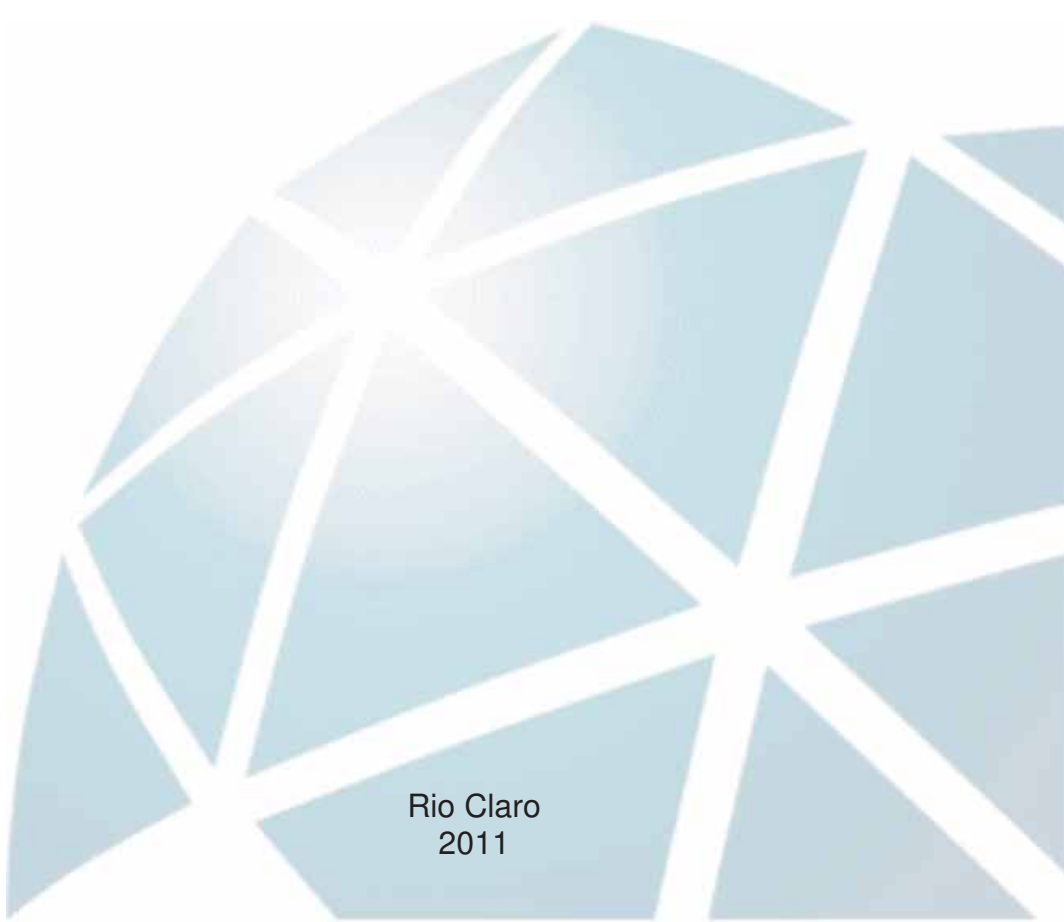

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS INTEGRAL

MARIANA BENTIM GÓES

**SÍNDROME DO COMPORTAMENTO EM ROEDORES
MUROIDES DA RESERVA FLORESTAL DO MORRO
GRANDE E SUAS POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES:
RESPOSTA À FRAGMENTAÇÃO, DINÂMICA
SUCESSIONAL E TAXA METABÓLICA BASAL**



Rio Claro
2011

591.1 Góes, Mariana Bentim
G598s Síndrome do comportamento em roedores muroides da Reserva Florestal do Morro Grande e suas possíveis implicações: resposta à fragmentação, dinâmica sucessional e taxa metabólica basal / Mariana Bentim Góes. - Rio Claro : [s.n.], 2011
39 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Ariovaldo Pereira da Cruz Neto
Co-Orientador: Guilherme Ambar

1. Animais - Fisiologia. 2. Fisiologia da conservação. 3. Vulnerabilidade. 4. Metabolismo energético. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Mariana Bentim Góes

Síndrome do comportamento em roedores muroides da Reserva Florestal do Morro Grande e suas possíveis implicações: resposta à fragmentação, dinâmica sucessional e taxa metabólica basal.

Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Pereira da Cruz Neto

Co-orientador: Msc. Guilherme Ambar

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de bacharel em Ciências Biológicas.

Rio Claro

2011

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve financiamento concedido pela FAPESP, com bolsa de Iniciação Científica (proc. 2010/08160-9) integrada ao projeto temático “*Effects of global climate change of the Brazilian fauna: a conservation physiology approach*” (proc. 2008/57687-0), dentro do programa FAPESP *Research Program on Global Climate Change* (PFPMCG). É por essa grande oportunidade que começo agradecendo a meu orientador Ariovaldo Neto, pessoa fundamental pra minha iniciação e amadurecimento profissional. Também agradeço todo o auxílio fornecido por meu co-orientador Guilherme Ambar e por Ricardo Bovendorp, figura essencial em nossas saídas de campo.

Por outro lado, este trabalho também jamais existiria sem o apoio de amigos e familiares.

Agradeço imensamente a minha mãe, Vera, que sempre esteve presente acreditando no meu potencial, mesmo quando invisível aos meus olhos. A meu pai, Luiz Carlos, que sem perceber ensinou a nobreza de ser acadêmico (saber de todas as dificuldades apenas aumentou minha admiração por quem segue este caminho).

Ao Gustavo e à Angélica, irmão e cunhada que sempre me ajudaram e agora posso chamar de companheiros de formação. A meu irmão Marcelo, meus avós Lucia e Antenor e meu namorado Haru, o mais paciente companheiro, presente nas minhas mais variadas visões de futuro.

A todos os meus amigos do BIURC2007 (Annie, Mão, Mari, Manúbrios, Pedó...), essenciais pra minha vivência e sobrevivência em Rio Claro, em especial Marina e Moyra, que estavam comigo não só em todos os trabalhos de classe, mas em todos os momentos que valeram à pena.

E finalmente à Pollyene, Mary, Rê e família Arruda, amigos que constituem minha segunda família e me acompanham desde o início da jornada!

RESUMO

Embora a fragmentação da paisagem seja apontada como uma das principais alterações antrópicas ao meio ambiente, sabe-se que nem todas as espécies são afetadas da mesma forma por este processo. Resultados obtidos na Reserva Florestal do Morro Grande (RFMG) encontraram ainda relação entre a vulnerabilidade diferenciada à fragmentação e a dinâmica sucessional em roedores. Estudos recentes sugerem que estas respostas diferenciais poderiam estar associadas a perfis metabólico/comportamentais, com consequências para a capacidade de exploração do habitat e utilização de recursos. Neste trabalho investigamos aspectos comportamentais e do metabolismo energético de três espécies de roedores da RFMG, já classificados como sensíveis (*Euryoryzomys russatus*) e tolerantes à fragmentação (*Akodon montensis* e *Oligoryzomys nigripes*), a fim de testar se estes fatores explicariam em parte suas diferentes vulnerabilidades. Analisou-se ainda a relação existente entre o metabolismo energético (expresso pela taxa metabólica basal, TMB) e o comportamento em nível de indivíduos.

Por meio de testes comportamentais verificamos que não há diferença significativa entre os níveis exploratórios de espécies tolerantes e sensíveis à fragmentação. Por outro lado, a tendência de diferenciação na TMB entre as espécies foi bastante clara, com *Euryoryzomys* apresentando o mais alto metabolismo basal. As características de baixo metabolismo basal e plasticidade metabólica encontradas em *Akodon* e *Oligoryzomys* podem, de fato, estar contribuindo para o sucesso dessas espécies em áreas fragmentadas e alteradas. Foi encontrada ainda relação negativa entre a TMB e comportamentos custosos para duas das espécies, demonstrando predomínio do Modelo da Partilha, aparentemente adaptativo em ambientes imprevisíveis e com baixa produtividade, já que caracteriza animais com baixa demanda energética (baixa TMB) e alto desempenho na busca de recursos (alta atividade e exploração).

Palavras-chave: vulnerabilidade, fragmentação, dinâmica sucessional, comportamento, metabolismo basal, fisiologia da conservação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
Figura 1: Relações hipotéticas entre a taxa metabólica residual e atividade segundo o Modelo da Alocação (A) e o Modelo da Partilha (B).....	12
Figura 2: Cobertura do solo (RFMG).....	14
Figura 3: <i>Akodon montensis</i> (A), <i>Euryoryzomys russatus</i> (B) e <i>Oligoryzomys nigripes</i> (C).	15
Figura 4: Armadilhas de interceptação e queda (A) e <i>Sherman</i> (B).....	16
Figura 5: Arena com buracos.	17
Figura 6: <i>Akodon montensis</i> (A) e <i>Oligoryzomys nigripes</i> (B) em arena com buracos.....	17
Figura 7: Arena de comportamento com câmera posicionada para gravação.	18
Figura 8: Esquema de equipamentos em respirometria de fluxo aberto.....	20
Figura 9: Equipamentos para respirometria montados em alojamento (Cotia, SP).....	20
Figura 10: <i>Euryoryzomys russatus</i> em respirômetro (dentro de câmara com temperatura controlada).	21
Figura 11: Gráfico de comparação da taxa metabólica basal (TMB) entre as estações do ano para cada uma das espécies estudadas.	30
Figura 12: Regressão linear entre taxa metabólica basal (kJ/h) e índice de atividade-exploração para <i>Akodon montensis</i> (A) e <i>Olygoryzomys nigripes</i> (B).....	31

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Relação de animais coletados.....	24
Tabela 2: Resultado Componente Principal 1 para as diferentes espécies, apresentando os valores de significância de cada variável para este componente em <i>Akodon montensis</i> (N=29; valor crítico de correlação 0,301), <i>Oligoryzomys nigripes</i> (N=12; valor crítico de correlação 0,457) e <i>Euryoryzomys russatus</i> (N=14; valor crítico de correlação 0,426). As marcações em negrito indicam os comportamentos considerados no cálculo do índice de atividade-exploração, uma vez que apresentam valores superiores ao valor crítico de correlação.....	24
Tabela 3: Matriz de correlação para comportamentos selecionados por PC1 em <i>Akodon montensis</i>	25
Tabela 4: Matriz de correlação para comportamentos selecionados por PC1 em <i>Oligoryzomys nigripes</i>	25
Tabela 5: Matriz de correlação para comportamentos selecionados por PC1 em <i>Euryoryzomys russatus</i>	26
Tabela 6: Média $\pm$ 1 desvio padrão da % de locomoção em função da estação do ano para as 3 espécies de roedores.	26
Tabela 7: Valores médios $\pm$ 1 desvio padrão para a locomoção de <i>Akodon montensis</i> , em função do estágio sucessional e estação do ano.	27
Tabela 8: Valores médios $\pm$ 1 desvio padrão para a taxa metabólica basal (TMB - kJ/h) de <i>Akodon montensis</i> , em função do estágio sucessional e estação do ano.	28
Tabela 9: Média $\pm$ 1 desvio padrão da massa (g) e temperatura corpórea (°C) de <i>Akodon</i> , <i>Oligoryzomys</i> e <i>Euryoryzomys</i> . Número em parêntesis indica tamanho amostral.	29
Tabela 10: Média $\pm$ 1 desvio padrão dos valores da taxa metabólica basal (TMB – kJ/h) para as 3 espécies de roedores, em função da estação do ano.	29

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	6
1.1. Mata Atlântica e os pequenos roedores	7
1.2. Síndrome do comportamento.....	9
1.3. Taxa Metabólica: Relação com fragmentação e comportamento.....	10
2. OBJETIVO	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3.1. Área de estudo	14
3.2. Espécies	15
3.3. Delineamento experimental	15
3.4. Testes comportamentais.....	16
3.4.1. Arena com buracos.....	17
3.5. Testes metabólicos	19
3.6. Análise de dados	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Traços comportamentais	24
4.2. Atividade-exploração, Metabolismo Basal e Estágio sucessional.....	27
4.3. Análise da Massa, Temperatura Corpórea e Taxa Metabólica Basal	28
4.4. TMB X Índice atividade-exploração	30
5. CONCLUSÃO.....	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

Ações antrópicas, como a fragmentação, alteram de forma acentuada os padrões naturais de variação das paisagens, resultando na perda e isolamento de habitats favoráveis a determinadas espécies (CERQUEIRA et al., 2003).

Além de isolar os habitats, a remoção de amplas áreas de vegetação nativa modifica processos físicos como os relacionados à radiação solar e fluxos de vento e água (SAUNDERS et al., 1991), que por sua vez afetam processos biológicos, como a estrutura e composição da vegetação (BENNET e SAUNDERS, 2010). Evidências empíricas sugerem que, pelo menos em médio prazo, estas mudanças qualitativas no habitat remanescente causam alterações nas comunidades biológicas e conduzem à perda de biodiversidade (CERQUEIRA et al., 2003; PAGLIA et al., 2006).

Embora toda a comunidade biológica seja afetada pelo processo de fragmentação, nem todas as espécies respondem da mesma forma à modificação da paisagem. Assim, se por um lado algumas espécies têm sua sobrevivência comprometida com a fragmentação da paisagem, apresentando diminuição na sua abundância, outras não são afetadas ou são até mesmo favorecidas por este processo, aumentando sua abundância e ocupando as áreas alteradas. Isto ocorre porque cada espécie apresenta características particulares que as fazem responder de maneira única à fragmentação (CERQUEIRA et al., 2003, OLIFIERS e CERQUEIRA, 2006).

Canale e Henry (2010) apontam a plasticidade fenotípica como uma das grandes características que pode beneficiar espécies em ambientes alterados. Tal flexibilidade, definida como a habilidade de um genótipo expressar diferentes fenótipos de acordo com diferentes condições ambientais (PRICE et al., 2003; NUSSEY et al., 2007), tende a ser selecionada em ambientes altamente instáveis, onde a intensidade e a duração de condições favoráveis e desfavoráveis são imprevisíveis (SULTAN e SPENCER, 2002). Canale e Henry (2010) desenvolveram então a hipótese de que organismos provenientes de ambientes pouco previsíveis devem exibir maior flexibilidade fenotípica do que organismos originados de ambientes altamente previsíveis (HAU, 2001; PIERSMA e DRENT, 2003; DAWSON, 2008). Esta hipótese, entretanto, nunca foi formalmente validada (CANALE e HENRY, 2010).

Outros mecanismos que agem na mudança da biodiversidade em ambientes fragmentados foram explorados em modelo criado e testado por Pardini et al. (2010). Tal modelo conceitual prevê uma mudança na abundância, diversidade alfa e diversidade gama em espécies especialistas de habitat florestais à medida que a cobertura vegetal nativa é reduzida; já para espécies generalistas de habitat, é esperado que não haja padrão de

mudança na abundância ou que haja inclusive um aumento da mesma em fragmentos com baixos níveis de cobertura nativa, seguido ainda pela extinção de espécies especialistas de habitat. Tais resultados enfatizam a importância de se considerar as características de cada espécie para avaliar a mudança na biodiversidade através de gradientes ambientais e de distúrbios (COLLES et al., 2009).

Padrões de ocupação foram observados não só em áreas fragmentadas mas também em estudos que avaliam mudanças na fauna durante a regeneração de florestas tropicais. Nestes trabalhos encontra-se um visível padrão de substituição de espécies ao longo dos diferentes estágios sucessionais (BOWMAN et al., 1990; LAWTON et al., 1998; DUNN, 2004; PARDINI e UMETSU, 2006; UMETSU e PARDINI, 2007; PARDINI et al., 2009, UEHARA-PRADO et al., 2009; PINOTTI, 2010). De maneira geral, no início do processo de regeneração as assembléias são dominadas por espécies generalistas ou provenientes de outros biomas, enquanto áreas maduras apresentam maior riqueza de espécies especialistas de floresta (BOWMAN et al., 1990; LAWTON et al., 1998; PARDINI et al., 2009, UEHARA-PRADO et al., 2009; PINOTTI, 2010). Entretanto, as causas diretas das mudanças observadas são raramente investigadas, sendo muitas vezes apenas especuladas.

Entre os Biomas ameaçados pela fragmentação, a Mata Atlântica gera especial preocupação por sua imensa biodiversidade e endemismos (MYERS et al., 2000; DEVELEY e MARTENSEN, 2006). Estratégias para a conservação deste Bioma dependem da informação de como a diversidade é mantida ou afetada em seus pequenos remanescentes e áreas alteradas, em sua maioria compostos por florestas secundárias em diferentes graus de regeneração (METZGER, 2000; DEVELEY e MARTENSEN, 2006).

1.1. Mata Atlântica e os pequenos roedores

A maioria das espécies que habitam a Mata Atlântica não é capaz de ocupar áreas abertas como pastagens ou campos artificiais (STEVENS e HUSBAND, 1998; FELICIANO et al., 2002; PARDINI e UMETSU, 2006). Consequentemente, as taxas de dispersão de indivíduos entre fragmentos isolados e inseridos em uma matriz de ambientes abertos são bastante baixas, levando a extinções locais (PIRES et al., 2002; CASTRO e FERNANDEZ, 2004; PARDINI e UMETSU, 2006).

Como citado anteriormente, algumas espécies podem não se enquadrar nesse padrão e demonstrar vulnerabilidade diferenciada à fragmentação, sendo umas mais tolerantes do que outras (BENNET e SAUNDERS, 2010). Resultados obtidos na Reserva Florestal do Morro Grande por Pardini et al. (2005) indicaram um aumento na abundância total de pequenos mamíferos não-voadores devido à presença de espécies generalistas, resilientes aos distúrbios do habitat, embora note-se também a presença de espécies

associadas a áreas de mata madura. Como exemplo, pode-se citar o roedor terrestre *Euryoryzomys russatus*, que apesar de ser uma das duas espécies mais comuns em áreas de Mata Atlântica madura e contínua (independentemente da altitude ou da região geográfica) (OLMOS, 1991; BERGALLO e MAGNUSSON, 1999; PARDINI, 2004; PARDINI e UMETSU, 2006), perde importância para outras espécies, como *Akodon montensis* e *Oligoryzomys nigripes*, em áreas de Mata Atlântica onde a vegetação foi fragmentada e/ou alterada (PAGLIA et al., 1995; STEVENS e HUSBAND, 1998; PARDINI e UMETSU, 2006). Relatos em um fragmento no sul da Bahia também apontam as espécies *Euryoryzomys russatus* e *Thaptomys nigrita* como sendo mais comuns em interiores de floresta madura, enquanto as espécies *Akodon montensis* e *Oligoryzomys nigripes* são associadas a áreas alteradas, sejam elas bordas de fragmentos de mata, matas secundárias ou plantações sombreadas de cacau (PARDINI, 2004; PARDINI e UMETSU, 2006).

A respeito da dinâmica sucessional, estes pequenos roedores confirmam a relação entre sucessão e especialização de habitat. As espécies *Euryoryzomys russatus* e *Thaptomys nigrita*, abundantes em áreas em estágio avançado de regeneração, são classificadas como restritas a biomas florestais (Mata Atlântica), enquanto as espécies *Oligoryzomys nigripes* e *Akodon montensis*, abundantes em áreas em estágios iniciais de regeneração, são classificadas como não-endêmicas, encontradas em ambientes abertos como o Cerrado e a Caatinga (BUENO, 2008; PINOTTI, 2010).

Portanto, aparentemente, há um padrão a respeito da vulnerabilidade à fragmentação e a presença em diferentes estágios sucessionais. As espécies mais abundantes em áreas fragmentadas (*Akodon montensis* e *Oligoryzomys nigripes*) são, via de regra, as mesmas presentes nos estágios iniciais de regeneração; enquanto as espécies mais afetadas pela fragmentação (*Euryoryzomys russatus* e *Thaptomys nigrita*) são, via de regra, aquelas presentes nos estágios avançados de regeneração e áreas maduras.

As diferentes ocupações em áreas fragmentadas e no decorrer do processo sucessional devem ser influenciadas, não só para esses roedores, mas também para muitos grupos de fauna, por mudanças em características estruturais, florísticas e de disponibilidade de recursos. Fatores como estratificação vertical da vegetação, volume de galhadas, profundidade do folhicho, biomassa de artrópodes no solo e conexão da vegetação servem como exemplo, já sendo apontados por Pinotti (2010). Estes fatores podem influenciar positiva ou negativamente a taxa de sobrevivência de acordo com as características de cada espécie referente ao hábito alimentar (restrito ou generalista), microhabitat preferencial (se são terrestres, ocupam dossel ou sub-bosque) (PARDINI et al., 2005) ou a outros fatores ainda não confirmados, como necessidades energéticas (alta

ou baixa taxa metabólica basal) e síndromes comportamentais (indivíduos ousados, agressivos e exploradores ou tímidos, dóceis e avessos a novidades).

Mais estudos sobre a história natural básica das espécies de pequenos mamíferos são fundamentais para um aprofundamento dessas questões, uma vez que as causas das diferenças na habilidade competitiva e capacidade de utilização de recursos em áreas fragmentadas podem estar ligadas a informações ainda escassas para o grupo, como diferenças fisiológicas, comportamentais (PINOTTI, 2010) ou mesmo pela plasticidade fenotípica dessas características.

1.2. Síndrome do comportamento

A personalidade de um organismo, também chamada de síndrome do comportamento ou temperamento, se refere a diferentes comportamentos individuais que são consistentes ou amplamente mantidos através do tempo e/ou situações, persistindo mesmo após se controlar efeitos de fatores como sexo, idade ou estado reprodutivo (SIH et al., 2004; RÉALE et al., 2007).

Segundo Réale et al. (2007) os indivíduos podem diferir entre cinco grandes categorias de traços comportamentais, sendo as duas últimas enquadradas num contexto social:

I) Desconfiança-ousadia: reação individual a qualquer situação de risco não sendo esta inédita; inclui situações como presença de predadores ou humanos;

II) Exploração-fuga: reação individual a situações novas, desconhecidas; ex: inclui comportamento perante um novo habitat, novo alimento ou objeto jamais visto;

III) Atividade: o nível comum de atividade de um indivíduo; essa medida pode interferir nas medidas de exploração e ousadia;

IV) Sociabilidade: reação de um indivíduo a presença ou ausência de um co-específico;

V) Agressividade: reação agonística de um indivíduo dirigida a co-específicos.

Embora o temperamento seja considerado ao nível individual, este pode ser ampliado para outros níveis, descrevendo, por exemplo, diferentes comportamentos entre famílias, populações ou espécies (RÉALE et al., 2007). De qualquer forma, para se definir tais traços comportamentais são necessários testes adequados. Segundo Réale et al. (2007), testes comportamentais envolvendo resposta frente a humanos, confinamento, objetos inéditos, predadores potenciais e probabilidade de cair em armadilhas descrevem a disponibilidade do animal em correr riscos ou ousadia (“*boldness*”). Testes comportamentais envolvendo a medida de movimentos em testes de arena aberta ou novos

ambientes interpretam medidas de exploração e testes envolvendo contexto social realizam medidas de agressividade.

Careau et al. (2008) sugerem que a personalidade possui grande importância ecológica e evolutiva, uma vez que os fenótipos comportamentais podem favorecer ou desfavorecer a seleção de indivíduos de acordo com as condições ecológicas existentes. De fato, recentemente, vem ganhando força a idéia de que atributos comportamentais que determinam a personalidade dos organismos podem influenciar em importantes fatores ecológicos como domínio, dispersão e respostas fisiológicas ao estresse (CARERE et al., 2001, 2003; DINGEMANSE et al., 2003; DINGEMANSE e DE GOEDE, 2004; RÉALE et al., 2007; SIH e BELL, 2008; DINGEMANSE et al., 2010; KORTET et al., 2010). Neste contexto, é favorecida a hipótese de que atributos comportamentais contribuem na capacidade de uma espécie em ocupar determinado ambiente (ex: ambiente fragmentado), tendo, portanto, grande importância adaptativa.

Careau et al. (2009) sugere que espécies que ocupam ambientes improdutivos e imprevisíveis beneficiam-se de um comportamento altamente exploratório, uma vez que a alta exploração aumenta a probabilidade de se encontrar recursos quando escassos. Esta hipótese poderia, então, ser usada para delinear a relação entre personalidade e resposta à fragmentação. Neste caso, podemos então postular que animais com maior nível de ousadia, mais ativos e exploradores, teriam maior sucesso em áreas fragmentadas ou em estágio mais inicial de regeneração, visto que estas têm como grande característica a presença de novos desafios e situações normalmente aversivas (ALVES e METZGER, 2006). Por outro lado, indivíduos com tendência a serem mais desconfiados, tímidos e a evitarem situações novas seriam mais prejudicados, uma vez que não explorariam tanto o ambiente, tendo mais dificuldade para obter recursos e encontrar áreas propícias à ocupação.

1.3. Taxa Metabólica: Relação com fragmentação e comportamento.

A taxa metabólica, definida como a taxa pela qual os organismos adquirem, processam e usam a energia, é a mais fundamental e integrativa de todas as taxas biológicas (BOZINOVIC et al., 2007). Uma das medidas da taxa metabólica mais amplamente quantificada é a taxa metabólica basal (TMB), que representa a quantidade de energia mínima necessária para indivíduos adultos manterem a homeostase em condições basais (em repouso, jejum e na zona de termoneutralidade) (MCNAB, 1997; CRUZ-NETO e BOZINOVIC, 2004; HULBERT e ELSE, 2004; BOZINOVIC et al., 2007). Pode-se dizer que a TMB exprime, portanto, o custo mínimo para a manutenção da vida.

A extensa base de dados sobre a TMB em mamíferos (aproximadamente 600 espécies) sugere que a massa corpórea é o principal fator determinante de sua magnitude, sendo responsável por cerca de 95% da variação inter-específica (CAREAU et al., 2008). Quando os efeitos da massa corpórea são controlados, existe uma grande variação residual que é correlacionada com fatores históricos (filogenéticos) e ecológicos (dieta, habitat) (CAREAU et al., 2008).

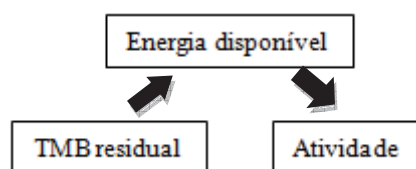
Entre as muitas hipóteses que tentam explicar como fatores ecológicos (bióticos e abióticos) influenciam na TMB, uma das mais importantes é a hipótese do hábito alimentar (sensu THOMPSON, 1992 apud CRUZ-NETO e BOZINOVIC, 2004; BOZINOVIC et al., 2007). Esta hipótese prediz que animais que evoluíram em ambientes com baixa disponibilidade e/ou previsibilidade de alimentos e/ou que se alimentam de dietas de baixa qualidade desenvolveram baixas TMB (LOVEGROVE, 2000; CRUZ-NETO e BOZINOVIC, 2004; CRUZ-NETO e JONES, 2006). Pode-se dizer que em ambientes fragmentados, as restrições impostas pelas modificações climáticas e estruturais levam a uma diminuição na quantidade de recursos (diminuição na produtividade) e alteração no padrão de disponibilidade temporal. Dessa forma, baseado na hipótese do hábito alimentar, podemos esperar que as espécies mais tolerantes à fragmentação seriam aquelas que apresentassem baixas TMB.

Recentemente, vem se propondo a idéia de que a variação residual na TMB estaria também correlacionada com determinados atributos comportamentais que determinam a personalidade dos organismos. Por exemplo, Careau et al. (2008) buscam explicar a relação existente entre estes dois traços fenotípicos através dos modelos da partilha e da alocação (Figura 1). O modelo da partilha postula que animais com maiores níveis de ousadia, exploração, atividade e agressividade teriam menores TMB. Esta correlação negativa é esperada assumindo-se que, dado que a energia é finita, animais com comportamentos custosos teriam menos energia disponível para ser empregada na manutenção das funções vitais, isto é, apresentariam menores TMB. Todavia, um modelo alternativo, o modelo da alocação, propõe que para sustentar altos níveis energéticos associados a comportamentos agressivos e de maior intensidade exploratória, seriam necessários órgãos maiores e mais eficientes; manter este maquinário em níveis mais altos requer maior custo de manutenção e, portanto, espera-se que exista uma relação positiva entre estes comportamentos e a TMB.

Pelo exposto, podemos inferir que traços de personalidade apresentam importantes consequências energéticas, e assim podemos supor que o comportamento e o metabolismo energético co-evoluem como duas facetas da ampla história de vida (BIRO e STAMPS, 2008; CAREAU et al., 2008; CAREAU et al., 2009). Neste contexto, e retomando-se a

discussão sobre a problemática da fragmentação, pode-se sugerir que o efeito diferencial da fragmentação estaria associado ao perfil metabólico/comportamental específico. Como os fatores restritivos relacionados à fragmentação impõem novidades e maiores desafios aos indivíduos, um alto nível exploratório, assim como uma alta atividade, se mostrariam desejáveis para o sucesso na obtenção de recursos e competição nesses ambientes alterados. De forma contrária, as características de clima extremo, baixa produtividade e/ou imprevisibilidade de recursos alimentares beneficiaria espécies com baixa demanda energética para manutenção da homeostase (baixa TMB). Dessa forma, a hipótese integrativa de comportamento e metabolismo energético neste trabalho postula que espécies tolerantes à fragmentação devem apresentar relação negativa entre a taxa metabólica basal e comportamentos custosos, como os exploratórios. Tal relação, supostamente ideal no contexto de fragmentação, condiz com o Modelo da Partilha.

A) Modelo da Alocação



B) Modelo da Partilha

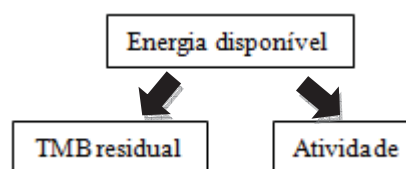
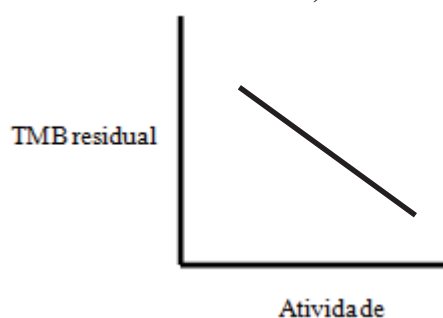


Figura 1: Relações hipotéticas entre a taxa metabólica residual e atividade segundo o Modelo da Alocação (A) e o Modelo da Partilha (B).

Segundo o Modelo da Alocação (A) a TMB determina o total de energia disponível para um indivíduo; indivíduos com alta TMB seriam então capazes de coletar, processar e investir mais energia em atividades comportamentais. No Modelo da Partilha (B) processos como o metabolismo basal e a atividade comportamental competem entre si, e o animal deve partilhar sua energia entre eles; animais com alta TMB possuiriam então menos energia disponível para gastar em outras atividades.

Fonte: Adaptado de CAREAU et al. (2008).

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo analisar se traços comportamentais (ex: atividade, exploração) podem explicar diferenças na vulnerabilidade à fragmentação e dinâmica sucessional em roedores da Reserva Florestal do Morro Grande (Cotia, SP). As espécies aqui estudadas foram selecionadas por já terem suas respostas evidenciadas dentro desse contexto, sendo duas tolerantes ao processo de fragmentação e abundantes em estágios iniciais de regeneração (*Akodon montensis* e *Oligoryzomys nigripes*) e uma sensível à fragmentação e presente apenas em áreas em estágio avançado de regeneração (*Euryoryzomys russatus*) (PARDINI, 2004; PARDINI et al., 2005; PARDINI & UMETSU, 2006; UMETSU et al., 2008).

Os roedores, provenientes de áreas em diferentes estágios sucessionais, foram submetidos a testes comportamentais a fim de testar a hipótese de que espécies tolerantes à fragmentação e presentes em estágios iniciais de regeneração apresentariam comportamentos mais ativos e exploratórios quando comparados a espécies sensíveis à fragmentação e presentes em estágios avançados de regeneração, supostamente menos ativas e menos exploratórias.

Analizou-se ainda a relação entre o metabolismo energético (representado pela taxa metabólica basal) e os traços comportamentais a nível de indivíduos, a fim de evidenciar se o Modelo da Partilha de fato forneceria a melhor explicação na correlação entre estes fatores.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido com animais coletados na Reserva Florestal do Morro Grande (RFMG, 10870 ha) (Figura 2), um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica no Planalto Atlântico paulista. A Reserva está localizada a sudoeste da cidade de São Paulo entre os municípios de Cotia e Ibiúna e os limites da Serra de Paranapiacaba ($23^{\circ}35' S$, $23^{\circ}50' S$; $46^{\circ}45' W$, $47^{\circ}15' W$; 860-1075 m de altitude). Informações detalhadas sobre clima, geologia, geomorfologia, pedologia, hidrografia e uso e cobertura do território encontram-se descritas por Metzger et al. (2006).

Os sítios de amostragem foram previamente determinados por Pinotti (2010), sendo classificadas como vegetação nativa em estágio médio e avançado de regeneração, representando em conjunto 92,53% da área de vegetação nativa mapeada na Reserva. As áreas em estágio avançado escolhidas por Pinotti apresentam as maiores manchas de mata, sendo todas maiores que 5 ha, enquanto as matas em estágio médio ocupam grande extensão da Reserva, não estando isoladas em manchas.

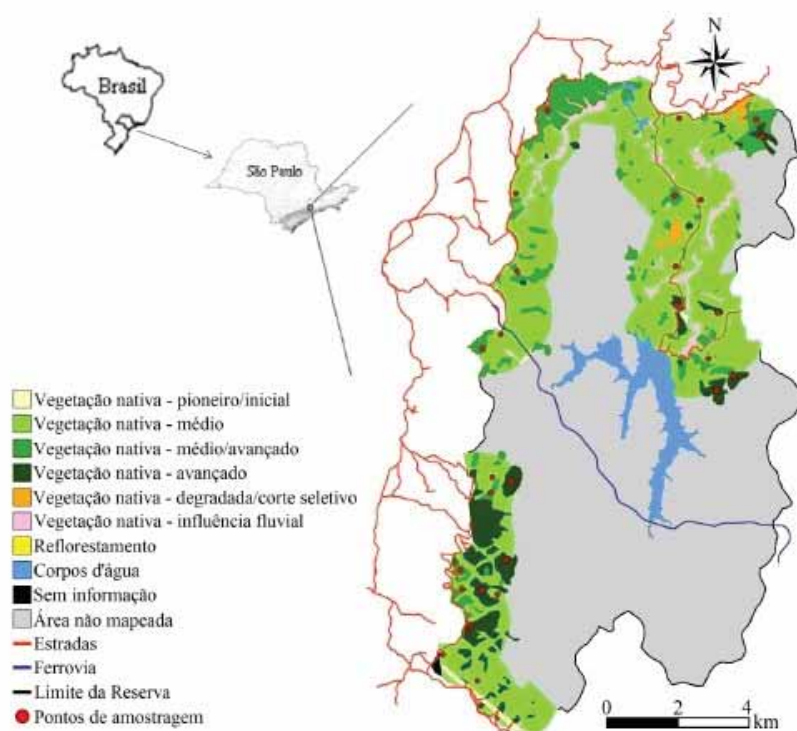


Figura 2: Cobertura do solo (RFMG).

Mapa de cobertura do solo em uma área de 1 km ao redor das estradas obtido a partir da interpretação de fotografias aéreas e visitas a campo na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP.

Fonte: PINOTTI (2010).

3.2. Espécies

Os pequenos mamíferos não-voadores possuem em sua maioria hábitos noturnos e solitários, se alimentando principalmente de artrópodes, frutos e sementes (PINOTTI, 2010). No Brasil são representados pelos marsupiais e pequenos roedores com aproximadamente 264 espécies reconhecidas no país, das quais cerca de 97 ocorrem na Mata Atlântica (REIS et al., 2006; PINOTTI, 2010).

De acordo com os trabalhos de Pardini (2004), Pardini et al. (2005), Pardini e Umetsu (2006) e Umetsu et al. (2008), a área da Reserva Florestal do Morro Grande alberga, dentre todas as espécies de pequenos mamíferos descritas para o local, dois roedores ditos como sensíveis à fragmentação: *Euryoryzomys russatus* e *Thaptomys nigrita*; e dois tolerantes à fragmentação: *Oligoryzomys nigripes* e *Akodon montensis*. Apesar das quatro espécies possíveis de trabalho apresentarem hábito locomotor terrestre classificado pelo Guia de Roedores do Brasil (BONVICINO et al., 2008), *Thaptomys nigrita* possui características bastante fossoriais, o que por si só poderia gerar diferenças comportamentais. Desta maneira, apenas as espécies *Euryoryzomys russatus*, *Oligoryzomys nigripes* e *Akodon montensis* foram escolhidas para o trabalho (Figura 3).



Figura 3: *Akodon montensis* (A), *Euryoryzomys russatus* (B) e *Oligoryzomys nigripes* (C).

Fonte: BOVENDORP, R. S.

3.3. Delineamento experimental

A captura dos roedores foi realizada no inverno de 2009 e no verão de 2010, por meio de armadilhas *Sherman* (37,5 x 10 x 12 cm), iscadas com uma mistura de paçoca, sardinha, banana e fubá, e por armadilhas de interceptação e queda (*pitfalls*) (Figura 4). Após a captura, os animais tinham a espécie e estado reprodutivo identificados, sendo apenas mantidos os indivíduos adultos não reprodutivos (identificados por características qualitativas como mamas visíveis ou não, vagina aberta ou fechada, testículos escrotados e características quantitativas como dimensões e massa corpórea descritas para cada espécie no Guia de Roedores do Brasil) (BONVICINO et al., 2008). A distinção entre machos e

fêmeas foi realizada somente durante a estação chuvosa (verão). Os animais selecionados foram então transportados até alojamento em Cotia e mantidos em cativeiro por um período de 6 a 15 dias, exatamente nas mesmas condições: gaiolas de biotério individuais, em ambiente arejado e fotoperíodo de 12:12, sendo que água e alimento (ração e esporadicamente frutas como laranja e banana) eram fornecidos *ad libitum*. Durante o período de manutenção em cativeiro procurou-se causar poucos distúrbios aos animais, assim como realizar os experimentos com o menor intervalo possível após a captura, na tentativa de evitar sua habituação.

Antes de serem submetidos aos testes comportamentais (ver abaixo) os animais tinham um dia de repouso em cativeiro, para igualar suas condições de alimentação e hidratação. As análises metabólicas (ver abaixo) foram realizadas no mínimo um dia após o término do último teste comportamental.

Os indivíduos capturados nos últimos seis dias de campo foram transportados para as dependências do Departamento de Zoologia da UNESP, Rio Claro, e submetidos ao mesmo procedimento aqui exposto.



Figura 4: Armadilhas de interceptação e queda (A) e *Sherman* (B).

Fonte: BOVENDORP, R. S.

3.4. Testes comportamentais

Tendo em vista a classificação de testes comportamentais elaborada por Réale et al. (2007), selecionamos o teste de arena com buracos, que por definição avalia a reação do animal a um ambiente novo e aberto, análogo a uma área fragmentada, além das diferentes tendências exploratórias do animal diante deste ambiente (CAREAU et al., 2008; RÉALE et al., 2007).

Os testes foram gravados em fita 8 mm e realizados em horário padronizado (entre 13h e 17h). Após o término dos experimentos os vídeos foram digitalizados e analisados por um único observador (sem o auxílio de softwares, utilizando apenas um cronômetro),

cego a respeito da identificação e área da qual se originava cada animal. Os parâmetros analisados encontram-se descritos a seguir.

3.4.1. Arena com buracos

O teste de arena com buracos foi desenvolvido por Boissier e Simon (1962). O aparato consiste de uma arena quadricular de fórmica branca de 80 cm, dividida em 64 quadrantes, paredes de 60 cm de altura e quatro buracos de mesmo tamanho, sendo que o perímetro dos mesmos não ultrapassa o limite de um quadrante (Figuras 5 e 6). Possui uma abertura superior que permite ao observador uma visão global do animal (Figura 7) e uma ante-sala, separada da arena apenas por uma porta que pode ser retirada por suspensão.

Cada animal foi colocado individualmente na ante-sala onde permaneceu por 3 minutos antes da porta que a conecta com a arena ser aberta. A gravação era então iniciada e depois de aberta a porta o animal tinha até dez minutos para deixar a ante-sala antes que sua saída fosse forçada. Após a entrada do animal na arena seu comportamento era registrado durante cinco minutos. Entre cada teste a arena era limpa com uma solução de álcool 5%, a fim de minimizar os odores emitidos pelo animal anterior. Todo o protocolo aqui utilizado foi baseado em trabalhos prévios também envolvendo o teste de arena com buracos (MARTIN e RÉALE, 2008a; MARTIN e RÉALE, 2008b; BOYER et al., 2010).



Figura 5: Arena com buracos.

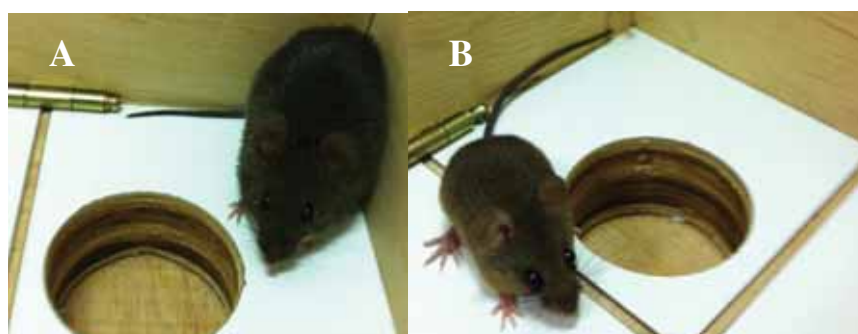


Figura 6: *Akodon montensis* (A) e *Oligoryzomys nigripes* (B) em arena com buracos.



Figura 7: Arena de comportamento com câmera posicionada para gravação.

Os parâmetros analisados foram selecionados segundo referências na literatura (WILSON et al., 1969; WEBSTER et al., 1979) e observações prévias, realizadas em teste piloto com seis indivíduos da espécie *Akodon montensis*, também provenientes da Reserva Florestal do Morro Grande. As análises prévias foram realizadas com o mesmo protocolo previamente exposto: um único observador realizando-as manualmente, apenas com o auxílio de um cronômetro.

Parâmetros considerados no teste de arena com buracos

- a) Latência para deixar a ante-sala do aparato (local onde o animal é posicionado pelo pesquisador no início do teste). É representada em porcentagem de tempo do possível total de latência (10 minutos);
- b) Tempo gasto se locomovendo pelo aparato. A taxa de locomoção é expressa em porcentagem de tempo em relação ao total de teste (5 minutos).
- c) Tempo gasto se locomovendo na área central do aparato;
- d) Tempo gasto se locomovendo na área periférica do aparato (correspondente à linha de quadrantes próxima à parede da arena);
- e) Número de quadrantes percorridos no aparato;
- f) Número de quadrantes percorridos na área central do aparato;
- g) Número de quadrantes percorridos na área periférica do aparato;
- h) Frequência de levantar (“*rearing*”): postura na qual o animal fica apoiado sobre as patas posteriores, com o tronco perpendicular ao chão, tocando ou não as paredes com as patas anteriores;

- i) Frequência de saltos e escaladas: comportamento de deixar o solo ou escalar as paredes. Representam tentativas de fuga do aparato;
- j) Frequência de “*head dipping*”: o animal coloca a cabeça dentro do buraco da arena. Também foram consideradas aqui situações onde o animal entrou inteiramente no buraco.
- k) Frequência de avaliações de risco (“*risk assessment*”): o animal permanece dentro da ante-sala, porém coloca sua cabeça, até a altura das orelhas, para dentro da arena;
- l) Números de bolos fecais;
- m) Número de “poças” de urina.

3.5. Testes metabólicos

Após o término do teste comportamental, cada animal teve sua taxa metabólica basal (TMB) mensurada através da quantificação da taxa de consumo de oxigênio, por respirometria.

Esta TMB foi medida segundo padrões pré-estabelecidos: utilização de indivíduos adultos, fora de período reprodutivo, em zona de termoneutralidade, em estado pós-absortivo, durante a fase inativa de seu ciclo circadiano e com temperatura corporal normotérmica (MCNAB, 1997; CRUZ-NETO e BOZINOVIC, 2004). Uma vez que os roedores possuem hábito noturno, os experimentos foram realizados durante o dia (7h30 às 17h30), à temperatura de 30,0 °C (correspondente à zona de termoneutralidade de Sigmodontinae (MCNAB, 2008)) e com os animais sob jejum de cerca de 12 horas. A massa corpórea dos animais era medida antes e depois dos testes metabólicos utilizando-se balança eletrônica e a temperatura corpórea do cólon medida imediatamente após a respirometria, a fim de certificar que estes se encontravam na faixa de temperatura normotérmica.

O sistema respirométrico usado foi o de fluxo aberto (Figuras 8 e 9), modificado a partir de Voigt e Cruz-Neto (2009). Os animais eram acondicionados em respirômetros de PVC (volume interno de 200 a 1000 ml) (Figura 10), os quais eram então inseridos em gabinete tipo Peltier para controle da temperatura experimental. O fluxo de ar para o respirômetro era suprido por uma bomba e, antes de ter seu valor aferido e controlado por um controlador de massa (270 a 900 mL/min - Sierra Instruments, Monterey, CA, USA), passava por um cilindro contendo Drierite para completa remoção do conteúdo de água. O ar, após sair da câmara, passava por um analisador de umidade relativa (UR) (Sable System – RH-300, Las Vegas, NV, USA), por um tubo contendo Drierite e pelos Analisadores de O₂ e CO₂ (Sable System – FC-10 e CA-10, Las Vegas, NV, USA).

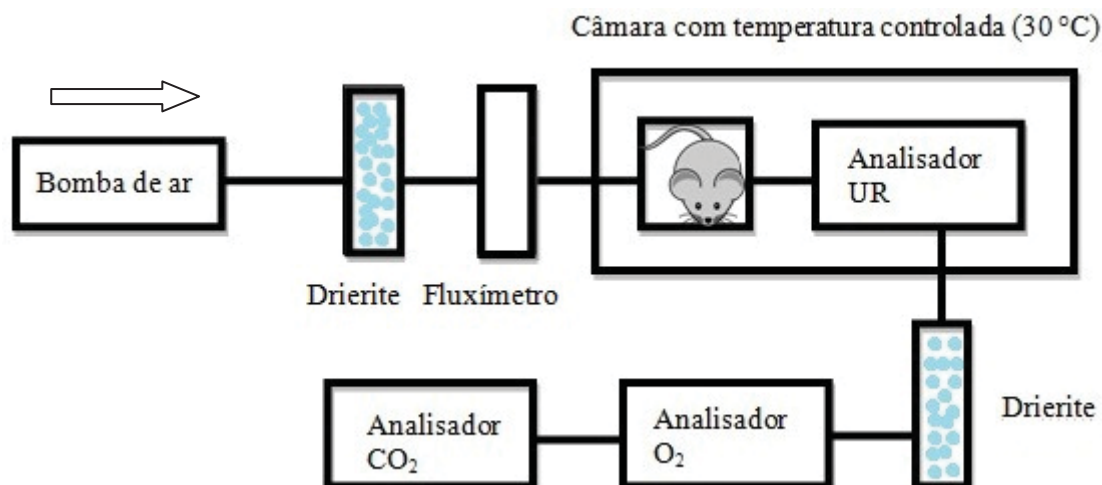


Figura 8: Esquema de equipamentos em respirometria de fluxo aberto.

Todos os equipamentos estavam ligados a um conversor A/D (Sable System UI-2, Las Vegas, NV, USA), e toda a rotina de coleta (10 pontos por segundo), assim como a análise de dados foi feita pelo software Respirometry for Windows XP (2007), desenvolvido e gentilmente cedido por Philip Withers (University of Western Australia, Austrália).

Os experimentos duravam em média cinco horas e um período de 10 a 20 minutos de traços constantes e estáveis foram utilizados para o cálculo do volume de oxigênio (VO_2) ($\text{mlO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$), volume de dióxido de carbono (VCO_2) ($\text{mlO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) e perda de água evaporativa ($\text{mlH}_2\text{O} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$), usando as fórmulas descritas por Withers (2001). No presente trabalho, apresentamos somente os valores de VO_2 , que foram associados à taxa metabólica basal e convertidos para unidades de energia ($\text{kJ} \cdot \text{h}^{-1}$) conforme Schmidt-Nielsen (2002).



Figura 9: Equipamentos para respirometria montados em alojamento (Cotia, SP).



Figura 10: *Euryoryzomys russatus* em respirômetro (dentro de câmara com temperatura controlada).

3.6. Análise de dados

Realizou-se Análise de Componente Principal (PCA) para cada uma das espécies, com os seguintes parâmetros comportamentais: latência para deixar a ante-sala, locomoção, “rearing”, saltos e escaladas, “head dipping”, “risk assessment”, bolos fecais e “poças” de urina. Os demais parâmetros foram excluídos por gerarem redundância na análise (ex: o número de quadrantes percorridos trata-se de uma medida de locomoção, representando o mesmo que o tempo de locomoção no aparato).

A PCA trata-se de um modelo fatorial muito útil quando se tem por objetivo diminuir o número de variáveis envolvidas, pois torna possível a obtenção de um único valor (escore ou índice). Este escore é obtido através da combinação linear das variáveis que apresentam o maior poder de explicação dentro de cada componente gerado. Outros trabalhos comportamentais (MARTIN e RÉALE, 2007; MARTIN e RÉALE, 2008a; MARTIN e RÉALE, 2008b; BOYER et al., 2010) já utilizaram essa forma de análise com o intuito de identificar possíveis traços comportamentais e possibilitar a comparação destes traços entre indivíduos da mesma espécie. Neste estudo a PCA foi realizada com o mesmo objetivo, utilizando-se o software MyStat (*Systat student version*), disponível gratuito em <http://www.systat.com/Downloads.aspx>.

Apesar da PCA ser capaz de gerar escores individuais, a forma como realizamos os testes (individualmente) gerava valores de escores com média não diferente de zero e, por conseguinte, impossíveis de serem utilizadas em análises estatísticas para acessar diferenças de médias ou variâncias. Dessa forma, a fim de evidenciar possíveis diferenças inter-específicas foi escolhido dentro do traço comportamental um comportamento, comum às três espécies, que pudesse representá-lo. Tal escolha foi baseada em matriz de

correlação, avaliando qual das variáveis medidas apresentou maior correlação com as demais.

Com base nos resultados do teste acima, a variável comportamental escolhida para analisar possíveis diferenças no comportamento de exploração entre as três espécies foi a porcentagem do tempo gasto na locomoção (ver resultados abaixo). Para tanto, foi utilizada uma Análise de Covariância, com este parâmetro como variável dependente, e a espécie e estação do ano como fatores. Para testar se os comportamentos amostrados no teste de arena com buracos não estavam sendo influenciados pelo período em que os animais estiveram cativos, o tempo entre a coleta e o teste foi usado como covariável no modelo. Também utilizamos o valor de massa corpórea como covariável. Para gerar estes modelos, e a fim de garantir as premissas de normalidade e homogeneidade de variâncias, a porcentagem do tempo gasto na locomoção foi transformada em arcoseno antes das análises.

Para os testes descritos acima não foi possível incluir a variável estágio sucessional como fator para análise, uma vez que para *Euryoryzomys russatus* e *Oligoryzomys nigripes* não foi possível obter dados suficientes para analisar a interação entre este fator e os demais fatores no modelo. Número adequado de dados somente foi obtido para *Akodon montensis* e, assim, somente foi possível analisar os efeitos do estágio sucessional para esta espécie. Neste caso, usamos um modelo de ANOVA com o estágio sucessional e estação do ano como fatores.

Para a análise de diferenças na taxa metabólica basal (TMB), e como houve diferenças na massa corpórea e na temperatura corpórea entre as espécies (ver abaixo), foi utilizada uma Análise de Covariância, com a TMB como variável dependente, espécie e estação do ano como fatores, e temperatura e massa corpórea como covariáveis. Valores de TMB e massa corpórea foram transformados em $\log_{10}$ antes das análises. Da mesma forma que descrito anteriormente, somente para *Akodon montensis* é que foi realizado um segundo teste para incluir o fator associado à dinâmica sucessional.

Por fim, a relação entre TMB (valores logaritimizados) e o nível de atividade-exploração (obtida a partir dos escores de PCA) foi analisada separadamente para cada espécie através de regressão linear. Neste caso, seguindo o modelo proposto por Careau et al. (2008), a TMB foi considerada como o fator dependente e o escore comportamental de cada indivíduo como fator independente. Possíveis “outliers” foram identificados pelo teste de Cook e removidos da análise caso necessários.

Todos os testes seguiram Zar (1996) e tiveram seu nível de significância determinado em 5%. As análises de variância e covariância foram realizadas com o auxílio do software StatistiXL (versão 1.8 – www.statistixl.com), e as regressões lineares foram

conduzidas pelo software SigmaStat (<http://www.scientific-solutions.ch/download/demo/sigmastat/sigmastat.html>).

O sexo dos animais não foi incluído em nenhuma das análises devido à falta dessa informação durante a estação seca (inverno). A gravidade na falta de identificação de machos e fêmeas ao menos foi minimizada pela ausência de estado reprodutivo em todos os animais, uma vez que em período de reprodução haveria maior probabilidade de existirem diferenças comportamentais e fisiológicas entre os sexos. Segundo Biro e Stamps (2010) tais características não excluem o trabalho de ser considerado, sendo este apenas classificado como misto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta o número total de indivíduos de cada espécie capturados, em função da estação do ano e do estágio de regeneração do local de coleta. Por diversos problemas (morte de indivíduos, falha nos experimentos de comportamento e/ou de respirometria, remoção de “outliers”), nem todos os indivíduos foram utilizados em todos os experimentos. Isto é, existe uma discrepância no tamanho amostral das análises descritas abaixo, sendo que o número exato de indivíduos utilizados (que equivale ao número de experimentos realizados) será apresentado para cada análise.

Tabela 1: Relação de animais coletados.

Espécies	Estágio médio de regeneração		Estágio avançado de regeneração	
	Estação seca	Estação chuvosa	Estação seca	Estação chuvosa
<i>Akodon montensis</i>	6	8	9	8
<i>Euryoryzomys russatus</i>	4	5	5	0
<i>Oligoryzomys nigripes</i>	6	8	2	0

4.1. Traços comportamentais

A Análise de Componente Principal (PCA) evidenciou para as três espécies um traço comportamental indicativo do nível de atividade e exploração, expresso pelo componente principal 1 (PC1) (Tabela 2). Tal componente explica 36,77% da variação total dos dados para *Akodon montensis*, 44,06% para *Oligoryzomys nigripes* e 44,81% para *Euryoryzomys russatus*. Os demais componentes obtidos pela PCA apresentam valores de explicação progressivamente menores, não evidenciaram qualquer perfil comportamental e diferiram muito entre as espécies e, por estes motivos, não foram abordados no trabalho.

Como esperado, os comportamentos mais significativos dentro de PC1 variaram pouco entre as espécies. Em *Akodon montensis* foram retidas as variáveis: locomoção, “rearing”, saltos e escaladas e “head dipping”, todos contrastando com latência para deixar a ante-sala. Em *Oligoryzomys nigripes* destacaram-se “rearing”, locomoção, “head dipping”, saltos e escaladas e fezes, também contrastando com latência para deixar a ante-sala. Enquanto em *Euryoryzomys russatus* “rearing”, saltos e escaladas, locomoção, “head dipping”, “risk assessment” e fezes foram os comportamentos retidos, todos variando no mesmo sentido.

Tabela 2: Resultado Componente Principal 1 para as diferentes espécies, apresentando os valores de significância de cada variável para este componente em *Akodon montensis* (N=29; valor crítico de correlação 0,301), *Oligoryzomys nigripes* (N=12; valor crítico de correlação 0,457) e *Euryoryzomys russatus* (N=14; valor crítico de correlação 0,426). As marcações em negrito indicam os comportamentos considerados no cálculo do índice de atividade-exploração, uma vez que apresentam valores superiores ao valor crítico de correlação.

Resultados PC1			
	<i>Akodon</i>	<i>Oligoryzomys</i>	<i>Euryoryzomys</i>
Latência para deixar ante-sala	-0,460	-0,649	0,086
“Rearing”	0,891	0,859	0,954
Saltos e escalas	0,786	0,657	0,860
“Head dipping”	0,500	0,828	0,776
Fezes	0,140	0,646	0,528
Urina	0,200	0,227	0,285

Alguns dos comportamentos selecionados para construir o índice de atividade e exploração coincidem não só entre as três espécies, mas também com aqueles retidos nos estudos de Martín e Réale (2008b) e Boyer et al. (2010), realizados com duas espécies de esquilos (*Tamias striatus* e *Tamias sibiricus*). Estes comportamentos são: locomoção, “rearing”, saltos e escaladas e “head dipping”. A semelhança entre espécies tão distintas se mostra bastante positiva e reforça a importância desses comportamentos para indexar o traço de atividade e exploração.

Conforme mencionado, os índices de atividade-exploração foram obtidos para cada indivíduo e não podem ser utilizados em análise de variância ou covariância. Assim, escolhemos um único comportamento para representar este traço comportamental em comparações inter-específicas. A partir de uma matriz de correlação, que incluía somente os comportamentos retidos no componente principal 1 para cada espécie (Tabelas 3, 4 e 5), escolhemos a variável locomoção, pois esta apresentou o maior grau de correlação com as demais variáveis do traço (correlações mais fortes e em maior número).

Tabela 3: Matriz de correlação para comportamentos selecionados por PC1 em *Akodon montensis*.

	Latência ante-sala	Locomoção	Rearing	Saltos e escaladas	Head dipping
Latência ante-sala	1.000				
Locomoção	-0.347	1.000			
Rearing	-0.267	0.857	1.000		
Saltos e escaladas	-0.261	0.839	0.569	1.000	
Head dipping	-0.232	0.432	0.498	-0.017	1.000

Tabela 4: Matriz de correlação para comportamentos selecionados por PC1 em *Oligoryzomys nigripes*.

	Latência ante-sala	Locomoção	Rearing	Saltos e escaladas	Head dipping	Fezes
Latência ante-sala	1.000					
Locomoção	-0.325	1.000				
Rearing	-0.227	0.952	1.000			
Saltos e escaladas	-0.497	0.385	0.495	1.000		
Head dipping	-0.367	0.838	0.846	0.325	1.000	
Fezes	-0.593	0.280	0.315	0.439	0.260	1.000

Tabela 5: Matriz de correlação para comportamentos selecionados por PC1 em *Euryoryzomys russatus*.

	Locomoção	<i>Rearing</i>	Saltos e escaladas	<i>Risk assessment</i>	<i>Head dipping</i>	Fezes
Locomoção	1.000					
<i>Rearing</i>	0.668	1.000				
Saltos e escaladas	0.526	0.944	1.000			
<i>Risk assessment</i>	0.316	0.470	0.264	1.000		
<i>Head dipping</i>	0.829	0.628	0.406	0.582	1.000	
Fezes	0.406	0.519	0.680	-0.125	0.017	1.000

Os resultados para a média de locomoção, em função da estação do ano, para as três espécies são apresentados na Tabela 6. O modelo de ANOVA para estes dados não foi significativo ($F_{6,54} = 1,7$; $P = 0,131$), e não foi observado efeito do intervalo do tempo de coleta ($F_{1,54} = 0,14$; $P = 0,51$). Em média, *Akodon montensis* foi a espécie menos ativa e exploratória, passando em média apenas 4,69% do tempo de teste desempenhando o comportamento de locomoção, ao passo que *Oligoryzomys nigripes* e *Euryoryzomys russatus* passaram 5,41% e 7,50% respectivamente. Todavia, esta diferença não foi significativa ($F_{2,54} = 1,1$; $P = 0,3$). Da mesma forma, apesar de existir uma tendência a uma maior atividade média de locomoção na estação chuvosa (ca. 6%) em relação a estação seca (5,2%), esta diferença não foi significativa ($F_{1,54} = 0,21$; $P = 0,62$), e reflete o viés introduzido pelos dados de *Euryoryzomys russatus*. De fato, existe uma interação significativa entre espécie e estação do ano ($F_{2,54} = 3,9$; $P = 0,03$), que reflete somente o fato de que *Euryoryzomys russatus* ter sido a única espécie que teve um aumento substancial na atividade de locomoção entre as duas estações (Tabela 6).

Tabela 6: Média $\pm$ 1 desvio padrão da % de locomoção em função da estação do ano para as 3 espécies de roedores.

Grupos	Média locomoção (%)	N
<i>Akodon montensis</i> , Estação Seca	5,5 $\pm$ 6,2	13
<i>Akodon montensis</i> , Estação Chuvosa	4,0 $\pm$ 9,9	16
<i>Oligoryzomys nigripes</i> , Estação Seca	7,2 $\pm$ 5,5	6
<i>Oligoryzomys nigripes</i> , Estação Chuvosa	3,6 $\pm$ 5,8	6
<i>Euryoryzomys russatus</i> , Estação Seca	3,6 $\pm$ 5,6	9
<i>Euryoryzomys russatus</i> , Estação Chuvosa	14,6 $\pm$ 12,4	5

Segundo nossa hipótese de trabalho, os comportamentos exploratórios explicariam em parte como certas espécies conseguem manter ou mesmo aumentar sua abundância em áreas fragmentadas. Dessa forma, independente da variação sazonal, era esperado que *Akodon montensis* e *Oligoryzomys nigripes* apresentassem maior locomoção quando

comparados à *Euryoryzomys russatus*, o que não ocorreu. Somente uma nova análise, com aumento no tamanho amostral, poderia comprovar se de fato não há um padrão a respeito da tendência exploratória entre as espécies ou se a alta variabilidade intra-específica obtida no trabalho foi a responsável pela ausência de resultados significativos.

4.2. Atividade-exploração, Metabolismo Basal e Estágio sucessional

O modelo de ANCOVA para analisar diferenças na locomoção de *Akodon montensis* em função da estação do ano e do estágio sucessional não foi significativo ($F_{4,28} = 1,6$; $P = 0,2$; Tabela 7).

A alta variabilidade intra-específica neste caso prejudica a obtenção de qualquer conclusão. Não podemos comprovar a existência de plasticidade comportamental entre áreas, mas também não podemos excluir a possibilidade de sua existência. Mais uma vez, um maior tamanho amostral se mostra necessário para tentar esclarecer possíveis padrões exploratórios.

Tabela 7: Valores médios ± 1 desvio padrão para a locomoção de *Akodon montensis*, em função do estágio sucessional e estação do ano.

Grupos em <i>Akodon montensis</i>	Média locomoção (%)	N
Estágio sucessional médio, Estação seca	$4,0 \pm 4,7$	5
Estágio sucessional médio, Estação chuvosa	$7,2 \pm 13,6$	8
Estágio sucessional avançado, Estação seca	$5,2 \pm 7,5$	8
Estágio sucessional avançado, Estação chuvosa	$4,7 \pm 5,7$	8

Para a taxa metabólica basal, o modelo geral mostrou-se significativo ($F_{3,25} = 22,2$; $P < 0,0001$). Não houve diferença na TMB média entre os estágios sucessionais ($F_{1,25} = 0,01$; $P = 0,98$) mas, conforme apresentado, houve uma substancial e significativa redução na TMB média entre as estações do ano (TMB maior na estação chuvosa e menor na estação seca) ($F_{1,25} = 63,7$; $P < 0,001$; Tabela 8). A interação entre os fatores estação do ano e área foi significativa ($F_{1,25} = 4,2$; $P = 0,04$), demonstrado que a magnitude da redução na TMB durante o inverno depende da área. Assim, na área de estágio médio, a redução na TMB durante a estação seca foi substancialmente maior (51%) quando comparada à redução observada para a mesma época no estágio avançado (34%).

Tabela 8: Valores médios $\pm$ 1 desvio padrão para a taxa metabólica basal (TMB - kJ/h) de *Akodon montensis*, em função do estágio sucessional e estação do ano.

Grupos em <i>Akodon montensis</i>	Média TMB (kJ/h)	N
Estágio sucessional médio, Estação seca	0,63 $\pm$ 0,07	4
Estágio sucessional médio, Estação chuvosa	1,28 $\pm$ 0,23	7
Estágio sucessional avançado, Estação seca	0,72 $\pm$ 0,10	8
Estágio sucessional avançado, Estação chuvosa	1,11 $\pm$ 0,24	7

Os resultados metabólicos aqui expostos demonstram o alto potencial de adaptação de *Akodon montensis* através da plasticidade metabólica, com os indivíduos adequando sua demanda energética à energia disponível no meio. A estação seca representa o período do ano com menor disponibilidade de recursos, quadro provavelmente ainda mais acentuado em áreas onde a regeneração não alcançou estágios avançados. Dessa forma, o padrão de diminuição da TMB em *Akodon* é bastante justificável, corroborando inclusive com a hipótese do hábito alimentar (CRUZ-NETO e BOZINOVIC, 2004; BOZINOVIC et al., 2007).

É muito provável que esta plasticidade fenotípica seja um dos grandes fatores responsáveis pela vantagem competitiva de *Akodon* frente a outras espécies em ambientes alterados e heterogêneos. Tal capacidade de adequação metabólica aumenta suas chances de sobrevivência, explicando em parte o padrão de abundância dessa espécie em áreas fragmentadas.

4.3. Análise da Massa, Temperatura Corpórea e Taxa Metabólica Basal

A tabela 9 apresenta os valores médios da massa e temperatura corpórea, em função da estação do ano, para as três espécies. O teste geral para análise do peso foi significativo ($F_{5,49} = 42,8$; $P < 0,0001$). Existe uma diferença acentuada na massa corpórea média entre as espécies ($F_{2,49} = 90,1$; $P < 0,0001$), mas não entre as estações ($F_{1,49} = 0,8$; $P = 0,32$) ou em função da interação entre estes fatores ($F_{2,49} = 0,5$; $P = 0,6$).

Da mesma forma, a análise geral para diferenças na temperatura corpórea (T_c) foi significativa ($F_{5,48} = 6,6$; $P < 0,001$). As espécies apresentam uma significante diferença na média de temperatura corpórea ($F_{2,48} = 7,6$ $P = 0,001$), com o menor valor médio sendo observado para *Oligoryzomys*. Não foi observada diferença significativa na T_c entre as estações ($F_{1,48} = 0,2$ $P = 0,7$), mas observou-se significância na interação entre os dois fatores ($F_{2,48} = 8,4$ $P = 0,001$), com padrões bem diferenciados entre as espécies (Tabela 9).

Tabela 9: Média $\pm$ 1 desvio padrão da massa (g) e temperatura corpórea ($^{\circ}\text{C}$) de *Akodon*, *Oligoryzomys* e *Euryoryzomys*. Número em parêntesis indica tamanho amostral.

Grupos	Massa (g)	Temperatura corpórea ($^{\circ}\text{C}$)
<i>Akodon</i> , Estação seca	32,7 $\pm$ 7,7 (N = 12)	35,7 $\pm$ 0,6 (N = 11)
<i>Akodon</i> , Estação chuvosa	27,4 $\pm$ 4,2 (N = 13)	35,3 $\pm$ 0,7 (N = 13)
<i>Oligoryzomys</i> , Estação seca	19,6 $\pm$ 4,6 (N = 7)	34,1 $\pm$ 0,8 (N = 7)
<i>Oligoryzomys</i> , Estação chuvosa	19,3 $\pm$ 6,2 (N = 7)	35,3 $\pm$ 0,5 (N = 7)
<i>Euryoryzomys</i> , Estação seca	71,4 $\pm$ 13,7 (N = 8)	35,7 $\pm$ 0,6 (N = 8)
<i>Euryoryzomys</i> , Estação chuvosa	70,9 $\pm$ 17,2 (N = 3)	35,2 $\pm$ 0,3 (N = 3)

O modelo geral para análise de diferenças na taxa metabólica basal entre as espécies foi significativo ($F_{7,48} = 41,8$; $P < 0,0001$; Tabela 10). Apesar da diferença na massa e temperatura corpórea entre as espécies, o modelo indicou que a diferença na temperatura corpórea não apresentou efeito significativo sobre a TMB ($F_{1,48} = 1,1$ $P = 0,3$), enquanto a diferença na massa corpórea apresentou efeito significativo ($F_{1,48} = 20,9$; $P < 0,0001$). Uma vez que a massa corpórea foi controlada, não foram observadas diferenças na TMB média entre as espécies ($F_{2,48} = 0,6$; $P = 0,5$).

Por outro lado, os valores de TMB para *Euryoryzomys*, apesar de não estatisticamente, mostram-se maiores do que os de *Akodon* e *Oligoryzomys* (Tabela 10), e quando observamos os valores esperados para roedores de mesma massa através de equações alométricas, essa diferença aparece ainda mais acentuada. Tal observação vai de encontro com o esperado, baseado na hipótese do hábito alimentar (sensu THOMPSON, 1992 apud CRUZ-NETO e BOZINOVIC, 2004; BOZINOVIC et al., 2007), onde as espécies mais tolerantes ao processo de fragmentação (*Akodon montensis* e *Oligoryzomys nigripes*) apresentariam baixa taxa metabólica basal, enquanto a espécie sensível à fragmentação (*Euryoryzomys russatus*) estaria sendo prejudicada por apresentar alta demanda energética (alta TMB).

Tabela 10: Média $\pm$ 1 desvio padrão dos valores da taxa metabólica basal (TMB – kJ/h) para as 3 espécies de roedores, em função da estação do ano.

Grupos	TMB	N
<i>Akodon</i> , Estação seca	0,69 $\pm$ 0,1	12
<i>Akodon</i> , Estação chuvosa	1,21 $\pm$ 0,2	13
<i>Oligoryzomys</i> , Estação seca	0,56 $\pm$ 0,1	7
<i>Oligoryzomys</i> , Estação chuvosa	0,93 $\pm$ 0,2	7
<i>Euryoryzomys</i> , Estação seca	1,4 $\pm$ 0,2	8
<i>Euryoryzomys</i> , Estação chuvosa	1,61 $\pm$ 0,3	3

A TMB média variou ainda acentuadamente entre as estações do ano, sendo menor na estação seca do que na chuvosa ($F_{1,48} = 81,3$ $P < 0,0001$). A magnitude desta redução

média na TMB, por sua vez, depende da espécie ($F_{2,48} = 8,6$, $P = 0,001$). *Oligoryzomys nigripes* e *Akodon montensis* reduziram o metabolismo basal, respectivamente, em 65 e 76% durante a estação seca, ao passo que a redução para *Euryoryzomys russatus* foi de somente 14% (Figura 11).

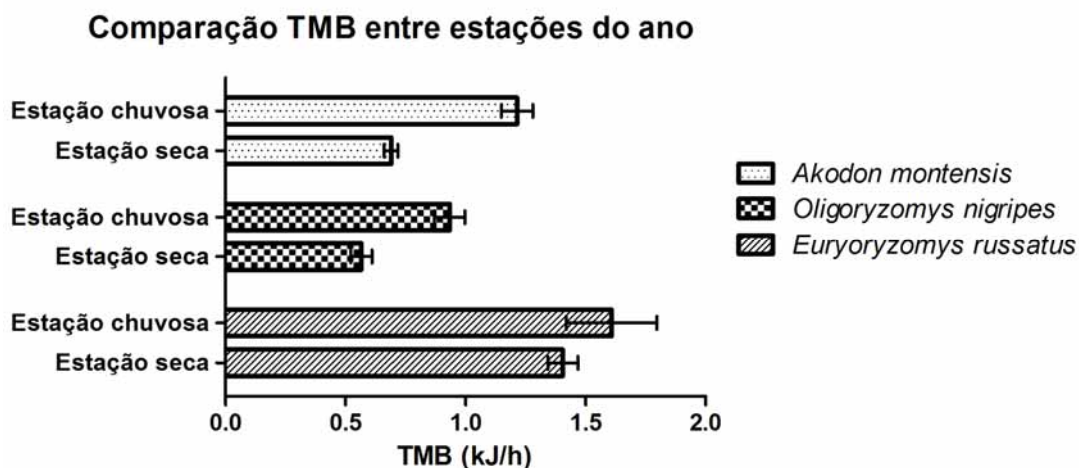


Figura 11: Gráfico de comparação da taxa metabólica basal (TMB) entre as estações do ano para cada uma das espécies estudadas.

Aparentemente, apenas as duas espécies mais tolerantes, *Oligoryzomys nigripes* e *Akodon montensis*, apresentam um alto potencial de plasticidade metabólica, reduzindo sua TMB consideravelmente durante a estação mais seca e fria do ano (período de escassez de recursos). Da mesma forma que podem se adequar às diferenças sazonais, podemos supor que estas espécies possuem a capacidade de ajustar seu metabolismo a outras situações de escassez, como por exemplo quando ocorre a fragmentação.

Tal resultado corrobora também com o padrão proposto por Canale e Henry (2010), onde organismos tolerantes a ambientes mais instáveis, como são os fragmentos e áreas em estágios iniciais de regeneração, deveriam exibir maior flexibilidade fenotípica aparente. Estudos como este, que demonstram ou ao menos sugerem, características adaptativas e plasticidade fenotípica em ambientes imprevisíveis são escassos e extremamente necessários para demonstrar se há de fato relação positiva entre plasticidade e “fitness” durante ou após eventos extremos (CANALE e HENRY, 2010).

4.4. TMB X Índice atividade-exploração

O modelo de regressão linear entre a TMB e o escore comportamental de atividade-exploração dos indivíduos se mostrou significativo, com uma relação negativa para *Akodon montensis* ($r^2 = 0,22$; $F_{1,21} = 5,9$; $P = 0,03$; 1 “outlier” removido – Figura 12A) e para *Oligoryzomys nigripes* ($r^2 = 0,39$; $F_{1,10} = 5,7$; $P = 0,04$; 1 “outlier” removido – Figura

12B). Portanto, para ambas as espécies, a relação entre estes dois parâmetros segue o postulado pelo Modelo da Partilha. Tal correlação negativa condiz com o encontrado por Careau et al. (2009) para demais roedores muróideos; neste trabalho, Careau et al. selecionaram a porcentagem de tempo em que o indivíduo andou e correu pelo aparato como representante da atividade exploratória e a relacionaram com o metabolismo basal de sua espécie.

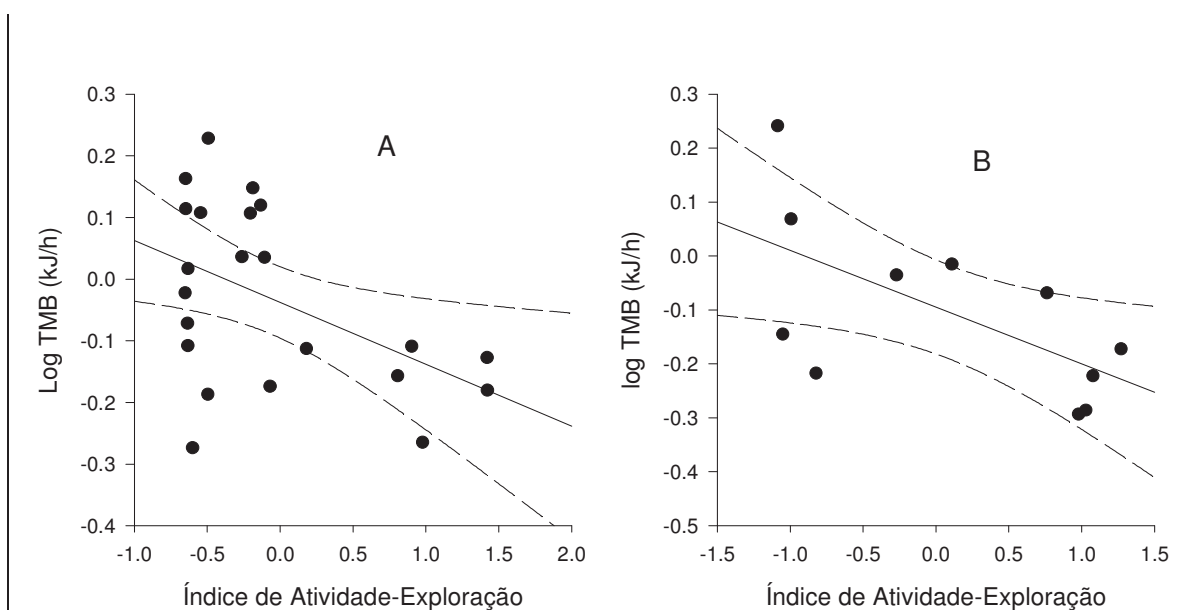


Figura 12: Regressão linear entre taxa metabólica basal (kJ/h) e índice de atividade-exploração para *Akodon montensis* (A) e *Oligoryzomys nigripes* (B).

Para *Euryoryzomys russatus*, contudo, a relação foi positiva, porém não significativa ($r^2 = 0,03$; $F_{1,10} = 0,11$; $P = 0,98$) e não apresentou modificação mesmo após a remoção de 4 *outliers*. Mesmo sendo pouco provável que *Euryoryzomys* apresente um padrão diferenciado das demais espécies, somente uma nova bateria de testes com maior número amostral poderia demonstrar sua real tendência de correlação, já que a alta variabilidade intra-específica pode ter sido a responsável pela ausência de significância do modelo.

Tendo em vista os resultados das três espécies estudadas, observa-se o predomínio do esperado Modelo da Partilha, forma aparentemente mais adaptativa para ambientes imprevisíveis e com baixa produtividade, já que caracteriza animais com baixa demanda energética (baixa TMB) e alto desempenho na busca de recursos (alta atividade e exploração).

5. CONCLUSÃO

O traço comportamental de atividade e exploração, apesar de constatado para as três espécies estudadas e teoricamente importante na obtenção de recursos em áreas heterogêneas, não pode ser aqui afirmado como responsável pelas diferentes vulnerabilidades à fragmentação e dinâmica sucessional na Reserva Florestal do Morro Grande.

Por outro lado, as características de baixas TMB e plasticidade metabólica encontradas em *Akodon* e *Oligoryzomys* podem estar contribuindo para o sucesso dessas espécies em áreas fragmentadas e alteradas. Tal resultado confirma ainda a idéia de relação positiva entre ampla distribuição geográfica e plasticidade, uma vez que as espécies generalistas de habitat, capazes de viver em ambientes menos estáveis (ex: fragmentos e áreas em estágio inicial de regeneração) são também as espécies com maior plasticidade fenotípica aparente.

A relação entre a taxa metabólica basal e o comportamento exploratório, quando significativa, demonstrou o esperado Modelo da Partilha, sugerindo que este seria o modelo mais adaptativo.

É reforçada aqui a necessidade de mais análises integrativas, capazes de unir diferentes fatores (ex: comportamento, fisiologia, imunologia, história natural) que estariam moldando o quadro de cada espécie. Entender a extensão pela qual estes roedores respondem de forma diferenciada à fragmentação e à regeneração florestal se mostra importante tanto do ponto de vista teórico como para propósitos conservacionistas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. F.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, 2006.
Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bn/v6n2/v6n2a04.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2011.

BENNET, A. F.; SAUNDERS, D. A. Habitat fragmentation and landscape change. In: SODHI, N. S.; EHRLICH, P. R. (Eds.). **Conservation biology for all**. 1. ed. Oxford University Press, 2010. Cap. 5, p. 88-107.

BERGALLO, H.G.; MAGNUSSON, W.E. Effects of climate and food availability on four rodent species in southeastern Brazil. **Journal of Mammalogy**, v. 80, 472-486, 1999.

BIRO, P. A.; STAMPS, J. A. Are animal personality traits linked to life- history productivity? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 23, p. 361–368, 2008.

BIRO, P. A.; STAMPS, J. A. Do consistent individual differences in metabolic rate promote consistent individual differences in behavior? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 11, p. 653-659, 2010.

BOISSIER, J. R.; SIMON, P. La reaction d'exploration chez la souris. **Therapie**, v. 17, p. 1225-1232, 1962.

BONVICINO, C. R.; OLIVEIRA, J. A.; D'ANDREA, P. S. **Guia dos Roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos**. Rio de Janeiro: Centro Pan-Americano de Febre Aftosa - OPAS/OMS, 2008. 120p. Série de manuais técnicos, 11.
Disponível em: http://bvs1.panaftosa.org.br/local/File/textoc/Roedores_2008.pdf. Acesso em: 01 mai. 2011.

BOYER, N.; RÉALE, D.; MARMET, J.; PISANU, B.; CHAPUIS, J. Personality, space use and tick load in an introduced population of Siberian chipmunks *Tamias sibiricus*. **Journal of Animal Ecology**, v. 79, p.538-547, 2010.

BOWMAN, D. M. J. S.; WOINARSKI, J. C. Z.; SANDS, D. P. A.; WELLS, A.; MCSHANE, V. J. Slash-and-burn agriculture in the wet coastal lowlands of Papua New Guinea: responses of birds, butterflies and reptiles. **Journal of Biogeography**, v. 17, p. 227-239, 1990.

BOZINOVIC, F.; MUÑOZ, J. L. P.; CRUZ-NETO, A. P. Intraspecific variability in the basal metabolic rate: Testing the Food Habits Hypothesis. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 80, n. 4, p. 452–460, 2007.

BUENO, A. A. **Pequenos mamíferos da Mata Atlântica do Planalto Atlântico Paulista: uma avaliação da ameaça de extinção e da resposta a alterações no contexto e tamanho dos remanescentes**. 116 f. Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CANALE, C. I.; HENRY, P. Y. Adaptive phenotypic plasticity and resilience of vertebrates to increasing climatic unpredictability. **Climate Research**, v. 43, p. 135-147, 2010.

CAREAU, V.; THOMAS, D.; HUMPHRIES, M. M.; RÉALE, D. Energy metabolism and animal personality. **Oikos**, v. 117, n. 5, p. 641-653, 2008.

CAREAU, V.; BININDA-EMONDS, O. R. P.; THOMAS, D. W.; RÉALE, D.; HUMPHRIES, M. M. Exploration strategies map along fast-slow metabolic and life-history continua in murine rodents. **Functional Ecology**, v. 23, p. 150-156, 2009.

CARERE, C.; WELINK, D.; DRENT, P. J.; KOOLHAAS, J. M.; GROOTHUIS, T. G.G. Effect of social defeat in a territorial bird (*Parus major*) selected for different coping styles. **Physiology & Behavior**, v. 73, p. 427-433, 2001.

CARERE, C.; GROOTHUIS, T. G. G.; MOSTL, E.; DAAN, S.; KOOLHAAS, J. M. Fecal corticosteroids in a territorial bird selected for different personalities: daily rhythm and the response to social stress. **Hormones and Behavior**, v. 43, p. 540-548, 2003.

CERQUEIRA, R.; BRANT, A.; NASCIMENTO, M. T.; PARDINI, R. Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D. M. e OLIVEIRA, D. A. S. (Orgs.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. MMA/SBF. Brasília. 2003. Cap. 1, p. 23-40.

COLLES, A.; LIOW, L. H.; PRINZING, A. Are specialists at risk under environmental change? Neoecological, paleoecological and phylogenetic approaches. **Ecology Letters**, v. 12, p. 849-863, 2009.

CRUZ-NETO, A. P.; BOZINOVIC, F. The Relationship between Diet Quality and Basal Metabolic Rate in Endotherms: Insights from Intraspecific Analysis. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 77, n. 6, p. 877-889, 2004.

CRUZ-NETO, A. P.; JONES, K. Exploring the evolution of basal metabolic rate in bats. In: ZUBAID, A., KUNZ, T. H. e MCCracken, G. (Eds.). **Functional Morphology and Ecology of Bats**. Oxford University Press, Oxford. 2006. Cap. 4, p. 58-69.

DAWSON, A. Control of the annual cycle in birds: endocrine constraints and plasticity in response to ecological variability. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 363, p. 1621-1633, 2008.

DEVELEY, P. F.; MARTENSEN, A. C. As aves da Reserva Florestal do Morro Grande (Cotia, SP). **Biota Neotropica**, vol. 6, no. 2, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bn/v6n2/v6n2a07.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2011.

DINGEMANSE, N. J.; BOTH, C.; VAN NOORDWIJK, A. J.; RUTTEN, A. L.; DRENT, P. J. Natal dispersal and personalities in great tits (*Parus major*). **Proceedings of the Royal Society of London, Series B**, v. 270, p. 741-747, 2003.

DINGEMANSE, N. J.; DE GOEDE, P. The relation between dominance and exploratory behaviour is context-dependent in wild great tits. **Behavioral Ecology**, v. 15, p. 1023-1030, 2004.

DINGEMANSE, N. J.; KAZEM, A. J. N.; RÉALE, D.; WRIGHT, J. Behavioural reaction norms: animal personality meets individual plasticity. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, p. 81-89, 2010.

DUNN, R. R. Recovery of faunal communities during tropical forest regeneration. **Conservation Biology**, v. 18, p. 302-309, 2004.

FELICIANO, B. R.; FERNANDEZ, F. A. S.; FREITAS, D.; FIGUEIREDO, M. S. L. Population dynamics of small rodents in a grassland between fragments of Atlantic Forest in southeastern Brazil. **Mammalian Biology**, v. 67, n. 5, p. 304-331, 2002.

HAU, M. Timing of breeding in variable environments: tropical birds as model systems. **Hormones and Behavior**, v. 40, p. 281-290, 2001.

HULBERT, A. J.; ELSE, P. L. Basal metabolic rate: history, composition, regulation, and usefulness. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 77, p. 869-876, 2004.

KORTET, R.; HEDRICK, A. V.; VAINIKKA, A. Parasitism, predation and the evolution of animal personalities. **Ecology Letters**, v. 13, p. 1449-1458, 2010.

LAWTON, J. H.; BIGNELL, D. E.; BOLTON, B.; BLOEMERS, G. F.; EGGLETON, P.; HAMMOND, P. M.; HODDA, M.; HOLT, R. D.; LARSEN, T. B.; MAWDSLEY, N. A.; STORK, N. E.; SRIVASTAVA, D. S.; WATT, A. D. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. **Nature**, v. 391, p. 72-76, 1998.

LOVEGROVE, B. G. The zoogeography of mammalian basal metabolic rate. **The American Naturalist**, v. 156, p. 201-219, 2000.

MARTIN, J. G. A.; RÉALE, D. Temperament, risk assessment and habituation to novelty in eastern chipmunks, *Tamias striatus*. **Animal Behaviour**, v. 75, p. 309-318, 2007.

MARTIN, J. G. A.; RÉALE, D. Animal temperament and human disturbance: Implications for the response of wildlife to tourism. **Behavioural Processes**, v. 77, p. 66-72, 2008a.

MARTIN, J. G. A.; RÉALE, D. Temperament, risk assessment and habituation to novelty in eastern chipmunks, *Tamias striatus*. **Animal Behaviour**, v. 75, p. 309-318, 2008b.

MCNAB, B. K. On the utility of uniformity in the definition of basal rate of metabolism. **Physiological Zoology**, v. 70, p. 718-720, 1997.

MCNAB, B. K. An analysis of the factors that influence the level and scaling of mammalian BMR. **Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology**, v. 151, n°1, p. 5-28, 2008.

METZGER, J.P. Tree functional group richness and landscape structure in a Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v. 10, p. 1147-1161, 2000.

METZGER, J. P.; ALVES, L. F.; GOULART, W.; TEIXEIRA, A. M. G.; SIMÕES, S. J. C.; CATHARINO, E. L. M. Uma área de relevante interesse biológico, porém pouco conhecida: a Reserva Florestal do Morro Grande. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bn/v6n2/v6n2a02.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2011. DOI: 10.1590/S1676-06032006000200003

MYERS, M.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n° 6772, p. 853-858, 2000.

NUSSEY, D. H.; WILSON, A. J.; BROMMER, J. E. The evolutionary ecology of individual phenotypic plasticity in wild populations. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 20, p. 831-844, 2007.

OLIFIERS, N.; CERQUEIRA, R. Fragmentação de habitat: efeitos históricos e ecológicos. In: DA ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; ALVES, M. A. S.; SLUYS, M. V. (Orgs.). **Biologia da conservação: essências**. 1. ed. São Carlos: Editora Rima, 2006. Cap. 11, p. 261- 279.

OLMOS, F. Observation on the behavior and population dynamics of some Brazilian Atlantic Forest rodents. **Mammalia**, v. 55, p. 555-565, 1991.

PAGLIA, A. P.; FERNANDEZ, F. A. S.; MARCO-JUNIOR, P. Efeitos da fragmentação de habitats: quantas espécies, quantas populações, quantos indivíduos, e serão eles suficientes? In: DA ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; ALVES, M. A. S.; SLUYS, M. V. (Orgs.). **Biologia da conservação**: essências. 1. ed. São Carlos: Editora Rima, 2006. Cap. 12, p. 281-316.

PARDINI, R. Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 2567-2586, 2004.

PARDINI, R.; SOUZA, S. M.; BRAGA-NETO, R.; METZGER, J. P. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. **Biological Conservation**, v. 124, p. 253-266, 2005.

PARDINI, R.; UMETSU, F. Pequenos mamíferos não-voadores da Reserva Florestal do Morro Grande – distribuição das espécies e da diversidade em uma área de Mata Atlântica. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bn/v6n2/v6n2a06.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2011.

PARDINI, R.; FARIA, D.; ACCACIO, G. M.; LAPS, R. R.; MARIANO-NETO, E.; PACIENCIA, M. L. B.; DIXO, M.; BAUMGARTEN, J. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1178-1190, 2009.

PARDINI, R.; BUENO, A. A.; GARDNER, T. A.; PRADO, P. I.; METZGER, J. P. Beyond the Fragmentation Threshold Hypothesis: Regime Shifts in Biodiversity Across Fragmented Landscapes. **PLoS ONE**, v. 5(10): e13666, 2010.

PIERSMA, T.; DRENT, J. Phenotypic flexibility and the evolution of organismal design. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 18, p. 228-233, 2003.

PINOTTI, B. T. **Pequenos mamíferos terrestres e a regeneração da Mata Atlântica: influência da estrutura do habitat e da disponibilidade de alimento na recuperação da fauna**. 115 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

PRICE, T. D.; QVARNSTROM, A.; IRWIN, D. E. The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 270, p. 1433-1440, 2003.

RÉALE, D.; READER, S. M.; SOL, D.; MCDOUGALL, P.; DINGEMANSE, N. J. Integrating animal temperament within ecology and evolution. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 82, p. 291-318, 2007.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Mamíferos do Brasil**. 1ª edição. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2006. 437 p.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v. 5, p. 18-32, 1991.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal, Adaptação e Meio Ambiente**. 5ª edição. Cambridge University Press, 2002. 609 p.

SIH, A.; BELL, A. M.; JOHNSON, J. C.; ZIEMBA, R. E. Behavioral syndromes: an integrative overview. **Quarterly Review of Biology**, v. 79, p. 241-277, 2004.

SIH, A.; BELL, A. M. Insights for Behavioral Ecology from Behavioral Syndromes. **Advances in the Study of Behavior**, v. 38, p. 227-281, 2008.

STEVENS, S. M.; HUSBAND, T. P. The influence of edge on small mammals: evidence from Brazilian Atlantic forest fragments. **Biological Conservation**, v. 85, p. 1-8, 1998.

SULTAN, S. E.; SPENCER, H. G. Metapopulation structure favors plasticity over local adaptation. **The American Naturalist**, v. 160, p. 271-283, 2002.

UEHARA-PRADO, M.; FERNANDES, J. O.; BELLO, A. M.; MACHADO, G.; SANTOS, A. J.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; FREITAS, A. V. L. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1220-1228, 2009.

UMETSU, F.; PARDINI, R. Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats - evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. **Landscape Ecology**, v. 22, p. 517-530, 2007.

UMETSU, F.; METZGER, J. P.; PARDINI, R. Importance of estimating matrix quality for modeling species distribution in complex tropical landscapes: a test with Atlantic forest small mammals. **Ecography**, v. 31, p. 359-370, 2008.

VOIGT, C. C.; CRUZ-NETO, A. P. Energetic analysis. In: **Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats** (eds. T.H. Kunz, S. Parsons). The Johns Hopkins University Press, Baltimore. In press. 2009.

WEBSTER, D. G.; BAUMGARDNER, D. J.; DEWSBURY, D. A. Open-field behavior in eight taxa of muroid rodents. **Bulletin of the Psychonomic Society**, v. 13, n. 2, p. 90-92, 1979.

WILSON, R. C.; VACEK, T.; LANIER, D. L.; DEWSBURY, D. A. Open-field behavior in muroid Rodents. **Behavioral Biology**, v. 17, p. 495-506, 1969.

WITHERS, P. C. Design calibration and calculation for flow-through respirometry systems. **Australian Journal of Zoology**, v. 49, p. 445-461. 2001.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Third editions, 1996. Prentice-Hall International Editions, New Jersey, p. 662.