das outras áreas (Figura 18), Holambra II diferencia-se estatisticamente ($P<0,05$) de todas as áreas (Tabela 6). Os valores médios dos pêlos das capivaras dos dois grupos de Três Rios, não apresentaram diferenças estatísticas significantes em comparação a área de São Paulo (Tabela 6) ($P>0,05$).

No caso dos resultados médios do $\delta^{15}\text{N}$ dos pêlos (Figura 18) de São Paulo diferenciou-se estatisticamente ($p<0,05$) de G2 de Três Rios e Holambra II, porém não se diferenciou estatisticamente de G1 de Três Rios (Tabela 7). Os valores médios do pêlo das capivaras de Holambra II apresentaram-se diferentes estatisticamente ($P<0,05$) entre todas as áreas.

Figura 18 - Relação dos valores do $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (‰) no pêlo (média e desvio padrão)

Vale ressaltar que os resultados das comparações entre as áreas utilizando-se os diferentes tecidos obtiveram as mesmas diferenças e semelhanças, ou seja, o fracionamento ocorrido nestes tecidos em relação à fonte ocorreu de forma similar em todas as localidades. O que reforça a possibilidade de utilização do sangue como substituto do músculo para o diagnóstico alimentar, assim como a possibilidade do uso do pêlo ou da unha como substituto do músculo, porém para estes dois tecidos havendo a necessidade de um ajuste em seus valores a partir dos valores médios das diferenças apresentadas em relação ao músculo.

2.3.4 Diagnóstico dos recursos alimentares utilizados pelas capivaras

Os valores isotópicos do C nos tecidos das capivaras nos fornecem informações de modo amplo a respeito dos recursos alimentares utilizados por elas. Estes valores indicam se os recursos foram provenientes de plantas do tipo C_3 ou plantas do tipo C_4 .

A interpretação do sinal isotópico do N é mais complexa em relação ao C, uma vez que a variabilidade da composição isotópica é muito maior e não segue um padrão. As interpretações dos valores do $\delta^{15}\text{N}$ podem estar relacionadas com o metabolismo do animal e diferentes mecanismos de incorporação do N pelas plantas. Sendo que, uma

planta de mesma espécie pode apresentar diferentes valores do $\delta^{15}\text{N}$ devido ao tipo de solo em que se encontra (BUSTAMANTE et al., 2004).

A análise isotópica do C e N no músculo para um diagnóstico alimentar está baseado em estudos que verificaram neste tecido a existência de um pequeno fracionamento do valor do $\delta^{13}\text{C}$ em relação a fonte utilizada entre 1,6 e -1,6‰ e uma variação do $\delta^{15}\text{N}$ de até 3‰ em relação a fonte (Tabela 6).

2.3.4.1 Diagnóstico dos recursos alimentares utilizados pelas capivaras da Estação Experimental Fazenda Areão, Piracicaba/SP

Os resultados do $\delta^{13}\text{C}$ nos músculos das 14 capivaras que habitavam a área da Estação Experimental Fazenda Areão estabeleceram-se entre -10,6 e -13,2‰ (Figura 19) com uma média de -12,1‰. O percentual de C advindos de plantas do ciclo fotossintético C_4 incorporados nos músculos dos indivíduos desta área foi de 100% (Tabela 8).

Figura 49 - Valores do $\delta^{13}\text{C}$ (‰) no músculo dos indivíduos da Fazenda Areão – Piracicaba/SP

Estes resultados expressaram, que as capivaras utilizaram-se apenas de plantas C_4 . Demonstrando que as plantações de milho (planta do tipo C_4) danificadas pelas capivaras desta localidade foram potencialmente utilizadas como fonte de alimento (FERRAZ et al., 2003). Os resultados deste estudo reforçam os dados obtidos por Ferraz et al.(2007), no qual apontaram uma maior ocorrência de capivaras em ambientes com plantas do tipo C_4 , enfatizando a importância do tipo de cobertura vegetal como influência da escolha de ocupação do espaço deste animal.

Observando os resultados do $\delta^{15}N$ no músculo das capivaras da Fazenda Areão (Figura 20), nota-se que 4 indivíduos (indivíduos 11, 12, 14 e 15) obtiveram valores que os separaram do restante do grupo. Esta separação indicada apenas pelo $\delta^{15}N$ é referente aos 4 indivíduos capturados no brete 1 (B1). A diferença entre os indivíduos capturados no brete 1 em relação aos capturados no brete 2 (B2) apresentaram-se estatisticamente significantes ($P < 0,05$) (Tabela 8), esta diferença possivelmente esteja relacionada com o sinal isotópico das plantas existentes no local, fundamentado no argumento de que uma planta de mesma espécie pode apresentar diferentes valores do $\delta^{15}N$ devido ao tipo de solo em que se encontra (BUSTAMANTE et al., 2004).

Figura 20 - Valores do $\delta^{15}N$ (‰) no músculo dos indivíduos da Fazenda Areão – Piracicaba/SP

2.3.4.2 Diagnóstico dos recursos alimentares utilizados pelas capivaras do criadouro da Fazenda Santarém, Três Rios/RJ

O valor do $\delta^{13}\text{C}$ do músculo das capivaras do criadouro de Três Rios (Figuras 7 e 8), tanto o G1 como o G2 obtiveram uma média que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 5) com valores de $-18,2\text{‰}$ e desvio padrão de 0,84 e $-17,2\text{‰}$ e desvio padrão de 0,79, respectivamente. A porcentagem de C de plantas C_3 incorporados pelas capivaras do G1 variou entre 30 e 43%, (Tabela 8) com uma média de 39%, sendo a incorporação de C de plantas C_4 estabelecida entre 70 e 57% com média de 61%. No G2 esta porcentagem variou entre 20 e 38% (Tabela 8) com uma média de 32% na incorporação de C de plantas C_3 e uma incorporação de 80 e 62% de C de plantas C_4 . São resultados que expressaram que o uso de plantas C_3 como, por exemplo, brotos de bambu e aguapés encontradas dentro dos piquetes dos dois grupos estão sendo fontes alimentares nesta área. Porém predomina o maior consumo de plantas do tipo C_4 , como a cana de açúcar e a taboa entre estes animais.

Na análise do músculo das capivaras do criadouro de Três Rios, o comportamento $\delta^{15}\text{N}$ diferenciou os dois grupos de capivaras existentes no local (Figura 10, 11). Os valores do $\delta^{15}\text{N}$ no músculo das capivaras do G1 obtiveram uma média de $5,2\text{‰}$, enquanto que o músculo das capivaras do G2 apresentou uma média de $8,5\text{‰}$, estas médias apresentaram diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$) (Tabela 7). Esta diferenciação do $\delta^{15}\text{N}$ apresentada entre grupos de capivaras que habitavam a mesma área, pode estar relacionado a quantidade de nitrogênio disponível no solo para a planta, no qual, plantas de mesma espécie podem ter valores isotópicos distintos em indivíduos distantes a algumas centenas de metros (BUSTAMANTE et al., 2004).

2.3.4.3 Diagnóstico dos recursos alimentares utilizados pelas capivaras do criadouro da Fazenda das Posses, Holambra II, Paranapanema/SP

Os valores do $\delta^{13}\text{C}$ no músculo das capivaras do criadouro de Holambra II (Figura 8) variaram entre $-12,7$ e $-14,9\text{‰}$ com média de $-13,8\text{‰}$. Estes valores indicaram um percentual de ingestão de plantas C_3 entre 4 e 18% com uma média de 12%, e 96 e 82% de ingestão de plantas do tipo C_4 (Tabela 8). Dados que indicam como principal recurso alimentar, plantas do tipo C_4 , o que corresponde a alimentação fornecida a elas (cevadas diariamente com milho, plantas do tipo C_4).

Os valores do $\delta^{15}\text{N}$ apresentados nos músculos entre os indivíduos de capivara da Fazenda das Posses de Holambra II, foram similares entre si. Os valores encontrados variaram entre 9,4 e 11,4‰ (Figura 11).

2.3.4.4 Diagnóstico dos recursos alimentares utilizados pelas capivaras do PEAL, São Paulo/SP

Para realizar o diagnóstico alimentar das capivaras do PEAL foi utilizado o sangue como tecido padrão. Esta escolha está baseada nos valores de fracionamento encontrados entre os tecidos analisados nas capivaras de Três Rios e Holambra no qual nestas duas localidades, os valores do $\delta^{13}\text{C}$ entre o sangue e o músculo não diferiram estatisticamente e a diferença máxima encontrada em outros trabalhos (Tabela 6) citado neste presente estudo foi de 1‰ por Voight et al. (2003).

Os valores do $\delta^{13}\text{C}$ do sangue nos indivíduos do PEAL variaram entre -14,8 e -20,7‰ (Figura 9), estes resultados mostram uma variação do consumo de plantas C_3 entre as capivaras de 11 a 54%.

Observando o comportamento do $\delta^{13}\text{C}$ das fezes dos animais do PEAL (Figura 9) existe um grupo de indivíduos que apresentou valores entre -22,4 e -25,1‰ com média de -24,2‰, estes resultados são decorrentes da alimentação fornecida as capivaras antes da captura, no qual havia folha de bananeira (planta C_3), taioba preta (planta C_3), brotos de bambu (planta C_3) e milho (planta C_4). A porcentagem de plantas C_3 encontrada nas fezes deste grupo demonstrou a influência da alimentação fornecida a elas como forma de estratégia de captura, sendo a variação do percentual de plantas C_3 consumidas pelas capivaras, apresentado entre 65 e 82%, sendo o consumo de plantas C_4 entre 35 e 18% (Tabela 9).

Diferentemente, o outro grupo de indivíduos apresentou valores do $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes bem próximas aos outros tecidos com uma média de -17,1‰. Os valores encontrados de consumo de plantas C_3 foram entre 14 e 28% e plantas C_4 entre 86 e 72% (Tabela 9). Esta diferença entre os grupos pode ser explicada com base no comportamento hierárquico das capivaras onde os machos dominantes impedem a aproximação dos machos subordinados.

Tabela 8 - Valores de C incorporados de plantas C₃ (%) a partir do $\delta^{13}\text{C}$ dos músculos

Indivíduos	% C incorporado de plantas C ₃ *			
	Holambra II	Três Rios G1	Três Rios G2	Piracicaba
1	6	41	34	0
2	4	36	32	0
3	9	47	35	0
4	18	33	31	0
5	12	34	33	0
6	16	41	36	0
7	12	39	31	0
8	10	30	30	0
9	14	43	38	0
10			20	0
11			37	0
12				0
13				0
14				0

* O percentual de C de plantas C₄ corresponde a diferença do valor incorporado de planta C₃ para totalizar 100%

Tabela 9 - Valores de C incorporados de plantas C₃(%) a partir do $\delta^{13}\text{C}$ das fezes e sangue da área de São Paulo

Indivíduo	%C ₃ no sangue*	%C ₃ nas fezes*
1	35	
2	27	27
3	44	
4	42	
5	54	
6	27	28
7	37	
8	37	
9	29	14
10	19	24
11	26	65
12		
13	19	76
14	11	67
15		82
16	22	81
17		82
18	32	
19	27	81
20	17	66

* O percentual de plantas C₄ corresponde a diferença do valor incorporado de planta C₃ para totalizar 100%

3 CONCLUSÕES

Dentre os tecidos analisados, o sangue não apresentou diferença estatística significativa do sinal isotópico do $\delta^{13}\text{C}$ em comparação ao músculo. Sendo este tecido, portanto, uma alternativa de uso em substituição ao músculo. Porém a utilização dos demais tecidos como indicador da fonte alimentar, é viável, desde que se considerem os valores médios das diferenças apresentadas em relação ao músculo, que neste caso a média do fracionamento foi de 1,5‰.

No caso dos valores isotópicos do $\delta^{15}\text{N}$, todos os tecidos mostraram-se possivelmente viáveis para o uso, devido ao fato de apresentarem pequenas diferenças em relação ao músculo, obtendo um fracionamento médio de 1‰. Vale ressaltar que, mesmo que alguns tecidos tenham se diferenciado estatisticamente do músculo, os valores destas diferenças se enquadram próximos a margem de erro analítico.

Através dos valores isotópicos do $\delta^{13}\text{C}$ foi possível verificar o percentual de plantas C_3 e plantas C_4 incorporadas nos tecidos das capivaras, sendo estes valores fundamentais para diagnóstico alimentar. Já os valores apresentados pelo $\delta^{15}\text{N}$ auxiliou na identificação da área em que as capivaras se alimentaram, ou seja, os grupos de capivaras de cada localidade apresentaram sinais isotópicos distintos.

Os sinais isotópicos do $\delta^{13}\text{C}$ apresentado pelos músculos das capivaras da área de Piracicaba, mostraram que o C incorporado em seus tecidos são 100% oriundos de plantas C_4 . Na área de São Paulo, a partir dos resultados do $\delta^{13}\text{C}$ do sangue, foi possível verificar uma variação dos sinais isotópicos entre os indivíduos, no qual um grupo de capivaras apresentou uma incorporação de C de plantas C_4 de 89 a 73% e outro grupo de capivaras apresentou uma incorporação de C de plantas C_4 de 71 a 46%. Os resultados das fezes destes animais mostraram a influência da ceva utilizada para prendê-las, caracterizada pela fonte alimentar disponibilizada.

No caso das capivaras de criadouro a incorporação média de C de plantas C_4 apresentada nos músculos foi de 96% caracterizando assim uma alimentação fundamentada em plantas C_4 no criadouro de Holambra II, e entre as capivaras de Três Rios a incorporação de C de plantas C_4 foi de 80 a 53%.

Vale ressaltar que os valores isotópicos do $\delta^{13}\text{C}$ apresentados nos músculos das capivaras dos criadouros das áreas de Holambra II e Três Rios, mostraram-se coerentes com os valores das fontes alimentares disponibilizadas a elas, fortificando assim a confiabilidade do uso da metodologia isotópica para o diagnóstico alimentar.

Em todas as localidades houve uma preferência de consumo de plantas do tipo C_4 pelas capivaras, porém nas localidades cuja disponibilidade destas plantas era menor, o percentual de consumo de plantas C_3 foi maior.

As respostas obtidas neste trabalho demonstraram a eficiência da ferramenta isotópica dentro da perspectiva de um diagnóstico alimentar, fornecendo informações que possam ser utilizadas para possíveis planos de manejo de animais de vida livre e criadouro, assim como, demonstrou alternativas de uso de tecidos que podem ser coletados com maior facilidade e sem a necessidade de sacrificar o animal, para a realização das análises.

REFERÊNCIAS

- ALDANA-DOMINGUÉZ, J.; FORERO-M.,J.; BETANCUR, J.; CAVELIER, J. Dinâmica y estructura de la población de chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*: Rodentia, Hydrochaeridae) de Caño Limón, Arauca, Colômbia, *Caldasia*, v.24, n.2, p.445-458, 2002.
- ALHO,C.J.R. Capivaras: uma vida em família. *Ciência Hoje. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência*, São Paulo, v.4, n.23, p.64-68, 1986.
- ALHO, C.J.R.; RONDON, N.L. Habitats, population densities and social structure of capybaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*, Rodentia) in the Pantanal, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v.4, p.139-149,1987.
- ALHO, C.J.R.; CAMPOS, Z.M.; GONÇALVES, H.C. Ecologia de capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*, Rodentia) do Pantanal: Atividade, sazonalidade, uso do espaço e manejo. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.47, p.99-110, 1987.
- ALHO, C.J.R.; CAMPOS, Z.M.; GONÇALVES, H.C. Ecology, social behavior and management of the capybara in the Pantanal of Brazil. In: REDFORD, K.H.; EISENBERG, J.F. (Ed.). **Advances in neotropical mammalogy**, Gainesville,v.32, p. 163-194, 1989.
- AYLIFFE, L.K.; CERLING, T.E.; ROBINSON, T.; WEST,A.G.; SPONHEIMER, M.; PASSEY, B.H.; HAMMER, J.; ROEDER, B.; DEARING, M.D.; EHLERINGER, J.R. Turnover of carbon isotopes in tail hair and breath CO₂ of horses fed an isotopically varied diet. **Oecologia**, Amsterdam, v.139, p.11-22, 2004.
- AZCARATE, T. Sociobiologia y manejo del capibara (*Hydrochoerus Hydrochaeris*). **Donana Acta Vertebrata**, Sevilla, v.7, n.6, p.1-228, 1980.
- BARRETO, G.R.; HERRERA, E.A. Foraging patterns of capybaras in a seasonally flooded savanna of Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.14, p.87-89, 1998.
- BERTELLI, P.W.; RECHENBERG, E.; SEVEGNANI, L.; SCHREIBER, C. Levantamento preliminar das espécies de plantas componentes da dieta das capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*) na bacia de Rio Itajaí – SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 23, 2000. **Anais...** Cuiabá: UFMT/IB, 2000. 640p.
- BEST, P.B.; SCHELL, D.M. Stable isotopes in southern right whale (*Eubalaena australis*) baleen as indicators of seasonal movements, feeding and growth. **Marine Biology**, Berlin, v.124, p.483-494, 1996.

BOUTTON, T.W. **Stable carbon isotope ratios of natural materials: Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environments**. New York: Academic Press, 1991. p.173-185,

BUSTAMANTE, M.M.; MARTINELLI, L.A.; SILVA, D.A.; CAMARGO, P.B.; KLINK, C.A.; DOMINGUE, T.F.; SANTOS, R.V. ^{15}N natural abundance in woody plants and soils of the savanna in Central Brazil (Cerrado). **Ecological Applications**, Washington, v.14, n.4, p.200-213, 2004.

DeNIRO, M.J.; S. EPSTEIN. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Washington, v.42, p.495-506, 1978.

DeNIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Washington, v.45, p.341-351, 1981.

EHLERINGER, J.R.; RUNDEL, P.W. Stable isotopes: history, units, and instrumentation. In: RUNDEL, P.W.; EHLERINGER, J.R.; NAGY, K.A. (Ed.). **Stable isotopes in ecological research**. New York: Springer-Verlag 1989. p.1-15, (Ecological Studies, 68)

EISENBERG, J.F.; REDFORD, K.H. **Mammals of the neotropics** – The central neotropics. Chicago: University of Chicago, v.2, p. 430, 1999.

ESCOBAR, A.; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, E. Variación estacional de la frecuencia relativa de las especies vegetales consumidas por los chigüires (*Hydrochoerus hydrochaeris*) In: SEMINARIO SOBRE CHIGUIRES Y BABAS, 2., 1976. Caracas: CONCINIT, 1976 a. p.35-42

ESCOBAR, A.; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, E. Estudio de la competencia alimenticia de los herbívoros mayores del llano inundable con especial al chigüire (*Hydrochoerus hydrochaeris*). **Agronomía Tropical**, Aragua, v.26, n.3, p.215-227, 1976 b.

FARQUHAR, G.D.; EHLERINGER, J.R.; HUBICK, K.T. Carbon Isotope Discrimination and Photoynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**. Los Angeles, v. 40, p. 503-537, 1989.

FERRAZ, K.M.P.M.B.; LECHEVALIER, M.A.; COUTO, H.T.Z.; VERDADE, L.M. Damage caused by capybaras on a corn field. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.1, p.191-194, 2003.

FERRAZ, K.M.P.M.B.; FERRAZ, S.F.de B.; MOREIRA, J.R.; COUTO, H.T.Z.; VERDADE, L.M. Capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) distribution in agroecosystems: a cross-scale habitat analysis. **Journal of Biogeography**, San Francisco, v.34, p.223-230, 2007.

FRY, B.; SHERR, E.B. $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and fresh water ecosystems. **Contribution in Marine Science**, Texas, v.27, p.13-47, 1984.

GANNES, L.Z.; O'BRIEN, D.M.; MARTINEZ Del RIO, C. Stable isotopes in animal ecology: assumptions, caveats, and a call for more laboratory experiments. **Ecology**, Washington, v.78, n.4, p.1271-1276, 1998.

GARTEN, C.T.; VAN MIEGROET, H. Relationships between soil nitrogen dynamics and natural ^{15}N abundance in plant foliage from Great Smoky Mountain National Park. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.24, n.8, p.1636-1645, 1994.

GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, E. Digestive physiology and feeding of capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). M. (Ed). **Handbook series in nutrition and food**. Oxford: Cleveland CRC Press, 1977. Sect. 9, 1, p. 163-177.

HERRERA, E.A. **The behavioural ecology of capybara, Hydrochoerus hydrochaeris**. 1986. 227p. Thesis (Ph.D.) - University of Oxford, Oxford, 1986.

HERRERA, E.A.; MACDONALD, D.W. Group stability and the structure of a capybara population. **Symposia of Zoological Society of London**, London, v.58, p.115-130, 1987.

HERRERA, E.A.; MACDONALD, D.W. Resource utilization and territoriality group-living Capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). **Journal of Animal Ecology**, Cambridge, v.58, p.667-679, 1989.

HOBSON, K.A.; CLARK, R.G. Assessing avian diets using stable isotopes II: factors influencing diet-tissue fraction. **The Condor**, Albuquerque, v.94, p.189-197, 1992.

JORGENSEN, J.P. Notes on the ecology and behavior of capybaras in northeastern Colombia. **Vida Silvestre Neotropical**, Costa Rica, v.1, p.31-40, 1986.

LABRUNA, M.B.; KERBER, C.E.; FERREIRA, F.; FACCINI, J.L.H.; DE WAAL, D.T.; GENNARI, S.M. Risk factors to tick infestations and their occurrence on horses in the State of São Paulo, Brazil. **Veterinary Parasitology**, São Paulo, v.97, p.1-14, 2001.

LABRUNA, M.B.; WHITWORTH, T.; HORTA, M.C.; BOUYER, D.H.; MCBRIDE, J.W.; PITER, A.; POPOV, V.; GENNARI, S.M.; WALKER, D.H. *Rickettsia* species infecting *Amblyomma cooperi* ticks from an area in the state of São Paulo, Brazil, where Brazilian Spotted Fever is endemic. **Journal Clinical of Microbiology**, Washington, v.42, n.1, p.90-98, 2004.

LEMOES, E.R.S.; MELLES, H.H.B.; COLOMBO, S.; MACHADO, R.D.; COURA, J.R.; GUIMARÃES, M.A.A.; SANSEVERINO, S.R.; MOURA, A. Primary isolation of spotted fever groups rickettsiae from *Amblyomma cooperi* collected from *Hydrochaeris*

hydrochaeris in Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v.91, p.273-275, 1996.

MACDONALD, D.W. Dwindling resources and the social behaviour of capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) (Mammalia). **Journal Zoological of London**, London, v.194, p.371-391, 1981.

MENDES, A.; NOGUEIRA, S.S.da C.; LAVORENTI, A.; NOGUEIRA-FILHO, S.L.G. A note on the cecotrophy behavior in capybara (*Hydrochaeris hydrochaeris*). **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v.66, p. 161 – 167, 2000.

MILAN, M.A.P. Hábitos nutricionales del chigüire. **Revista del Instituto Colombiano Agropecuária**, Bogotá, v.13, n.4, p. 743, 1978.

MINAGAWA, M.; WADA, E. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Saint Louis, v.28, p.1155-1164, 1984.

MOREIRA, J.R.; MacDONALD, D.W. Correlates of testis mass in capybaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*) dominance assurance or sperm production. **Journal Zoological of London**, London, v.241, p.457-463, 1997.

NARDOTO, G.B.; GODOY, P.B.; FERRAZ, E.S.B.; OMETTO, J.P.H.B.; MARTINELLI, L.A. Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and swine tissues. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, p.579-582, 2006.

NOGUEIRA FILHO, S.L.G. **Manual de criação de capivara**. Viçosa: CPT, 1996. 50p.

OJASTI, J. **Estudo biológico del chigüire o capibara.**, Caracas: Ed. Fondo National de Investigaciones Agropecuárias, 1973. 257p.

OJASTI, J.; SOSA BURGOS, L.M. Density regulation in populations of capybara. **Acta Zoological Fennica**, Amsterdam, v.173, p.81-83, 1985.

OLIVEIRA, A.C.B. **Isótopos estáveis de carbono e nitrogênio como indicadores qualitativo e quantitativo da dieta do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) da Amazônia Central**. 2003. 86p. Tese (Doutorado na área de Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

POST, D.M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. **Ecology**, Washington, v.83, p. 703-718, 2002.

QUINTANA, R.D.; MONGE, S.; MALVEVÁREZ, A.L. Feeding habits of capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in afforestation areas of the lower delta of the Paraná river, Argentina. **Mammalia**, Kusterdingen v. 58, n.4, p. 569-580, 1994.

QUINTANA, R.D.; S MONGE, S.; MALVEVÁREZ, A.L. Feeding patterns of capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in afforestation areas of the Lower Delta of the Parana River, Argentina. **Mammalia**, Kusterdingen, v.62, p. 37-52, 1998.

QUINTANA, R.D. Seasonal effects on overlap trophic niche between capybara (*Hydrochaeris hydrochaeris*) and livestock, and on trophic niche breadths in a rangeland of Central Entre Ríos, Argentina. **Mammalia**, Kusterdingen, v.67, p. 33-40, 2003.

RECHENBERG, E. **Uma proposta de ação para gerenciar os conflitos associados à capivara *Hydrochaeris hydrochaeris* (Mammalia; Rodentia), nas margens do Rio Itajaí – Açú, Blumenau/SC, sob a ótica dos atores governamentais e não governamentais**. 2000. 274p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Regional de Blumenau/SC, 2000.

ROTH, J.D.; ROBSON, K.A. Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissue of captive red fox: implications for dietary reconstruction. **Canadian Journal of Zoology**, Toronto, v.78, p.848-852, 2000.

SCHWERTL, M.; AUERSWALD, K.; SCHÄUFELE, R. SCHNYDER, H. Carbon and nitrogen stable isotope composition of cattle hair: ecological fingerprints of production system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.109, p.153-165, 2005.

SPONHEIMER, M.; ROBINSON, T.; AYLIFFE, L.; ROEDER, B.; HAMMER, J.; PASSEY, B.; WEST, A.; CERLING, T.; DEARING, D.; EHRLINGER, J. Nitrogen isotopes in mammalian herbivores: hair $\delta^{15}\text{N}$ values from a controlled feeding study. **International Journal Osteoarchaeology**, San Francisco, v.13, p.80-87, 2003a.

SPONHEIMER, M.; ROBINSON, T.; AYLIFFE, L.; PASSEY, B.; ROEDER, B.; SHIPLEY, L.; LOPEZ, E.; CERLING, T.; DEARING, D.; EHRLINGER, J. An experimental study of carbon-isotope fractionation between diet, hair and feces of mammalian herbivores. **Canadian Journal of Zoology**, Toronto, v.81, p.871-876, 2003b.

STATSOFT INC. STATISTICA. **Data analysis software system**. Versão 8.0. 2006. Disponível em: <http://www.statsoft.com>. Acesso em: 21 out. 2008

SUKUMAR, R.; R. RAMESH. Stable carbon isotopes ratios in Asian elephant Collagen: implication for dietary studies. **Oecologia**, Amsterdam, v.91, n.4, p.536-539, 1992.

TIESZEN, L.L.; BOUTTON, T.W. Stable isotopes in terrestrial ecosystem research. Stable isotopes in ecological research. **Springer**, New York, p.167-195, 1983.

TIESZEN, L.L.; BOUTTON, T.W.; TESDAHL, K.G.; SLADE, N.S. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal-tissues – Implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis on diet. **Oecologia**, Amsterdam, v.57, p.32-37, 1983.

TIESZEN, L.L.; HEIM, D.; QVORTRUP, S.A.; TROUGHTON, J.H.; IMBAMBA, S.K. Use of ^{13}C values to determine vegetation selectivity in East African Herbivores. **Oecologia**, Amsterdam, v.37, p.351-359, 1979.

VERDADE, L.M.; FERRAZ, K.M.P.M.B. Capybaras in an anthropogenic habitat in southeastern Brazil. **Brazilian Journal Biology**, São Carlos, v.66, p.371-378, 2006.

VOIGHT, C.C.; MATT, F.; MICHENER, R.; KUNZ, T.H. Low turnover rates of carbon isotopes in tissues of two nectar-feeding bat species. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v.206, p.1419-1427, 2003.

WEBSTER, M.S.; MARRA, P.P.; HAIG, S.M.; BENSCH, S.; HOLMES, R.T. Links between worlds: unraveling migratory connectivity. **Trends in Ecology and Evolution**, London, v.17, p.76-83, 2002.

WEST, J.B.; BOWUN, G.J.; CERLING, T.E.; EHLERINGER, J.R. Stable isotopes as one of nature's ecological recorders. **Trends in Ecology and Evolution**, London, v.21, p.408-414, 2006.

Anexo A. Dados Brutos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos tecidos das capivaras de São Paulo

Indivíduos	São Paulo							
	Músculo		Sangue		Pêlo		Unha	
	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
1	5,86	-16,98	-17,6	6,0	-16,3	5,3	-16,5	5,6
2	5,32	-15,65	-16,3	5,4	-15,1	6,0	-14,6	5,1
3			-19,1	5,4	-17,2	5,6	-16,8	5,0
4	5,90	-18,63	-18,7	5,8	-17,1	5,7	-17,0	5,6
5			-20,7	5,7	-18,7	5,3	-18,3	6,1
6			-16,3	5,4	-15,8	5,6	-14,4	5,9
7			-17,9	5,8	-17,0	5,3	-16,0	5,8
8			-17,9	6,1	-14,5	6,0	-16,5	5,7
9			-16,7	4,9	-14,9	5,3	-14,1	5,2
10			-15,1	5,2	-13,7	5,4	-13,9	5,5
11			-15,0	5,5	-15,1	5,4	-15,3	5,5
12			-16,2	5,5	-13,4	5,6	-13,7	5,7
13					-12,6	5,8	-13,4	5,7
14			-14,9	5,8	-12,6	5,9	-13,4	5,8
15			-13,8	5,5	-12,0	6,1	-12,1	6,0
16					-15,4	5,7	-14,3	5,7
17			-15,6	5,6	-14,1	5,8	-14,9	5,7
18					-14,7	5,8	-15,2	5,4
19			-17,2	5,2	-17,2	5,0	-17,2	5,2
20			-16,3	4,9	-15,1	5,4	-15,0	5,3

Anexo B. Dados Brutos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos tecidos das capivaras de Três Rios G1

Indivíduos	Três Rios G1							
	Músculo		Sangue		Pêlo		Unha	
	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
1	-18,5	4,8	-17,9	4,7	-17,0	4,2	-16,6	4,7
2	-17,8	4,7	-17,8	4,7	-14,7	4,6	-19,8	5,0
3	-19,6	6,2	-19,4	5,1	-15,2	9,0	-15,2	8,8
4	-17,3	5,1	-17,9	4,8	-15,3	4,3	-15,2	4,4
5	-17,5	4,7	-18,1	4,6	-15,8	4,6	-17,2	4,8
6	-18,6	5,1	-18,7	4,8	-14,7	4,7	-15,5	4,8
7	-18,3	5,9	-18,0	4,8	-15,9	4,7	-14,5	4,8
8	-16,9	4,7	-17,1	4,1	-15,2	4,3	-14,5	4,5
9	-18,9	5,3	-18,8	4,5	-17,2	3,9	-16,8	4,7

Anexo C. Dados Brutos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos tecidos das capivaras de Três Rios G2

Indivíduos	Três Rios G2							
	Músculo		Sangue		Pêlo		Unha	
	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
1	-17,5	8,2	-17,1	7,5	-15,4	7,8	-16,8	6,8
2	-17,1	8,3	-17,4	7,4	-16,0	8,0	-13,5	8,1
3	-17,6	8,6	-17,3	7,7	-17,7	7,7	-14,6	8,1
4	-16,9	8,1	-17,1	7,8	-14,4	8,0	-15,2	8,2
5	-17,2	9,3	-17,2	8,1	-17,1	4,6	-21,3	5,7
6	-17,7	7,8	-17,4	6,8	-14,8	7,4	-15,3	7,0
7	-16,9	8,9	-16,7	7,6	-14,5	7,6	-13,0	7,9
8	-16,9	8,1	-16,8	7,2	-15,1	7,5	-12,6	8,3
9	-18,1	9,0	-17,6	7,1	-17,3	7,4	-16,4	7,9
10	-15,1	8,1	-15,8	7,9	-14,4	8,2	-12,6	8,5
11	-17,9	8,9	-17,6	7,7	-17,5	7,1	-16,1	7,3

Anexo D. Dados Brutos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos tecidos das capivaras de Holambra II,
Paranapanema/SP

Indivíduos	Holambra							
	Músculo		Sangue		Pêlo		Unha	
	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
1	-12,9	9,7	-13,1	8,7	-12,6	8,3	-12,7	8,6
2	-12,7	10,0	-12,5	9,1	-11,1	7,5	-12,4	8,5
3	-13,5	11,4	-13,5	9,4	-12,4	8,5	-12,3	8,8
4	-14,9	9,7	-14,9	9,2	-14,3	9,6	-14,1	9,7
5	-13,9	10,4	-14,0	9,0	-14,0	8,2	-14,5	9,2
6	-14,6	10,3	-14,1	9,8	-13,7	9,2	-14,4	8,8
7	-13,9	9,6	-14,1	9,3	-14,6	8,8	-14,6	9,0
8	-13,5	9,4	-13,8	9,4	-13,7	8,3	-13,7	9,7
9	-14,3	10,6	-13,8	9,5	-11,3	9,3	-10,7	8,7
10					-13,3	10,0	-15,3	9,5

Anexo A. Dados Brutos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos tecidos das capivaras de Piracicaba/SP

Indivíduos	Piracicaba B1		Piracicaba B2	
	Músculo			
	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
1	-11,4	6,9		
2	-12,5	7,9		
3	-12,1	7,8		
4	-13,2	7,9		
5	-12,2	7,6		
6	-12,6	7,4		
7	-11,9	7,8		
8	-11,4	8,5		
9	-12,5	7,7		
10	-12,1	7,4	-12,1	7,4
11	-12,7	9,1	-12,7	9,1
12	-10,7	8,9	-10,7	8,9
13	-12,1	8,9	-12,1	8,9
14	-12,8	9,3	-12,8	9,3