Alexandro Marques Tozetti

Uso do ambiente, atividade e ecologia alimentar da
cascavel (*Crotalus durissus*) em área de Cerrado na
região de Itirapina, SP

São Paulo

2006

Alexandro Marques Tozetti

Uso do ambiente, atividade e ecologia alimentar da
cascavel (*Crotalus durissus*) em área de Cerrado na
região de Itirapina, SP

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade de São
Paulo, para a obtenção de Título de
Doutor em Ciências, na Área de
Ecologia.

Orientador(a): Marcio R. C. Martins

São Paulo

2006

Ficha Catalográfica

Tozetti, Alexandro Marques

Uso do ambiente, atividade e ecologia
alimentar da cascavel (*Crotalus durissus*)
em área de Cerrado na região de Itirapina,
SP

93 pp.

Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências
da Universidade de São Paulo.
Departamento de Ecologia.

Palavras-Chave: 1. *Crotalus durissus*;
2. Cerrado; 3. Ecologia.

Universidade de São Paulo. Instituto de
Biociências. Departamento de Ecologia.

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Orientador(a)

À Andréia, pelo apoio, estímulo e amor.

À minha mãe, por tantas lições.

Agradecimentos

Sou profundamente grato ao Marcio Martins pela orientação e também pela confiança, paciência, sugestões, leituras e pelo brilhantismo e entusiasmo com que cria seus projetos. Isso é muito estimulante. Ao Victor Vettorazzo, meu braço direito! O “fiel escudeiro” sempre empolgado pra ir ao campo e que não só trabalhava sem trégua mas que muito contribuiu intelectualmente para o trabalho. Ao Ricardo, Cinthia e Pingo pelas sugestões, amizade, parceria, paciência, apoio e milhares de galhos quebrados! Ao Otávio Marques, Motta-Júnior e Jean Paul pelas sugestões na qualificação. Ao Beto, Carlos, Cristiano, Elaine, Hilton, Mari, Spina e a Tereza não só pela amizade, mas pela prontidão para qualquer ajuda. Ao Beto, Elaine, Hilton, Spina e Jr (com toda a equipe de vistoria de armadilhas) por tanta ajuda no campo. À toda a turma que me ajudou na coleta de dados, suando a camisa, encontrando cascavéis (as vezes sem querer), a quem jamais poderei agradecer o suficiente: Adriana Blue, Adriana F., Alexandre, Amanda Faro, Andréia Poletto, Antonio da Costa, Átila, Beth, Beto, Breno, Bruno (o uno), Bruno Tozetti, Carlos (soldado Ryan), Claudia Ribas (Claujones), Chris Parkinson, Daniel (Jorgina), Einat, Elaine, Fausto, Felipe (Sombra), Felipe Spina, Fernando Couto, Flávio, Gargamel (Alexander), Giselle Guimarães, Gordo, Helder, Helton, Hilton, Janete, Jeanne, Joel Pinheiro, José Eduardo Natal (Zé), Jr, Juliana, Juninho (Maia), Kão, Karina Espartosa, Karina, Kelly Cordeiro, Kelly Zamudio, Laércio, Lauren, Léo, Lígia, Lolô, Luciano (Samoano), Mábil, Maurício (técnico da Eco), Marcio Baiano, Marina Teles, Mauro, Micael, Murilo, PC, Pedro (Rafik), Priscila Amato, Renato, Rita, Rodrigo, Sabrina, Sara, Sônia, Sylene, Tereza, Thomas Tiago, Vinicius (Pelotas). Ufa! É gente que não acaba mais. Mas guardo todos no coração! À Denise Zanchetta, pela luta, apoio e amor ao Cerrado. Ao Instituto Florestal e todo o pessoal da Estação Ecológica: dona Isabel, Gilson, Cláudio, Clóvis, seu Tico. Aos mecânicos Gustavo e Manduca. À Fapesp e ao Cnpq pelo auxílio financeiro, ao Departamento de Ecologia da Universidade de São Paulo por ceder equipamentos e material.

À Andréia pelo carinho, imensa compreensão e ajuda no campo (ninguém escapava), à minha mãe, Romilda, e meus irmãos Bruno (esse também foi pro campo, o terror dos tatus) e Michelle. Ao Beto (cunhado) por tantas caronas. À Rádio Itirapina que nos manteve atentos a tudo o que rolava no mundo, revelando novos talentos a cada momento. Enfim a todos que de alguma forma contribuíram para que eu realizasse esse sonho!

Índice

Capítulo 1. Introdução geral e métodos

1.1. Introdução	07
1.2. Materiais e Métodos	10
1.3. Referências bibliográficas	20

Capítulo 2. Padrões de atividade e de forrageio da cascavel na Estação Ecológica de Itirapina, SP.

<i>Abstract/Resumo</i>	26
2.1. Introdução	28
2.2. Materiais e Métodos	30
2.3. Resultados	34
2.4. Discussão	39
2.5. Referências bibliográficas	43

Capítulo 3. Deslocamentos e área de uso da cascavel, *Crotalus durissus* na Estação Ecológica de Itirapina, SP.

<i>Abstract/Resumo</i>	48
3.1. Introdução	50
3.2. Materiais e Métodos	51
3.3. Resultados	55
3.4. Discussão	61
3.5. Referências bibliográficas	64

Capítulo 4. Seleção e uso do ambiente em cascavéis (*Crotalus durissus*) na Estação Ecológica de Itirapina, SP.

<i>Abstract/Resumo</i>	68
4.1. Introdução	70
4.2. Materiais e Métodos	72
4.3. Resultados	75
4.4. Discussão	83
4.5. Referências bibliográficas	87

Capítulo 5. Discussão Geral e Conclusões

Capítulo 1

Introdução e área de estudo

INTRODUÇÃO GERAL

A região neotropical abriga grande parte das espécies de serpentes do mundo (veja UETZ, 2000), o que evidencia seu potencial para estudos herpetológicos. No Brasil, onde pode ser encontrada grande parte dessas espécies, foram realizados diversos estudos abordando a atividade, a dieta, a reprodução e a distribuição desses animais (VITT & VANGILDER, 1983; SAZIMA, 1988; SANTOS *et al.*, 1990; SAZIMA & ABE, 1991; STRÜSSMANN & SAZIMA, 1993; SALOMÃO *et al.*, 1995; ALMEIDA-SANTOS & SALOMÃO, 1997; MARTINS & OLIVEIRA, 1998; MARQUES *et al.*, 2000; OLIVEIRA & MARTINS, 2001; VALDUJO *et al.*, 2002; NOGUEIRA *et al.*, 2003; ALVES *et al.*, 2005; BALESTRIN & DI-BERNARDO, 2005; BASTOS *et al.*, 2005; HARTMANN *et al.*, 2005; ZANELLA & CECHEIN, 2006). Apesar do número de estudos terem aumentado recentemente, ainda são escassos os trabalhos de cunho ecológico baseados na observação de indivíduos em seu hábitat natural. Esse fato se deve, em parte, à dificuldade em encontrar serpentes na natureza pois elas apresentam densidades populacionais relativamente baixas e podem passar por longos períodos de inatividade (SAZIMA, 1988; SECOR, 1994; BECK, 1995; OLIVEIRA & MARTINS, 2001). Em função disso, se faz necessária a associação de diferentes métodos para aumentar a taxa de captura nos estudos (FITCH, 1992; MARTINS & OLIVEIRA, 1998; VALDUJO *et al.*, 2002; NOGUEIRA *et al.*, 2003).

A atividade das serpentes depende de fatores associados ao clima, ao alimento ou à aspectos reprodutivos, os quais interferem no modo pelo qual elas exploram o ambiente (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987; REINERT, 1993). A compreensão dos mecanismos que agem sobre a seleção e o uso do ambiente tem gerado subsídios para a formulação de hipóteses e teorias sobre evolução, estrutura de comunidades e também manutenção da diversidade de espécies (REINERT, 1993). Enquanto que para muitas das serpentes brasileiras é pouco

conhecida a atuação dos mecanismos da seleção e do uso do ambiente, na América do Norte muito se tem estudado a esse respeito, destacando-se alguns viperídeos, especialmente as cascavéis (*Crotalus* e *Sistrurus*). Estes estudos sugerem que a atividade, a seleção e o uso do ambiente podem estar relacionados a três fatores gerais: sobrevivência, reprodução e alimentação (GIBBONS & SEMLITCH, 1987). Quanto à alimentação, vale lembrar que as cascavéis apresentam uma estratégia de forrageamento caracterizada por permanecerem paradas próximas a locais onde há indícios de suas presas (e.g. pistas químicas; BURGHARDT, 1967; BROWN & MACLEAN, 1983; REINERT *et al.*, 1984; CHISZAR *et al.*, 1990), aguardando por sua passagem. Esse padrão de forrageamento é conhecido como caça por espreita (*site and wait*; PIANKA, 1966). Estudos têm associado a caça por espreita como uma forma de baixo custo energético por unidade de tempo de forrageio sendo vantajosa em ambientes em que as presas são escassas (HUEY & PIANKA, 1981). Além do padrão de forrageamento, o uso do ambiente também pode ser associado à pluviosidade, temperatura do ar, padrão de cobertura vegetal, tamanho, idade e ao estágio reprodutivo das serpentes (KEENLYNE, 1972; SAZIMA, 1988; SALOMÃO *et al.*, 1995; DALTRY *et al.*, 1998; MARTINS & OLIVEIRA, 1998) além da ação de predadores (DUVALL, *et al.*, 1985) e da densidade de presas (CHISZAR *et al.*, 1990; WALLACE & DILLER, 1990; REINERT, 1993; BECK, 1995).

Por serem animais ectotérmicos, as condições climáticas (especialmente a temperatura), afetam sua taxa metabólica e consequentemente sua atividade (HUEY *et al.*, 1989). Em regiões de clima temperado, as baixas temperaturas no inverno levariam as temperaturas corpóreas a níveis letais (bem abaixo de 0°C). Nessas regiões são comuns espécies que procuram abrigos (hibernáculos), onde protegidas do frio excessivo reduzem sua atividade metabólica e entram em estado de torpor durante o inverno (KLAUBER, 1972). Em regiões tropicais, mesmo os invernos mais rigorosos não impedem a atividade dos ectotérmicos. Desse modo, acredita-se que o padrão de atividade de serpentes em climas temperados seja direcionado por variações

sazonais na temperatura enquanto que nas regiões tropicais, os mesmos sejam direcionados por variações sazonais na pluviosidade (GREGORY *et al.*, 2005).

As cascavéis (gênero *Crotalus*), constituem um grupo bastante diversificado na América do Norte, com apenas uma espécie tendo colonizado a América do Sul (WÜSTER *et al.*, 2005). No Brasil, o gênero é representado por diversas subespécies de *Crotalus durissus* (HOGE, 1966), entretanto, a distinção das subespécies ainda é problemática (VANZOLINI & CALLEFFO, 2002). Sabe-se que *C. durissus* tem uma ampla distribuição, a qual se estende do norte ao sul do continente Americano (CAMPBELL & LAMAR, 1989). Na região tropical, o pico de atividade de *C. durissus* é unimodal e ocorre entre abril e maio (SALOMÃO *et al.*, 1995). O ciclo reprodutivo é bianual (ALMEIDA-SANTOS & SALOMÃO, 1997; ALMEIDA-SANTOS *et al.*, 2004), a ovulação acontece entre setembro e outubro e a gravidez entre setembro e abril (ALMEIDA-SANTOS & SALOMÃO, 1997; ALMEIDA-SANTOS *et al.*, 2004). O ritual de combate entre machos e a cópula ocorrem entre abril e junho (SALOMÃO & ALMEIDA-SANTOS, 2002), antes da ovulação. As fêmeas armazenam os espermatozóides até o momento da fertilização (ALMEIDA-SANTOS & SALOMÃO, 1997). O nascimento de filhotes acontece entre dezembro e agosto (ALMEIDA-SANTOS & SALOMÃO, 1997; ALMEIDA-SANTOS *et al.*, 2004). Não há variação ontogenética na dieta, que é constituída quase que exclusivamente por roedores (SALOMÃO *et al.*, 1995; SANT'ANNA, 1999). Apesar de estar associada preferencialmente às fitofisionomias abertas, há registros de cascavéis em áreas alteradas com presença de mata (BASTOS *et al.*, 2005). A intensificação do processo de fragmentação de áreas florestais pode facilitar a ampliação na distribuição e o aumento na densidade populacional das cascavéis (BASTOS *et al.*, 2005). Trata-se de um fato relevante, uma vez que *C. durissus* está associada a 8% dos casos de acidentes ofídicos no Brasil (ARAÚJO *et al.*, 2003).

Este é o primeiro estudo sobre a atividade, seleção, uso do ambiente e padrão de deslocamentos da cascavel sul-americana em condições naturais. Este estudo tem como objetivo geral descrever aspectos da ecologia de *C. durissus* a partir de uma população de

cascavéis de uma área de Cerrado preservada na Estação Ecológica de Itirapina (EEI), estado de São Paulo. Serão apresentados nos capítulos a seguir: (a) aspectos dos padrões de atividade e de forrageio; (b) aspectos dos padrões de deslocamento e área de uso; (c) aspectos da seleção de ambiente.

MÉTODOS GERAIS

1 - Área de estudo

O estudo foi desenvolvido entre dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina (EEI), um fragmento de Cerrado do Estado de São Paulo, localizado entre os municípios de Itirapina e Brotas (de 22°00' a 22°15' S; de 47°45' a 48°00' O; altitude de 720-750 m; Figura 1.1). O clima da região é mesotérmico de inverno seco (Figura 1.2). A precipitação média anual entre setembro de 1998 e dezembro de 2004 foi de 1.394 mm, com uma estação seca entre abril e agosto (18 a 42 mm mensais) e uma estação chuvosa entre setembro e março (88 a 368 mm mensais); as temperaturas mínimas oscilaram entre 0 e 5° C e as máximas entre 31 e 35° C na estação seca, e entre 7 e 15° C e 36 e 39° C na estação chuvosa. As informações climáticas da região foram fornecidas por uma estação meteorológica da Fazenda Siriema, propriedade da Ripasa S.A. Celulose e Papel, em Brotas, SP, situada a cerca de 10 km da Estação Ecológica de Itirapina.

A área total da reserva é de aproximadamente 2.300 ha correspondentes à fitofisionomias naturais de Cerrado (incluindo campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto*), matas de galeria, capões, brejos e campos alagados ao longo de cursos d'água além de áreas alteradas com presença de *Pinus* (MANTOVANI, 1987; obs. pess. Figura 1.3).

2 - Captura de serpentes

A captura de serpentes na EEI foi realizada entre dezembro de 2002 e dezembro de 2004 por meio de procura com automóvel e encontros ocasionais.

Procura com automóvel

A procura com automóvel foi feita nas estradas de terra e aceiros no interior da EEI, os quais eram percorridos duas vezes ao dia, entre 7:00 e 13:00h e novamente entre 17:00 e 24:00h com itinerário sistematizado e velocidade do veículo não excedendo os 35 km/h. As estradas e os aceiros têm largura média de 7 m e a velocidade do deslocamento permitia a observação minuciosa do substrato bem como da vegetação rasteira na borda da via, onde há grande probabilidade de encontro de serpentes (WEATHERHEAD & CHARLAND, 1985; SAZIMA, 1988; Figura 1.4).

As procuras foram feitas em amostragens com duração de cinco dias consecutivos as quais eram repetidas a cada 20 dias. O esforço foi quantificado em quilômetros percorridos por dia. A taxa de captura foi estimada em número de serpentes capturadas por quilômetro percorrido.

Encontros ocasionais

Foram atribuídas a esse método todas as capturas de cascavéis vivas ocorridas na área de estudo e que não tenham sido feitas por meio da procura com veículo (e.g capturas por terceiros, encontros fortuitos).

Figura 1.1 – Localização geográfica da Estação Ecológica de Itirapina (EEI) e detalhe de foto aérea mostrando os limites da EEI (delimitada pela linha vermelha).

Figura 1.2 - Variação da pluviosidade mensal acumulada (colunas), temperaturas máximas (linha contínua) e mínimas (linha tracejada) mensais, registradas durante o período de estudo (entre dezembro de 2002 e dezembro de 2004) na região da Estação Ecológica de Itirapina. Fonte: Fazenda Siriema, Ripasa S.A. Celulose e Papel, Brotas, SP.

Figura 1.3 – Aspecto geral dos ambientes encontrados no interior da Estação Ecológica de Itirapina (EEI) e em seu entorno. A = campo sujo; B = campo cerrado; C = mata de galeria (todos no interior da EEI); D = área alterada com reflorestamento de eucalipto (entorno da EEI).

3 - Procedimentos com os indivíduos capturados

A cada encontro ou captura eram registradas a umidade relativa e a temperatura do ar, as coordenadas geográficas do local (com aparelho GPS, modelo Garmin 12 XL, e valores registrados em UTM), e tomada a temperatura da superfície do corpo da serpente com o auxílio de um termômetro de leitura a distância por emissão de infravermelho (Raytek modelo RAYMT4U). Em seguida o animal era imobilizado no interior de um tubo plástico transparente (Figura 1.5) para tomada das medidas do comprimento do corpo (mm), determinação do sexo por meio de cuidadosa introdução de sonda, detecção da presença de conteúdo estomacal e/ou embriões por apalpamento (FITCH, 1987) e registro da massa corpórea (g). Os animais eram marcados pela introdução subcutânea de *transponders* passivos (*pit-tags*, modelo Trovan[®] - ID 100; Figura 1.5). Foram considerados adultos os machos com tamanho corpóreo superior a 560 mm e as fêmeas com tamanho corpóreo superior a 760 mm (S. M. ALMEIDA-SANTOS, com. pess.).

4- Monitoramento dos animais

Os indivíduos com massa superior a 250 g foram equipados com rádios-transmissores (modelo SI-2 com antena externa; 9 g, 33 x 11 mm; Holohil Systems Ltd., Ontário, Canadá) ou carretéis (*thread bobbins*, WILSON, 1994; VIEIRA & CUNHA 2002; TOLEDO *et al.* 2005; TOZETTI & TOLEDO 2005). Ambos os equipamentos não ultrapassavam 5% da massa corpórea dos animais (HARDY & GREENE 1999) e foram fixados externamente aos corpos das serpentes. Utilizei carretéis feitos sob medida com 37 mm de comprimento, 14 mm de diâmetro e aproximadamente 6 g e 300 m linha (Hiltex Indústria e Comércio de Fios Ltda., Itatiba, SP). Com esse dispositivo, a medida em que o animal se desloca, o fio se desenrola do novelo deixando um "rastro de linha". A linha abandonada permanece estacionária no ambiente, presa na vegetação. Como a linha sai de dentro do novelo, não há necessidade de rotação do carretel para que ela se solte, evitando a formação de nós que limitariam o movimento do animal.

Fixação dos rádios-transmissores

Para a fixação, cada animal era imobilizado dentro de um tubo plástico transparente e em seguida a porção do corpo que receberia o equipamento era limpa com algodão embebido em álcool de uso doméstico. O transmissor era fixado na região dorsal, no terço posterior da serpente com ajuda de fita adesiva do tipo *silver tape*. Eram utilizadas três tiras de fita, cada uma com aproximadamente 4 cm de largura. O transmissor era mantido junto ao corpo do animal e paralelo a ele, com a antena voltada para a cauda. Durante a fixação, o conjunto das fitas recobria completamente o transmissor (Figura 1.6) evitando a formação de qualquer espaço entre o transmissor e o corpo do animal, onde ramos ou folhas pudessem ficar presos. A queda dos transmissores ocorria por desprendimento natural das fitas (em até seis meses) ou quando o animal realizava a troca de pele (Figura 1.6).

Fixação dos carretéis

Antes de ser fixado aos animais, cada carretel era embrulhado em filme plástico no qual era feito um orifício para a saída da linha. O conjunto era preso à região dorsal posterior do corpo do animal (Figura 1.7), seguindo o mesmo procedimento descrito para a fixação dos rádios-transmissores. A massa total do aparato era de aproximadamente 12 g, permitindo sua aplicação em serpentes com massa corpórea superior a 250 g (respeitando o limite de 5% da massa corpórea do animal).

Re-localizações

A re-localização dos animais equipados com rádios-transmissores foi feita com auxílio de um receptor para VHF modelo TR-2 e uma antena direcional tipo “H” modelo RA-14, (ambos da marca Telonics). O sinal era rastreado até o contato visual com as cascavéis. A re-localização dos animais equipados com carretéis foi feita pela observação e recolhimento da linha abandonada em sua trajetória. As re-localizações para ambos os métodos de rastreamento

foram feitas em amostragens com duração de cinco dias consecutivos, repetidas a cada 20 dias. Entre cada re-localização de um mesmo indivíduo havia um intervalo de no mínimo 12 horas para minimizar os efeitos da dependência temporal (auto-correlação) entre os pontos (WHITE & GARROTT, 1990). Apesar de existirem testes estatísticos para determinar o intervalo de tempo entre pontos para que a auto-correlação se torne desprezível (e.g. medida bi-variada de Schoener; WHITE & GARROTT, 1990), intervalos menores do que 24 horas são necessários em estudos sobre forrageamento e diferenças temporais no uso do ambiente (SWIHART & SLADE, 1985). Dessa forma, os efeitos da auto-correlação nesse estudo foram desconsiderados.

5- Abundância de presas

A avaliação da abundância de presas potenciais das cascavéis (roedores, VANZOLINI *et al.*, 1980; SANT'ANNA, 1999) foi feita por meio de armadilhas de interceptação e queda (CECHIN & MARTINS, 2000), instaladas de forma sistematizada nos seguintes ambientes: campo cerrado, campo sujo e borda de mata de galeria (neste caso, ao lado do campo sujo, evitando a área de inundação). No total, havia nove conjuntos de armadilhas, três por ambiente. Cada conjunto era composto por duas linhas, cada uma com quatro baldes unidos por cerca guia, totalizando 18 linhas, 72 baldes e 810 m de cerca guia (Figura 1.8). Detalhes sobre estas armadilhas encontram-se em CECHIN & MARTINS (2000).

A abundância de roedores foi avaliada entre maio de 2000 e junho de 2003 em amostragens com duração de cinco dias consecutivos as quais eram repetidas mensalmente. Todos os roedores capturados foram identificados, tiveram sua massa registrada e em seguida foram soltos próximo às armadilhas (a marcação foi feita apenas nos primeiros 12 meses pois a taxa de recaptura se mostrou desprezível para este estudo).

Figura 1.4 - Representação dos métodos empregados na Estação Ecológica de Itirapina (EEI) para a captura de cascavéis (*Crotalus durissus*). A = procura por veículo; B = encontro ocasional (captura fortuita de cascavel junto à brita de uma linha de trem que faz limite com a EEI); C = vista aérea da EEI na qual se pode verificar alguns aceiros. Foto “A” cedida gentilmente por Luciano Yamamura.

Figura 1.5 – Manuseio (A), aplicação (B) e leitura de código do *transponder* (C) introduzido nas cascavéis (*Crotalus durissus*) capturadas na Estação Ecológica de Itirapina. Em D, detalhe do *transponder* e da agulha utilizada para aplicação subcutânea.

Figura 1.6 - Etapas da fixação externa de rádio-transmissor em uma cascavel (*Crotalus durissus*; A, B) e aspecto final após a fixação (C). Em “D”, o detalhe de um rádio-transmissor encontrado junto às escamas soltas após a muda de pele.

Figura 1.7 - Detalhes de uma cascavel (*Crotalus durissus*) imobilizada em tubo transparente (A), do carretel recebendo filme plástico (B), da abertura para saída da linha (C) e aspecto geral do carretel fixado no animal (D).

Figura 1.8 – Armadilha de interceptação e queda utilizada para captura de roedores. Procedimento de vistoria dos baldes na borda da mata de galeria (A), vista aérea de duas linhas de armadilhas no campo sujo (B), e detalhe de balde com cerca guia (C).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA-SANTOS, S. M., F. P. ABDALLA, P. F. SILVEIRA, N. YAMANOUYE, & M. G. SALOMÃO. 2004. Reproductive cycle of the Neotropical *Crotalus durissus terrificus* (seasonal levels and interplay between steroid hormones and vasotocinase). General and Comparative Endocrinology 139: 143-150.
- ALMEIDA-SANTOS, S. M., & M. G. SALOMÃO. 1997. Long-term sperm storage in the female neotropical rattlesnake *Crotalus durissus terrificus* (Viperidae, Crotalinae). Japanese Journal of Herpetology 17 (2): 46-52.
- ALVES, F. Q., A. J. S. ARGOLO, & J. JIM. 2005. Reproduction and activity of the snail-eating snake, *Dipsas albifrons* (Colubridae), in the southern Atlantic Forest in Brazil. Revista Brasileira de Zoologia 22 (3): 573-579.
- ARAÚJO, J. L. C., M. SANTALICIA, & R. F. CABRAL. 2003. Epidemiologia dos acidentes para animais peçonhentos. In: J. L. C. CARDOSO, F. O. S. FRANÇA, F. H. WEN, C. M. S. MÁLAQUE, & V. HADDAD JR. (eds.), Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes, pp. 6-12. São Paulo, Sarvier.
- BALESTRIN, R. L., & M. DI-BERNARDO. 2005. Reproductive Biology of *Atractus reticulatus* (Boulenger, Serpentes, Colubridae) in southern Brazil. Herpetological Journal (15): 195-199.
- BASTOS, E. G. M., A. F. B. ARAÚJO, & H. R. SILVA. 2005. Records of the rattlesnakes *Crotalus durissus terrificus* (Laurenti) (Serpentes, Viperidae) in the State of Rio de Janeiro, Brazil: a possible case of invasion facilitated by deforestation. Revista Brasileira de Zoologia 22 (3): 812-815.
- BECK, D. 1995. Ecology and the energetics of tree sympatric rattlesnake species in the Sonoran Desert Journal of Herpetology 29 (2): 211-223.

- BROWN, W. S., & F. M. MACLEAN, 1983. Conspecific scent-trailing by newborn timber rattlesnake, *Crotalus horridus*. *Herpetologica* 39: 430-436.
- BURGHARDT, G. M. 1967. Chemical-cue responses of inexperienced snakes: comparative aspects. *Science* 157: 718-721
- CAMPBELL, J. A., & W. W. LAMAR. 1989. *The Venomous Reptiles of Latin America*. Cornell University Press, Ithaca.
- CECHIN, S. Z., & M. MARTINS. 2000. Eficiência de armadilhas de queda (*pitfall traps*) em amostragens de anfíbios e répteis no Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 17 (3): 729-749.
- CHISZAR, D., T. MELCER, R. LEE, C. W. RADICLIFFE, & D. DUVALL. 1990. Chemical cues used by prairie rattlesnakes (*Crotalus viridis*) to follow trails of rodent prey. *Journal of Chemical Ecology* 16 (1): 79-85.
- DALTRY, J. C., T. ROSS, R. S. THORPE, & W. WÜSTER. 1998. Evidence that humidity influences snake activity patterns: a field study of the malayan pit viper *Calloselasma rhodostoma*. *Ecography* 21(1): 25-34.
- DUVALL, D., M. B. KING, & K. J. GUTZWILLER. 1985. Behavioral ecology and ethology of prairie rattlesnake. *National Geographic Research* 1 (1): 80-111.
- FITCH, H. S. 1987. Collecting and life history techniques, *In* R. A. Seigel, J. T., & Collins, S. S. Novak (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 143-164. McMillan Publishing Company, New York.
- FITCH, H. S. 1992. Techniques: methods of sampling snake populations and their relative success. *Herpetological Review* 23 (1): 17-19.
- GIBBONS, J. W., & R. D. SEMLITSCH. 1987. Activity patterns. *In* R. A. SEIGEL, J. T., COLLINS, & S. S. NOVAK (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 396-421. McMillan Publishing Company, New York.

- GREGORY, P. B., R. SHINE, & T. MADSEN. 2005. Spatial ecology of slatey-grey snakes (*Stegonotus cucullatus*), Colubridae. *Journal of Tropical Ecology* 21: 605–612.
- HARTMANN, M. T., P. A. HARTMANN, S. Z. CECHE, & M. MARTINS. 2005. Feeding habits and habitat use in *Bothrops pubescens* (Viperidae, Crotalinae) from southern Brazil. *Journal of Herpetology* 39 (4): 664-667.
- HARDY, D. L., & H. W. GREENE. 1999. Surgery on rattlesnake in the field for implantation of transmitters. *Sonoran Herpetologist* 12 (3): 25-27.
- HOGUE, A. R. 1966. Preliminary account on Neotropical Crotalinae (Serpentes: Viperidae). *Memórias do Instituto Butantan* 32: 109-184.
- HUEY, R. B., & E. R. PIANKA. 1981. Ecological consequences of foraging mode. *Ecology* 62 (4): 991-999.
- HUEY, R. B., C. R. PETERSON, S. J. ARNOLD, & W. PORTER. 1989. Hot rocks and not-so-hot rocks: retreat site selection by garter snake and its thermal consequences. *Ecology* 70 (4): 931-934.
- KEENLYNE, K. D. 1972. Sexual differences in feeding habits of *Crotalus horridus horridus*. *Journal of Herpetology* 6 (3/4): 234-237.
- KLAUBER, L. M. 1972. Rattlesnakes: their habits, life histories, and influence on mankind. University of California Press, Berkeley.
- MANTOVANI, W. 1987. Análise florística e fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo do cerrado na reserva biológica de Guaçu e Itirapina. *Tese de doutorado*, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- MARQUES, O. A. V., A. ETEROVIC, & W. ENDO. 2000. Seasonal activity of snakes in the Atlantic forest in southwernern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 22: 103-111.
- MARTINS, M., & M. E. OLIVEIRA. 1998. Natural History of snakes in forests of the Manaus region, central Amazonia. *Herpetological Natural History* 6: 78-150.

- NOGUEIRA, C., R. J. SAWAYA, & M. MARTINS. 2003. Ecology of the pitviper, *Bothrops moojeni*, in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology* 37 (4): 653-659.
- OLIVEIRA, M. E. & M. MARTINS. 2001. When and where to find a pitviper: activity patterns and habitat use of a lancehead *Bothrops atrox*, in central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History* 8 (2): 101-110.
- PIANKA, E. R. 1966. Convexity, desert lizards, and spatial heterogeneity. *Ecology* 47: 1055-1059.
- REINERT, H. K. 1993. Habitat selection in snakes. In R. A. SEIGEL, J. T., COLLINS, & S. S. NOVAK (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 201-240. McMillan Publishing Company, New York.
- REINERT, H. K., D. CUNDALL, & L. M. BUSHAR. 1984. Foraging behavior of the timber rattlesnake, *Crotalus horridus*. *Copeia* (4): 976-981.
- SALOMÃO, M. G., & S. M. ALMEIDA-SANTOS. 2002. The reproductive cycle in male neotropical rattlesnake (*Crotalus durissus terrificus*), In J. A. CAMPBELL & E. D. BRODIE JR (eds.), *Biology of the Pit Vipers*, pp. 506-514. Selva Press, Texas.
- SALOMÃO, M. G., S. M. ALMEIDA-SANTOS, & G. PUERTO. 1995. Activity pattern of *Crotalus durissus* (Viperidae, Crotalinae) feeding, reproduction and snake bite. *Studies on neotropical fauna and environment* 30 (2): 101-106.
- SANT'ANNA, S. S. 1999. Hábito alimentar da cascavel, *Crotalus durissus* no sudeste brasileiro (Serpentes, Viperidae). *Tese de doutorado*, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.
- SANTOS, S. M. A., I. L. LAPORTA-FERREIRA, & G. PUERTO. 1990. Ritual de combate em *Crotalus durissus*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 62 (4): 481.
- SAZIMA, I. 1988. Um estudo de biologia comportamental da jararaca, *Bothrops jararaca*, com uso de marcas naturais. *Memórias do Instituto Butantan* 50: 83-99.

SAZIMA, I., & A. S. ABE, 1991. Habits of five brazilian snakes with coral-snake pattern, including a summary of defensive tactics. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 26 (3): 159-164.

SECOR, S. M. 1994. Ecological significance of movements and activity range for the side winder, *Crotalus cerastes*. *Copeia* 3: 631-645.

STRÜSSMANN, C., & I. SAZIMA. 1993. The snake assemblage of the Pantanal and Poconé, western Brazil: faunal composition and ecological summary. *Studies on neotropical fauna and environment* 28 (3): 157-168.

SWIHART, R. K., & N. A. SLADE. 1985. Testing for independence of observations in animal movements. *Ecology* 66: 1176-1184.

TOLEDO, L. F., A. M. TOZETTI, & J. ZINA. 2005. *Leptodactylus labyrinthicus* (Pepper Frog): repertoire of defensive behaviour. *The Herpetological Bulletin* (90): 29-31.

TOZETTI, A. M., & L. F. TOLEDO. 2005. Short-term movements of *Leptodactylus labyrinthicus*. *Journal of Herpetology* 39 (4): 120-124.

VALDUJO, P. H., M. MARTINS, & C. NOGUEIRA. 2002. Ecology of *Bothrops neuwiedi pauloensis* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) in the brazilian cerrado. *Journal of Herpetology* 36 (2): 169-176.

VANZOLINI, P. E., A. M. M. RAMOS-COSTA, & L. J. VITT. 1980. Répteis das Caatingas. Academia Brasileira de Ciências, RJ.

VANZOLINI, P. E., & M. E. V. CALLEFFO. 2002. A taxonomic bibliography of the South American snakes of the *Crotalus durissus* complex (Serpentes, Viperidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 74 (1): 37-83.

VIEIRA, M. V. & A. A. CUNHA, 2002. Support diameter, incline, and vertical movements of four didelphid marsupials in the Atlantic forest of Brazil. *The Zoological Society of London*, 258: 419-426.

- VITT, L. J. & L. D. VANGILDER. 1983. Ecology of a snake community in northeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 4: 273-296.
- WALLACE, R. L., & L. V. DILLER. 1990. Feeding ecology of the rattlesnake *Crotalus viridis oreganus*, in northern Idaho. *Journal of Herpetology* 24 (3): 246-253.
- WEATHERHEAD, P. J., & M. B. CHARLAND. 1985. Habitat: selection in an Ontario population of the snake, *Elaphe obsoleta*. *Journal of Herpetology* 19 (1): 12-19.
- WHITE, G. C., & R. A. GARROTT. 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, San Diego, California.
- UETZ, P. 2000. How many reptiles species? *Herpetological Review* 31 (1): 13-15.
- WILSON, D. S. 1994. Tracking small animals with tread bobbins. *Herpetological Review* 25 (1): 13-14.
- WÜSTER, W., J. E. FERGUSON, J. A. QUIJADA-MASCARENÃS, C. E. POOK, M. G. SALOMÃO, & R. S. THORPE. 2005. Tracing an invasion: landbridges, refugia and the phylogeography of the Neotropical rattlesnake (Serpentes: Viperidae: *Crotalus durissus*). *Molecular Ecology*, 14: 1095-1108.
- ZANELLA, N., & S. Z. CECHIN. 2006. Taxocenose de serpentes no Planalto Médio do Rio Grande do Sul. *Brasil Revista Brasileira de Zoologia* 23 (1): 211-217.

Capítulo 2

Padrões de atividade e de forrageio da cascavel (*Crotalus durissus*) na Estação Ecológica de Itirapina, SP.

ABSTRACT

The snake activity has been associated with climatic conditions, reproduction and prey availability. However, there is no detailed information about how those factors act on snake activity. The objective of this study was describe daily and seasonal variations in activity of a south-america rattlesnake (Crotalus durissus) population in a Cerrado fragment on state of São Paulo. Data was obtained from encounters of snakes on road survey, occasional encounters and use of radio-transmitters and thread-bobbins device. The snakes activity was higher in warmer and moister days. This study shows that rattlesnakes spend most part of the day resting and most part of the night in ambush posture (foraging). Foraging was more common on dry season, probably in function of energetic needs of reproduction. Movements was uncommon, specially on dry season. The snakes reveled a peak of activity between 18:00 and 20:59 h. Daily activity keeps concentrated to the warmest party of the day and night on dry season. There was no relation between snake activity and fluctuations on abundance of small rodents by captures on pitfall-traps.

RESUMO

Apesar de fatores como o regime climático, aspectos reprodutivos e a disponibilidade de presas interferirem na atividade das serpentes, muito pouco se sabe a respeito dos mecanismos de ação desses fatores sobre a atividade. O objetivo desse estudo foi o de investigar as variações diárias e sazonais na atividade de uma população de cascavéis (*Crotalus durissus*), em uma área de Cerrado do Estado de São Paulo. Os dados foram obtidos a partir de capturas feitas por procura com veículo, encontros ocasionais e pelo monitoramento de indivíduos equipados com rádios-transmissores ou carretéis de linha. A atividade foi maior em dias mais quentes e mais úmidos. Os resultados revelaram que as cascavéis passam a maior parte do dia em repouso enquanto que a noite a atividade predominante é a caça. A atividade de caça foi mais freqüentemente observada na estação seca, possivelmente por coincidir com o período em que há maior necessidade metabólica provavelmente em função da reprodução. Os deslocamentos foram pouco freqüentes, especialmente na estação seca. As cascavéis apresentaram pico de atividade diária entre 18:00 e 20:59h, sendo que na estação seca concentraram sua atividade no período mais quente do dia e da noite. A atividade não respondeu às flutuações na abundância de presas capturadas em armadilhas de interceptação e queda.

INTRODUÇÃO

Apesar do conceito de atividade ser extremamente amplo, freqüentemente os estudos herpetológicos associam a atividade à taxa de deslocamento dos indivíduos (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987). Tais movimentos podem estar relacionados à migração, dispersão de recém nascidos, fuga de predadores, busca por abrigos para termoregulação diária, obtenção de alimento ou de parceiros para a reprodução (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987). Por estar associada aos movimentos, a atividade pode variar em função do sexo, faixa etária, estado reprodutivo ou do advento de mudas de pele (MADSEN, 1984; DUVALL *et al.*, 1985; GIBBONS & SEMLITSCH, 1987; SHINE, 1987; MACARTNEY *et al.*, 1988). Além disso, por serem ectotérmicas, as serpentes podem ter a atividade influenciada pelo regime térmico do ambiente (HUEY *et al.*, 1989). Entretanto, a importância de cada um desses fatores sobre a atividade é pouco conhecida. Diferentemente das regiões de clima temperado, na maior parte das regiões tropicais mesmo os invernos mais rigorosos não impedem a atividade dos ectotérmicos, os quais mantêm-se ativos durante o ano todo. Nas comunidades de serpentes em regiões temperadas, a variação na atividade é predominantemente direcionada por mudanças na temperatura, enquanto que em áreas tropicais, a alteração na atividade é provavelmente direcionada por variações pluviométricas (GREGORY *et al.*, 2005). Em comunidades de serpentes tropicais por exemplo, há registros de picos de atividade na estação chuvosa (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987; SAZIMA, 1988; SAZIMA & ABE, 1991; STRÜSSMANN & SAZIMA, 1993; MARTINS & OLIVEIRA, 1998; MARQUES *et al.*, 2000; OLIVEIRA & MARTINS, 2001; MACIEL *et al.*, 2003). Entretanto, a cascavel (*Crotalus durissus*) apresenta pico de atividade na estação seca (SALOMÃO *et al.*, 1995), reforçando a dificuldade em se detectar padrões para os viperídeos tropicais (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987). Além disso, a avaliação da atividade a partir da observação direta das serpentes é bastante difícil, pois além dos hábitos discretos, elas apresentam uma tendência a permanecer longos períodos praticamente imóveis (FITCH, 1987; GIBBONS & SEMLITSCH, 1987). Entretanto, a atividade pode ser subdividida em diferentes unidades comportamentais

tais como o forrageamento (e.g. espreita), comportamentos reprodutivos (e.g. combate, procura por parceiros) ou ainda a termoregulação. É importante ressaltar que o conceito de inatividade se distingue da imobilidade. Quando, por exemplo, um animal se encontra em atividade termoregulatória, ele está imóvel, mas não inativo. Possivelmente a dificuldade em detectar todos os aspectos que compõem a atividade, tenha feito com que em grande parte dos estudos ela tenha sido estimada genericamente a partir da taxa de encontro de serpentes em procura visual (SAZIMA, 1988; STRÜSSMANN & SAZIMA, 1993; MARTINS & OLIVEIRA, 1998) ou capturas em armadilhas (CECHIN & MARTINS, 2000; ZANELLA & CECHIN, 2006). Para a obtenção de registros detalhados da atividade se faz necessária uma combinação de métodos (FITCH, 1987; ZANELLA & CECHIN, 2006), tais como armadilhas de interceptação e queda, procura ativa e rádio-rastreamento. Este último é particularmente valioso por potencializar a taxa de reencontro de animais marcados (WHITE & GARROTT, 1990), permitindo inclusive a sistematização de amostragens diurnas e noturnas. Grande parte dos estudos a respeito da atividade de serpentes neotropicais foi baseada nas taxas de captura de serpentes em armadilhas (e.g. interceptação e queda) ou em registros de animais em coleções. Tais estudos permitiram a elucidação de aspectos ecológicos de algumas das serpentes sul-americanas, como por exemplo a cascavel (*C. durissus*; SALOMÃO *et al.*, 1995; ALMEIDA-SANTOS & SALOMÃO, 1997; VANZOLINI & CALLEFFO, 2002). Entretanto, são extremamente raros os exemplos em que foram estudadas cascavéis na natureza (BASTOS *et al.*, 2005).

Nesse estudo, a atividade geral, e as atividades específicas (e.g. termoregulação, repouso, caça), foram avaliadas para uma população de cascavéis na estação Ecológica de Itirapina, uma área de Cerrado no Estado de São Paulo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido entre dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina (EEI), um fragmento de Cerrado do Estado de São Paulo, localizado entre os municípios de Itirapina e Brotas (de 22°00' a 22°15' S; de 47°45' a 48°00' O; altitude de 720-750 m; veja descrição detalhada no capítulo 1). Os dados foram coletados em amostragens com duração de cinco dias consecutivos repetidas a intervalos de 20 dias. A atividade das cascavéis foi avaliada a partir de (a) capturas em procuras com veículo nas estradas e aceiros da EEI, (b) encontros ocasionais e (c) re-localizações de animais equipados com rádios-transmissores ou carretéis. Nas procuras com veículo, em cada amostragem as estradas e os aceiros da EEI eram percorridos duas vezes ao dia, entre 7:00 e 13:00 h e entre 17:00 e 24:00 h com velocidade do automóvel não excedendo os 35 km/h e com itinerário sistematizado. Todas as capturas de serpentes vivas ocorridas na área de estudo e que não foram feitas por meio da procura com veículo (e.g capturas por terceiros, encontros fortuitos) foram consideradas como encontros ocasionais.

Os animais capturados e com massa superior a 250 g foram equipados com rádios-transmissores (modelo SI-2 com antena externa; 9 g, 33 x 11 mm; Holohil Systems Ltd., Ontário) ou com carretéis (*thread bobbins*; WILSON, 1994) ambos fixados externamente. As re-localizações desses animais foram feitas em amostragens com duração de cinco dias consecutivos, repetidas a intervalos de 20 dias. A cada re-localização de um mesmo indivíduo havia um intervalo de pelo menos 12 horas para minimizar os efeitos da dependência temporal (auto-correlação) entre os pontos (WHITE & GARROTT, 1990). O rastreamento permitiu o contato visual com as cascavéis, exceto para os animais abrigados em buracos. As re-localizações foram feitas nos períodos diurno e noturno para potencializar a observação de comportamentos ou atividades característicos de cada um dos períodos (LAUNDRE *et al.* 1987). Cada indivíduo foi rastreado até o desprendimento do rádio ou carretel.

Os detalhes sobre os métodos de captura, procedimentos com os indivíduos capturados e rastreamento estão descritos no capítulo 1. A atividade das cascavéis foi dividida em atividade geral e atividade específica.

Atividade geral

A atividade geral corresponde à taxa de captura de cascavéis obtida a partir da procura com veículo. Seu valor foi calculado dividindo-se o número mensal de capturas pelo valor médio de quilômetros percorridos no período. Por exemplo, no mês de janeiro foram percorridos 1020,2 km num total de 19 dias, o que equivale a 53,7 km/dia. Nesse período foram capturadas duas cascavéis, portanto:

$$\text{atividade geral de janeiro} = 2 / 53,7 = 0,037 \text{ serpentes/km/dia}$$

A atividade geral também foi avaliada ao longo do dia, o qual foi dividido em seis intervalos: das 6:00 as 8:59; 9:00 as 11:59; 12:00 as 14:59; 15:00 as 17:59 (intervalos diurnos); 18:00 as 20:59; 21:00 as 24:00 (intervalos noturnos). Como o esforço amostral não foi constante entre os intervalos, foi calculado o esforço relativo dividindo o número de amostras feitas em cada intervalo pelo total de amostras do estudo (SEIGEL, 1992). Considerando a hipótese nula de que a atividade é igual ao longo do dia, o número esperado de serpentes ativas em cada intervalo foi gerado multiplicando o número total de serpentes capturadas no estudo pelo respectivo esforço relativo de cada intervalo. Por exemplo, considerando que houve 75 amostras para o intervalo das 6:00 as 8:59 h, o esforço relativo foi de 0,22 (75/343 amostras). Desse modo, o número esperado de capturas ocorridas entre 6:00 e 8:59 h equivale a 0,22 vezes o número de capturas de todo o estudo.

Atividade específica

A atividade específica corresponde ao número de registros em que os animais apresentaram cada uma das seguintes atividades: alerta, caça, deslocamento, repouso e

termoregulação. Cada registro corresponde a uma captura ou re-localização de uma cascavel (levando-se em conta todos os métodos empregados no estudo). Todo animal que no momento da observação estava em movimento foi considerado em atividade de deslocamento (foram desconsiderados os animais que tenham sido perturbados durante o encontro). A atividade dos animais que estavam parados foi definida com base no método proposto por OLIVEIRA & MARTINS, 2001, sendo, (a) “caça”: corpo formando uma rodilha apertada, pescoço formando um "S" e a cabeça elevada ou repousada sobre a rodilha, formando um ângulo $\geq 20^\circ$ em relação ao chão; (b) “alerta”: corpo formando uma rodilha apertada, pescoço formando um "S" e a cabeça elevada ou repousada sobre a rodilha, formando um ângulo $< 20^\circ$ em relação ao chão; (c) “termoregulação”: atividade exclusivamente diurna em que o animal apresentava o corpo distendido ou semi-distendido; (d) “repouso”: corpo formando uma rodilha frouxa, pescoço reto e a cabeça no chão ou sobre o pescoço formando um ângulo $< 20^\circ$ em relação ao chão.

Considerando como hipótese nula a de que as cascavéis têm a mesma probabilidade de serem observadas em cada uma das cinco atividades específicas, o número esperado de registros mensais para cada uma dessas atividades foi considerado como sendo um quinto do total de observações feitas em cada mês. Por exemplo, no mês de janeiro houve 21 observações (registros) de atividade específica. O número esperado de observações para cada atividade em janeiro é $21/5$ (4,2 observações).

Presas potenciais

A avaliação da abundância de presas potenciais (pequenos roedores; VANZOLINI *et al.*, 1980; SANT'ANNA, 1999) foi feita por meio de armadilhas de interceptação e queda, distribuídas de forma sistematizada no interior da EEI (detalhes no capítulo 1). A amostragem foi feita entre maio de 2000 e junho de 2003. Todos os roedores capturados foram identificados, tiveram sua massa registrada e em seguida foram soltos próximo às armadilhas (a marcação foi feita apenas nos primeiros 12 meses pois a taxa de recaptura se mostrou desprezível para este estudo).

A comparação da atividade entre machos e fêmeas e entre as estações seca e chuvosa foi feita pelo teste não-paramétrico de Mann-Whitney (teste U). A comparação entre valores obtidos e esperados foi feita por teste qui-quadrado. Foram feitas correlações de Spearman (r_s) entre as atividades, variáveis climáticas e a abundância de roedores. Todas as análises estatísticas foram baseadas em ZAR (1999) e as diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$.

RESULTADOS

Atividade geral

Durante o estudo foram capturadas 38 cascavéis das quais 12 eram fêmeas (seis jovens e seis adultas) e 26 eram machos (cinco jovens e 21 adultos). Foram percorridos 12.000,36 km ao longo de 224 dias de amostragem pela procura com veículo. Um total de 15 cascavéis adultas (onze machos e quatro fêmeas) foram monitoradas por rádio-rastreamento. O tempo médio de monitoramento de cada indivíduo foi de 64,9 dias (9,5 pontos). Foram monitorados por carretéis dois machos adultos e três fêmeas (duas adultas e uma juvenil). O tempo médio de monitoramento foi de 3,4 dias e o número médio de re-localizações foi de 2,6 pontos.

Não houve diferença significativa na atividade geral das cascavéis entre a estação seca (0,09 serpentes/km/dia) e a chuvosa (0,24 serpentes/km/dia; $U = 61$; $P = 0,43$; $N = 25$; Tabela 2.1). Não houve diferença significativa entre a atividade geral de machos (0,19 serpentes/km/dia) e fêmeas (0,15 serpentes/km/dia; $U = 292$; $P = 0,64$; $N = 50$; Tabela 2.1). Também não houve diferença significativa na atividade geral das fêmeas entre a estação chuvosa (0,13 serpentes/km/dia) e seca (0,02 serpentes/km/dia; $U = 50$; $P = 0,09$; $N = 25$; Tabela 2.1; Figura 2.1). Não houve diferença significativa, ainda, na atividade geral dos machos entre a estação chuvosa (0,11 serpentes/km/dia) e seca (0,07 serpentes/km/dia; $U = 74,5$; $P = 0,97$; $N = 25$; Tabela 2.1; Figura 2.1).

A atividade geral foi significativamente maior nos dias com maiores temperaturas máximas ($r_s = 0,78$; $P = 0,02$; $N = 12$), maiores temperaturas mínimas ($r_s = 0,78$; $P = 0,02$; $N = 12$) e mais úmidos ($r_s = 0,78$; $P = 0,02$; $N = 12$; Figura 2.2). Não houve correlação significativa entre atividade e pluviosidade ($r_s = 0,38$; $P = 0,21$; $N = 12$).

O pico na atividade diária das cascavéis foi observado no início da noite, entre 18:00 e 20:59 h, sendo que o número de cascavéis ativas foi significativamente menor do que o esperado entre 6:00 e 11:59 h e maior do que o esperado entre 15:00 e 24:00 h ($\chi^2 = 36,42$; GL = 5; $P < 0,001$; Figura 2.3). Na estação chuvosa, o número de cascavéis em atividade foi

significativamente maior do que o esperado entre 15:00 e 24:00 h ($\chi^2 = 21,1$; GL = 5; $P < 0,001$; Tabela 2.2). Na estação seca, o número de cascavéis em atividade foi significativamente maior do que o esperado entre 12:00 e 20:59 h ($\chi^2 = 13,65$; GL = 5; $P < 0,02$; Tabela 2.2), mostrando que nos meses mais frios a atividade se concentra nas horas mais quentes do dia.

Tabela 2.1 – Atividade geral de cascavéis (*Crotalus durissus*) registrada a partir de capturas realizadas pelo método de procura com veículo entre dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina.

Período	Atividade geral (serpentes/km/dia)		
	Fêmeas	Machos	Fêmeas e machos
Total	0,15	0,19	0,34
Estação seca	0,02	0,07	0,09
Estação chuvosa	0,13	0,11	0,24

Figura 2.1 – Atividade geral (serpentes/km/dia) de cascavéis (*Crotalus durissus*) registrada a partir de capturas realizadas pelo método de procura com veículo no período de dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina. As colunas pretas representam os machos e as brancas representam as fêmeas.

Figura 2.2 – Atividade (serpentes/km/dia) de cascavéis (*Crotalus durissus*) registrada a partir de capturas pelo método de procura com veículo no período de dezembro de 2002 a dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina. As colunas representam a atividade, a linha pontilhada a variação da temperatura mínima e a linha contínua a variação da temperatura máxima do ar.

Figura 2.3 – Número obtido (colunas pretas) e esperado (colunas brancas) de cascavéis (*Crotalus durissus*) em atividade em diferentes intervalos do dia (h). Valores estimados a partir de capturas realizadas pela procura com veículo no período de dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina.

Tabela 2.2 – Porcentagem de cascavéis (*Crotalus durissus*) em atividade em cada intervalo do dia no período de dezembro de 2002 a dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina.

	Intervalo do dia (h)					
	6:00-8:59	9:00-11:59	12:00-14:59	15:00-17:59	18:00-20:59	21:00-24:00
Chuvosa (N = 26)	11,5%	7,7%	7,7%	11,5%	38,5%	23,1%
Seca (N = 8)	0,0%	12,5%	25,0%	25,0%	37,5%	0,0%

Atividade específica

O número de registros de cascavéis em atividade de deslocamento foi significativamente menor do que o esperado (8,4% das amostras; $\chi^2 = 22$; GL = 11; $P < 0,02$; Figura 2.4). A diferença entre o número obtido e o esperado não foi significativa para as demais atividades específicas (alerta: $\chi^2 = 6,4$; GL = 11; $P < 0,85$; caça: $\chi^2 = 16,8$; GL = 11; $P < 0,11$; repouso: $\chi^2 = 10,1$; GL = 11; $P < 0,52$ e termoregulação: $\chi^2 = 14,7$; GL = 11; $P < 0,20$; Figura 2.4). Na estação seca, o número obtido de registros foi maior do que o esperado para a atividade de caça (29% das amostras; $\chi^2 = 11,2$; GL = 5; $P < 0,047$) e menor do que o esperado para a atividade de deslocamento (4% das amostras; $\chi^2 = 16,9$; GL = 5; $P < 0,005$). Não houve variação significativa entre os valores obtidos e esperados para as demais atividades (alerta: $\chi^2 = 2,16$; GL = 5; $P < 0,83$; repouso: $\chi^2 = 4,7$; GL = 5; $P < 0,46$; e termoregulação: $\chi^2 = 4,95$; GL = 5; $P < 0,42$). Na estação chuvosa, nenhuma atividade apresentou variação significativa entre os valores obtidos e esperados (alerta: $\chi^2 = 4,2$; GL = 6; $P < 0,64$; caça: $\chi^2 = 5,6$; GL = 6; $P < 0,47$; deslocamento: $\chi^2 = 5$; GL = 6; $P < 0,53$; repouso: $\chi^2 = 5,5$; GL = 6; $P < 0,49$; e termoregulação: $\chi^2 = 9,76$; GL = 6; $P < 0,13$).

Figura 2.4 – Porcentagem das observações em que cada atividade específica foi registrada em cascavéis (*Crotalus durissus*) encontradas pelos métodos de procura por veículo, encontros ocasionais e monitoramento por rádio-telemetria e carretel no período de dezembro de 2002 a dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina. ale = alerta; caç = caça; des = deslocamento; rep = repouso; ter = termoregulação. (*) = valor obtido significativamente menor do que o esperado.

Durante o dia, a atividade de repouso foi observada com uma frequência maior do que a esperada (46,1% das amostras; $\chi^2 = 30,3$; GL = 10; $P < 0,001$; Tabela 2.3). O número de observações das demais atividades específicas não foi significativamente diferente dos valores esperados (alerta: $\chi^2 = 4,4$; GL = 8; $P < 0,82$; caça: $\chi^2 = 3,35$; GL = 5; $P < 0,65$; deslocamento: $\chi^2 = 1,2$; GL = 2; $P < 0,56$; termoregulação: $\chi^2 = 8,5$; GL = 8; $P < 0,38$; Tabela 2.3). Durante a noite, o número observado de registros foi significativamente maior do que o esperado para a atividade de caça (47,9% das amostras; $\chi^2 = 36,2$; GL = 10; $P < 0,001$; Tabela 2.3). O número de observações das demais atividades não foi significativamente diferente dos valores esperados (alerta: $\chi^2 = 2,41$; GL = 7; $P < 0,93$; deslocamento: $\chi^2 = 2,1$; GL = 6; $P < 0,90$; repouso: $\chi^2 = 1,4$; GL = 4; $P < 0,85$; termoregulação: $\chi^2 = 1,2$; GL = 4; $P < 0,87$; Tabela 2.3).

Tabela 2.3 – Porcentagem das observações em que cada atividade específica foi registrada em cascavéis (*Crotalus durissus*) encontradas pelos métodos de procura por veículo, encontros ocasionais e monitoramento por rádio-telemetria e carretel nos períodos diurno e noturno entre dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina. * = valor obtido significativamente maior do que o esperado.

Atividade	% das amostras	
	Dia	Noite
Alerta (N = 33)	15,4	23,3
Caça (N = 45)	9,6	47,9*
Deslocamento (N = 15)	5,8	12,3
Repouso (N = 54)	46,1*	8,2
Termoregulação (N = 30)	23,1	8,3

Não houve relação significativa entre a atividade geral ($r_s = -0,05$; $P = 0,88$; $N = 12$), tão pouco entre as atividades específicas e a abundância de pequenos roedores capturados nas armadilhas de interceptação e queda (alerta: $r_s = 0,10$; $P = 0,74$; $N = 12$; caça: $r_s = 0,25$; $P = 0,42$; $N = 12$; deslocamento: $r_s = -0,21$; $P = 0,52$; $N = 12$; repouso: $r_s = 0,08$; $P = 0,81$; $N = 12$; termoregulação: $r_s = -0,11$; $P = 0,73$; $N = 12$).

DISCUSSÃO

Atividade geral

De um modo geral, os machos de *Crotalus* tendem a aumentar sua atividade durante a estação seca, a qual coincide com o período reprodutivo (LEMASTER & MASON, 2001; SALOMÃO & ALMEIDA-SANTOS, 2002). Entretanto, além dos aspectos reprodutivos, a atividade é modulada pelo regime térmico do ambiente que interfere diretamente na taxa metabólica e conseqüentemente no padrão de atividade dos animais ectotérmicos (HUEY *et al.*, 1989; BEAUPRE, 1995). Possivelmente as menores temperaturas características da estação seca exerçam restrições sobre o período do dia favorável aos deslocamentos. Desse modo, os deslocamentos realizados para a procura de fêmeas na estação seca, mesmo que mais extensos, podem ter sido pouco freqüentes, dificultando a detecção de alterações na atividade por meio de capturas nos aceiros. O tamanho reduzido da amostra pode ter sido uma das razões para a inexistência de diferenças na atividade entre machos e fêmeas bem como entre as estações. Entretanto, para as fêmeas, a ausência de variação na atividade entre as estações reforça seu caráter sedentário, já observado para fêmeas de outras espécies de viperídeos neotropicais, como *Bothrops jararaca* (SAZIMA, 1988) e *B. atrox* (M. MARTINS, com. pess.). Em parte, essa característica pode estar relacionada a fatores reprodutivos, pois a presença de folículos ou embriões em desenvolvimento no útero pode fazer com que elas aumentem suas necessidades metabólicas (ALMEIDA-SANTOS & SALOMÃO, 1997), assumindo um comportamento mais sedentário (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987; GREGORY *et al.*, 1987; REINERT & ZAPPALORTI, 1988; SAZIMA, 1988). Nenhuma fêmea com embriões foi capturada, reforçando a hipótese de um maior sedentarismo em fêmeas grávidas (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987). Além disso, as fêmeas grávidas devem representar uma porção reduzida da população em função do ciclo reprodutivo bianual das cascavéis (ALMEIDA-SANTOS & SALOMÃO, 1997; ALMEIDA-SANTOS *et al.*, 2004). Além de diferenças entre os sexos, a flutuação sazonal na atividade de cascavéis tem sido atribuída à dispersão de juvenis (SALOMÃO *et al.*, 1995). Porém, nenhum juvenil foi capturado

pela procura com veículo, indicando que os animais menores são menos vágues (MACARTNEY *et al.*, 1988; veja mais detalhes no capítulo 3).

O pico de atividade registrado no início da noite (entre 18:00 e 20:59h) confirma o hábito predominantemente noturno da espécie (KLAUBER, 1972). Entretanto, as cascavéis também apresentaram atividade diurna, a qual foi mais intensa na estação seca. Nessa estação, as cascavéis aparentemente antecipam seu pico de atividade diária, o qual se concentra nas horas mais quentes do dia e da noite.

Atividade específica

Parte da dificuldade na avaliação dos padrões de atividade específica se deve às oscilações no número de animais monitorados, em especial pela baixa taxa de captura associada aos eventuais desprendimentos dos rádios-transmissores ou carretéis. Apesar dessa limitação, os resultados reforçaram alguns padrões previamente sugeridos para a cascavel sul-americana, bem como para outros viperídeos tropicais. De acordo com esses padrões, o repouso é a atividade predominante no período diurno e os movimentos são pouco frequentes, padrões também observados para *Bothrops jararaca*, *B. atrox* e outras espécies do gênero *Crotalus* (DUVALL *et al.*, 1985; SAZIMA, 1988; BECK, 1995; OLIVEIRA & MARTINS, 2001). Os deslocamentos provavelmente aumentam os riscos de predação e de exposição à condições ambientais adversas (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987; GREGORY *et al.*, 1987; BONNET *et al.*, 1999) e portanto seriam evitados durante o dia. Sob esse ponto de vista, torna-se imprescindível a seleção de um local para forrageio e que também possa servir às necessidades termoregulatórias diurnas, o que reduziria a necessidade de deslocar-se. O fato dos deslocamentos terem sido ainda mais raros na estação seca pode se dever ao fato da temperatura do ar atingir valores mais baixos nessa estação. Na verdade, é na estação seca que machos procuram por fêmeas, o que deveria refletir em aumento de sua mobilidade (LEMASTER & MASON, 2001; SALOMÃO & ALMEIDA-SANTOS, 2002), o que não foi observado. É possível,

também, que a frequência de deslocamentos tenha sido sub-estimada quando alguns registros foram descartados por suspeita equivocada de que os animais tenham sido perturbados. De qualquer forma, a detecção desses movimentos depende da possibilidade de monitorar um mesmo indivíduo diariamente (veja discussão no capítulo 3).

Apesar da importância da termoregulação para o controle da atividade metabólica dos ectotérmicos (HUEY *et al.*, 1989), o número de registros dessa atividade não variou entre as estações. É possível que o padrão de cobertura vegetal, bem como o inverno pouco rigoroso, façam com que as temperaturas médias diárias não oscilem muito ao longo do ano, não exigindo grandes mudanças na intensidade da atividade de termoregulação.

A caça se mostrou uma atividade caracteristicamente noturna, período que coincide com o pico da atividade de presas. O aumento da atividade de forrageio na estação seca pode estar associada a uma maior necessidade de ingestão calórica nesse período, tanto para os machos que estão em seu período de combate reprodutivo e procura de parceiras para a cópula (SALOMÃO & ALMEIDA-SANTOS, 2002), quanto para as fêmeas, em função dos custos da vitelogênese (SALOMÃO *et al.* 1995). Os caçadores de espreita são associados a animais com baixa frequência de ingestão de alimento (HUEY & PIANKA, 1981), o que pode justificar a inexistência de uma relação significativa entre a atividade e flutuações na captura de roedores. Apesar de estudos apontarem que no caso dos predadores de espreita as capturas em armadilha de interceptação e queda representem a variação na abundância de presas (WALLACE & DILLER, 1990), elas não permitem medir a percepção real do animal a respeito da oferta de alimento (GREGORY *et al.*, 1987). Além disso, a seleção dos locais para caça não é feita ao acaso, e sim a partir de pistas químicas das presas, potencializando a probabilidade de encontrá-las (BURGHARDT, 1967; BROWN & MACLEAN, 1983; REINERT *et al.*, 1984; CHISZAR *et al.*, 1990; CLARK, 2004).

Apesar do número relativamente pequeno de animais monitorados, os estudos em que no máximo vinte serpentes foram rastreadas são comuns (MADSEN, 1984; WEATHERHEAD &

CHARLAND, 1985; GRAVES, 1989; HAYES & DUVALL, 1991; EGLER *et al.*, 1996; MADSEN & SHINE, 1996). Além disso, os resultados permitiram reforçar algumas hipóteses sobre a atividade diária e sazonal das cascavéis previamente elaboradas em estudos feitos com exemplares de coleções herpetológicas, cativo ou a partir de observações fortuitas na natureza. Os resultados aqui apresentados permitem o estabelecimento de comparações com outros viperídeos tropicais, bem como revelam particularidades na atividade da cascavel sul-americana em relação à outras espécies de *Crotalus* do hemisfério norte. Quanto a estas últimas, são apontadas diferenças significativas na atividade, direcionadas pelo regime anual de temperaturas. A existência de presas ativas durante o ano todo e a possibilidade de manter os níveis de atividade mesmo na estação mais fria e seca em função da capacidade de restringir as atividade às porções mais quentes do dia, seguramente facilitaram a colonização de diversos habitats abertos na América do Sul e atualmente (WÜSTER, *et al.*, 2005) têm facilitado a colonização pelas cascavéis de áreas desflorestadas (veja também BASTOS *et al.*, 2005). Além disso, o porte robusto e a baixa frequência de deslocamentos podem reduzir o risco de predação sobre a cascavel, reforçando ainda mais a capacidade colonizadora dessa espécie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA-SANTOS, S. M., & M. G. SALOMÃO. 1997. Long-term sperm storage in the female neotropical rattlesnake *Crotalus durissus terrificus* (Viperidae, Crotalinae). Japanese Journal of Herpetology 17 (2): 46-52.
- ALMEIDA-SANTOS, S. M., F. P. ABDALLA, P. F. SILVEIRA, N. YAMANOUYE, & M. G. SALOMÃO. 2004. Reproductive cycle of the Neotropical *Crotalus durissus terrificus* (seasonal levels and interplay between steroid hormones and vasotocinase). General and Comparative Endocrinology 139: 143-150.
- BONNET, X., G. NAULLEAU, & R. SHINE. 1999. The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. Biological Conservation 89: 39-50.
- BASTOS, E. G. M., A. F. B. ARAÚJO, & H. R. SILVA. 2005. Records of the rattlesnakes *Crotalus durissus terrificus* (Laurenti) (Serpentes, Viperidae) in the State of Rio de Janeiro, Brazil: a possible case of invasion facilitated by deforestation. Revista Brasileira de Zoologia 22 (3): 812-815.
- BEAUPRE, J. S. 1995. Effect of geographically variable thermal environment on bioenergetics of mottled rock rattlesnake. Ecology 76 (5): 1655-1665.
- BECK, D. 1995. Ecology and the energetics of tree sympatric rattlesnake species in the Sonoran Desert. Journal of Herpetology 29 (2): 211-223.
- BROWN, W. S., & F. M. MACLEAN. 1983. Conspecific scent-trailing by newborn timber rattlesnake, *Crotalus horridus*. Herpetologica 39: 430-436.
- BURGHARDT, G. M. 1967. Chemical-cue responses of inexperienced snakes: comparative aspects. Science 157: 718-721.
- CECHIN, S. Z., & M. MARTINS. 2000. Eficiência de armadilhas de queda (*pitfall traps*) em amostragens de anfíbios e répteis no Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 17 (3): 729-749.

- CHISZAR, D., T. MELCER, R. LEE, C. W. RADICLIFFE, & D. DUVALL. 1990. Chemical cues used by prairie rattlesnakes (*Crotalus viridis*) to follow trails of rodent prey. *Journal of Chemical Ecology* 16 (1): 79-85.
- CLARK, R.W. 2004. Timber rattlesnakes (*Crotalus horridus*) use chemical cues to select ambush sites. *Journal of Chemical Ecology* 30 (3): 607-617.
- DUVALL, D., M. B. KING, & K. J. GUTZWILLER. 1985. Behavioral ecology and ethology of prairie rattlesnake. *National Geographic Research* 1 (1): 80-111.
- EGLER, S. G., M. E. OLIVEIRA, & M. MARTINS. 1996. *Bothrops atrox* (Common Lancehead). Foraging behavior and ophiophagy. *Herpetological Review* 27:22-23.
- FITCH, H. S. 1987. Collecting and life history techniques. *In*: R. A. SEIGEL, J. T., COLLINS, & S. S. NOVAK (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 143-164. McMillan Publishing Company, New York.
- GIBBONS, J. W., & R. D. SEMLITSCH. 1987. Activity patterns. *In*: R. A. SEIGEL, J. T., COLLINS, & S. S. NOVAK (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 396-421. McMillan Publishing Company, New York.
- GRAVES, B. M. 1989. Defensive behaviour of female prairie rattlesnakes (*Crotalus viridis*) changes after parturition. *Copeia* 3: 791-794.
- GREGORY, P.T., J. M. MACARTNEY, & K. W. LARSEN. 1987. Spatial patterns and movements. *In*: R. A. SEIGEL, J. T., COLLINS, & S. S. NOVAK (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 366-395. McMillan Publishing Company, New York.
- GREGORY, P. B., R. SHINE, & T. MADSEN. 2005. Spatial ecology of slatey-grey snakes (*Stegonotus cucullatus*), Colubridae. *Journal of Tropical Ecology* 21: 605–612.
- HAYES, W.K., & D. DURVALL. 1991. A field study of prairie rattlesnake predatory strikes. *Herpetologica* 47 (1): 78-81.

- HUEY, R. B., C. R. PETERSON, S. J. ARNOLD, & W. PORTER. 1989. Hot rocks and not-so-hot rocks: retreat site selection by garter snake and its thermal consequences. *Ecology* 70 (4): 931-934.
- HUEY, R. B., & E. R. PIANKA. 1981. Ecological consequences of foraging mode. *Ecology* 62 (4): 991-999.
- KLAUBER, L. M. 1972. Rattlesnakes: their habits, life histories, and influence on mankind. University of California Press, Berkeley.
- LAUNDRÉ, J. W., R. D. REYNOLDS, S.T. KNICK, & I. J. BALL. 1987. Accuracy of daily point relocations in assessing real movement of radio-marked animals. *Journal of Wildlife Management* 51: 937-940.
- LEMASTER, M. P., & R. T. MASON. 2001. Evidence for a female sex pheromone mediating male trailing behavior in the red-sided garter snake, *Thamnophis sirtalis parietalis*. *Chemoecology* 11 (3): 149-152.
- MACARTNEY, J. M., P. T. GREGORY, & K. W. LARSEN. 1988. A tabular survey of data on movements and home ranges of snakes. *Journal of Herpetology* 22 (1): 61-73.
- MACIEL, A. P., M. DI-BERNARDO, S. M. HARTZ, R.B. OLIVEIRA, & G. M. F. PONTES. 2003. Seasonal and daily activity patterns of *Liophis poecilogyrus* (Serpentes: Colubridae) on the north coast of Rio Grande do Sul, Brazil. *Amphibia-Reptilia* 24 (2): 189-200.
- MADSEN, T. 1984. Movements, home range size and habitat use of radio-tracked grass snakes (*Natrix natrix*) in southern Sweden. *Copeia* 3: 707-713.
- MADSEN, T., & R. SHINE. 1996. Seasonal migration of predators and prey: pythons and rats in tropical Australia. *Ecology* 77: 149-56.
- MARQUES, O. A. V., A. ETEROVIC, & W. ENDO. 2000. Seasonal activity of snakes in the Atlantic forest in southwernern Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 22: 103-111.

MARTINS, M., & M. E. OLIVEIRA. 1998. Natural History of snakes in forests of the Manaus region, central Amazonia. *Herpetological Natural History* 6: 78-150.

OLIVEIRA, M. E., & M. MARTINS. 2001. When and where to find a pitviper: activity patterns and habitat use of a lancehead *Bothrops atrox*, in central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History* 8 (2): 101-110.

REINERT, H. K., D. CUNDALL, & L. M. BUSHAR. 1984. Foraging behavior of the timber rattlesnake, *Crotalus horridus*. *Copeia* (4): 976-981.

REINERT, H. K., & R. T. ZAPPALORTI. 1988. Timber rattlesnakes (*Crotalus horridus*) of the pine barrens: their movement patterns and habitat preference. *Copeia*, 4 (28): 964-978.

SALOMÃO, M. G., & S. M. ALMEIDA-SANTOS. 2002. The reproductive cycle in male neotropical rattlesnake (*Crotalus durissus terrificus*). In: J. A. CAMPBELL & E. D. BRODIE JR (eds), *Biology of the Pit Vipers*, pp. 506-514. Selva Press, Texas.

SALOMÃO, M. G., S. M. ALMEIDA-SANTOS, & G. PUERTO. 1995. Activity pattern of *Crotalus durissus* (Viperidae, Crotalinae) feeding, reproduction and snake bite. *Studies on neotropical fauna and environment* 30 (2): 101-106.

SANT'ANNA, S, S. 1999. Hábito alimentar da cascavel, *Crotalus durissus* no sudeste brasileiro (Serpentes, Viperidae). *Tese de doutorado*, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.

SAZIMA, I. 1988. Um estudo de biologia comportamental da jararaca, *Bothrops jararaca*, com uso de marcas naturais. *Memórias do Instituto Butantan* 50: 83-99.

SAZIMA, I., & A. S. ABE, 1991. Habits of five brazilian snakes with coral-snake pattern, including a summary of defensive tactics. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 26 (3): 159-164.

SEIGEL, R. A. 1992. Ecology of a specialized predator: *Regina grahami* in Missouri. *Journal of Herpetology* 26:32-37.

- SHINE, R. 1987. Intraspecific variation in thermoregulation, movements and habitat use by australian blacksnakes, *Pseudechis porphyriacus* (Elapidae). *Journal of Herpetology* 21 (3): 165-177.
- STRÜSSMANN, C., & I. SAZIMA. 1993. The snake assemblage of the Pantanal and Poconé, western Brazil: faunal composition and ecological summary. *Studies on neotropical fauna and environment* 28 (3): 157-168.
- VANZOLINI, P. E., & M. E. V. CALLEFFO. 2002. On some aspects of reproductive biology of brazilian *Crotalus* (Serpentes: Viperidae). *Biologia Geral e Experimental* 3 (1): 3-35.
- VANZOLINI, P. E., A. M. M. RAMOS-COSTA, & L. J. VITT. 1980. *Répteis das Caatingas*. Academia Brasileira de Ciências, RJ.
- WALLACE, R. L., & L. V. DILLER. 1990. Feeding ecology of the rattlesnake *Crotalus viridis oreganus*, in northern Idaho. *Journal of Herpetology* 24 (3): 246-253.
- WEATHERHEAD, P. J., & M. B. CHARLAND. 1985. Habitat: selection in an Ontario population of the snake, *Elaphe obsoleta*. *Journal of Herpetology* 19 (1): 12-19.
- WHITE, G. C., & R. A. GARROTT. 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, San Diego, California.
- WILSON, D. S. 1994. Tracking small animals with tread bobbins. *Herpetological Review* 25 (1): 13-14.
- WÜSTER, W., J. E. FERGUSON, J. A. QUIJADA-MASCARENÃS, C. E. POOK, M. G. SALOMÃO, & R. S. THORPE. 2005. Tracing an invasion: landbridges, refugia and the phylogeography of the Neotropical rattlesnake (Serpentes: Viperidae: *Crotalus durissus*). *Molecular Ecology*, 14: 1095-1108.
- ZANELLA, N., & S. Z. CECHIN. 2006. Taxocenose de serpentes no Planalto Médio do Rio Grande do Sul. *Brasil Revista Brasileira de Zoologia* 23 (1): 211-217.
- ZAR, J. H. 1999. Bioestatistical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Capítulo 3

Deslocamentos e área de uso da cascavel, *Crotalus durissus* na Estação Ecológica de Itirapina, SP.

ABSTRACT

*Ecological studies of movements are highly dependent on knowledge about the direction, extension, and frequency of animal movements. Since the environment is composed by a mosaic of microhabitats, movements allow individuals to explore portions of the environment that are more adequate to their needs. The purpose of this study was to describe daily and seasonal movements and the habitat use for a population of the South American rattlesnake, *Crotalus durissus*. The population studied inhabit a Cerrado area in the state of São Paulo, southeastern Brazil. Snakes were tracked with radio transmitters and thread-bobbins. Larger animals tended to show longer daily movements, moving farther from the initial site of capture. There were no differences in average daily movements and home-range sizes between sexes. Both sexes moved distances twice longer than that calculated by drawing a strait line between consecutive points. Site fidelity was higher in the dry season for both sexes. During the dry season, home-range was larger when compared to the wet season. Weather conditions during the dry season, such as low temperature and low air humidity, did not seem to cause a reduction in snake activity, but a concentration of movements during the warmest periods of the day.*

RESUMO

Os estudos sobre os movimentos estão intimamente atrelados ao conhecimento da direção, extensão e frequência com que ocorrem os deslocamentos dos animais. Considerando que o ambiente é composto por um mosaico de microambientes, os movimentos permitem que os indivíduos explorem as porções mais adequadas às suas necessidades. O objetivo desse estudo foi descrever os deslocamentos diários e sazonais, bem como a área de uso de uma população de cascavéis, *Crotalus durissus*, numa área de Cerrado do Estado de São Paulo. Indivíduos de cascavéis foram monitorados por rádio-rastreamento e por carretéis de linha. Animais com maior tamanho corpóreo apresentaram tendência a realizar deslocamentos diários mais longos, distanciando-se mais do ponto inicial da captura. Não houve diferenças entre os deslocamentos médios diários e área de uso entre os sexos. A área de uso foi menor na estação chuvosa. Ambos os sexos apresentaram deslocamento real cerca de duas vezes maior do que a medida da distância em linha reta entre pontos consecutivos. Para ambos os sexos a fidelidade ao sítio foi maior na estação seca. Também nessa estação, as cascavéis apresentaram áreas de uso maiores. Aparentemente as condições climáticas da estação seca (temperatura e umidade relativa do ar mais baixas) não levaram a uma redução na atividade, mas sim a uma concentração dos deslocamentos nos períodos mais quentes do dia.

INTRODUÇÃO

Estudos de sobre o uso do habitat estão intimamente atrelados ao conhecimento da direção, extensão e frequência com que acontecem os deslocamentos dos animais. Considerando que o ambiente é composto por um mosaico de microambientes, os movimentos permitem que os indivíduos explorem as porções do ambiente mais adequadas às suas necessidades (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987). Os deslocamentos diários representam uma resposta quase que instantânea à algumas das necessidades básicas do indivíduo, como por exemplo a manutenção diária da temperatura corpórea (HUEY *et al.*, 1989; HUEY, 1991). Muitos estudos têm classificado as serpentes como animais sedentários, pouco propensos a deslocamentos (MACARTNEY *et al.*, 1988). Entretanto, a mobilidade varia de acordo com a espécie e também com o seu modo de forrageamento (FITCH & GLADING, 1947; DUVALL *et al.*, 1985; MACARTNEY *et al.*, 1988; SAZIMA, 1988). De acordo com GIBBONS & SEMLITSCH (1987), os movimentos podem ser caracterizados como migração, dispersão de recém nascidos, fuga de predadores, busca por abrigos para termoregulação diária, obtenção de alimento ou parceiros sexuais. Os padrões de deslocamento podem variar em função do tamanho corpóreo do animal, da disponibilidade de presas ou da ocorrência de mudas de pele (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987; MACARTNEY *et al.*, 1988; REINERT, 1993). Há também padrões de deslocamento característicos para animais de diferentes sexos, faixa etária ou estado reprodutivo (MADSEN, 1984; DUVALL *et al.*, 1985; GIBBONS & SEMLITSCH, 1987; SHINE, 1987; MACARTNEY *et al.*, 1988). Por serem ectotérmicas, as serpentes podem ter seus movimentos influenciados pelo regime térmico do ambiente (HUEY *et al.*, 1989).

Apesar da grande quantidade de informações a respeito da história natural que podem ser obtidas a partir do estudo dos movimentos das serpentes, a observação direta desses animais no campo pode ser frustrante, pois na maior parte do tempo eles estão inativos (FITCH, 1987). Além disso, a natureza discreta desses répteis, com tendência a permanecer longos períodos abrigados, faz necessária uma combinação de métodos de captura diferentes, tais como

armadilhas, procura visual e amostragem em estradas (FITCH, 1987; MARTINS & OLIVEIRA, 1998). Com o desenvolvimento de rádios-transmissores menores e mais leves, os estudos sobre os deslocamentos de serpentes ganharam um reforço, pois foi potencializada a taxa de reencontro de animais marcados (WEATHERHEAD & ANDERKA, 1984; WHITE & GARROTT, 1990; BOARMAN *et al.*, 1998).

A grande maioria dos estudos sobre o deslocamento de serpentes foi desenvolvida em regiões temperadas (GIBBONS & SEMLITSCH, 1987; GREGORY *et al.*, 1987; GREGORY *et al.*, 2005). Embora existam alguns estudos a respeito da biologia da cascavel sul-americana (SALOMÃO *et al.*, 1995; ALMEIDA-SANTOS & SALOMÃO, 1997; VANZOLINI & CALLEFFO, 2002), são extremamente raros os exemplos em que foram estudados animais na natureza (BASTOS *et al.*, 2005).

O objetivo desse estudo foi descrever os deslocamentos diários e sazonais, bem como a área de uso, de uma população de cascavéis, *Crotalus durissus* monitoradas numa área de Cerrado do Estado de São Paulo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido entre dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina (EEI), um fragmento de Cerrado do Estado São Paulo, localizado entre os municípios de Itirapina e Brotas (de 22°00' a 22°15' S; de 47°45' a 48°00' O; altitude de 720-750 m; veja descrição detalhada no capítulo 1).

Captura de serpentes

As capturas de serpentes foram feitas na EEI por meio de procura com automóvel e encontros ocasionais. A procura com automóvel foi feita nas estradas de terra e aceiros no interior da EEI, os quais eram percorridos duas vezes ao dia, entre 7:00 e 13:00 h e novamente entre 17:00 e 24:00 h com velocidade do veículo não excedendo os 35 km/h. Foram

consideradas como encontros ocasionais todas as capturas de cascavéis vivas ocorridas na área de estudo e que não tenham sido feitas por meio da procura com veículo (e.g capturas por terceiros, encontros fortuitos).

Os indivíduos capturados e com massa superior a 250 g foram equipados com carretéis (“*thread bobbins*”, WILSON, 1994; TOZETTI & TOLEDO, 2005) ou rádios-transmissores (modelo SI-2 com antena externa; 9 g, 33 mm x 11 mm; Holohil Systems Ltd., Ontário, Canadá) ambos fixados externamente. Os detalhes sobre os métodos de captura, procedimentos com os indivíduos capturados (e.g. marcação, tomada de medidas ambientais, morfométricas, coordenadas geográficas, fixação de carretéis e rádios) estão descritos no capítulo 1.

Rastreamento dos animais e análise dos dados

As re-localizações dos animais equipados com carretéis ou rádios-transmissores foram feitas em amostragens com duração de cinco dias consecutivos. Cada amostragem foi repetida a intervalos de 20 dias entre dezembro de 2002 e dezembro de 2004. A cada re-localização de um mesmo indivíduo havia um intervalo de no mínimo 12 horas para minimizar os efeitos da dependência temporal (auto-correlação) entre os pontos (WHITE & GARROTT, 1990). As re-localizações permitiram o contato visual com os indivíduos, exceto para os animais abrigados em buracos.

Ao encontrar um animal, o local era marcado no ambiente com fitas coloridas presas na vegetação e eram tomadas suas coordenadas com auxílio de um aparelho GPS (Garmin, modelo 12 XL). As coordenadas de cada localização foram chamadas de “ponto”. O registro de deslocamentos inferiores a 100 m foi feito com ajuda de trena e bússola e os mais longos por meio de GPS. Todos valores foram convertidos em UTM. A soma das distâncias em linha reta entre os pontos adjacentes foi chamada de deslocamento total (DT, em metros). A razão entre o deslocamento total e a duração do monitoramento (número de dias) foi chamada de deslocamento médio diário (DMD, em m/dia). O valor da distância em linha reta entre a

primeira e a última re-localização, dividido pelo total de dias monitorados, foi chamado de distância do ponto inicial (DPI, em metros). O valor de DPI reflete a tendência de cada indivíduo de retornar ao local onde foi capturado. Para obter uma estimativa da tendência do animal em mover-se para locais distantes ou nas proximidades do ponto de captura foi calculada a razão entre o deslocamento total (DT) e a distância do ponto inicial (DPI) para cada indivíduo. O resultado dessa razão foi chamado de “fidelidade”. Quanto maior o valor da relação, maior é a tendência do animal em permanecer próximo ao local da captura, ou seja, maior é sua “fidelidade” ao local de captura. Assim, animais que se mantiveram próximos do ponto da captura inicial (e.g. movimentos em zig-zag ou em círculos ao redor de um ponto central), apresentam maiores valores de fidelidade. Animais com movimentos predominantemente lineares e que se afastaram do ponto inicial apresentam valores baixos de fidelidade.

Para os animais que foram monitorados por mais do que cinco dias, foi calculada a área de uso. O método para a estimativa da área de uso foi o do “Polígono Convexo Mínimo” (MOHR, 1947; HAYNE, 1949), feita pelo o programa ArcView (versão 3.2; Environmental Systems Research Institute, Inc.), e sua extensão “Animal Movement” (HOOGE & EICHENLAUB, 1997). Esse método foi escolhido por suas estimativas, obtidas com a utilização de 100% dos pontos, não variarem entre diferentes programas (e.g. TRACKER, HOME RANGE, CALHOME; LAWSON & RODGERS, 1997), além de ser mais indicado para estudos de curta duração por amenizar o efeito da auto-correlação entre os pontos (SWIHART & SLADE, 1985). Optei por usar a expressão “área de uso” e não “área de vida”, a qual corresponderia à *home-range* (veja WHITE & GARROTT, 1990), em função da brevidade do tempo de monitoramentos das cascavéis (CULLEN-JÚNIOR, 2004). Para uma definição alternativa de área de uso, veja REINERT (1993).

Para testar a fidelidade relativa à área de uso (“site fidelity test”) de cada indivíduo monitorado, foi comparada a média observada do quadrado das distâncias (MQD) dos pontos

de cada re-localização ao centro de atividade (MQD observado; medida análoga ao r^2 de Schoener; HOOGE & EICHENLAUB, 1997), em relação ao MQD de 1.000 trajetos aleatórios gerados a partir da mesma sequência de distâncias dos deslocamentos. Se o MQD observado era maior que 95% dos MQD aleatorizados, o padrão do deslocamento era considerado como “dispersor”. Se o MQD observado era menor que 5% dos MQD aleatorizados, o padrão era considerado “residente”. Se os valores de MQD estavam entre 5% e 95% dos MQD aleatorizados o padrão era considerado “aleatório”. Os polígonos com os tamanhos das áreas de uso das cascavéis monitoradas foram feitos no programa ArcView (versão 3.2; Environmental Systems Research Institute, Inc.), utilizando a extensão “Animal Movement” (HOOGE & EICHENLAUB, 1997).

Para os animais monitorados por carretel, a cada re-localização era medida a distância em linha reta entre o ponto “atual” e o anterior. Essa medida representa o deslocamento em linha reta entre re-localizações consecutivas (DLR). O comprimento da linha abandonada pelo carretel entre dois pontos consecutivos foi chamada de distância efetivamente percorrida (DEP).

Quando o rádio ou carretel se desprendiam do animal, apenas a última localização em que houve contato visual era considerada. Em ambos os métodos, as relocalizações foram feitas com aproximação cuidadosa do animal para minimizar a influência sobre seu comportamento (NILSON *et al.*, 1999). Para cada ponto eram registrados dados referentes à umidade relativa e temperatura do ar e umidade relativa e temperatura do solo (o mais próximo possível do animal). Os deslocamentos (DT, DMD, DPI e fidelidade, obtidos por rádio-rastreamento bem como DLR e DEP obtidos por meio dos carretéis) de machos, fêmeas e suas variações entre as estações seca e chuvosa foram comparadas por meio do teste não paramétrico de Mann-Whitney (teste U). Foram feitas correlações de Spearman (r_s) para verificar a relação entre tamanho corpóreo, variáveis climáticas e deslocamentos. Todas as análises estatísticas foram baseadas em ZAR (1999) e as diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$.

RESULTADOS

Um total de 15 cascavéis adultos (onze machos e quatro fêmeas) foi monitorado por rádio-rastreamento entre outubro de 2003 e outubro de 2004. O tempo médio de monitoramento foi de 51,4 dias para machos e 94,8 dias para fêmeas (Tabela 3.1). O deslocamento médio diário (DMD) foi de 19,4 m/dia para os machos e de 12,5 m/dia para as fêmeas; considerando-se os dois sexos conjuntamente, o DMD foi de 17,2 m/dia (Tabela 3.1). Não houve diferença significativa entre os deslocamentos médios diários de machos e fêmeas (Tabela 3.1 ; $U = 20$; $P = 0,39$; $N = 15$). Houve uma correlação positiva e significativa entre tamanho corpóreo e DMD ($r_s = 0,63$; $P = 0,008$; $N = 15$); por outro lado, não houve correlação entre o tamanho corpóreo e a distância do ponto inicial (DPI; $r_s = 0,59$; $P = 0,59$; $N = 15$). Os valores de DMD não apresentaram variações significativas entre as estações seca (17,5 m) e chuvosa (17,1 m; Tabela 3.2; $U = 19$; $P = 0,18$; $N = 15$; Figura 3.1). Em média, os machos deslocaram-se 18,2 m/dia na estação seca e 20,1 m/dia na estação chuvosa, sem que houvesse diferença significativa ($U = 11$; $P = 0,57$; $N = 11$), enquanto que as fêmeas deslocaram-se 16,6 m/dia na estação seca e 6,3 m/dia na estação chuvosa, novamente sem diferença significativa ($U = 0$; $P = 0,08$; $N = 4$; Figura 3.1; Tabela 3.2). Também não houve diferença significativa entre os valores de DPI de machos (13,2 m/dia) e de fêmeas (3,8 m/dia; Tabela 3.2; $U = 24$; $P = 0,43$; $N = 15$). Os valores de DPI também não foram significativamente diferentes entre as estações seca (5,9 m/dia) e chuvosa (13,6 m/dia; Tabela 3.2; $U = 24$; $P = 0,43$; $N = 15$). Em média, os machos se afastaram 15,9 m/dia do ponto inicial na estação chuvosa e 8,5 m/dia na estação seca, sem que tenha havido diferença significativa ($U = 9$; $P = 0,34$; $N = 11$), enquanto que as fêmeas afastaram-se 5,6 m/dia na estação chuvosa e 2,5 m/dia na estação seca, novamente sem que tenha havido diferença significativa ($U = 2$; $P = 0,56$; $N = 4$; Tabela 3.2).

Tabela 3.1 – Resultados obtidos a partir do monitoramento de cascavéis (*Crotalus durissus*) adultas feito por rádio-rastreamento no período de outubro de 2003 a outubro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina. DT = deslocamento total; DMD = deslocamento médio diário (distância total percorrida / total de dias monitorados); DPI = distância do ponto inicial (distância do último ponto em relação ao ponto inicial / total de dias monitorados); fidelidade = distância total percorrida / distância do ponto inicial.

	DT (m)	Dias	DMD (m/dia)	Pontos	DPI (m/dia)	Fidelidade
Média geral	895,9	64,9	17,2	9,5	10,2	3,9
Machos (N = 11)	770,1	51,4	19,4	7,6	13,2	2,9
Fêmeas (N = 4)	1172,8	94,8	12,5	13,6	3,8	6,1

Tabela 3.2 - Deslocamento médio diário (DMD), distância do ponto inicial (DPI) e fidelidade obtidos a partir do monitoramento por rádio-rastreamento de machos e fêmeas adultos de cascavéis (*Crotalus durissus*) no período de outubro de 2003 a outubro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina.

	DMD (m/dia)	DPI (m/dia)	Fidelidade
Média machos	19,4 (±14,3)	13,2 (± 14,7)	2,9 (± 3,0)
Média fêmeas	12,5 (±9,6)	3,8 (± 3,7)	6,1 (± 5,7)
Média seca geral	17,5 (± 9,4)	5,9 (± 6,0)	6,3 (± 5,3)
Média chuvosa geral	17,0 (± 16,0)	13,6 (± 16,1)	2,0 (± 1,5)
Média seca macho	18,2 (± 10,3)	8,5 (± 7,0)	4,1 (± 4,6)
Média seca fêmea	16,6 (± 10,3)	2,5 (± 1,8)	9,1 (± 5,5)
Média chuvosa macho	20,1 (± 16,9)	15,9 (± 17,7)	2,2 (± 1,7)
Média chuvosa fêmea	6,3 (± 5,5)	5,6 (± 6,2)	1,5 (± 0,6)

O valor médio para a fidelidade foi de 6,1 para as fêmeas e 2,9 para os machos, sem que tenha havido diferença significativa (Tabela 3.2; U = 19; P = 0,33; N = 15). Considerando ambos os sexos, a fidelidade foi significativamente maior na estação seca (6,3) do que na chuvosa (2,0; U = 11; P = 0,03; N = 15; Tabela 3.2). O valor médio de fidelidade para os machos foi de 4,1 na estação seca e 2,2 na chuvosa, sem que tenha havido diferença significativa (U = 8; P = 0,25; N = 11), enquanto que para as fêmeas os valores foram de 9,1 na seca e 1,5 na chuvosa, novamente sem diferença significativa (U = 0; P = 0,08; N = 4; Tabela 3.2; Figura 3.2). Houve correlações negativas e significativas entre DMD e a temperatura do ar ($r_s = -0,66$; P = 0,009; N = 14), temperatura do substrato ($r_s = -0,66$; P = 0,009; N = 14) e umidade relativa do ar ($r_s = -$

0,19; $P = 0,05$; $N = 14$), porém, não significativa para a temperatura da superfície corpórea da serpente ($r_s = -0,50$; $P = 0,13$; $N = 10$).

A área de uso foi calculada para quatro fêmeas e dez machos e seus valores variaram de 0,01 ha a 42,3 ha (Tabela 3.3). A área de uso média das fêmeas foi de 14,9 ha e dos machos, 6,3 ha, sem que houvesse diferença significativa ($U = 12$; $P = 0,19$; $N = 14$). A área de uso das cascavéis foi significativamente maior na estação seca (16,50 ha) do que na chuvosa (1,0 ha; Tabela 3.3; $U = 4$; $P = 0,008$; $N = 14$). Duas fêmeas revelaram padrão de deslocamento do tipo aleatório, uma, o padrão do tipo residente, e uma quarta, o padrão do tipo dispersor (Tabela 3.3). Entre os machos, quatro apresentaram o padrão do tipo dispersor, quatro, o padrão do tipo aleatório, e dois, o padrão do tipo residente (Tabela 3.3). Não houve correlação entre o tamanho corpóreo e a área de uso ($r_s = 0,28$; $P = 0,31$; $N = 14$). Houve correlação positiva e significativa entre área de uso e o número de pontos ($r_s = 0,76$; $P < 0,001$; $N = 14$). A correlação entre área de uso e o DMD não foi significativa ($r_s = 0,32$; $P = 0,25$; $N = 14$).

Figura 3.1 - Deslocamento médio diário (DMD em m/dia) de machos e fêmeas de cascavéis (*Crotalus durissus*) adultas monitoradas por rádio-rastreamento durante as estações chuvosa e seca na Estação Ecológica de Itirapina no período de outubro de 2003 a outubro de 2004. As colunas pretas representam os machos, as colunas brancas representam as fêmeas. As barras verticais representam os desvios-padrão.

Figura 3.2 - Fidelidade (obtida pela razão entre o deslocamento total e a distância do ponto inicial, veja detalhes em métodos) para machos e fêmeas de cascavéis (*Crotalus durissus*) monitorados por rádio-rastreamento na estação Ecológica de Itirapina durante a estação seca e chuvosa no período de outubro de 2003 a outubro de 2004. As colunas pretas representam os machos, as colunas brancas representam as fêmeas. As barras representam os desvios-padrão.

Foram monitorados por carretéis dois machos adultos e três fêmeas (duas adultas e uma juvenil) de cascavel. O tempo médio de monitoramento dos animais foi de 3,4 dias e o número médio de re-localizações foi de 2,6 pontos (Tabela 3.4). Todos os machos foram capturados e monitorados durante a estação seca e as fêmeas durante a estação chuvosa. Não houve diferença significativa entre a distância em linha reta (DLR) de machos (10,2 m) e fêmeas (13,8 m; $U =$

17; $P = 0,57$; $N = 13$; Tabela 3.4). As fêmeas apresentaram valor médio de distância efetivamente percorrida (DEP) de 23,4 m e os machos de 14,9 m, sem que houvesse diferença significativa entre esses resultados ($U = 18$; $P = 0,67$; $N = 13$).

Tabela 3.3 - Estimativas das áreas de uso e análise dos padrões de deslocamento de cascavéis monitoradas por rádio-rastreamento na Estação Ecológica de Itirapina. As áreas de uso foram calculadas pelo método do Polígono Convexo Mínimo com a inclusão de 100% dos pontos. O resultado do teste de fidelidade à área utilizada (“fidelity test”) classifica o padrão de deslocamento em “dispersor” (D), “residente” (R), ou “aleatório” (A). Os números dos indivíduos correspondem aos números de seus “transponders”.

Indivíduo	Sexo	Tamanho (mm)	Área (ha)	“Fidelity test” (%)	dias	estação
61BED1A	F	771	0,08	D (100,0)	36	c
61C0023	F	735	3,72	R (98,0)	183	s
61BE8EA	F	970	42,27	A (6,19)	195	s
61C0BEO	F	1085	13,40	A (92,2)	59	s
61C0686	M	637	0,01	R (99,9)	21	c
61C360B	M	708	3,63	D (100,0)	57	c
61C007D	M	775	0,30	A (21,1)	37	c
61BCD61	M	785	2,91	D (98,8)	45	c
610D9DC	M	1010	0,11	D (100,0)	14	c
618A8A9	M	1035	0,15	R (99,9)	5	c
61C0025	M	1055	2,56	D (100,0)	39	s
610B167	M	1190	38,59	A (61,2)	191	s
1C94997	M	1196	12,25	A (80,5)	44	s
61COB5F	M	1256	2,67	A (15,4)	111	s

Tabela 3.4 - Valores médios diários de deslocamento em linha reta entre re-localizações consecutivas (DLR, em m/dia), distância efetivamente percorrida (DEP, em m/dia) e relação entre DLR e DEP calculados a partir do monitoramento de machos e fêmeas de *Crotalus durissus* pelo método de carretel. Os valores de DLR e DEP estão acompanhados dos desvios-padrão (entre parênteses).

	Dias / Pontos	DLR	DEP	DEP/DLR
Média geral	3,4 / 2,6	12,4 ($\pm 6,8$)	20,0 ($\pm 9,7$)	1,76
Média machos	5,5 / 3,5	10,2 ($\pm 6,6$)	14,9 ($\pm 11,0$)	1,5
Média fêmeas	2,0 / 2,0	13,8 ($\pm 7,9$)	23,4 ($\pm 9,7$)	1,93
Média seca	6,0 / 6,0	11,8 ($\pm 10,0$)	17,5 ($\pm 17,4$)	1,5
Média chuvosa	9,0 / 6,0	13,9 ($\pm 13,0$)	22,5 ($\pm 17,6$)	1,6

Para todos os indivíduos, os valores médios de DEP foram superiores aos de DLR (Tabela 3.4), sendo os DEP, em média, 1,9 vezes superiores aos de DLR para fêmeas e 1,5 vez superiores aos de DLR para machos. Esse resultado indica que os deslocamentos sinuosos (tipo “zig-zag”) foram mais comuns nas fêmeas. Não houve correlação significativa entre o tamanho corpóreo, DLR e DEP (em ambos os casos, $r_s = -0,1$; $P = 0,87$; $N = 5$). Não houve variações significativas entre os valores de DLR obtidos na estação seca (11,8) e chuvosa (13,9; $U = 2,0$; $P = 0,56$; $N = 5$). Também não houve variações significativas entre os valores obtidos DEP na estação seca (17,5) e chuvosa (22,5; $U = 2,0$; $P = 0,56$; $N = 5$).

DISCUSSÃO

O nível de sedentarismo de uma serpente depende de fatores que vão além da frequência com que ela se move ou do tamanho de sua área de uso. Um animal que ao longo de um ano ocupou uma área de uso pequena não é necessariamente mais sedentário do que outro que no mesmo intervalo de tempo ocupou uma área de uso maior. Os movimentos podem ser freqüentes e longos, mas se forem sinuosos geram um pequeno afastamento do ponto inicial de observação. A distância efetivamente percorrida entre dois pontos pelas cascavéis estudadas foi mais de duas vezes maior do que a distância em linha reta entre esses pontos, em função de seus deslocamentos sinuosos, comuns em serpentes (LAUNDRE *et al.*, 1987).

Dentre as cascavéis rastreadas, freqüentemente um animal passava dias deslocando-se minimamente (menos que 50 cm por dia) e em seguida realizava um deslocamento centenas de vezes maior, para em seguida voltar aos deslocamentos curtos ou nulos. Uma fêmea sub-adulta de jararaca da Amazônia (*Bothrops atrox*), rastreada com rádios-transmissores ao longo de 16 meses, apresentou um padrão de deslocamentos semelhante (veja EGLER *et al.*, 1996). No presente estudo, não foi detectada nenhuma associação entre as oscilações repentinas no padrão de deslocamentos e possíveis perturbações geradas pela aproximação da equipe em relação aos animais (veja NILSON, 1999). É possível que os deslocamentos longos, para ambos os sexos, representem mudanças radicais no local de forrageamento, enquanto que os mais curtos representem “ajustes finos” de seu posicionamento. É possível, ainda, que as cascavéis diminuam a frequência de seus deslocamentos durante o período no qual o local selecionado seja favorável à obtenção de recursos (e.g. alimento, abrigo, termoregulação). PIANKA (1966) mostrou que o modo de forrageamento varia em função de mudanças na disponibilidade de alimento. Desse modo, a taxa de deslocamentos pode estar associada à taxa de encontro de presas (GREGORY *et al.*, 2005). A oscilação repentina nas distâncias percorridas pode ter dificultado a detecção de padrões nos deslocamentos de machos e fêmeas. Entretanto, os padrões de deslocamento predominantes nas fêmeas foram o aleatório e o residente, sendo que

este último pode representar um padrão para serpentes fêmeas de regiões tropicais (SAZIMA, 1988). Resultados semelhantes foram obtidos para a jararaca, *B. atrox*, na Amazônia central (EGLER *et al.*, 1996; M. MARTINS, dados não publicados). O padrão dispensor observado nos machos pode estar associado à procura de fêmeas durante a estação reprodutiva (LEMASTER & MASON, 2001).

Os resultados não mostraram uma relação direta entre tamanho do deslocamento diário e tamanho da área de uso. A maioria dos estudos com viperídeos tem revelado áreas de vida maiores para machos, especialmente para o gênero *Crotalus* (FITCH, 1949; REINERT & ZAPPALORTI, 1988). É possível que a área de uso para alguns indivíduos de *C. durissus* tenha sido sub-estimada em função do reduzido número de pontos (SWIHART & SLADE, 1985). De qualquer forma, o número de pontos não tem se mostrado um bom indicador da qualidade dos dados (MACARTNEY *et al.*, 1988). Além disso, o polígono representativo da área de uso pode não traduzir fielmente as necessidades espaciais dos indivíduos, uma vez que no seu interior existem sub-áreas que não são utilizadas (JOHNSON, 1980).

Na estação seca, as cascavéis apresentaram maior fidelidade aos locais de captura, o que parece representar um padrão para os viperídeos tropicais (SAZIMA, 1988). A estação seca coincide com o período em que os machos estão procurando por fêmeas para a reprodução (abril a junho; SALOMÃO & ALMEIDA-SANTOS, 2002), justificando as maiores áreas de vida registradas nessa estação. Por outro lado, o frio pode fazer com que seus movimentos, mesmo que longos, sejam pouco frequentes, dificultando sua detecção. Para os indivíduos de *C. durissus* monitorados, a variação climática ao longo do ano influenciou predominantemente o período de atividade diária e menos intensamente as médias de deslocamentos. O inverno não tão rigoroso na maioria das regiões neotropicais não impede a atividade de animais ectotérmicos, possibilitando a seleção de microambientes mais adequados (HUEY, 1991) ou do período do dia mais favorável à atividade (BECK, 1995). A maior fidelidade ao local de captura quando as temperaturas médias e a umidade relativa do ar eram menores reforça a idéia de que

na estação seca os deslocamentos, especialmente os das fêmeas, eram “necessários” não como uma forma de percorrer novas áreas, mas sim como uma busca por um recurso (ou conjunto de recursos) pontual e próximo. Essa hipótese é reforçada pelo fato dos deslocamentos sinuosos terem sido mais freqüentes na estação mais fria e seca. Esse fato contraria a expectativa de que nesse período os ectotérmicos apresentem longos períodos de imobilidade.

Todos os animais que fizeram muda de pele durante o monitoramento permaneceram menos ativos ou parados nos mesmos pontos alguns dias antes da muda. Frequentemente a muda era realizada em tocas de roedores ou no interior de cupinzeiros. Desse modo, a muda influencia a taxa de deslocamentos e conseqüentemente interfere na área de vida dos indivíduos. É importante ressaltar que mesmo quando um animal é localizado consecutivamente no mesmo ponto, há a possibilidade de que ele tenha se deslocado e retornado ao mesmo local, o que seria detectado apenas com uso do carretel. O monitoramento de fêmeas por carretel foi feito exclusivamente na estação chuvosa e o de machos exclusivamente na estação seca o que pode ter influenciado parte dos resultados obtidos por esse método.

Esse foi o primeiro estudo relativamente detalhado sobre o padrão de deslocamento da cascavel sulamericana em condições naturais. Os resultados aqui apresentados apontam semelhanças entre o padrão de deslocamentos das cascavéis e o de outros viperídeos neotropicais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA-SANTOS, S. M., & M. G. SALOMÃO. 1997. Long-term sperm storage in the female neotropical rattlesnake *Crotalus durissus terrificus* (Viperidae, Crotalinae). Japanese Journal of Herpetology 17 (2): 46-52.
- BASTOS, E. G. M., A. F. B. ARAÚJO, & H. R. SILVA. 2005. Records of the rattlesnakes *Crotalus durissus terrificus* (Laurenti) (Serpentes, Viperidae) in the State of Rio de Janeiro, Brazil: a possible case of invasion facilitated by deforestation. Revista Brasileira de Zoologia 22 (3): 812-815.
- BECK, D. 1995. Ecology and the energetics of tree sympatric rattlesnake species in the Sonoran Desert. Journal of Herpetology 29 (2): 211-223.
- BOARMAN, W. I., T. GOODLETT, G. GOODLETT, & P. HAMILTON. 1998. Review of radio transmitter attachment techniques for turtle research and recommendations for improvement. Herpetological Review 29 (1): 26-33.
- CULLEN JÚNIOR, L., R. RUDRAN, & C. VALADARES-PÁDUA (eds.). 2004. Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Editora da Universidade Federal do Paraná e Fundação o Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba, 667 pp.
- DUVALL, D., M. B. KING, & K. J. GUTZWILLER. 1985. Behavioral ecology and ethology of prairie rattlesnake. National Geographic Research 1 (1): 80-111.
- EGLER, S. G., M. E. OLIVEIRA, & M. MARTINS. 1996. *Bothrops atrox* (Common Lancehead). Foraging behavior and ophiophagy. Herpetological Review 27:22-23.
- FITCH, H. S. 1949. Study of snake populations in central California. American Midland Naturalist 41: 513-579.
- FITCH, H. S. 1987. Collecting and life history techniques, *In*: R. A. SEIGEL, J. T., & COLLINS, S. S. NOVAK (eds.), Snakes: Ecology and Evolutionary Biology, pp. 143-164. McMillan Publishing Company, New York.
- FITCH, H. S., & B. GLADING. 1947. A field study of a rattlesnake population. California Fish and Game 33 (2): 103-123.

- GIBBONS, J. W., & R. D. SEMLITSCH. 1987. Activity patterns, *In*: R. A. SEIGEL, J. T., & COLLINS, S. S. NOVAK (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 396-421. McMillan Publishing Company, New York.
- GREGORY, P.T., J. M. MACARTNEY, & K. W. LARSEN. 1987. Spatial patterns and movements, *In*: R. A. SEIGEL, J. T., & COLLINS, S. S. NOVAK (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 366-395. McMillan Publishing Company, New York.
- GREGORY, P. B., R. SHINE, & T. MADSEN. 2005. Spatial ecology of slatey-grey snakes (*Stegonotus cucullatus*), Colubridae. *Journal of Tropical Ecology* 21: 605–612.
- HAYNE, D. W. 1949. Calculation of size of home range. *Journal of Mammalogy* 30: 1-18.
- HOOGE, P. N., & B. EICHENLAUB. 1997. Animal movement extension to Arcview. Alaska Science Center - Biological Science Office, U.S. Geological Survey, Anchorage, AK, USA.
- HUEY, R. B. 1991. Physiological consequences of habitat selection. *American Naturalist* 137: 91-115.
- HUEY, R. B., C. R. PETERSON, S. J. ARNOLD, & W. PORTER. 1989. Hot rocks and not-so-hot rocks: retreat site selection by garter snake and its thermal consequences. *Ecology* 70 (4): 931-934.
- JOHNSON, D.H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology* 61 (1): 65-71.
- LAUNDRE, J. W., R. D. REYNOLDS, S.T. KNICK, & I. J. BALL. 1987. Accuracy of daily point relocations in assessing real movement of radio-marked animals. *Journal of Wildlife Management* 51: 937-940.
- LAWSON, E. J. G., & A. R. RODGERS. 1997. Differences in home-range size computed in commonly used software programs. *Wildlife Society Bulletin* 25: 721-729.
- LEMASTER, M. P., & R. T. MASON. 2001. Evidence for a female sex pheromone mediating male trailing behavior in the red-sided garter snake, *Thamnophis sirtalis parietalis*. *Chemoecology* 11 (3): 149-152.

- MACARTNEY, J. M., P. T. GREGORY, & K. W. LARSEN. 1988. A tabular survey of data on movements and home ranges of snakes. *Journal of Herpetology* 22 (1): 61-73.
- MADSEN, T. 1984. Movements, home range size and habitat use of radio-tracked grass snakes (*Natrix natrix*) in southern Sweden. *Copeia* 3: 707-713.
- MARTINS, M., & M. E. OLIVEIRA. 1998. Natural History of snakes in forests of the Manaus region, central Amazonia. *Herpetological Natural History* 6: 78-150.
- MOHR, C. O. 1947. Table of equivalent populations of North American small mammals. *The American Midland Naturalist* 37: 223-247.
- NILSON, G., C. ANDRÉN, Y. IOANNIDIS, & M. DIMAKI. 1999. Ecology and conservation of the Milos viper, *Macrovipera schweizeri*. *Amphibia-Reptilia* 20: 355-375.
- PIANKA, E. R. 1966. Convexity, desert lizards, and spatial heterogeneity. *Ecology* 47: 1055-1059.
- REINERT, H. K. 1993. Habitat selection in snakes, *In*: R. A. SEIGEL, J. T., & COLLINS, S. S. NOVAK (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 201-240. McMillan Publishing Company, New York.
- REINERT, H. K., & R. T. ZAPPALORTI. 1988. Timber rattlesnakes (*Crotalus horridus*) of the pine barrens: their movement patterns and habitat preference. *Copeia*, 4 (28): 964-978.
- SALOMÃO, M. G., & S. M. ALMEIDA-SANTOS. 2002. The reproductive cycle in male neotropical rattlesnake (*Crotalus durissus terrificus*), *In*: J. A. CAMPBELL & E. D. BRODIE JR (eds), *Biology of the Pit Vipers*, pp. 506-514. Selva Press, Texas.
- SALOMÃO, M. G., S. M. ALMEIDA-SANTOS, & G. PUERTO. 1995. Activity pattern of *Crotalus durissus* (Viperidae, Crotalinae) feeding, reproduction and snake bite. *Studies on neotropical fauna and environment* 30 (2): 101-106.
- SAZIMA, I. 1988. Um estudo de biologia comportamental da jararaca, *Bothrops jararaca*, com uso de marcas naturais. *Memórias do Instituto Butantan* 50: 83-99.

- SHINE, R. 1987. Intraspecific variation in thermoregulation, movements and habitat use by australian blacksnakes, *Pseudechis porphyriacus* (Elapidae). *Journal of Herpetology* 21 (3): 165-177.
- SWIHART, R. K., & N. A. SLADE. 1985. Testing for independence of observations in animal movements. *Ecology* 66: 1176-1184.
- TOZETTI, A. M., & L. F. TOLEDO. 2005. Short-term movements of *Leptodactylus labyrinthicus*. *Journal of Herpetology* 39 (4): 120-124.
- VANZOLINI, P. E., & M. E. V. CALLEFFO. 2002. On some aspects of reproductive biology of brazilian *Crotalus* (Serpentes: Viperidae). *Biologia Geral e Experiental* 3 (1): 3-35.
- WEATHERHEAD, P. J., & F. W. ANDERKA. 1984. An improved radio transmitter and implantation technique for snakes. *Journal of Herpetology* 18 (3): 264-269.
- WHITE, G. C., & R. A. GARROTT. 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, San Diego, California.
- WILSON, D. S. 1994. Tracking small animals with tread bobbins. *Herpetological Review* 25 (1): 13-14.
- ZAR, J. H. 1999. Bioestatistical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Capítulo 4

Seleção e uso do ambiente em cascavéis (*Crotalus durissus*) na Estação Ecológica de Itirapina, SP.

ABSTRACT

*Habitat use and habitat selection affects individual food intake, reproductive fitness and, for ectotherms, body temperature control. Habitat use depends on both animal characteristics and environmental heterogeneity (microclimatic and vegetation cover aspects). In this study habitat use was investigated in a population of the South-american rattlesnake (*Crotalus durissus*) in a Cerrado fragment in the state of São Paulo, southeastern Brazil. In general, snakes were thermal generalists. However, they showed substrate temperature preferences at the rainy season, when they selected colder substrates by the day and warmer substrates at night. Rattlesnakes were predominantly active on the surface and more frequently encountered under bushes. The presence of snakes on habitat was related to the presence of tress, bushes, unexposed and high shaded substrates. Snakes moved higher distances on campo cerrado and temporary flooded areas. This characteristic associated with low thermal selectivity could make rattlesnakes apt to colonize deforested areas where shade level and vegetation cover are similar to the Cerrado.*

RESUMO

A seleção e o uso do ambiente traz conseqüências diretas na taxa de ingestão de presas, sucesso reprodutivo e, no caso dos ectotérmicos, na manutenção da temperatura corpórea. O uso do ambiente depende não só de características individuais mas também da heterogeneidade do ambiente, além de fatores microclimáticos e do padrão de cobertura vegetal. No presente estudo, o uso do ambiente por indivíduos de cascavéis (*Crotalus durissus*) foi avaliado em um fragmento de Cerrado no estado de São Paulo. De um modo geral as cascavéis se mostraram generalistas quanto ao ambiente térmico. Entretanto, na estação chuvosa as cascavéis exibiram preferência por substratos mais frios durante o dia e mais quentes durante a noite. As cascavéis utilizaram predominantemente a superfície do solo tendo sido mais freqüentemente observadas sob arbustos. A localização das serpentes no ambiente esteve associada à presença de árvores, arbustos, substrato menos exposto e mais sombreado. Os indivíduos realizaram deslocamentos mais longos nas áreas de campo cerrado e áreas de brejo. Essa característica, aliada à baixa seletividade térmica do ambiente, pode contribuir para que as cascavéis colonizem áreas desmatadas, desde que haja um sombreamento do substrato e cobertura vegetal semelhantes aqueles encontrados em fisionomias do Cerrado.

INTRODUÇÃO

De um modo geral, os animais apresentam especificidade por porções distintas do ambiente, as quais podem ser chamadas de microambientes (REINERT, 1993). Uma importante característica do microambiente utilizado por animais ectotérmicos é a viabilidade que ele confere à termorregulação, ou seja, a possibilidade de abrigo ou exposição à luz do sol (GIBBONS & SEMLITCH, 1987; SAZIMA, 1988; REINERT, 1993). As serpentes podem ter sua atividade influenciada pelo regime térmico do ambiente, o qual age também sobre sua taxa metabólica (HUEY *et al.*, 1989). Dessa forma, fatores climáticos podem gerar variações no tempo de forrageamento, no balanço energético, na taxa de crescimento, reprodução e, conseqüentemente, na estrutura da população (HUEY *et al.*, 1989; BEAUPRE, 1995).

Vários estudos indicam que a seleção e o uso do ambiente (e do microambiente) estão relacionados a fatores como clima, disponibilidade de abrigos, abundância de presas, presença de predadores, faixa etária, tamanho do corpo e aspectos reprodutivos (BURGHARDT, 1967; REINERT *et al.*, 1984; DUVALL *et al.*, 1985; GIBBONS & SEMLITSCH, 1987; CHISZAR *et al.*, 1990; REINERT, 1993; WEBB *et al.*, 2004). A compreensão dos mecanismos que agem sobre a seleção e o uso do ambiente tem gerado subsídios para a formulação de hipóteses e teorias sobre evolução, estrutura de comunidades e também manutenção da diversidade de espécies (REINERT, 1993).

Alguns estudos mostram que a seleção do microambiente feita pelas serpentes pode ocorrer em função da percepção de componentes temporários (e.g. umidade e temperatura do substrato) bem como pela percepção de elementos fixos ou duradouros (e.g. densidade de cobertura vegetal, presença de buracos; WEBB *et al.*, 2004). Nas regiões de clima temperado, a seleção incorreta do microambiente pode expor os animais a temperaturas corpóreas letais (bem abaixo de 0°C), sendo comum que os animais atravessem um longo período de inatividade abrigados em hibernáculos (POUGH *et al.*, 1998). Diferentemente das regiões de clima temperado, na maior parte das regiões tropicais, os ectotérmicos mantêm-se ativos praticamente

durante o ano todo, pois extremos de temperaturas baixas nunca ou raramente ocorrem. Desse modo, acredita-se que o padrão de atividade de serpentes em clima temperado seja direcionado por variações sazonais na temperatura, enquanto que em regiões tropicais os mesmos sejam direcionados por variações sazonais na pluviosidade (GREGORY *et al.*, 2005).

Enquanto que para praticamente todas as serpentes brasileiras pouco se sabe sobre os mecanismos da seleção e do uso do ambiente, o inverso acontece na América do Norte, destacando-se alguns viperídeos, como as cascavéis (*Crotalus* e *Sistrurus*; REINERT, 1993). Embora existam alguns estudos a respeito da biologia da cascavel sul-americana, *Crotalus durissus* (SALOMÃO *et al.*, 1995; ALMEIDA-SANTOS & SALOMÃO, 1997; VANZOLINI & CALLEFFO, 2002), são raros os trabalhos em que os animais foram estudados na natureza (BASTOS *et al.*, 2005). Vale lembrar que os aspectos relativos ao uso e à seleção do ambiente por *C. durissus* podem trazer subsídios para a compreensão dos mecanismos responsáveis pela capacidade da espécie em colonizar área alteradas (MARQUES *et al.*, 2001; BASTOS *et al.*, 2005).

Este estudo teve como objetivo elucidar aspectos relacionados ao uso e à seleção do ambiente em uma população de cascavéis em um remanescente de Cerrado do estado de São Paulo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido entre dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina (EEI), um fragmento de Cerrado do Estado São Paulo, localizado entre os municípios de Itirapina e Brotas (de 22°00' a 22°15' S; de 47°45' a 48°00' O; altitude de 720-750 m); veja descrição detalhada no capítulo 1). Os dados sobre o uso do ambiente foram obtidos a partir de (1) capturas de cascavéis em procuras com veículo ao longo das estradas e aceiros da EEI, (2) encontros ocasionais e (3) re-localizações de animais equipados com rádios-transmissores ou carretéis. Os detalhes sobre os métodos de captura e dos procedimentos com os indivíduos (e.g. marcação, tomada de medidas morfométricas, determinação do sexo, fixação de rádios-transmissores e carretéis) estão descritos no capítulo 1. A cada captura ou re-localização a temperatura da superfície do corpo da serpente era tomada com o auxílio de um termômetro de leitura a distância via emissão de infravermelho (Raytek modelo RAYMT4U), sem a necessidade de manipulação do animal.

As procuras com veículo foram feitas em amostragens regulares com duração de cinco dias consecutivos repetidas a intervalos de 20 dias. Em cada amostragem as estradas e os aceiros da EEI eram percorridos duas vezes ao dia, entre 7:00 e 13:00h e entre 17:00 e 24:00h com velocidade inferior a 35 km/h e com itinerário sistematizado. Os animais capturados e com massa superior a 250 g foram equipados com rádios-transmissores (modelo SI-2 com antena externa; 9 g, 33 x 11 mm; Holohil Systems Ltd., Ontário) ou com carretéis (*thread bobbins*, WILSON, 1994) ambos fixados externamente. As re-localizações desses animais foram feitas em amostragens com duração de cinco dias consecutivos repetidas a cada 20 dias. A cada re-localização de um mesmo indivíduo havia um intervalo de no mínimo 12 horas para minimizar os efeitos da dependência temporal (auto-correlação) entre os pontos (WHITE & GARROTT, 1990). O rastreamento permitiu o contato visual com as cascavéis, exceto para os animais abrigados em buracos. As re-localizações foram feitas nos períodos diurno e noturno para potencializar a observação de comportamentos ou atividades característicos de cada período

(LAUNDRÉ *et al.* 1987). Cada indivíduo foi rastreado até o momento do desprendimento do rádio ou carretel (detalhes no capítulo 1).

A posição do animal no ambiente foi chamada de “ponto” o qual era sinalizado com fitas coloridas presas na vegetação e tinha suas coordenadas (em UTM) registradas com auxílio de GPS (modelo Garmin 12 XL). O registro de deslocamentos inferiores a 100 m foi feito com ajuda de trena e bússola e os mais longos por meio de GPS. A soma das distâncias em linha reta entre pontos adjacentes foi chamada de deslocamento total (em metros). A razão entre o deslocamento total e a duração do monitoramento (número de dias) foi chamada de deslocamento médio diário (DMD em metros/dia). O valor da distância em linha reta entre a primeira e a última re-localizações, dividido pelo total de dias monitorados, foi chamado de distância do ponto inicial (DPI, em metros).

Uso do microambiente

Para cada animal encontrado foi definida sua posição no microambiente (e.g. sob arbusto, exposto, no interior de buraco no solo). Foram desconsiderados os registros de animais que estavam se deslocando ao serem encontrados e que possivelmente estavam utilizando transitoriamente o microambiente. Cada observação (captura ou re-localização) de uma serpente foi considerada como uma amostra. Considerando como hipótese nula a de que as cascavéis têm a mesma probabilidade de serem observadas em cada um dos três microambientes (sob arbusto, exposto, em buraco), o número esperado de registros mensais para cada um dos microambientes foi considerado como sendo um terço do total de observações feitas em cada mês. Por exemplo, no mês de janeiro houve 18 observações (amostras) de cascavéis em diferentes microambientes. O número esperado de observações para cada microambiente em janeiro é $18/3$ (6 observações).

As comparações entre valores obtidos e esperados foi feita por teste qui-quadrado. A comparação dos valores da temperatura da superfície corpórea entre os microambientes foi feita por análise de variância de Kruskal-Wallis e, quando necessário, seguida por teste *post hoc*

(ZAR, 1999). As comparações entre estações seca e chuvosa foram feitas pelo teste não-paramétrico de Mann-Whitney (teste U; ZAR, 1999).

Comparação entre microambientes utilizados e disponíveis

A análise dos microambientes utilizados foi feita pela delimitação de um quadrado de 3 m de lado (com laterais orientadas Norte-Sul e Leste-Oeste, tendo o animal ao centro), no qual eram registradas as variáveis: (1) porcentagem de cobertura de lenhosas (arbustos e árvores); (2) porcentagem de cobertura de gramíneas e outras herbáceas; (3) porcentagem de solo exposto; (4) porcentagem de sombra projetada no solo sob sol a pino; (5) temperatura do substrato próximo à serpente; (6) umidade relativa do ar ao nível do solo próximo à serpente.

O registro das características dos microambientes disponíveis foi feito a partir da delimitação de outros quatro quadrados de 3 m de lado cada um, sorteados em um "grid" de cinco por cinco quadrados (totalizando 25 quadrados), tendo como centro o quadrado que continha a serpente. Nesses quatro quadrados eram anotadas as variáveis 1 a 6 sendo que a temperatura e a umidade relativa do ar ao nível do substrato eram medidas no centro dos quadrados.

As comparações das variáveis entre os microambientes utilizados e disponíveis foram feitas por teste pareado de Wilcoxon (ZAR, 1999). A associação entre a presença de serpentes e as porcentagens de arbustos, gramíneas, solo exposto e de sombra projetada nos quadrados com e sem serpentes, foi feita por meio de análise de componentes principais (ACP; MANLY, 1994), com o programa MVSP (KOVACH, 1999). Os valores registrados em porcentagem foram transformados no arcosseno (em graus) da raiz quadrada (ZAR, 1999).

Uso do ambiente

Para a análise do uso do ambiente foram utilizados apenas os dados de captura com veículo. Foram amostradas estradas e aceiros em áreas com predomínio de campo cerrado,

campo sujo, áreas alteradas e áreas úmidas (borda de mata de galeria e brejos). Para cada ambiente foi estimada a taxa de captura (número de capturas por distância percorrida), as quais foram comparadas por meio de análise de variância de Kruskal-Wallis e, quando necessário, seguida por teste *post hoc* (ZAR, 1999). As comparações das taxas de captura entre estações seca e chuvosa foram feitas pelo teste não-paramétrico de Mann-Whitney (teste U; ZAR, 1999). Em todas as análises do estudo, as diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$ (ZAR, 1999).

RESULTADOS

Durante o estudo foram capturadas 38 cascavéis das quais 12 eram fêmeas (seis jovens e seis adultas) e 26 eram machos (cinco jovens e 21 adultos). Foram percorridos 12.000,36 km ao longo de 224 dias de amostragem pela procura com veículo. Um total de 15 cascavéis adultas (onze machos e quatro fêmeas) foi monitorado por rádio-rastreamento. O tempo médio de monitoramento de cada indivíduo foi de 64,9 dias (média de 9,5 pontos). Foram monitorados por carretéis dois machos adultos e três fêmeas (duas adultas e uma juvenil). O tempo médio de monitoramento foi de 3,4 dias (média de 2,6 pontos).

Temperatura do substrato

No período diurno as cascavéis não selecionaram microambientes em função da temperatura do substrato. Não houve diferença significativa nos registros de temperatura feitos durante o dia nos quadrados com (24,3°C $\pm$ 6,0) e sem serpentes (25,2°C $\pm$ 6,7; $t = 1858$; $P = 0,12$; $N = 96$). Entretanto, a variação foi significativa durante a noite ($t = 449,5$; $P = 0,007$; $N = 55$), quando as serpentes selecionaram microambientes com temperatura do substrato levemente superior (16,4°C $\pm$ 4,5) à dos microambientes disponíveis (16,0°C $\pm$ 4,5).

Na estação chuvosa, durante o dia, os microambientes utilizados apresentaram substratos mais frios (26,7°C $\pm$ 5,7) do que os disponíveis (28,4°C $\pm$ 6,0; $t = 217$; $P = 0,04$; $N =$

37), enquanto durante a noite, os microambientes utilizados apresentaram substratos mais quentes ($20,2^{\circ}\text{C} \pm 3,7$) do que os disponíveis ($19,6^{\circ}\text{C} \pm 3,7$; $t = 28$; $P = 0,01$; $N = 18$; Figura 4.1). Na estação seca não houve seleção do microambiente em função da temperatura do substrato no período diurno (utilizado = $22,8^{\circ}\text{C} \pm 5,7$; disponível = $23,2^{\circ}\text{C} \pm 6,4$; $t = 810$; $P = 0,73$; $N = 59$) nem no noturno (utilizado = $14,6^{\circ}\text{C} \pm 3,6$; disponível = $14,2^{\circ}\text{C} \pm 3,7$; $t = 241$; $P = 0,09$; $N = 37$; Figura 4.1).

Figura 4.1 - Temperatura média do substrato ($^{\circ}\text{C}$) nos microambientes utilizados por *Crotalus durissus* (colunas pretas) e nos microambientes disponíveis (colunas brancas) e médias da temperatura da superfície corpórea (pontos; $^{\circ}\text{C}$) acompanhadas dos desvios-padrão (barras). Registros feitos no período de dezembro de 2002 a dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina.

Temperatura da superfície do corpo

Durante a noite, a temperatura da superfície do corpo das cascavéis variou significativamente entre as estações apresentando média menor na estação seca ($16,3^{\circ}\text{C} \pm 3,4$) do que na chuvosa ($22,1^{\circ}\text{C} \pm 1,6$; $U = 10$; $P = 0,001$; $N = 27$). Durante o dia, a temperatura da superfície do corpo das serpentes não sofreu variações significativas entre as estações seca ($24,3^{\circ}\text{C} \pm 6,0$) e chuvosa ($26,3^{\circ}\text{C} \pm 4,4$; $U = 419,5$; $P = 0,20$; $N = 67$). A temperatura da superfície corpórea não variou significativamente entre os diferentes microambientes ($H_{[3;93]} = 3,9$; $P = 0,27$; Figura 4.2).

Figura 4.2 – Variação da temperatura da superfície do corpo de *Crotalus durissus* nos diferentes microambientes. Os pontos representam as médias (°C) e as barras os desvios-padrão. Registros feitos no período de dezembro de 2002 a dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina.

Umidade relativa do ar

Durante o dia, as cascavéis selecionaram microambientes com umidade relativa do ar maior ($20,7\% \pm 12,0$) do que a dos microambientes disponíveis ($18,9\% \pm 10,4$; $t = 691$; $P = 0,03$; $N = 69$). Durante a noite não houve diferença significativa entre a umidade relativa do ar nos microambientes utilizados ($33,3\% \pm 10,9$) e disponíveis ($33,1\% \pm 10,0$; $t = 375$; $P = 0,83$; $N = 39$). Na estação chuvosa não houve variação significativa na umidade relativa do ar entre os microambientes utilizados e disponíveis durante o dia (utilizado = $21\% \pm 14,5$; disponíveis = $20,4\% \pm 12,2$; $t = 114$; $P = 0,86$; $N = 28$) nem durante a noite (utilizado = $32,9\% \pm 11,9$; disponível = $31,5\% \pm 11,3$; $t = 30$; $P = 0,48$; $N = 12$). Na estação seca, durante o dia, foram selecionados microambientes com umidade relativa do ar maior ($20,5\% \pm 10,1$) do que a dos disponíveis ($17,9\% \pm 9,0$; $t = 202$; $P = 0,008$; $N = 41$), enquanto que durante a noite, não houve variação significativa na umidade relativa do ar entre os microambientes utilizados ($33,4\% \pm 10,7$) e disponíveis ($33,8\% \pm 9,5$; $t = 179,5$; $P = 0,82$; $N = 27$).

Uso dos microambientes

O número obtido de registros foi menor do que o esperado para o uso de buracos ($\chi^2 = 21,6$; GL = 11; $P < 0,03$) e de microambientes expostos ($\chi^2 = 21,8$; GL = 11; $P < 0,04$) e maior do que o esperado para cascavéis sob arbustos ($\chi^2 = 42,3$; GL = 11; $P < 0,001$; Figura 4.3). Na estação seca, o número obtido de registros (16) foi menor do que o esperado (33,3) para o uso de buracos ($\chi^2 = 13,7$; GL = 4; $P < 0,008$) e de microambientes expostos (obtido = 29; esperado = 41,7; $\chi^2 = 12$; GL = 5; $P < 0,03$). Também na estação seca, o número obtido de registros foi maior do que o esperado para cascavéis sob arbustos (obtido = 55; esperado = 33,3; $\chi^2 = 26,7$; GL = 4; $P < 0,001$). Na estação chuvosa, o número obtido (33) de registros foi maior do que o esperado (19,7) para cascavéis sob arbustos ($\chi^2 = 15,5$; GL = 7; $P < 0,03$). Não houve diferença significativa entre os valores obtidos e esperados para o uso de buracos (obtido = 11; esperado = 19,7; $\chi^2 = 7,8$; GL = 7; $P < 0,34$), tampouco o de microambientes expostos (obtido = 13; esperado = 19,7; $\chi^2 = 9,8$; GL = 7; $P < 0,20$).

Durante o dia, o número obtido de registros (63) foi maior do que o esperado (37,7) para cascavéis sob arbustos ($\chi^2 = 37$; GL = 11; $P < 0,001$). Não houve diferença significativa entre o número observado e esperado de registros para o uso de buracos (obtido = 11; esperado = 23,7; $\chi^2 = 9,2$; GL = 6; $P < 0,16$), tampouco de microambiente exposto (obtido = 26; esperado = 29,3; $\chi^2 = 6,5$; GL = 9; $P < 0,7$). Durante a noite, não houve variação significativa entre o número de registros obtidos e esperados para nenhum dos microambientes (buraco: obtido = 16; esperado = 12,3; $\chi^2 = 9,1$; GL = 6; $P < 0,16$; exposto: obtido = 15; esperado = 16,3; $\chi^2 = 8,6$; GL = 8; $P < 0,4$; sob arbustos: obtido = 22; esperado = 16; $\chi^2 = 13,4$; GL = 8; $P < 0,09$).

Figura 4.3 – Número obtido (colunas pretas) e esperado (colunas brancas) de cascavéis (*Crotalus durissus*) encontradas nos diferentes microambientes no período de dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina.

Análise multivariada

Na ordenação da ACP, mais da metade da variação entre os componentes dos microambientes utilizados e disponíveis é descrita pelo eixo 1 (57,94 %; Tabela 4.1; Figura 4.4). Ele mostra basicamente a variação na porcentagem de arbustos, árvores, solo exposto e sombra projetada nos quadrados com e sem serpente (Tabela 4.2). Os vetores indicam o sentido no qual aumenta a associação entre cada fator do microambiente e a presença de cascavéis. Quanto mais à direita estiver localizado um ponto na Figura 4.4, maior é sua associação à altas porcentagens de árvores e de sombra projetada, por exemplo. Os microambientes utilizados pelas cascavéis estão associados a uma maior densidade de árvores, solos menos expostos, mais sombreados e com maior cobertura de arbustos (Tabela 4.2; Figura 4.4).

Tabela 4.1 - Autovalores e porcentagens da variância explicada pelos seis componentes principais (eixos 1 a 6) da variação na porcentagem de arbustos, gramíneas, árvores, solo exposto, sombra projetada no solo e umidade do ar associados aos microambientes (quadrados) com e sem cascavéis (*Crotalus durissus*) registrados no período de dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina.

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5	Eixo 6
Autovalores	3,886	1,589	0,712	0,462	0,05	0,008
Porcentagem	57,94	23,686	10,621	6,886	0,748	0,118
% Cumulativa	57,94	81,626	92,247	99,133	99,882	100

Tabela 4.2 - Autovetores dos seis componentes principais (eixos 1 a 6) da variação na porcentagem de arbustos, gramíneas, árvores, solo exposto, sombra projetada no solo e umidade do ar associados aos microambientes (quadrados) com e sem cascavéis (*Crotalus durissus*) registrados no período de dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina. As variáveis mais importantes no primeiro eixo estão em negrito.

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5	Eixo 6
arbusto	0,151	0,154	-0,259	0,94	0,049	-0,005
gramínea	0,011	-0,156	0,016	-0,023	0,957	-0,241
árvore	0,659	-0,001	0,745	0,101	-0,023	-0,022
solo exposto	-0,172	0,955	0,17	-0,09	0,147	-0,022
sombra	0,717	0,2	-0,589	-0,312	0,033	0,023
umidade	-0,003	-0,021	0,037	0,007	0,24	0,97

Figura 4.4 - Diagrama de ordenação ("biplot") dos quadrados disponíveis (•; sem serpentes) e utilizados (• indica amostras para machos e • indica amostras para fêmeas) ao longo do 1° e do 2° eixo da Análise de Componentes Principais (ACP), gerado a partir dos registros de *Crotalus durissus* no período de dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina.

Uso do ambiente

Não houve diferença significativa na taxa de captura entre os ambientes ($H_{[3;24]} = 4,34$; $P = 0,23$). Por outro lado, a taxa de captura de cascavéis na área alterada foi maior na estação chuvosa ($U = 1,5$; $P = 0,05$; $N = 12$), entretanto, não houve variação significativa nas taxas de captura entre a estação seca e chuvosa para os demais ambientes (campo sujo: $U = 13$; $P = 0,34$; $N = 12$; campo cerrado: $U = 16,5$; $P = 0,86$; $N = 12$; área úmida: $U = 15$; $P = 0,4$; $N = 12$; Figura 4.5).

Figura 4.5 – Taxa de captura de cascavéis (cascavéis/km) nas estações seca (colunas pretas) e na estação chuvosa (colunas brancas) registradas a partir de procuras com veículo nas estradas e aceiros da Estação Ecológica de Itirapina realizadas no período de dezembro de 2002 e dezembro de 2004.

Os animais monitorados por rádio-rastreamento e por carretéis deslocaram-se em áreas de campo cerrado, campo sujo, áreas alteradas e brejos (locais temporariamente alagados). A extensão dos deslocamentos médios diários (DMD) variou significativamente entre os ambientes ($H_{[3;152]} = 15,6$; $P = 0,001$). Eles foram mais extensos nas áreas de brejo (37,8 m/dia) e no campo cerrado (21,9 m/dia; Tabela 4.3). O teste *post hoc* indicou não haver diferença significativa entre os valores de DMD registrados no campo sujo e na área alterada. As variações nas distâncias do ponto inicial (DPI) entre os ambientes foram significativamente diferentes ($H_{[3;151]} = 8,5$; $P = 0,037$), tendo sido maiores nas áreas alteradas (484 m) do que nas áreas de brejo (419 m; teste *post hoc*; Tabela 4.3).

Tabela 4.3 = Variações na extensão do deslocamento médio diário (DMD), da distância do ponto inicial (DPI) e número corrigido de amostras em que o animal permaneceu a menos do que 0,5 m do ponto anterior. Dados registrados a partir do monitoramento de cascavéis por rádio-rastreamento e carretéis no período de dezembro de 2002 e dezembro de 2004 na Estação Ecológica de Itirapina.

	DMD (m/dia) $\pm$ dp	DPI (m) $\pm$ dp
Brejo (N = 9)	37,8 $\pm$ 71,6	419,0 $\pm$ 87,3
Campo cerrado (N = 55)	21,9 $\pm$ 27,5	276,7 $\pm$ 262,0
Campo sujo (N = 52)	13,0 $\pm$ 32,5	253,5 $\pm$ 223,9
Alterada (N = 35)	10,5 $\pm$ 31,5	484,0 $\pm$ 449,2

DISCUSSÃO

Microclima

Na estação chuvosa, aparentemente, as cascavéis evitam o superaquecimento selecionando microambientes mais frios durante o dia e evitam as baixas temperaturas noturnas selecionando microambientes mais quentes durante a noite. Por outro lado, elas não selecionaram os microambientes em função da temperatura do substrato durante a estação seca, justamente a estação mais fria do ano, sugerindo um caráter generalista quanto ao ambiente térmico, ao menos nessa estação. Esse comportamento pode estar associado a aspectos reprodutivos já que na estação seca os machos procuram ativamente por fêmeas (SALOMÃO & ALMEIDA-SANTOS, 2002) quando poderiam apresentar menor seletividade microclimática. Por outro lado, na estação seca, o rápido declínio da temperatura do ar entre o por do sol e o início da manhã seguinte pode levar a uma homogeneização da temperatura do substrato. Assim, considerando que após selecionar um microambiente as cascavéis permaneçam paradas por grande parte da noite, as variações significativas entre a temperatura do substrato utilizado e a dos disponíveis só seriam detectadas nas primeiras horas da noite (veja WEBB *et al.*, 2004). Por utilizarem predominantemente microambientes de superfície, as cascavéis se expõem às baixas temperaturas, que levam a reduções na temperatura corpórea e conseqüentemente diminuem sua capacidade de deslocamento (HUEY, 1991). Essa hipótese reforça a necessidade da tolerância às baixas temperaturas. Além disso, as temperaturas médias do substrato registradas nos diferentes microambientes utilizados pelas cascavéis apresentaram desvio-padrão elevado, reforçando a proposta feita por alguns autores de que os répteis predadores de espreita tendem a ser generalistas em relação à temperatura do substrato (SECOR & NAGY, 1994).

A temperatura da superfície do corpo das cascavéis no período noturno variou entre as estações seca e chuvosa, o que não ocorreu durante o dia. Esse fato indica que há um controle mais rigoroso da temperatura corpórea contra o superaquecimento diurno do que contra as baixas temperaturas noturnas. Essa pode ser uma característica comum às serpentes não

fossoriais do Cerrado, as quais estão mais expostas ao superaquecimento do que aquelas que vivem em áreas florestadas. Possivelmente seriam encontradas serpentes com tolerância microclimática semelhante à das cascavéis na Caatinga, hipótese reforçada pela similaridade na composição de espécies de serpentes entre a Caatinga e o Cerrado (VANZOLINI *et al.*, 1980; SAWAYA & MARTINS, dados não publicados). Por outro lado, os dados aqui apresentados estão baseados na medição da temperatura da superfície do corpo que pode não refletir exatamente a temperatura interna das cascavéis.

Há indícios de que as cascavéis tolerem baixos níveis de umidade relativa do ar, diferente do que acontece em *Bothrops jararaca*, por exemplo (O.A.V. MARQUES, com. pess.). O fato das cascavéis terem sido encontradas mais frequentemente em microambientes mais úmidos durante o dia pode ter sido uma consequência da seleção de microambientes menos expostos ao sol.

Uso do microambiente e do ambiente

As cascavéis foram observadas predominantemente na superfície do substrato. Foram poucos os registros em que elas se encontravam no interior de buracos no solo, mesmo nos meses mais secos e frios do ano. Mesmo concentrando sua atividade na superfície, as cascavéis evitaram microambientes expostos, tendo sido observadas predominantemente sob arbustos. Possivelmente, os arbustos oferecem às serpentes simultaneamente possibilidade de caça durante a noite, termoregulação diurna e constante proteção contra predadores que poderiam observá-las acima do nível do solo (e.g. aves de rapina). Apesar do porte robusto da cascavel, existem na EEI predadores em potencial (além das aves de rapina) como por exemplo lobos-guará, seriemas e emas (J. C. MOTTA-JUNIOR, com. pess.). Houve uma observação fortuita de uma cascavel juvenil sendo atacada por uma coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) além de outros registros de predação de serpentes na EEI (MARTINS *et al.*, 2003; TOZETTI *et al.*, 2004).

Apesar das cascavéis serem associadas a ambientes secos (VANZOLINI *et al.*, 1980), alguns indivíduos monitorados por rádio-rastreamento e carretel foram observados em ambientes completamente alagados. É possível que tenham sido surpreendidos por uma chuva intensa que tenha transformado o substrato em uma área alagadiça. Nesses brejos temporários (que na estação chuvosa persistiam durante algumas semanas), os animais apresentaram deslocamentos mais longos, o que pode representar uma necessidade de afastar-se dos pontos alagados. Apesar dos deslocamentos terem sido mais extensos também no campo cerrado, não houve diferença significativa na taxa de captura entre este e os demais ambientes amostrados por veículo (borda de mata de galeria, campo sujo e área alterada). O campo cerrado concentra o maior conjunto de características associadas à presença das cascavéis tais como a maior densidade de árvores e arbustos e a maior área de sombra projetada. Dessa forma, os deslocamentos das cascavéis poderiam ser mais extensos no campo cerrado pela provável maior oferta de abrigos que atendam às necessidade de termorregulação (sombra alternadas a clareiras), caça e proteção (arbustos). Por outro lado, no campo sujo ou na área alterada os deslocamentos seriam limitados aos trechos com maior densidade de arbustos e cobertura vegetal. O maior distanciamento do ponto inicial (DPI) registrado para as áreas alteradas indica que apesar de mais curtos, os movimentos apresentam um padrão de dispersão (veja mais detalhes sobre os deslocamentos no capítulo 3). Esse tipo de deslocamento poderia ser um reflexo de um ambiente composto por “ilhas” de microambientes atingidas por meio de deslocamentos curtos e pouco sinuosos.

De um modo geral, as cascavéis se revelaram generalistas para as variáveis do microambiente estudadas, o que potencializa sua capacidade de invadir áreas alteradas. Essa característica justifica o aparecimento de cascavéis em áreas de Mata Atlântica antropizadas (MARQUES *et al.*, 2001; BASTOS *et al.*, 2005). Porém, como a presença das cascavéis está diretamente relacionada à presença de árvores, arbustos e ao padrão de sombreamento do substrato, a possibilidade dessas serpentes invadirem novas áreas está associada à

transformação da paisagem sem que haja completa remoção da cobertura vegetal. Desse modo, em áreas alteradas, as cascavéis seriam mais frequentemente encontradas na borda de reflorestamentos e em matas em estágios iniciais de sucessão secundária do que em pastos por exemplo. A ausência de variação ontogenética na dieta também pode facilitar o recrutamentos de juvenis nas áreas recém colonizadas. Diferentemente das jararacas, que na maioria das espécies alimenta-se de anfíbios quando jovens, os filhotes de cascavéis podem sobreviver em locais secos desde que haja oferta de roedores, os quais são abundantes em áreas antropizadas. Desse modo, é importante ressaltar a necessidade de estudos que avaliem outros fatores associados ao uso do microambiente, como por exemplo a presença de pistas químicas de presas ou de co-específicos (BURGHARDT, 1967; BROWN & MACLEAN, 1983; REINERT *et al.*, 1984; CHISZAR *et al.*, 1990; CLARK, 2004).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA-SANTOS, S. M., & M. G. SALOMÃO. 1997. Long-term sperm storage in the female neotropical rattlesnake *Crotalus durissus terrificus* (Viperidae, Crotalinae). Japanese Journal of Herpetology 17 (2): 46-52.
- BASTOS, E. G. M., A. F. B. ARAÚJO, & H. R. SILVA. 2005. Records of the rattlesnakes *Crotalus durissus terrificus* (Laurenti) (Serpentes, Viperidae) in the State of Rio de Janeiro, Brazil: a possible case of invasion facilitated by deforestation. Revista Brasileira de Zoologia 22 (3): 812-815.
- BEAUPRE, J. S. 1995. Effect of geographically variable thermal environment on bioenergetics of mottled rock rattlesnake. Ecology 76 (5): 1655-1665.
- BROWN, W. S., & F. M. MACLEAN. 1983. Conspecific scent-trailing by newborn timber rattlesnake, *Crotalus horridus*. Herpetologica 39: 430-436.
- BURGHARDT, G. M. 1967. Chemical-cue responses of inexperienced snakes: comparative aspects. Science 157: 718-721.
- CHISZAR, D., T. MELCER, R. LEE, C. W. RADICLIFFE, & D. DUVALL. 1990. Chemical cues used by prairie rattlesnakes (*Crotalus viridis*) to follow trails of rodent prey. Journal of Chemical Ecology 16 (1): 79-85.
- CLARK, R. W. 2004. Timber rattlesnakes (*Crotalus horridus*) use chemical cues to select ambush sites. Journal of Chemical Ecology 30 (3): 607-617.
- DUVALL, D., M. B. KING, & K. J. GUTZWILLER. 1985. Behavioral ecology and ethology of prairie rattlesnake. National Geographic Research 1 (1): 80-111.
- GIBBONS, J. W., & R. D. SEMLITSCH. 1987. Activity patterns. In R. A. SEIGEL, J. T., COLLINS, & S. S. NOVAK (eds.), Snakes: Ecology and Evolutionary Biology, pp. 396-421. McMillan Publishing Company, New York.
- GREGORY, P. B., R. SHINE, & T. MADSEN. 2005. Spatial ecology of slatey-grey snakes (*Stegonotus cucullatus*), Colubridae. Journal of Tropical Ecology 21: 605-612.

HUEY, R. B. 1991. Physiological consequences of habitat selection. *American Naturalist* 137: 91-115.

HUEY, R. B., C. R. PETERSON, S. J. ARNOLD, & W. PORTER. 1989. Hot rocks and not-so-hot rocks: retreat site selection by garter snake and its thermal consequences. *Ecology* 70 (4): 931-934.

KOVACH, W. L. 1999. MVSP - A Mult-Variate statistical package for Windows, vers. 3.1 Kovach Computing Services, Pentraeth.

LAUNDRE, J. W., R. D. REYNOLDS, S.T. KNICK, & I. J. BALL. 1987. Accuracy of daily point relocations in assessing real movement of radio-marked animals. *Journal of Wildlife Management* 51: 937-940.

MANLY, B. F. J. 1994. Multivariate statistical methods. Chapman and Hall, London, 215 pp.

MARQUES, O. A. V., A. ETEROVICK, I. SAZIMA. 2001. Serpentes da Mata Atlântica: Guia Ilustrado Para a Serra do Mar. Editora Holos, Ribeirão Preto, SP, pp 184.

MARTINS, M., F. SPINA, C. MONTEIRO, R. J. SAWAYA & V. R. ARIEDI-JUNIOR. 2003. *Bothrops alternatus* (urutu). Predation. *Herpetological Review* 34 (2):147-148.

POUGH, F. H., R. M. ANDREWS, J. E. CADLE, M. L. CRUMP, A. H. SAVITZKY, & K. D. WELLS. 1998. *Herpetology*. Prentice-Hall, New Jersey, 577 pp.

REINERT, H. K. 1993. Habitat selection in snakes, *In* R. A. SEIGEL, J. T., & COLLINS, S. S. NOVAK (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 201-240. McMillan Publishing Company, New York.

REINERT, H. K., D. CUNDALL, & L. M. BUSHAR. 1984. Foraging behavior of the timber rattlesnake, *Crotalus horridus*. *Copeia* (4): 976-981.

REINERT, H. K. 1993. Habitat selection in snakes. *In*: R. A. SEIGEL, J. T., & COLLINS, S. S. NOVAK (eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*, pp. 201-240. McMillan Publishing Company, New York.

- SALOMÃO, M. G., & S. M. ALMEIDA-SANTOS. 2002. The reproductive cycle in male neotropical rattlesnake (*Crotalus durissus terrificus*), In: J. A. CAMPBELL & E. D. BRODIE JR (eds.), Biology of the Pit Vipers, pp. 506-514. Selva Press, Texas.
- SALOMÃO, M. G., S. M. ALMEIDA-SANTOS, & G. PUERTO. 1995. Activity pattern of *Crotalus durissus* (Viperidae, Crotalinae) feeding, reproduction and snake bite. Studies on neotropical fauna and environment 30 (2): 101-106.
- SAZIMA, I. 1988. Um estudo de biologia comportamental da jararaca, *Bothrops jararaca*, com uso de marcas naturais. Memórias do Instituto Butantan 50: 83-99.
- SECOR, S. M., & K. A. NAGY. 1994. Bioenergetic correlates of foraging mode for the snakes *Crotalus cerastes* and *Masticophis flagellum*. Ecology 75 (6): 1600-1614.
- TOZETTI, A. M., M. MARTINS, J. C. MOTTA-JUNIOR, & R. J. SAWAYA. 2004 *Oxyrhopus Guibei* (False Coral Snake). Predation. Herpetological Review 35 (2): 179.
- VANZOLINI, P. E., A. M. M. RAMOS-COSTA, & L. J. VITT. 1980. *Répteis das Caatingas*. Academia Brasileira de Ciências, RJ.
- VANZOLINI, P. E., & M. E. V. CALLEFFO. 2002. On some aspects of reproductive biology of brazilian *Crotalus* (Serpentes: Viperidae). Biologia Geral e Experiential 3 (1): 3-35.
- WEBB, J. K., M. PRINGLER, & R. SHINE. 2004. How do nocturnal snakes select diurnal retreat sites? Copeia (4): 919-925.
- WHITE, G. C., & R. A. GARROTT. 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, San Diego, California, 383 pp.
- WILSON, D. S. 1994. Tracking small animals with tread bobbins. Herpetological Review 25 (1): 13-14.
- ZAR, J. H. 1999. Bioestatistical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Capítulo 5

Discussão geral e conclusões

Esse foi o primeiro estudo relativamente detalhado abordando aspectos ecológicos de uma população da cascavel sul-americana (*Crotalus durissus*) em condições naturais. Os resultados obtidos permitiram a discussão acerca de aspectos da biologia de *C. durissus* relacionando-os com as informações até então disponíveis na literatura. Apesar de terem sido detectadas algumas semelhanças em relação às espécies de *Crotalus* do hemisfério norte, os indivíduos de *C. durissus* revelaram particularidades quanto à atividade, movimentos e uso do ambiente apresentando semelhanças a outros viperídeos tropicais, como *Bothrops jararaca*, por exemplo. Os resultados e as conclusões gerais podem ser sintetizados da seguinte forma:

- 1 - As cascavéis permaneceram ativas ao longo de todo o ano e não apresentaram variações significativas em sua atividade geral entre as estações seca e chuvosa;
- 2 - A taxa de captura de cascavéis nos aceiros foi maior nos dias mais quentes e úmidos;
- 3 - As cascavéis apresentaram variação no período de maior atividade diária entre as estações, sendo que na estação seca a atividade se concentrou no período mais quente do dia;
- 4 - Não houve relação significativa entre a atividade geral, tampouco entre qualquer atividade específica e a abundância de roedores capturados nas armadilhas;
- 5 - A atividade predominante no período noturno foi a caça enquanto que no período diurno a atividade predominante foi o repouso;
- 6 - A atividade de caça foi mais comum na estação seca, possivelmente pelo fato das cascavéis apresentarem maiores necessidades metabólicas nessa estação, em função da reprodução (vitelogênese nas fêmeas e busca por parceiro nos machos);
- 7 - Os deslocamentos foram pouco frequentes, especialmente na estação seca;
- 8 - Animais maiores apresentaram tendência a realizar deslocamentos mais extensos;

- 9** - Não houve variação na extensão dos deslocamentos entre as estações seca e chuvosa;
- 10** - Em função dos deslocamentos das cascavéis serem sinuosos, a medida real dos deslocamentos foi cerca de duas vezes maior do que a distância em linha reta entre pontos consecutivos;
- 11** - Os animais apresentaram maior fidelidade ao local de captura na estação seca;
- 12** - O padrão de deslocamento dispersor esteve mais associado aos machos podendo estar relacionado à procura de fêmeas durante a estação reprodutiva;
- 13** - Machos e fêmeas não apresentaram diferenças significativas nos tamanhos de suas áreas de uso;
- 14** - As área de uso das cascavéis variaram entre 0,01 ha e 42,3 ha tendo sido maior na estação seca, a qual coincide com o período no qual os machos procuram por fêmeas para a cópula;
- 15** - As cascavéis utilizaram predominantemente a superfície do solo tendo sido mais frequentemente observadas sob arbustos e evitando microambientes expostos;
- 16** - O uso de buracos foi pouco freqüente e esteve associado ao processo de troca de pele;
- 17** - Na estação chuvosa as cascavéis selecionaram substratos mais frios durante o dia e mais quentes durante a noite;
- 18** - Na estação seca as cascavéis utilizaram o microambiente de forma aleatória em relação à temperatura do substrato; isso sugere que elas sejam tolerantes às baixas temperaturas mesmo na estação mais fria do ano; esse fato indica que há um controle mais rigoroso da temperatura corpórea contra o superaquecimento diurno do que contra as baixas temperaturas noturnas. Essa pode ser uma característica comum às serpentes não fossoriais do Cerrado;
- 19** - Os valores médios de temperatura da superfície corpórea apresentaram desvios-padrão elevados sugerindo que as cascavéis sejam tolerantes à oscilações diárias na temperatura corpórea;

- 20** - As cascavéis revelaram uma tendência generalista quanto as variáveis do microambiente estudadas, o que potencializa sua capacidade de invadir áreas alteradas;
- 21** - A presença das cascavéis no ambiente esteve associada à maior densidade de árvores, arbustos e gramíneas bem como a substratos menos expostos e mais sombreados;
- 22** - Os indivíduos foram mais vágéis nas áreas de campo cerrado e em áreas temporariamente alagadas;
- 23** - Aparentemente o grau de sombreamento e de cobertura vegetal são fatores limitantes à colonização pelas cascavéis em áreas desmatadas;

Os resultados reforçam a idéia de que as cascavéis sejam pouco seletivas quanto ao ambiente térmico. A existência de presas ativas durante o ano todo e a possibilidade de manter os níveis de atividade mesmo na estação mais fria e seca em função da capacidade de restringir as atividade às porções mais quentes do dia, podem contribuir para a colonização pelas cascavéis de áreas desflorestadas. Além disso, o modo de forrageamento por espreita está associado a baixos custos metabólicos facilitando a sobrevivência mesmo em ambientes com baixa densidade de presas. O porte robusto e a baixa frequência de deslocamentos podem reduzir o risco de predação sobre a cascavel, reforçando ainda mais a capacidade colonizadora dessa espécie. Porém, como a presença das cascavéis está diretamente relacionada à presença de árvores, arbustos e ao padrão de sombreamento do substrato, a possibilidade dessas serpentes invadirem novas áreas está associada à transformação da paisagem sem que haja completa remoção da cobertura vegetal. Desse modo, em áreas alteradas, as cascavéis seriam mais frequentemente encontradas na borda de reflorestamentos e em matas em estágios iniciais de sucessão secundária do que em pastos por exemplo. No Cerrado, a fisionomias de campo cerrado concentra o maior conjunto de características associadas à presença das cascavéis tais como a maior densidade de árvores e arbustos e a maior área de sombra projetada.

A ausência de variação ontogenética na dieta também pode facilitar o recrutamentos de juvenis nas áreas recém colonizadas. Diferentemente das jararacas, que na maioria das espécies alimenta-se de anfíbios quando jovens, os filhotes de cascavéis podem sobreviver em locais secos desde que haja oferta de roedores, os quais são abundantes em áreas antropizadas.