

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL E
CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *PHYLLOMEDUSA* DO
GRUPO *HYPOCHONDRIALIS***

GUILHERME FAJARDO ROLDÃO ÁLVARES

ORIENTADOR: DR. REUBER ALBUQUERQUE BRANDÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PGEFL – 116/09
BRASÍLIA/DF: FEVEREIRO - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

ÁLVARES, GUILHERME FAJARDO ROLDÃO

Taxonomia, Distribuição Geográfica Potencial e Conservação das Espécies de *Phyllomedusa* do Grupo *hypochondrialis* [Distrito Federal] 2009.

xv, 95p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Taxonomia

2. Distribuição Potencial

3. *Phyllomedusa*

4. Conservação

I. ENE/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ÁLVARES, G. F. R. (2009). Taxonomia, Distribuição Geográfica Potencial e Conservação das Espécies de *Phyllomedusa* do Grupo *hypochondrialis*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Publicação PGEFL – 116/09, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF, 95p.

AUTOR: Guilherme Fajardo Roldão Álvares

TÍTULO: Taxonomia, Distribuição Geográfica Potencial e Conservação das Espécies de *Phyllomedusa* do Grupo *hypochondrialis*.

GRAU: Mestre

ANO: 2009-16-02

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos . O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Guilherme Fajardo Roldão Álvares

*“Eu conheço bem a fonte
Que desce daquele monte
Ainda que seja de noite*

*Nessa fonte tá escondida
O segredo dessa vida
Ainda que seja de noite*

*Êta fonte mais estranha
Que desce pela montanha
Ainda que seja de noite*

*Sei que não podia ser mais bela
Que os céus e a Terra, bebem dela
Ainda que seja de noite*

*Sei que são caudalosas as correntes
Que regam os céus, infernos, regam gente
Ainda que seja de noite*

*Aqui se está chamando as criaturas
Que desta água se fartam mesmo às escuras
Ainda que seja de noite
Ainda que seja de noite (...)*

(Raul Seixas)

AGRADECIMENTOS

Sou muito grato a todas as pessoas que ajudaram a criar, desenvolver e concluir esse trabalho: meu orientador, Reuber Brandão, que considero um grande amigo e parceiro de campo, os grandes amigos do Laboratório de Herpetologia da Universidade de Brasília, os amigos do Departamento de Engenharia Florestal que me acolheram no primeiro momento, e meus parceiros do mestrado do Laboratório de Fauna e Unidades de Conservação (teria sido ainda mais difícil sem a ajuda dessas pessoas).

Agradeço aos meus pais, José Frederico Álvares e Maria Beatriz Roldão e Álvares, por todo apoio, ajuda, incentivo e acalantos nos momentos em que mais precisei. Minha mulher, Marina Praia, e meu filho, João Praia, que são meus parceiros de vida, obrigado pela compreensão e companhia, e desculpas pelos momentos ausentes.

Gostaria imensamente de agradecer aos curadores da Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUNB), Museu de História Natural Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG), Coleção Célio F.B. Haddad, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP (CFBH), Coleção de Zoologia da Universidade Federal de Goiás (CZUFG) e Coleção Herpetológica do Centro de Estudos e Pesquisas da Universidade Católica de Goiás (CPEB-UCG), que facilitaram o acesso ao acervo e foram extremamente hospitaleiros.

Por último, gostaria de agradecer ao apoio financeiro concedido pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, sem esse apoio seria impossível coletar as informações úteis à taxonomia, e conservação das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis*.

RESUMO

TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL E CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *PHYLLOMEDUSA* DO GRUPO *HYPOCHONDRIALIS*

Autor: Guilherme Fajardo Roldão Álvares

Orientador: Dr. Reuber Albuquerque Brandão

Programa de Pós graduação em Ciências Florestais

Brasília, mês de Fevereiro (2009)

Os anfíbios estão entre os vertebrados terrestres que possuem a maior riqueza de espécies no mundo e maiores índices de declínios e extinções constatados. Dentre os anfíbios anuros a subfamília Phyllomedusinae se destaca por apresentar características únicas como coloração dorsal verde, pupilas na posição vertical e secreções cutâneas promissoras na indústria farmacológica. O gênero *Phyllomedusa* é composto por 32 espécies distribuídas em quatro grupos fenéticos, onde se destaca o grupo *hypochondrialis* por possuir maior número de espécies. O presente estudo apresenta informações inéditas sobre a vocalização e a biologia reprodutiva de algumas espécies do grupo *hypochondrialis*, incluindo a espécie criticamente ameaçada de extinção, análises estatísticas utilizando variáveis morfométricas dos adultos, vocalização e desova foram conduzidas para propor novos arranjos taxonômicos. Modelagem de distribuição geográfica das espécies utilizando o algoritmo de Máquinas de Suporte Vetorial foi utilizado para prever a ocorrência das espécies e apontar áreas adequadas a ocorrência de novas populações e novas espécies no Brasil. O resultado das análises estatísticas mostram a existência de dois grupos ecologicamente e morfologicamente distintos dentro do grupo *hypochondrialis*, grupo *megacephala* e grupo *hypochondrialis*. Os modelos preditivos revelaram uma distribuição do grupo *megacephala* associada às regiões serranas do planalto central brasileiro e indicaram as

áreas da Chapada dos Parecis e Chapada da Diamantina como potenciais regiões para à ocorrência de novas populações e até novas espécies de *Phyllomedusa* do grupo *megacephala*. Por fim, sugerimos a inclusão das espécies de phyllomedusa com padrão reticulado nos flancos na lista dos animais ameaçados na categoria de vulneráveis devido a restrita distribuição, rápida alteração dos ambientes naturais e por apresentar características comuns às espécies de anfíbios extintos ou com declínios na população.

**ABSTRACT
TAXONOMY, POTENCIAL GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION AND
CONSERVATION OF *PHYLLOMEDUSA* FROM *HYPOCHONDRIALIS* SPECIES
GROUP**

Author: Guilherme Fajardo Roldão Álvares

Supervisor: Dr. Reuber Albuquerque Brandão

Programa de Pós graduação em Ciências Florestais

Brasília, month of February (2009)

Amphibians are among the terrestrial vertebrates with most species richness in the world and also with greatest numbers of extinctions and population declines. Within the amphibians the subfamily Phyllomedusinae stands out for its green dorsal coloration, vertical pupils and promising cutaneous secretion for pharmacological uses. The genus *Phyllomedusa* is composed by 32 species distributed in four phenetic groups, where *hypochondrialis* group is highlighted for possessing larger number of species. The present study presents unpublished data about vocalization and reproductive biology of some species from the *hypochondrialis* species group including a critically endanger species. Statistical analyses were conducted and a new taxonomic arrangement was proposed based on adult morphological measures, call and nest variables. Models of species potential geographical distribution were conducted using support vector machines and suitable regions for the occurrence of new populations and new species related to the group were pointed out in Brazil. The statistical results revealed the existence of two species groups morphologically and ecologically distinct within the *hypochondrialis* species group, *megacephala* and *hypochondrialis* group. Predictive models revealed that *Phyllomedusa megacephala* species group are associated to the Brazilian plateau and areas of Chapada dos

Parecis and Chapada Diamantina were pointed out as potential regions for the occurrence of new populations and even new species of this group. Finally, we suggest that the *Phyllomedusa* species with reticulated patterns on flanks may need to be included on the red list under the category of vulnerable species for its restricted distribution, loss of habitat and also for its biological similarities with frogs with known population declines and extinctions.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - MORFOMETRIA, VOCALIZAÇÃO E DESOVAS DAS ESPÉCIES DE <i>PHYLLOMEDUSA</i> DO GRUPO <i>HYPOCHONDRIALIS</i>	8
2.1 –REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.2 - MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.2.1 - Área de estudo.....	11
2.2.2 - Metodologia	11
2.2.3 - Análises comparativas	13
2.3 - RESULTADOS	14
2.3.1 - Vocalização.....	14
2.3.2 - Desovas.....	19
2.3.3 - Comparações quantitativas.....	20
2.3.3.1 - Morfometria	20
2.3.3.2 - Vocalização	28
2.3.3.3 - Desova	31
2.4 - DISCUSSÃO	34
2.5 - CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICES	45
3 - MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DAS ESPÉCIES DE <i>PHYLLOMEDUSA</i> DO GRUPO <i>HYPOCHONDRIALIS</i>	54
3.1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	53
3.2 - MATERIAIS E MÉTODOS	58
3.3 - RESULTADOS	60
3.3.1 - Distribuição potencial das espécies de <i>Phyllomedusa</i> do grupo <i>hypochondrialis</i>	60
3.3.2 - Potencial ocorrência para os subgrupos no Brasil.....	78
3.4 - DISCUSSÃO	81
3.5 - CONSERVAÇÃO	84

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....89

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Autovetores da análise de componentes principais e a variação explicada pelos dois primeiros componentes	22
Tabela 2.2. Resultado do teste de Tukey para comparações múltiplas, utilizando componente 1.	24
Tabela 2.3. Resultado do teste de Tukey para comparações múltiplas, utilizando componente 2.	25
Tabela 2.4. Coeficientes das variáveis morfométricas e a porcentagem da variação nas funções discriminantes.....	27
Tabela 2.5. Coeficientes das variáveis de canto e a porcentagem da variação explicada por cada função discriminante.....	30
Tabela 2.6. Coeficientes das variáveis de biologia reprodutiva e a porcentagem da variação explicada por cada função discriminante.....	32
Tabela 3.1. Valores da modelagem de distribuição para as espécies de <i>Phyllomedusa</i> do grupo <i>hypochondrialis</i>	81
Tabela 3.2. Espécies da subfamília Phyllomedusinae considerados como extinta (EX), criticamente ameaçada (CR), ameaçada (EN) e vulnerável (VU), de acordo com IUCN . As principais ameaças: destruição de habitat (DH), quitridiomicrose (QI) e Comércio ilegal (CI).....	86
Tabela 3.3. Espécies da subfamília Phyllomedusinae classificadas com quase ameaçada (NT) e dados insuficientes (DD), pela IUCN.....	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Vocalização de anúncio de <i>Phyllomedusa oreades</i> . (A) Oscilograma, (B) oscilograma da nota, (C) espectrograma e (D) espectro de potência.....	15
Figura 2.2. Vocalização de anúncio de <i>Phyllomedusa ayeaye</i> . (A) Oscilograma, (B) oscilograma da nota, (C) espectrograma e (D) espectro de potência.....	16
Figura 2.3. Vocalização de anúncio de <i>Phyllomedusa megacephala</i> . (A) Oscilograma, (B) oscilograma da nota, (C) espectrograma e (D) espectro de potência.....	17
Figura 2.4. Vocalização de anúncio de <i>Phyllomedusa centralis</i> . (A) Oscilograma, (B) oscilograma da nota, (C) espectrograma e (D) espectro de potência.....	18
Figura 2.5. Vocalização de anúncio de <i>Phyllomedusa nordestina</i> . (A) Oscilograma, (B) oscilograma da nota, (C) espectrograma e (D) espectro de potência.....	19
Figura 2.6. Desova de <i>Phyllomedusa oreades</i>	20
Figura 2.7. Correlação das variáveis originais com os Componentes Principais	21
Figura 2.8. Gráfico da Análise de Componentes Principais para o logaritmo das medidas morfométricas dos indivíduos adultos.....	23
Figura 2.9. Dendrograma das espécies de <i>Phyllomedusa</i> do grupo <i>hypochondrialis</i> de acordo com as duas variáveis derivadas da PCA	26
Figura 2.10. Gráfico da Análise Discriminante para o logaritmo das variáveis morfométricas das espécies de <i>Phyllomedusa</i>	28
Figura 2.11. Dendrograma das espécies de <i>Phyllomedusa</i> do grupo <i>hypochondrialis</i> de acordo com as variáveis do canto de anúncio	29
Figura 2.12. Gráfico da Análise Discriminante para as variáveis da vocalização das espécies de <i>Phyllomedusa</i>	31
Figura 2.13. Dendrograma das espécies de <i>Phyllomedusa</i> do grupo <i>hypochondrialis</i> de acordo com as distâncias das médias da variável número de ovos por ninho	32
Figura 2.14. Gráfico da Análise Discriminante para as variáveis de desova.....	33
Figura 3.1. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa araguari</i>	62
Figura 3.2. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa ayeaye</i>	64
Figura 3.3. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa azurea</i>	65
Figura 3.4. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa centralis</i>	67
Figura 3.5. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa hypochondrialis</i>	68
Figura 3.6. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa itacolomi</i>	70

Figura 3.7. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa oreades</i>	71
Figura 3.8. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa megacephala</i>	73
Figura 3.9. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa nordestina</i>	74
Figura 3.10. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa palliata</i>	76
Figura 3.11. Mapa da distribuição potencial de <i>Phyllomedusa rohdei</i>	77
Figura 3.12. Mapa da distribuição potencial do subgrupo <i>hypochondrialis</i>	79
Figura 3.13. Mapa da distribuição potencial do subgrupo <i>megacephala</i>	80

LISTA DE ABREVIACÕES

AB	- Antebraço
AC	- Altura da Cabeça
BR	- Comprimento da Cabeça
CCX	- Comprimento da Coxa
CI	- Comércio Ilegal
CM	- Comprimento da Mandíbula
CR	- Críticamente Ameaçado
CRA	- Comprimento Rostro-Anal
CTB	- Comprimento da Tíbia
DH	- Destruição de Hábitat
DIN	- Distância Internasal
DIO	- Distância Interorbital
DNO	- Distância Olho-Nariz
DO	- Diâmetro do Olho
DT	- Diâmetro do Tímpano
EN	- Ameaçado
EX	- Extinto
LC	- Largura da Cabeça
MAO	- Mão
NT	- Quase Ameaçado
PE	- Pé
QM	- Quitridiomicose
TA	- Comprimento do Tarso
VU	- Vulnerável

1 – INTRODUÇÃO

Os anfíbios estão entre os vertebrados que possuem a maior riqueza de espécies no mundo. Atualmente existem 6.347 espécies descritas (FROST, 2008) e a região Neotropical é considerada a região com maior diversidade, possuindo aproximadamente 50% de toda anfíbiofauna conhecida (DUELLMAN, 1999). No ano de 2008, a Sociedade Brasileira de Herpetologia (SBH, 2008) compilou uma lista de espécies de anfíbios que colocou o Brasil no topo do quadro mundial de diversidade, com 841 espécies conhecidas distribuídas em três ordens, sendo: 813 anfíbios anuros, 27 cecílias (*Gymnophiona*) e uma salamandra (*Caudata*). Em seguida no ranking mundial estão a Colômbia, com 714 espécies, e o Equador, com 467 espécies descritas. O Brasil é também o país que possui o maior número de espécies endêmicas (534 espécies), com aproximadamente 65% dos anfíbios brasileiros ocorrem exclusivamente no território brasileiro (GAA, 2008). É possível que ainda existam aproximadamente 3.000 espécies de anfíbios desconhecidos e as Américas, por serem regiões com pouco esforço amostral, possuem um grande potencial de encontrar espécies novas. Existem no Brasil regiões que ainda nunca foram amostradas onde, simplesmente, não se conhece a anfíbiofauna.

Os anfíbios são ecologicamente muito importantes na dinâmica dos ecossistemas, pois desempenham a função, primária, de atuar como vetores no fluxo de nutrientes, conectando ecossistemas aquáticos e terrestres (SEMLITSCH, 2003). Por possuírem pele permeável, atuando com grande parcela na respiração, os anfíbios são animais extremamente sensíveis à poluição e a qualquer alteração no habitat, por isso são considerados excelentes bioindicadores (VITT et al, 1990; WAKE, 1991). Além do mais, as secreções cutâneas dos anfíbios anuros são importantes fontes de novos peptídeos antimicrobianos, promissores na indústria farmacológica (BRAND et al, 2002; VANCOMPERNOLLE, 2005; LORIN et al, 2005). Um exemplo disso são as dermaseptinas, encontradas na pele das espécies do gênero *Phyllomedusa*, que contem propriedades capazes de causar a morte do protozoário *Trypanosoma cruzi* (BRAND et al. 2002) sem danificar células sanguíneas, e também inibir a infecção e a transferência do vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) para células T (VANCOMPERNOLLE, 2005; LORIN et al. 2005).

As pererecas do gênero *Phyllomedusa* podem ser considerados alguns dos anfíbios mais carismáticos do mundo. A coloração dorsal verde, pupilas na posição vertical, locomoção por marcha lenta, a ovoposição feita em folhas pendentes acima da lâmina d'água e a presença de glândulas lipídicas são algumas das características únicas desses anfíbios. O nome *Phyllomedusa*, do grego *phyllos* = folha e *medusa* = protetora, faz alusão ao modo peculiar de vida desses animais essencialmente arborícolas. Atualmente, esse gênero é composto por 32 espécies distribuídas em quatro grupos fenéticos, embora existam espécies que não foram atribuídas a nenhum dos grupos. Esses grupos são caracterizados, principalmente, por compartilhar características exclusivas às espécies que os compõem, sem ainda uma definição filogenética.

O grupo fenético de *Phyllomedusa hypochondrialis* é o mais diverso, possuindo 11 espécies descritas, ocorrendo no Suriname, Brasil, norte da Argentina e Paraguai. Existem estudos que apontam a existência de dois subgrupos dentro desse grande grupo de espécies: o subgrupo *hypochondrialis* e o subgrupo *megacephala*, podendo ser distinguidos tanto pela ecologia e forma do girino, quanto pela ausência ou presença de padrão de desenho reticulado nos flancos dos indivíduos adultos (CRUZ, 1982; BRANDÃO, 2002).

Esse último subgrupo é especialmente importante, pois apresenta características comuns às espécies de anfíbios neotropicais que apresentam declínios e extinções (CRUMP, 2006), como distribuição restrita, associada às altas altitudes (acima de 800 m), deposição de ovos fora da água, uso de ambientes ripários e alta especificidade de habitats (BRANDÃO 2002, CARAMASHI 2006).

Ademais, de acordo com a Lista Oficial da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MMA, 2008) e a lista vermelha dos animais ameaçados, elaborada pela IUCN (União Internacional para Conservação da Natureza) uma espécie do subgrupo *megacephala* (*Phyllomedusa ayeaye*), é considerada criticamente ameaçada, devido ao tamanho reduzido da população e pela rápida destruição de áreas naturais para implementação de campos de pastagem (GAA, 2008). Entretanto, ARAÚJO et al (2007) sugere a retirada de *P. ayeaye* da lista de espécies ameaçadas, devido à existência de novas populações dentro de unidades de conservação.

Já as outras espécies do subgrupo *megacephala* não possuem seus “status” de ameaça avaliados, pois não existem dados suficientes para tal análise (GAA, 2008). A espécie *Phyllomedusa megacephala* é

restrita à região de altitude da Serra do Cipó, pertencente ao complexo serrano do Espinhaço em Minas Gerais. Nenhuma informação foi publicada até o momento relacionada à biologia e ecologia da espécie. *Phyllomedusa oreades* está associada às regiões de altitude do estado de Goiás, ocorrendo na Serra da Mesa, Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Parque Estadual da Serra do Pirineus e Fazenda Água Limpa (FAL), no Distrito Federal. *Phyllomedusa centralis* é conhecida apenas para a localidade-tipo (Chapada dos Guimarães, MT) e um único registro para região impactada pela UHE do Manso, Mato Grosso. As espécies *P. itacolomi* e *P. araguari* são espécies descritas recentemente e pouco se conhece sobre a sua distribuição geográfica, biologia e ecologia. *Phyllomedusa araguari* é aparentemente sinônimo júnior de *P. oreades* (BRANDÃO e ÁLVARES, no prelo).

Logo, existe uma grande escassez de informações relacionadas às espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* e dados complementares devem ser utilizados para analisar o arranjo taxonômico do grupo e produzir mapas de distribuição geográfica, úteis não somente para delimitar limites geográficos e inferir padrões biogeográficos, mas também para subsidiar ações eficazes para a conservação.

Nos dias atuais, a Biologia da Conservação enfrenta desafios que criam obstáculos para implementação de ações efetivas para conservação da natureza. Um dos desafios está em investir os poucos recursos financeiros e humanos destinados à preservação na proteção de maior quantidade e melhor qualidade de áreas naturais. Uma vez que, existe uma grande demanda de terras para a produção agropecuária, o tempo se torna um fator limitante e agravante nesse processo. Outro desafio é a grande lacuna que existe no atual conhecimento da biodiversidade e nos padrões responsáveis pela diversificação dos organismos. Dessa forma, os estudos taxonômicos e sistemáticos com grupos relevantes são imprescindíveis e devem ser incluídos na priorização de áreas para conservação (FUNK et al, 2001).

Nos últimos anos, tecnologias como sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm ajudado na elaboração de estratégias de conservação, permitindo que informações espaciais sejam organizadas e analisadas num contexto geográfico, criando mapas que reúnem informações de variáveis ambientais, fatores abióticos e distribuição de espécies. Dessa forma, é

possível desenvolver modelos capazes de modelar a distribuição potencial de espécies, combinando os dados primários de ocorrência e características ambientais relacionadas ao nicho ecológico das espécies.

Neste contexto, o algoritmo genético GARP (*Genetic Algorithm for Rule-set Production* – Algoritmo Genético para a Produção de Conjunto de Regras) tem sido comumente utilizado para desenvolver tais modelos de predição. O programa cria um conjunto de regras que descreve o nicho ecológico das espécies e um algoritmo genético seleciona regras que melhor expressam o padrão não-aleatório da distribuição. Outros algoritmos também utilizados para modelagem da distribuição de espécies são: Bioclim, MAXENT e Máquinas de Suporte Vetorial (MSV).

Devido ao grande custo associado a levantamentos de fauna e o tempo envolvido nesses estudos, a modelagem da distribuição potencial, surge como uma alternativa barata e eficaz. PETERSON et al (2000) e PETERSON (2001) demonstram que modelos de distribuição são instrumentos altamente confiáveis e que podem ser utilizados como análises de complementaridade na elaboração de Unidades de Conservação. COSTA et al (2007), utilizando a modelagem de nicho ecológico, previram a região do Cerrado com o maior potencial para a diversidade de répteis, e através de regressões múltiplas, identificaram quais as variáveis ambientais mais associadas à diversidade existente. Dessa forma, esses modelos são utilizados com sucesso, visando complementar o atual conhecimento da distribuição dos organismos, orientar esforços de amostragem e delimitar áreas prioritárias para conservação. Além do mais, o resultado da modelagem pode ajudar a inferir padrões ambientais, históricos e ecológicos responsáveis pela atual distribuição geográfica das espécies.

Desta forma, o presente trabalho apresenta informações inéditas e relevantes ao arranjo taxonômico das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis*, trazendo dados sobre a ecologia, vocalização e morfometria dos indivíduos adultos, além da modelagem da distribuição potencial das espécies. O trabalho é dividido em dois capítulos. O primeiro consiste na análise comparativa das espécies do grupo utilizando variáveis merísticas, variáveis do canto e variáveis de desova. Também são descritas as vocalizações ainda inéditas de algumas espécies do grupo (incluindo a espécie criticamente ameaçada *P. ayeaye*), a descrição da desova de *P. oreades* e *P. ayeaye*. Análises estatísticas são conduzidas separadamente para cada conjunto de dados, incluindo análises de

componentes principais (para os dados morfométricos), análises de variância (paramétrica e não paramétrica), análises de agrupamento e análises discriminantes. A segunda parte da dissertação consiste da previsão da distribuição das espécies do grupo, utilizando o algoritmo preditivo Máquinas de Suporte Vetorial. São elaborados mapas com a distribuição potencial das espécies e dos subgrupos de espécies no Brasil. O trabalho é finalizado com comentários sobre a conservação das espécies do grupo, com ênfase naquelas com padrão reticulado nos flancos.

RESUMO

MORFOMETRIA, VOCALIZAÇÃO E DESOVAS DAS ESPÉCIES DE *PHYLLOMEDUSA* DO GRUPO *HYPOCHONDRIALIS*

Autor: Guilherme Fajardo Roldão Álvares

Orientador: Dr. Reuber Albuquerque Brandão

Programa de Pós graduação em Ciências Florestais

Brasília, mês de Fevereiro (2009)

O gênero *Phyllomedusa* é composto por 32 espécies ocorrendo desde a Costa Rica até a Argentina. Atualmente, são reconhecidos quatro grupos fenéticos no gênero, *burmeisteri*, *hypochondrialis*, *tarsiis* e *perinesos*, dentre os quais se destaca o grupo *hypochondrialis* por possuir o maior número de espécies descritas. CRUZ (1982), através de características dos girinos propôs a existência de dois subgrupos de espécies dentro do grupo *hypochondrialis* (*megacephala* e *hypochondrialis*). No presente estudo apresentamos a vocalização de algumas espécies do grupo *hypochondrialis*, descrevemos as características dos ninhos de *P. oreades* e *P. ayeaye*, e empregamos análises quantitativas utilizando variáveis morfométricas, da vocalização e desova para propor novos arranjos taxonômicos para o grupo. O canto das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* possui estrutura harmônica e pulsada, entretanto o subgrupo *megacephala* diferenciou-se por possuir frequências de cantos mais graves do que as espécies do subgrupo *hypochondrialis* e, além disso, as espécies podem ser prontamente distinguidas pela frequência dominante e duração de nota. Ademais, as variáveis de desovas também discriminaram os subgrupos, sendo que o subgrupo *megacephala* apresenta desovas menores com ovos maiores que as espécies do subgrupo *hypochondrialis*. A morfometria também discriminou os subgrupos de espécies, sendo o subgrupo *megacephala* com cabeças, comprimento rostro-anal, mão e diâmetro de tímpano maiores do que as espécies do subgrupo *hypochondrialis*. Com isso, propomos a existência de dois grupos fenéticos morfologicamente e ecologicamente distintos, dentro do grupo fenético *hypochondrialis*.

ABSTRACT

MORPHOMETRY, CALLS AND NESTS OF *PHYLLOMEDUSA* SPECIES FROM *HYPOCHONDRIALIS* GROUP

Author: Guilherme Fajardo Roldão Álvares

Supervisor: Dr. Reuber Albuquerque Brandão

Programa de Pós graduação em Ciências Florestais

Brasília, month of February (2009)

The genus *Phyllomedusa* is composed of 32 species occurring from Panama to Argentina. The genus is divided into four species groups *burmeisteri*, *perinesus*, *tarsius* and *hypochondrialis*. The *hypochondrialis* species group is the most diverse, containing eleven known species. CRUZ (1982) proposed the existence of two subgroups within the *hypochondrialis* group based on external morphology of tadpoles (*megacephala* and *hypochondrialis*). Here, I present vocalizations of some species of the *hypochondrialis* group, describe clutch characteristics of *P. oreades* and *P. ayeaye* and, finally, conduct quantitative analyses using morphometric, call and clutch variables. The results are used to propose new taxonomic arrangements within the *Phyllomedusa* group. Vocalization of *hypochondrialis*' group is characterized by short pulsed note with harmonic structure; however, the *megacephala* subgroup posses lower dominant frequencies than species belonging to the *hypochondrialis* species group. Moreover, clutch characteristics also showed differences between the two subgroups, the species within the *megacephala* subgroup has smaller clutch size with larger eggs than species belonging to the *hypochondrialis* subgroup. Still, the morphometric variables corroborate the existence of two subgroups. Therefore, we propose the existence of an ecologically and morphologically distinct group of species within the *Phyllomedusa hypochondrialis* group.

2 – MORFOMETRIA, VOCALIZAÇÃO E DESOVAS DAS ESPÉCIES DE *PHYLLOMEDUSA* DO GRUPO *HYPOCHONDRIALIS*

2.1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A família Hylidae é constituída por aproximadamente 856 espécies composta por três grandes subfamílias, distribuídas nas Américas, oeste da Índia, Austrália/Papua-Nova Guiné, Eurásia e Japão (FAIVOVICH et al, 2005; FROST, 2008). Dentre essas três subfamílias, destaca-se a subfamília Phyllomedusinae, distribuída do México à Argentina, composta pelos gêneros *Agalychnis* Cope 1864, *Cruziophyla* Faivovich, Haddad, Garcia, Frost, Campbell e Wheller 2005, *Hylomantis* Peters 1873, *Pachymedusa* Duellman 1968, *Phasmahyla* Cruz 1990, *Phrynomedusa* Miranda-Ribeiro 1923 e *Phyllomedusa* Wagler 1830, totalizando 57 espécies conhecidas (CRUZ, 1982; CRUZ, 1990; BRANDÃO, 2002; CARAMASCHI, 2006; FAIVOVICH et al, 2005; FROST, 2008).

O monofiletismo dessa subfamília é suportado tanto por sinapomorfias moleculares quanto morfológicas (FAIVOVICH et al, 2005). Dentre as características morfológicas, a subfamília diferencia-se das demais por apresentar pupila vertical, coloração dorsal verde, locomoção por marcha lenta, vida arbórea, ovoposição em folhas acima da superfície da água (exceto em *Phrynomedusa*), discos e dedos muito estreitos e ausência de membranas interdigitais natatórias (exceto em *Agalychnis*) (FAIVOVICH et al, 2005). Já nos girinos, a posição ventrolateral do espiráculo, a presença de arco subocular do condrocânio e fenestras parietais secundárias são considerados caracteres sinapomórficos (CRUZ, 1982; CRUZ, 1990; FAIVOVICH et al, 2005). CRUZ (1982) e BRANDÃO (2002) notaram que os girinos de várias espécies de Phyllomedusinae são encontrados suspensos na coluna de água em posição inclinada ou vertical em relação à superfície, podendo ser mais uma evidência sinapomórfica. Além disso, os filomedusíneos são conhecidos pela presença de diferentes classes de peptídeos bioativos encontrados em sua secreção cutânea (BRAND et al, 2002), sugerindo ser este mais uma fonte de caracteres distintivos para a subfamília, ainda pouco explorados (FAIVOVICH et al, 2005).

O gênero *Phyllomedusa* ocorre da Costa Rica à Argentina, sendo composto por 32 espécies (DE LA RIVA, 1999; BRANDÃO, 2002; CARAMASCHI e CRUZ, 2002; FAIVOVICH et al, 2005; FROST, 2008). O gênero é caracterizado pela presença de glândulas paratóides, primeiro dedo do pé mais longo e mais robusto que o segundo, membranas interdigitais ausentes, dedos internos opostos aos laterais e ovoposição acima da superfície da água, aderida ao interior de uma folha dobrada, formando um ninho característico (LUTZ, 1950; KENNY, 1966; CRUZ, 1990; 1982; BRANDÃO, 2002; FAIVOVICH et al, 2005; CARAMASCHI, 2006). É comum às espécies do gênero a deposição de cápsulas gelatinosas junto às desovas, que evitam a perda de água dos ovos e os protege contra predação (DUELLMAN e TRUEB, 1994). A secreção de lipídeos e o comportamento de esfregar o corpo já foram descritos para sete espécies do gênero. Essas são as únicas espécies dentre os anfíbios com glândulas cutâneas de lipídeos, além das glândulas mucosas. A sua secreção lipídica forma na pele uma fina camada impermeável, que protege da perda de água. Tal característica é considerada uma aparente sinapomorfia do gênero (DUELLMAN e TRUEB, 1994; FAIVOVICH et al, 2005).

Os girinos de *Phyllomedusa* possuem boca em posição anterior, circundada por uma franja dérmica coberta com papilas, amplamente interrompida na margem anterior da boca. O lábio superior apresenta duas séries de dentículos córneos, sendo a segunda fileira interrompida medianamente. O lábio inferior apresenta três séries de dentículos. A fórmula dentária dos girinos (LTRF) do gênero é 2(2)/3(1). Outras características são os olhos laterais, corpo alongado em formato trapezoidal, a extremidade da cauda com aspecto flageliforme, muitas vezes curvada para a superfície ventral, nadadeira ventral maior que nadadeira dorsal. A nadadeira ventral inicia-se no abdômen, e se estende até a ponta da cauda (CRUZ, 1982; ALTIG e MCDIARMID, 1999; BRANDÃO, 2002).

Atualmente são reconhecidos quatro grupos de espécies no gênero *Phyllomedusa*: *hypochondrialis* (11 espécies), *burmeisteri* (4 espécies), *perinesos* (4 espécies) e *tarsius* (5 espécies), embora algumas espécies ainda não estão incluídas em nenhum grupo fenético (FAIVOVICH et al, 2005).

CRUZ (1982), através de caracteres morfológicos dos girinos de diferentes espécies de *Phyllomedusa*, propôs a existência de dois subgrupos distintos dentro do grupo *hypochondrialis*: *hypochondrialis* compreendendo *P. hypochondrialis*, *P. azurea*, *P. nordestina* (= *P. hypochondrialis*,

ver CARAMASCHI, 2006) e *P. rohdei*, que apresentam bico córneo em forma de arco, a terceira série inferior de dentículos córneos com extensão menor que a metade das demais, abertura do espiráculo protegida por opérculo e a ocorrência em ambientes lênticos, e *megacephala*, compreendendo as espécies *P. megacephala* (= *P. centralis*, ver CARAMASCHI 2006), *P. oreades* e *P. ayeaye*, com espessamento mediano do bico córneo, a terceira série inferior de dentículos córneos com extensão maior que a metade das demais, espiráculo exposto sem a proteção por opérculo e a reprodução em pequenos riachos encachoeirados (com exceção de *P. ayeaye*) (CARDOSO et al, 1989), em áreas abertas de campo de altitude, em altitudes acima de 900 metros (CRUZ, 1982; BRANDÃO, 2002, BRANDÃO et al, submetido).

CARAMASCHI (2006) redefiniu o grupo *hypochondrialis* baseado principalmente nos caracteres morfológicos dos adultos e girinos. No trabalho, o autor descreve *Phyllomedusa nordestina*, redescreve *P. megacephala*, inclui *P. palliata* ao grupo e revalida *P. azurea*, considerada até então, uma subespécie de *P. hypochondrialis*, mas não comenta sobre a possibilidade da existência de subgrupos dentro do grupo *hypochondrialis*, deixando dúvidas sobre seu monofiletismo. Além disso, os girinos de *P. centralis*, *P. itacolomi* e *P. palliata* são desconhecidos, trazendo incertezas na inclusão dessas espécies nos subgrupos. A partir desse momento o grupo é composto pelas espécies *P. hypochondrialis*, *P. rohdei*, *P. palliata*, *P. nordestina*, *P. azurea*, *P. ayeaye*, *P. megacephala*, *P. oreades* e *P. centralis* (CARAMASCHI, 2006). Entretanto, dados moleculares, não agrupam *P. palliata* em nenhum dos grupos fenéticos conhecidos (FAIVOVICH et al 2005). *Phyllomedusa itacolomi* Caramaschi e Feio, 2006 e *P. araguari* Giarretta, Filho e Kokubum, 2007, foram descritas e inseridas ao grupo (FROST, 2008; CARAMASCHI e FEIO, 2006; GIARETTA et al, 2007).

Desta forma, o presente trabalho apresenta informações inéditas e relevantes ao arranjo taxonômico das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis*, trazendo dados sobre a ecologia, vocalização e morfometria dos indivíduos adultos, além da modelagem da distribuição potencial das espécies. O trabalho é finalizado com comentários sobre a conservação das espécies do grupo, com ênfase naquelas com padrão reticulado nos flancos.

O presente capítulo tem como objetivo (1) descrever as vocalizações de *Phyllomedusa ayeaye*, *P. oreades* e *P. nordestina*, e redescrever a vocalização de *P. megacephala*; (2) descrever a desova de

P. oreades e *P. ayeaye*; (3) comparar quantitativamente as espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondralis* utilizando as variáveis morfométricas dos indivíduos adultos, variáveis da vocalização e variáveis de desova; e (4) propor um novo arranjos taxonômico para o grupo com base nos dados apresentados.

2.2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 - ÁREA DE ESTUDO

As coletas de campo foram realizadas nas localidades-tipo de *Phyllomedusa oreades* (Minaçu, GO), *P. ayeaye* (Poços de Caldas, MG), *P. megacephala* (Jaboticatubas, MG), *P. centralis* (Chapada dos Guimarães, MT) e *P. araguari* (Perdizes, MG). *Phyllomedusa nordestina* foi coletada em Anagé (BA), distante 150 Km da localidade-tipo (Maracás, BA). Foram também amostradas Unidades de Conservação de Proteção Integral e as Unidades de Conservação de Uso Sustentável próximas às localidades tipo, que contemplam a distribuição conhecida para algumas das espécies e que possivelmente podem abrigar novas populações das espécies do grupo. Entre elas: Parque Nacional Chapada dos Guimarães (MT), P.N. Chapada dos Veadeiros (GO), Parque Estadual da Serra dos Pirineus (GO), P.E. Serra de Caldas (GO), P.N. da Serra da Canastra (MG), P.N. da Serra do Cipó (MG) e ARIE Tapetinga/Taquara (DF).

Os dados morfométricos dos adultos foram tomados em coleções e museus de herpetologia do Brasil: Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUNB), Museu de História Natural Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG), Coleção Célio F.B. Haddad, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP (CFBH), Coleção de Zoologia da Universidade Federal de Goiás (CZUFG) e Coleção Herpetológica do Centro de Estudos e Pesquisas da Universidade Católica de Goiás (CPEB-UCG).

2.2.2 - METODOLOGIA

As coletas de campo consistiram na busca ativa por indivíduos, adultos, girinos, e por desovas. Quando os indivíduos em atividade reprodutiva eram localizados, os cantos eram gravados e os

testemunhos coletados e fixados em solução de formal a 10%. As coletas foram restringidas ao máximo de 10 indivíduos adultos, girinos e desovas, e até três indivíduos da espécie ameaçada *P. ayeaye*. Os girinos e as desovas foram fixadas em solução formalina 5%. O material coletado foi depositado na Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUNB). A autorização de coleta dos exemplares foi concedida pelo IBAMA (processo número: 02001, 006711/06-15, licença número: 313/2006).

Foram tomadas 17 medidas morfométricas de 465 indivíduos adultos de nove espécies do grupo *hypochondrialis*: *P. ayeaye* (n = 12), *P. azurea* (n = 256), *P. centralis* (n = 6), *P. hypochondrialis* (n=29), *P. itacolomi* (n = 14), *P. megacephala* (n=30), *P. nordestina* (n=51), *P. oreades* (n = 28) e *P. rohdei* (n = 35). As variáveis morfométricas dos adultos, tomadas com paquímetro digital de precisão 0,01 mm, são: comprimento rostro-anal (CRA), altura da cabeça (AC), comprimento da cabeça (CC), largura da cabeça (LC), comprimento da mandíbula (CM), diâmetro do tímpano (DT), diâmetro do olho (DO), distância interorbital (DIO), distância internasal (DIN), distância narina-olho (DNO), braço (BR), antebraço (AB), mão (M), coxa (CCX), tíbia (CTB), tarso (TA) e pé (PE), seguindo HEYER et al (1990) e BRANDÃO (2002). Nenhum indivíduo adulto de *P. palliata* foi medido e, portanto, não foi incluída nas análises da morfometria

Foi gravada a vocalização de anúncio de indivíduos de *Phyllomedusa ayeaye* (n = 6), *P. centralis* (n = 4), *P. megacephala* (n = 4) e *P. oreades* (n = 3) nas respectivas localidades tipo: Poços de Caldas (MG), Chapada dos Guimarães (MT), Jaboticatubas (MG) e Minaçu (GO). A vocalização de *P. nordestina* é proveniente da localidade de Anagé (BA), distante 150 km da localidade tipo (Maracás, BA). Um indivíduo adicional de *P. oreades* foi gravado em Cocalzinho de Goiás (GO). As vocalizações foram digitalizadas em resolução de 16 bits e taxa de amostragem (sample rate) de 24 KHz, usando o programa Cool Edit 2000[®]. Os parâmetros físicos do canto: frequência dominante, frequência fundamental, duração do canto, duração da nota, número de notas por canto e número de pulsos por nota, foram extraídos utilizando o programa de análise de som SoundRuler (GRIDIPAPP, 2007).

Dados complementares da vocalização de *Phyllomedusa. azurea* e *P. rohdei* foram extraídos aleatoriamente de um conjunto de valores com médias e desvios padrão conhecidos (GUIMARÃES et

al 2001; WOGEL et al, 2004). Dados da vocalização de *P. centralis* foram extraídos de BRANDÃO et al (submetido). GIARETTA et al (2007) apresentou a vocalização de um indivíduo de *P. megacephala* que foi incluído nas análises. *Phyllomedusa hypochondrialis*, *P. itacolomi* e *P. palliata* não fizeram parte da análise de vocalização, pois não possuem os cantos descritos.

Foram coletadas desovas de *Phyllomedusa ayeaye* (n = 7) e *P. oreades* (n = 7) na localidade tipo (MG) e na ARIE Tapetinga/Taquara (DF), respectivamente. Foram tomadas medidas do comprimento total da folha onde o ninho foi depositado, largura da folha, comprimento da desova, largura da desova, número de ovos por desova, diâmetro dos ovos e diâmetro das cápsulas gelatinosas, com auxílio de paquímetro digital de precisão 0,01 mm. As comparações com as outras espécies do grupo foram realizadas baseadas em dados de diâmetro do ovo e número de ovos extraídos aleatoriamente de um conjunto de valores com médias e desvios padrão existentes na literatura (PYBURN e GLIDEWELL, 1971; WOGEL et al, 2004; COSTA, 2008; PEZUTTI et al, submetido).

2.2.3 - ANÁLISES COMPARATIVAS

Foram realizadas análises estatísticas separadamente para cada um dos conjuntos de dados (morfometria, vocalização e desova) devido a diferença no número de amostras de cada conjunto. Para testar a diferença entre subgrupos, as espécies foram, a princípio, distribuídas em dois subgrupos, com base em informações da literatura sobre ecologia e morfologia dos adultos girinos (PYBURN e GLIDEWELL, 1971; CRUZ, 1982; BRANDÃO, 2002, CARAMASCHI, 2006; CARAMASCHI e FEIO, 2006 e GIARETTA et al, 2007): o subgrupo *megacephala*, proposto por BRANDÃO e colaboradores (submetido), composto pelas espécies com padrão reticulado nos flancos (*P. ayeaye*, *P. centralis*, *P. itacolomi*, *P. megacephala* e *P. oreades*) e as espécies do subgrupo *hypochondrialis* que não apresentam o padrão reticulado (*P. azurea*, *P. hypochondrialis*, *P. nordestina* e *P. rohdei*).

Para detectar diferenças entre as espécies do grupo *hypochondrialis* utilizando as 17 variáveis métricas, os valores foram transformados em logaritmo na base 10 para corrigir desvios de simetria (ZAR, 1998). Em seguida, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando

uma matriz de correlação, com o objetivo de diminuir o conjunto de variáveis originais em eixos canônicos, ou componentes principais independentes, de modo que os primeiros componentes maximizam a variação total existente nos dados (QUINN e KEOUGH, 2002). Logo após, foram conduzidas Análises de Variâncias (ANOVA) e teste de comparações múltiplas de Tukey (TukeyHSD) nas médias dos escores dos componentes principais, para testar as hipóteses. Utilizando as distâncias euclidianas dos centróides dos componentes principais, foi feita uma análise de agrupamento com as espécies do grupo. Para saber quais variáveis morfométricas possuem maior poder discriminante para as espécies, foi empregada uma análise discriminante (TABACHNICK e FIDELL, 2001).

Para detectar diferenças entre as espécies, utilizando as variáveis de desova e vocalização, foi conduzido um teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, devido a desvios de normalidade nos dados causados pelo baixo número de amostras (ZAR, 1998). Em seguida, foi conduzida uma análise de agrupamento das espécies utilizando as distâncias euclidianas dos centróides, para vocalização, e para desova, utilizando apenas as distâncias das médias do número de ovos por ninho. Por fim, foi realizado uma análise discriminante para descobrir quais variáveis melhor discriminam as espécies. Essas variáveis foram padronizadas para valores de z antes da análise discriminante (QUINN e KEOUGH, 2002).

As análises estatísticas foram conduzidas no programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2006), com nível de significância de 0,05. As análises discriminantes foram produzidas utilizando o pacote MASS (VENABLES e RIPLEY, 2002) e as análises de agrupamento utilizando o pacote VEGAN (OKSANEN et al, 2007). No decorrer do texto, são mostrados os dados como médias \pm desvio padrão.

2.3 - RESULTADOS

2.3.1 - VOCALIZAÇÃO

Phyllomedusa oreades – Indivíduos de *P. oreades* (n = 4) foram gravados vocalizando em arbustos e gramíneas marginais a poços e remansos de pequenos riachos temporários nas encostas da Serras

dos Pireneus, Goiás (-15°48'21" S; -48°51'30" O) no dia 1 de Dezembro de 2005, temperatura do ar 18,1°C, e topo de chapadas de Minaçu, Goiás (-13°47'07" S; -48°17'35" O) no dia 01 de Março de 2007, temperatura do ar 20°C. A vocalização é caracterizada por uma nota simples pulsada, possuindo ou não frequência fundamental (Fig. 2.1). A duração da nota foi de $29,7 \pm 4,0$ msec (n = 114 notas). A frequência dominante foi 1681 ± 65 Hz (n = 114) e frequência fundamental 1243 ± 63 Hz (n = 35). A duração do pulso foi de $6,6 \pm 1,1$ msec (n = 114) e o número médio de pulsos por nota $3,9 \pm 0,2$ pulsos/nota (n = 114) (Apêndice A).

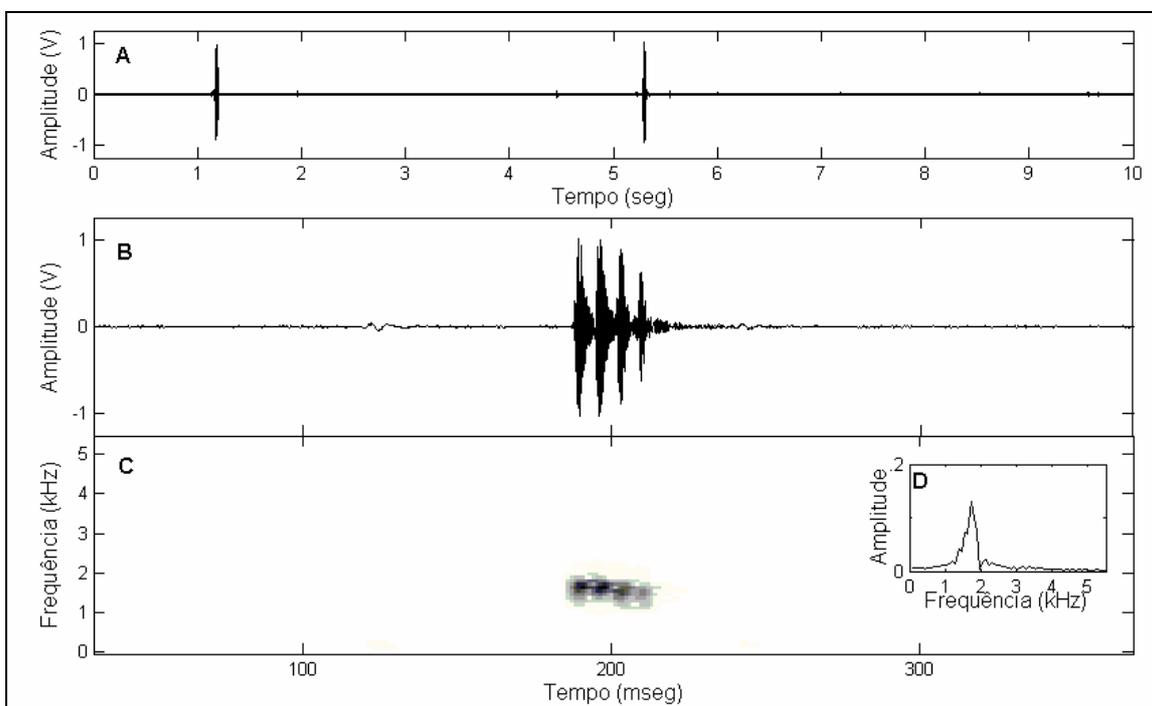


Figura 2.1. Vocalização de anúncio de *P. oreades*. (A) Oscilograma, (B) oscilograma da nota, (C) espectrograma e (D) espectro de potência.

Phyllomedusa ayeaye – No dia 18 de Dezembro de 2007 foram observados indivíduos de *P. ayeaye* (n = 7) vocalizando na vegetação ripária de riachos temporários, drenagens e erosões naturais do relevo nas encostas do Morro do Ferro (Poços de Caldas – MG), em altitudes superiores a 1300 m (-21°53'51" S; -46°32'42" O). A temperatura do ar no momento da gravação das vocalizações foi 18,8°C. A vocalização é constituída por uma única nota possuindo de 3 a 6 pulsos, ocupando uma banda larga na frequência (Fig. 2.2). A duração da nota foi de $50 \pm 12,4$ msec (n = 25 cantos) e a

duração do primeiro pulso na nota foi $8,2 \pm 2,5$ (n = 25). A frequência fundamental da nota foi de $1242 \pm 65,7$ e frequência dominante $1572 \pm 183,8$ (n = 25) (Apêndice A). O grande desvio padrão observado na frequência dominante pode estar associado às modulações na frequência onde, em alguns momentos, a frequência fundamental passa ser a frequência dominante.

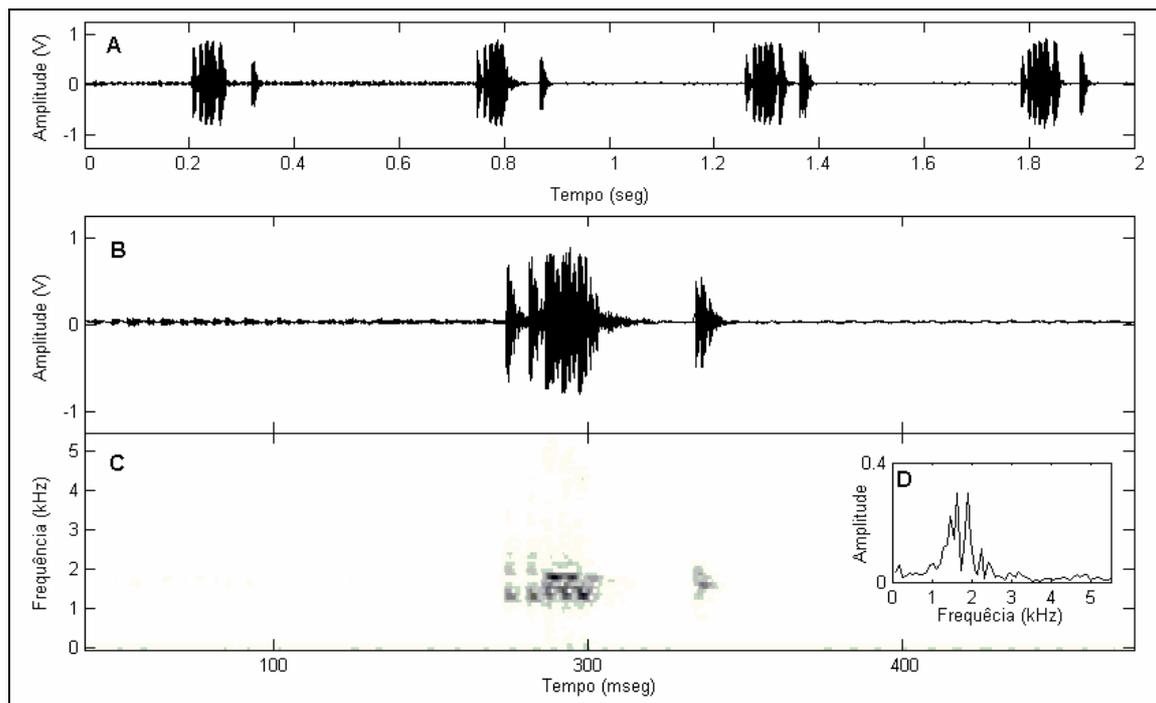


Figura 2.2. Vocalização de anúncio de *P. ayeaye*. (A) Oscilograma, (B) oscilograma da nota, (C) espectrograma e (D) espectro de potência.

Phyllomedusa megacephala – O canto de *P. megacephala* foi obtido no dia 23 de Dezembro de 2005 de machos (n = 4) vocalizando em pequenos arbustos sobre poços de riachos de fundo rochoso, associado a fitofisionomia de campo rupeste, em altitudes acima de 900 m ($-19^{\circ}08'26''$ S; $43^{\circ}37'22''$ O). A temperatura registrada no momento da gravação foi 23°C . *P. megacephala* possui um repertório composto por dois tipos de cantos: canto simples e canto duplo. O canto simples é composto por uma nota harmônica possuindo de 7 a 10 pulsos. A frequência dominante foi de 1952 ± 89 Hz (n = 26) e a duração do canto $87,1 \pm 20,7$ mseg (n = 26). A duração média do pulso foi de $4,6 \pm 1,1$ mseg (n = 26) (Apêndice A). O canto duplo possui duas notas harmônicas mais longas

possuindo até 11 pulsos e emitidas em sequência (Fig. 2.3). A duração média do canto duplo foi $322,8 \pm 36,4$ mseg ($n = 26$).

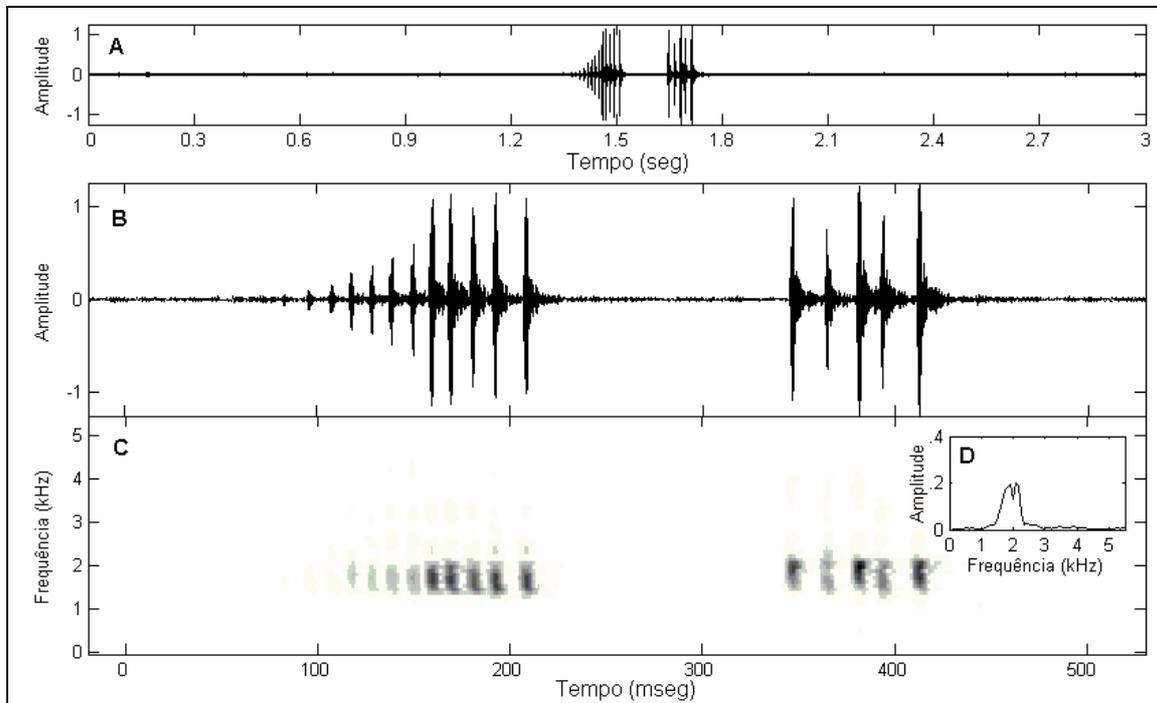


Figura 2.3. Vocalização de anúcio duplo de *P. megacephala*. (A) Oscilograma, (B) oscilograma da nota, (C) espectrograma e (D) espectro de potência.

Phyllomedusa centralis – Indivíduos de *P. centralis* foram observados vocalizando na cabeceira do rio Congonhas (P.N Chapada Diamantina; 15°31'23" S; 55°53'34" O) no dia 15 de Outubro de 2004 e entre os dias 19 e 21 de Dezembro de 2004. A temperatura do ar no momento das gravações variaram de 23,2°C a 26,5°C. O canto de *Phyllomedusa centralis* pode ser dividido em duas categorias: canto simples que consiste de uma nota curta e pulsada e canto duplo, que consiste de duas notas simples emitidas em sequência.(Fig. 2.4). A duração média da nota foi de $40,5 \pm 12,83$ mseg ($n=241$). A frequência fundamental média foi de 1.119 ± 114 Hz ($n=241$), e a frequência dominante média foi 1.527 ± 154 Hz ($1.119 - 1.747$ Hz; $n=241$) (Tabela1). O número médio de pulsos por nota foi $4,32 \pm 0,88$ (3 - 7), sendo que a duração do primeiro pulso foi $3,15 \pm 0,81$ (1,9 – 5,4; $n=241$). A duração média do pulso pelo intervalo entre os pulsos foi $0,676 \pm 0,171$ (0,285 –

1,214; n=241). A razão de notas emitidas por minutos foi $2,91 \pm 0,61$ (2,36 – 3,75). O canto duplo durou em média $336,56 \pm 46,73$ msec (251,4 – 466,3; n=123).

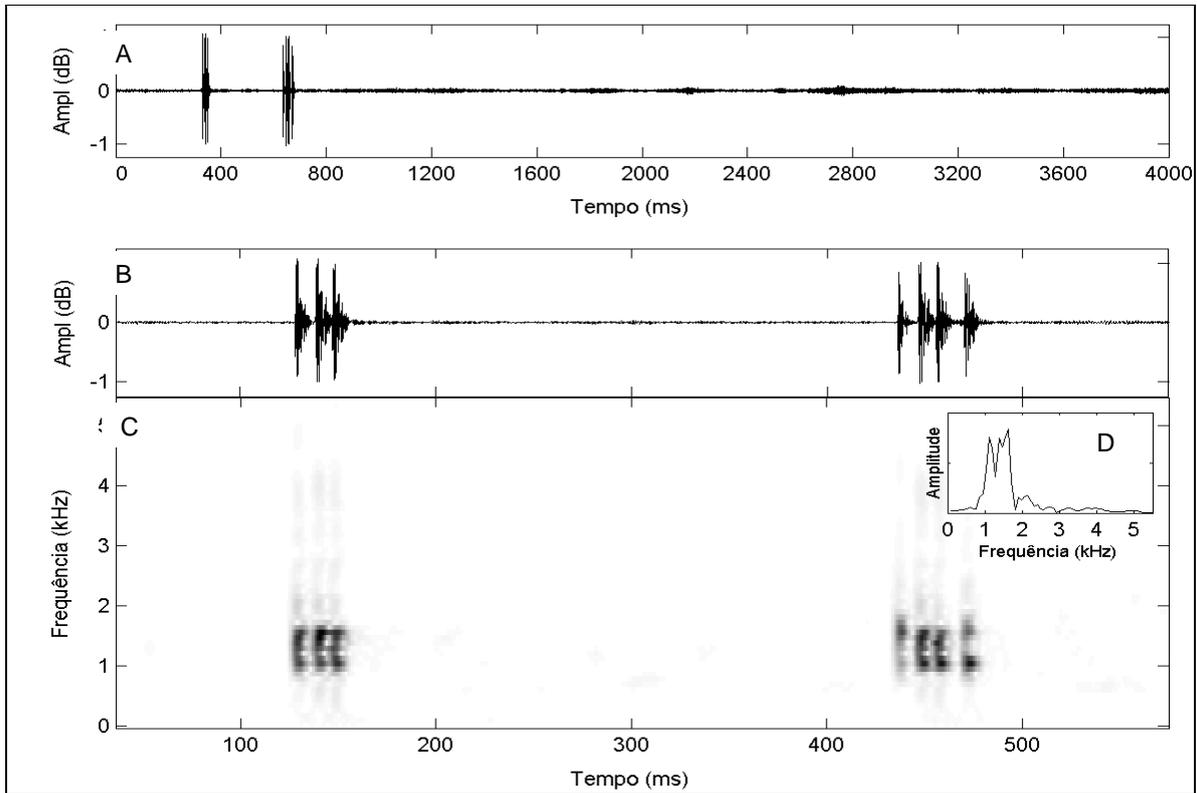


Figura 2.4. Vocalização de anúncio duplo de *P. centralis*. (A) Oscilograma, (B) oscilograma da nota, (C) espectrograma e (D) espectro de potência.

Phyllomedusa nordestina – Seis indivíduos foram gravados vocalizando e no total vinte cantos foram analisados. A vocalização de *P. nordestina* caracteriza-se por uma curta nota pulsada ($4,02 \pm 0,9$ pulsos/nota; n = 20) podendo possuir frequência fundamental (Fig. 2.5). A duração média da nota foi de $23,7 \pm 8,3$ msec (n = 20) e a duração média do primeiro pulso da nota $4,4 \pm 0,6$ msec (n = 20). A frequência dominante foi de $1995 \pm 80,5$ Hz (n = 20) e a frequência fundamental $1861 \pm 138,4$ Hz (n = 4) (Apêndice A).

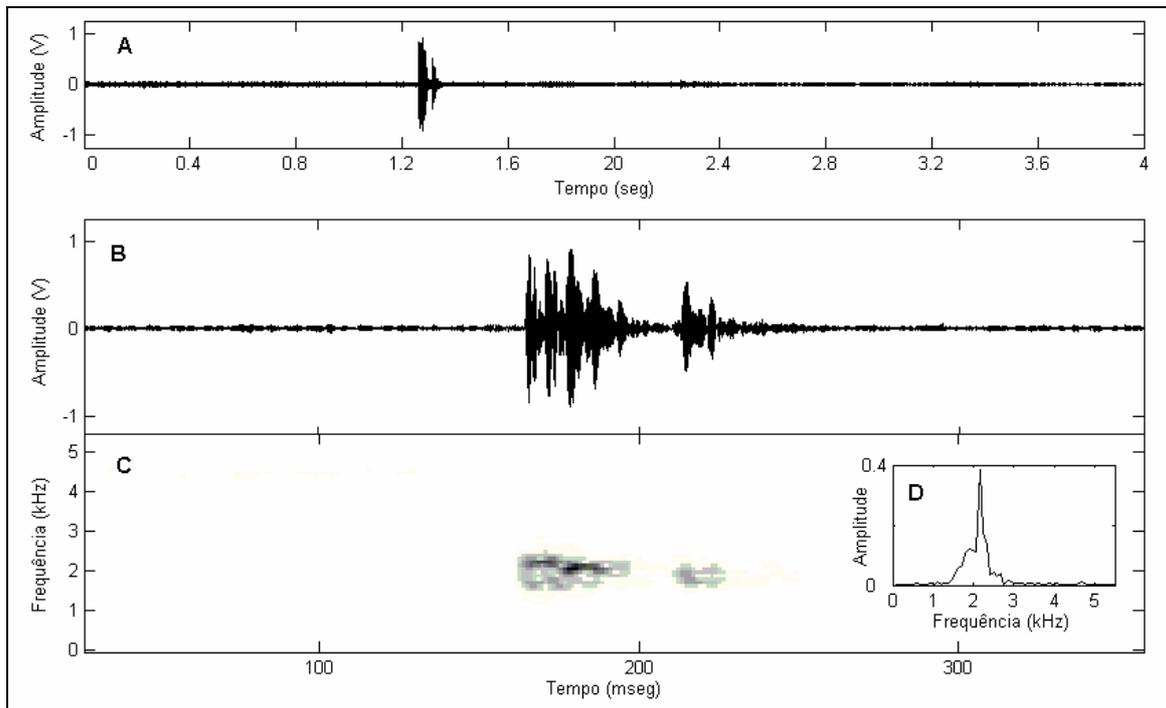


Figura 2.5. Vocalização de anúncio de *P. nordestina*. (A) Oscilograma, (B) oscilograma da nota, (C) espectrograma e (D) espectro de potência.

2.3.2 - DESOVAS

Phyllomedusa oreades deposita ovos embrulhando-os em uma única folha de pequenos arbustos que ficam pendentes numa altura entre 30 e 120 cm sobre remansos de pequenos riachos temporários (Fig. 2.6). Cápsulas gelatinosas com diâmetro médio $1,46 \pm 0,22$ mm (1,22 – 1,82; n = 8) são depositadas junto aos ovos. O comprimento das folhas onde as desovas foram depositadas foi de $95,11 \pm 30,61$ mm (68,26 – 179; n = 10) e a largura da folha $41,56 \pm 7,89$ mm (n = 10). O comprimento da desova foi $51,73 \pm 11,07$ mm (n = 7) e a largura da desova $11,97 \pm 1,20$ mm (n = 7). Foram encontrados em média $23,14 \pm 6,74$ ovos por ninhada em *P. oreades*. Os ovos possuíam diâmetros médios de $4,37 \pm 0,49$ mm (n = 35) (Apêndice B).



Figura 2.6. Desova de *Phyllomedusa oreades*.

Phyllomedusa ayeaye deposita ovos embrulhados em uma única folha de pequenos arbustos da vegetação ripária, pendentes sobre poços e remansos, de riachos e drenagens temporárias de serras e montanhas. Cápsulas gelatinosas com diâmetro de $1,54 \pm 0,23$ mm são depositadas junto aos ovos. O comprimento da folha onde os ovos foram depositados foi $90,86 \pm 16,92$ mm ($n = 9$) e a largura da folha $37,66 \pm 6,91$ mm ($n = 9$). O comprimento da desova foi $53,99 \pm 14,93$ mm ($n = 7$) e largura da desova $12,26 \pm 2,65$ mm. *Phyllomedusa ayeaye* deposita em média $22,43 \pm 5,26$ ovos por ninho e os ovos possuem diâmetros de $4,18 \pm 0,55$ mm (Apêndice B).

2.3.3 - COMPARAÇÕES QUANTITATIVAS

2.3.3.1 - MORFOMETRIA

A análise de componentes principais revelou que as variáveis morfométricas dos indivíduos adultos são altamente correlacionadas entre si e com o primeiro eixo canônico (Componente Principal 1) (Fig. 2.7). A análise maximizou a variação existente nos dados em componentes principais e mostrou que os dois primeiros componentes retêm mais de 80% da variação. O primeiro componente, altamente correlacionado com as variáveis, explicou 75,7% da variação enquanto que o segundo componente explicou 0,5 % da variação. No componente 1, os valores dos autovetores foram

negativos mostrando que todas as variáveis possuem forte correlação negativa com o eixo canônico. Ademais, as variáveis comprimento de cabeça (CC), comprimento rostro-anal (CRA) e largura da cabeça (LC) possuíram maiores autovetores (-0,266, -0,264, -0,262, respectivamente) e por isso são as variáveis que mais contribuíram para o componente 1. No componente principal 2, ortogonal ao componente 1, as variáveis diâmetro do tímpano (DT), distância internasal (DIN) apresentaram os maiores valores negativo (-0,503 e -0,433), enquanto que tarso (TA) apresentou maior valor positivo (0,364) (Tabela 2.1).

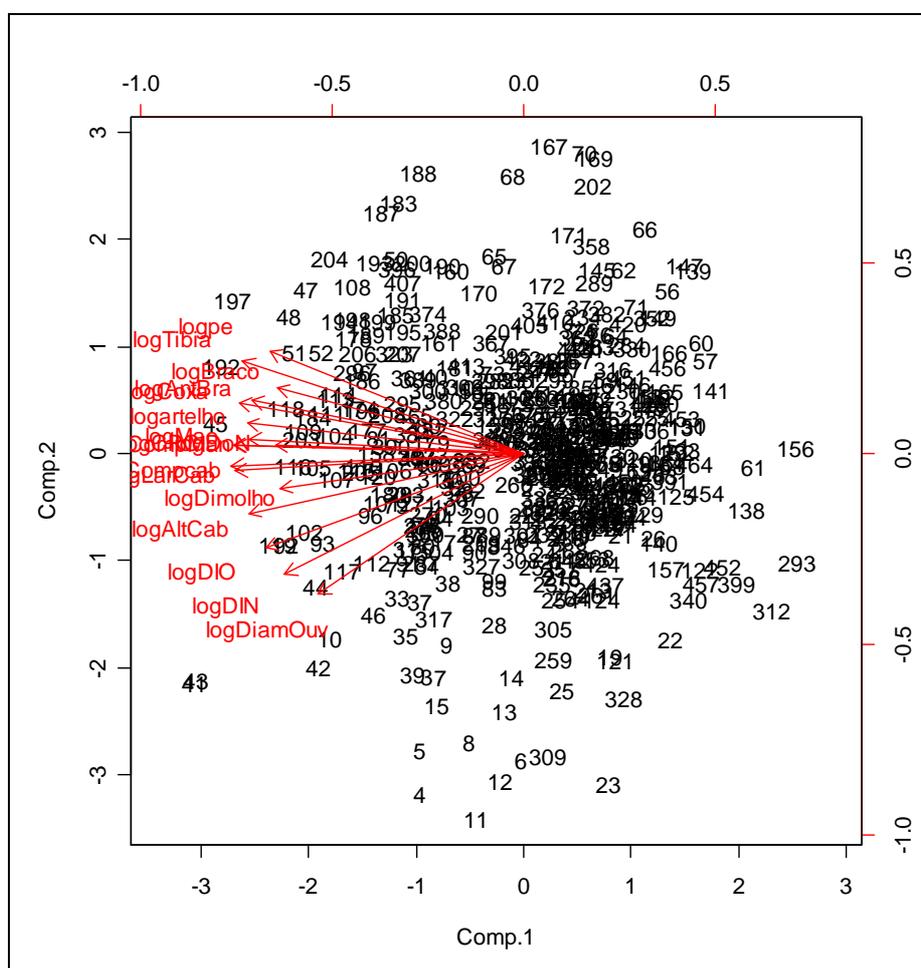


Figura 2.7. Correlação das variáveis originais com os Componentes Principais. Setas vermelhas correspondem às variáveis morfométricas.

Tabela 2.1. Autovetores da análise de componentes principais e a variação explicada pelos dois primeiros componentes.

Variáveis	Auto-vetores	
	Componente 1	Componente 2
Comprimento rostro-anal	-0,264	-
Largura da cabeça	-0,262	-
Altura cabeça	-0,250	-0,214
Comprimento da cabeça	-0,266	-
Comprimento da mandíbula	-0,263	-
Diâmetro do tímpano	-0,187	-0,503
Diâmetro do olho	-0,221	-0,124
Distância interorbital	-0,234	-0,335
Distância internasal	-0,217	-0,433
Distância olho-narina	-0,226	-
Braço	-0,224	0,234
Antebraço	-0,248	0,188
Mão	-0,249	-
Comprimento da coxa	-0,259	0,181
Comprimento da tíbia	-0,256	0,329
Tarso	-0,231	0,364
Pé	-0,251	0,107
Varição	75,7%	0,5%

Observando o gráfico da PCA, com as pontuações dos dois primeiros componentes, é possível identificar agrupamentos distintos de espécies. No componente 1, o primeiro agrupamento é composto pelas espécies que com maiores comprimentos de cabeça (CC), comprimentos rostro-anal (CRA) e larguras da cabeça (LC) (*P. ayeaye*, *P. centralis*, *P. itacolomi*, *P. megacephala* e *P. rohdei*), com as espécies *P. azurea* e *P. nordestina* possuindo menores tamanho de CC, CRA e LC. No componente 2, estão espécies que possuem maior diâmetro do tímpano e maior distância internasal (*P. oreades*) e espécies que possuem maiores tamanhos de tarso (*P. hypochondrialis*, *P. nordestina* e *P. rohdei*) (Fig. 2.8).

A ANOVA encontrou diferenças significativas entre as espécies do grupo *hypochondrialis* no componente principal 1 (ANOVA $F_{8,456} = 69,73$; $p < 0,001$) e diferenças significativas utilizando as médias do componente 2 (ANOVA $F_{8,456} = 45,72$; $p < 0,001$). A ANOVA também encontrou diferenças significativas entre os subgrupos dentro do grupo *hypochondrialis* no componente

principal 1 (ANOVA $F_{1,463} = 127.40$; $p < 0,001$) e no componente principal 2 (ANOVA $F_{1,463} = 124,08$; $p < 0,001$) (Apêndice C).

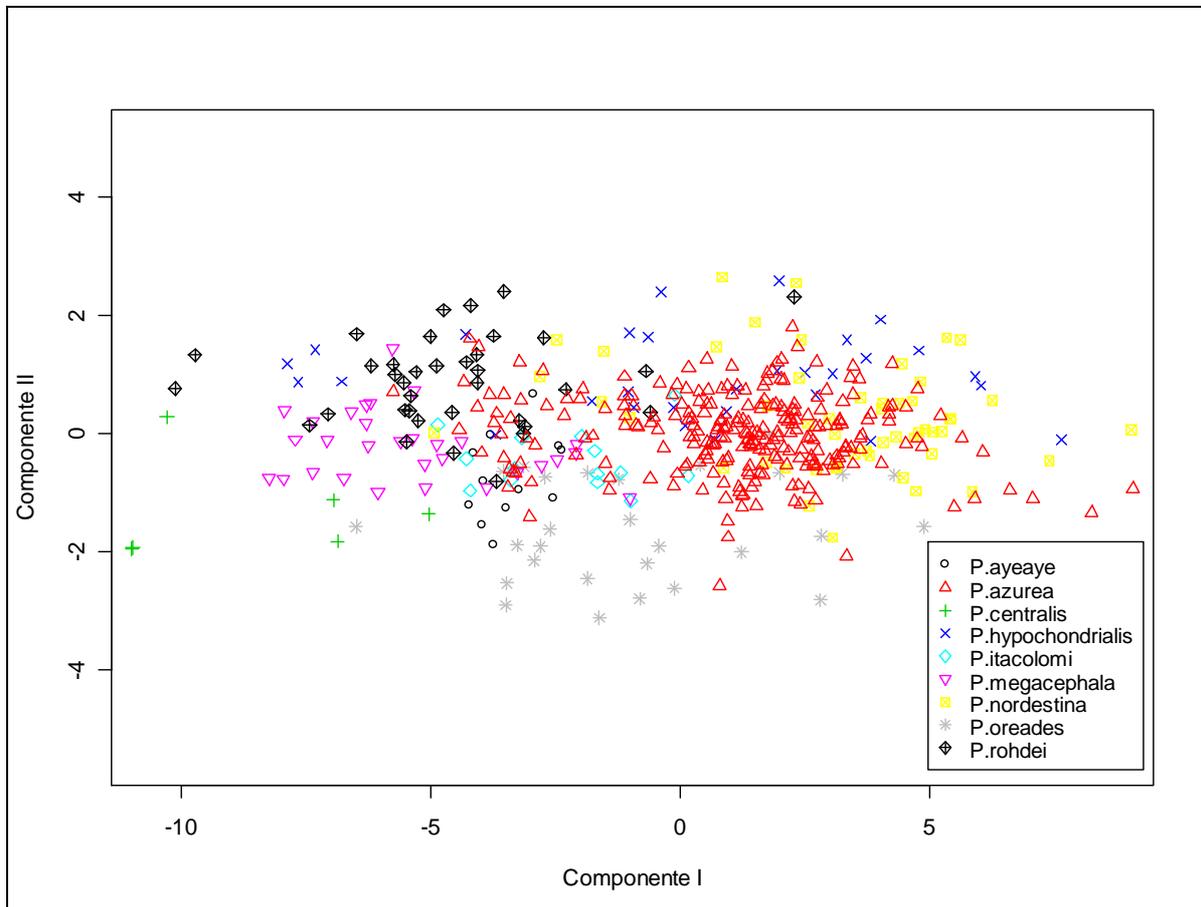


Figura 2.8. Gráfico da Análise de Componentes Principais para o logaritmo das medidas morfométricas dos indivíduos adultos.

A análise de comparações múltiplas (TukeyHSD), utilizando o componente principal 1 não rejeitou a hipótese nula, ou seja, não identificou diferenças entre as espécies *P. rohdei* – *P. megacephala* (TukeyHSD, $p = 0,87$), *P. ayeaye* – *P. megacephala* (TukeyHSD, $p = 0,16$), *P. ayeaye* – *P. rohdei* (TukeyHSD, $p = 0,78$), *P. itacolomi* – *P. ayeaye* (TukeyHSD, $p = 0,96$), *P. oreades* – *P. itacolomi* (TukeyHSD, $p = 0,61$), *P. hypochondrialis* – *P. oreades* (TukeyHSD, $p = 0,86$), *P. azurea* – *P. hypochondrialis* (TukeyHSD, $p = 0,55$) (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Resultado do teste de Tukey para comparações múltiplas, utilizando componente 1.

Limites inferiores a 0, não rejeita a hipótese nula.

Espécies	Diferença	Lim. inferior	Lim. superior	Valor de p
<i>P. megacephala</i> - <i>P. centralis</i>	3,883	0,472	7,294	0,01 *
<i>P. rohdei</i> - <i>P. centralis</i>	4,775	1,411	8,138	0,00 ***
<i>P. ayeaye</i> - <i>P. centralis</i>	6,120	2,307	9,934	0,00 ***
<i>P. itacolomi</i> - <i>P. centralis</i>	7,254	3,532	10,975	0,00 ***
<i>P. oreades</i> - <i>P. centralis</i>	8,779	5,348	12,210	0,00 ***
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. centralis</i>	9,740	6,329	13,152	0,00 ***
<i>P. azurea</i> - <i>P. centralis</i>	10,680	7,530	13,830	0,00 ***
<i>P. nordestina</i> - <i>P. centralis</i>	12,500	9,211	15,788	0,00 ***
<i>P. rohdei</i> - <i>P. megacephala</i>	0,891	-0,994	2,777	0,87
<i>P. ayeaye</i> - <i>P. megacephala</i>	2,237	-0,368	4,842	0,16
<i>P. itacolomi</i> - <i>P. megacephala</i>	3,370	0,902	5,839	0,00 ***
<i>P. oreades</i> - <i>P. megacephala</i>	4,896	2,891	6,900	0,00 ***
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. megacephala</i>	5,857	3,888	7,826	0,00 ***
<i>P. azurea</i> - <i>P. megacephala</i>	6,797	5,325	8,269	0,00 ***
<i>P. nordestina</i> - <i>P. megacephala</i>	8,616	6,868	10,365	0,00 ***
<i>P. ayeaye</i> - <i>P. rohdei</i>	1,346	-1,197	3,888	0,78
<i>P. itacolomi</i> - <i>P. rohdei</i>	2,479	0,077	4,881	0,04 *
<i>P. oreades</i> - <i>P. rohdei</i>	4,004	2,083	5,926	0,00 ***
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. rohdei</i>	4,966	3,080	6,851	0,00 ***
<i>P. azurea</i> - <i>P. rohdei</i>	5,906	4,548	7,263	0,00 ***
<i>P. nordestina</i> - <i>P. rohdei</i>	7,725	6,071	9,379	0,00 ***
<i>P. itacolomi</i> - <i>P. ayeaye</i>	1,133	-1,867	4,134	0,96
<i>P. oreades</i> - <i>P. ayeaye</i>	2,659	0,027	5,290	0,04 *
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. ayeaye</i>	3,620	1,015	6,225	0,00 **
<i>P. azurea</i> - <i>P. ayeaye</i>	4,560	2,307	6,813	0,00 ***
<i>P. nordestina</i> - <i>P. ayeaye</i>	6,379	3,937	8,822	0,00 ***
<i>P. oreades</i> - <i>P. itacolomi</i>	1,525	-0,971	4,022	0,61
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. itacolomi</i>	2,487	0,018	4,956	0,04 *
<i>P. azurea</i> - <i>P. itacolomi</i>	3,427	1,333	5,520	0,00 ***
<i>P. nordestina</i> - <i>P. itacolomi</i>	5,246	2,950	7,543	0,00 ***
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. oreades</i>	0,961	-1,043	2,966	0,85
<i>P. azurea</i> - <i>P. oreades</i>	1,901	0,383	3,419	0,00 **
<i>P. nordestina</i> - <i>P. oreades</i>	3,721	1,933	5,509	0,00 ***
<i>P. azurea</i> - <i>P. hypochondrialis</i>	0,940	-0,532	2,411	0,55
<i>P. nordestina</i> - <i>P. hypochondrialis</i>	2,759	1,011	4,508	0,00 ***
<i>P. nordestina</i> - <i>P. azurea</i>	1,820	0,660	2,979	0,00 ***

Nível de significância: * < 0,05; ** < 0,005; *** < 0,0005

O resultado da análise de comparações múltiplas, utilizando o componente 2, não encontrou diferenças entre as espécies *P. oreades* – *P. centralis* (TukeyHSD, p = 1,00) , *P. ayeaye* – *P. centralis* (TukeyHSD, p = 0,24), *P. itacolomi* – *P. ayeaye* (TukeyHSD, p = 0,93), *P. megacephala* –

P. ayeaye (TukeyHSD, $p = 0,23$), *P. megacephala* – *P. itacolomi* (TukeyHSD, $p = 0,97$), *P. azurea* – *P. itacolomi* (TukeyHSD, $p = 0,12$), *P. azurea* – *P. megacephala* (TukeyHSD, $p = 0,45$), *P. nordestina* – *P. rohdei* (TukeyHSD, $p = 0,71$) e *P. rohdei* – *P. hypochondrialis* (TukeyHSD, $p = 0,99$) (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Resultado do teste de Tukey para comparações múltiplas, utilizando componente 2. Valores de limite inferior menores que 0, rejeita a hipótese nula.

Espécies	Diferença	Lim. inferior	Lim. superior	Valor de p
<i>P. oreades</i> - <i>P. centralis</i>	0,043	-0,939	1,026	1,00
<i>P. ayeaye</i> - <i>P. centralis</i>	0,872	-0,220	1,963	0,24
<i>P. itacolomi</i> - <i>P. centralis</i>	1,226	0,161	2,291	0,01 *
<i>P. megacephala</i> - <i>P. centralis</i>	1,471	0,494	2,447	0,00 ***
<i>P. azurea</i> - <i>P. centralis</i>	1,759	0,858	2,661	0,00 ***
<i>P. nordestina</i> - <i>P. centralis</i>	1,946	1,005	2,887	0,00 ***
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. centralis</i>	2,687	1,711	3,663	0,00 ***
<i>P. rohdei</i> - <i>P. centralis</i>	2,748	1,785	3,711	0,00 ***
<i>P. ayeaye</i> - <i>P. oreades</i>	0,828	0,075	1,582	0,02 *
<i>P. itacolomi</i> - <i>P. oreades</i>	1,183	0,468	1,897	0,00 ***
<i>P. megacephala</i> - <i>P. oreades</i>	1,427	0,854	2,001	0,00 ***
<i>P. azurea</i> - <i>P. oreades</i>	1,716	1,281	2,150	0,00 ***
<i>P. nordestina</i> - <i>P. oreades</i>	1,903	1,391	2,414	0,00 ***
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. oreades</i>	2,644	2,070	3,217	0,00 ***
<i>P. rohdei</i> - <i>P. oreades</i>	2,705	2,154	3,255	0,00 ***
<i>P. itacolomi</i> - <i>P. ayeaye</i>	0,354	-0,505	1,213	0,93
<i>P. megacephala</i> - <i>P. ayeaye</i>	0,599	-0,147	1,344	0,23
<i>P. azurea</i> - <i>P. ayeaye</i>	0,887	0,243	1,532	0,00 **
<i>P. nordestina</i> - <i>P. ayeaye</i>	1,074	0,375	1,773	0,00 ***
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. ayeaye</i>	1,815	1,069	2,561	0,00 ***
<i>P. rohdei</i> - <i>P. ayeaye</i>	1,876	1,148	2,604	0,00 ***
<i>P. megacephala</i> - <i>P. itacolomi</i>	0,244	-0,462	0,951	0,98
<i>P. azurea</i> - <i>P. itacolomi</i>	0,533	-0,066	1,132	0,13
<i>P. nordestina</i> - <i>P. itacolomi</i>	0,720	0,063	1,377	0,02 *
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. itacolomi</i>	1,461	0,754	2,167	0,00 ***
<i>P. rohdei</i> - <i>P. itacolomi</i>	1,522	0,834	2,209	0,00 ***
<i>P. azurea</i> - <i>P. megacephala</i>	0,289	-0,133	0,710	0,45
<i>P. nordestina</i> - <i>P. megacephala</i>	0,475	-0,025	0,976	0,08
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. megacephala</i>	1,216	0,653	1,780	0,00 ***
<i>P. rohdei</i> - <i>P. megacephala</i>	1,277	0,738	1,817	0,00 ***
<i>P. nordestina</i> - <i>P. azurea</i>	0,187	-0,145	0,519	0,71
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. azurea</i>	0,928	0,507	1,349	0,00 ***
<i>P. rohdei</i> - <i>P. azurea</i>	0,989	0,600	1,377	0,00 ***
<i>P. hypochondrialis</i> - <i>P. nordestina</i>	0,741	0,240	1,241	0,00 ***
<i>P. rohdei</i> - <i>P. nordestina</i>	0,802	0,329	1,275	0,00 ***
<i>P. rohdei</i> - <i>P. hypochondrialis</i>	0,061	-0,479	0,601	1,00

Nível de significância: * < 0,05; ** < 0,005; *** < 0,0005

O resultado da análise de agrupamento utilizando as variáveis derivadas da PCA (componentes principais 1 e 2) mostra a semelhança que existe entre as espécies *P. azurea*, *P. hypochondrialis* e *P. nordestina*, e agrupa as espécies *P. megacephala*, *P. rohdei*, *P. oreades*, *P. ayeaye* e *P. itacolomi*. *Phyllomedusa centralis* apresentou maior distância entre as demais espécies do grupo, devido ao fato de possuir maior comprimento de cabeça, comprimento rostro-anal, largura de cabeça e também, diâmetro de tímpano (Fig. 2.9).

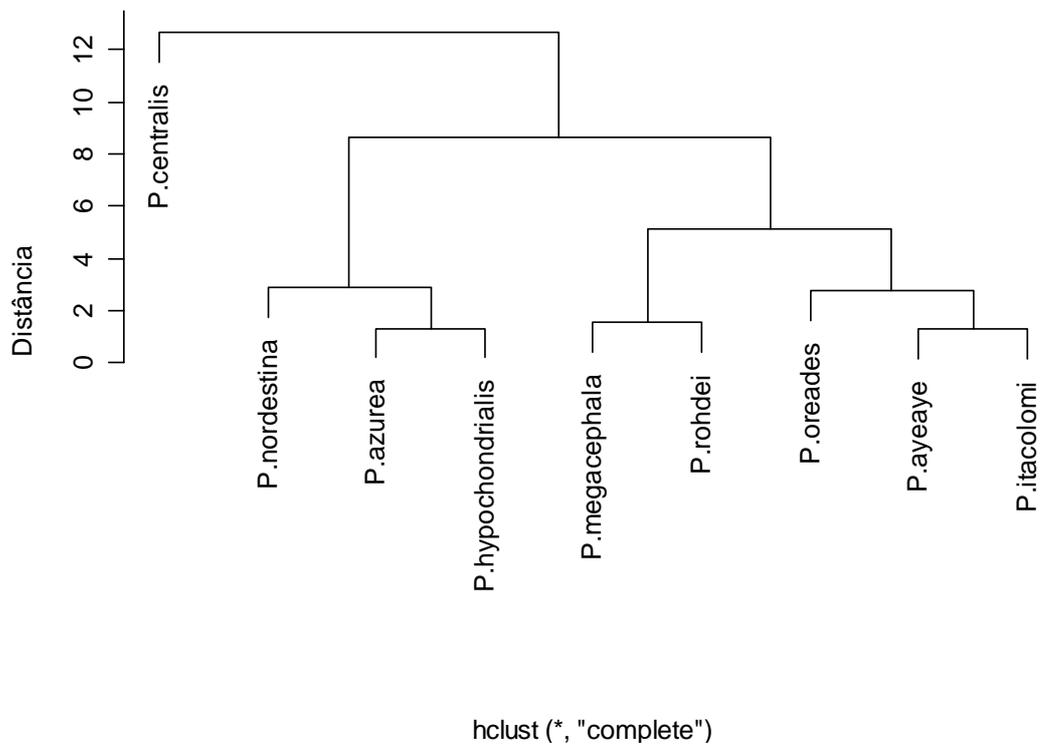


Figura 2.9. Dendrograma das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* de acordo com as duas variáveis derivadas da PCA.

Na análise discriminante, utilizando o logaritmo das variáveis morfométricas, a primeira função discriminante explicou 50% da variação que existe entre as espécies e a segunda função discriminante explicou 26% da variação. As variáveis que mais contribuíram para a função discriminante 1 foram comprimento da tíbia (CTB) e comprimento de mão (MAO), e as variáveis que mais contribuíram

para função discriminante 2 foram comprimento rostro-anal (CRA) e comprimento da mandíbula (CM) (Tabela 2.4).

Tabela 2.4. Coeficientes das variáveis morfométricas e a porcentagem da variação nas funções discriminantes.

Variáveis	Análise Discriminante	
	Função Discriminante 1	Função Discriminante 2
Comprimento rostro-anal	2,43	-21,79
Largura da cabeça	-8,75	9,47
Altura cabeça	-9,19	5,48
Comprimento da cabeça	-11,1	10,98
Comprimento da mandíbula	20,29	16,88
Diâmetro do tímpano	-7,36	-5,6
Diâmetro do olho	0,46	0,55
Distância interorbital	1,89	5,78
Distância internasal	-5,73	-4,87
Distância olho-narina	-1,68	3,88
Braço	2,27	-2,11
Antebraço	-2,71	3,34
Mão	-21,53	-7,31
Comprimento da coxa	-1,82	-4,65
Comprimento da tíbia	31,82	2,66
Tarso	7,99	13,41
Pé	-9,59	-4,72
Variação	50%	26%

Um modelo de classificação, baseado na adição sequencial das variáveis (“*stepwise*”), classificou corretamente 86% das espécies do grupo *hypochondrialis* nos subgrupos com base na variável de comprimento de mão (MAO), e 91% adicionando à variável comprimento da tíbia (CTB). Dessa forma podemos diferenciar duas formas de espécies dentro do grupo *hypochondrialis* baseado nessas duas variáveis. No entanto, a variável largura de cabeça (LC) classificou corretamente apenas 61% das espécies entre elas mesmas, e com a adição da variável comprimento de pé 66% das espécies foram classificadas corretamente. Com isso, vemos que a análise discriminante consegue discriminar os subgrupos de espécies, mas não consegue discriminar bem as espécies do grupo *hypochondrialis* (Fig. 2.10).

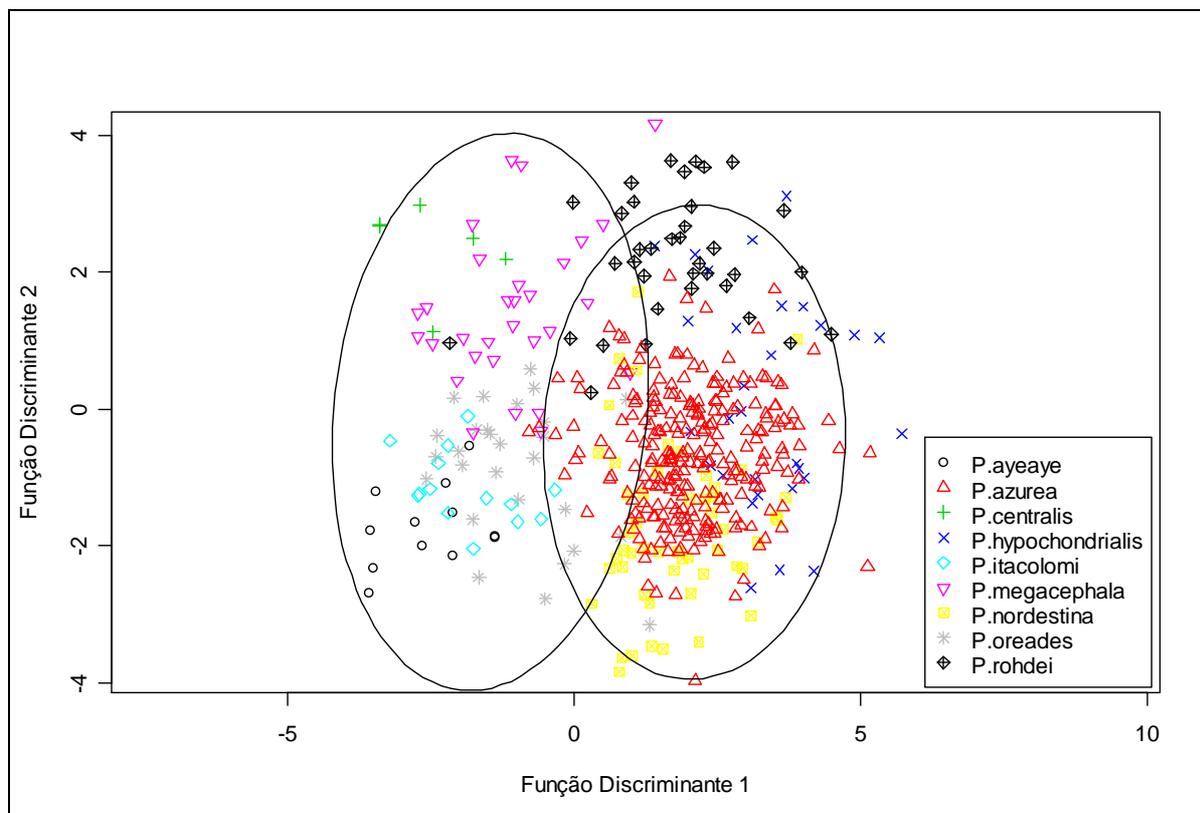


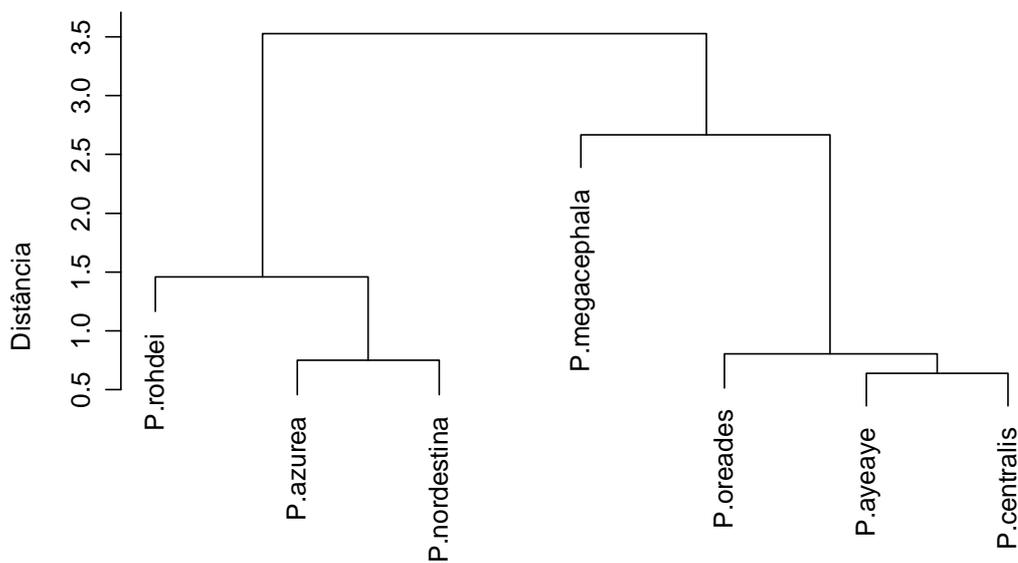
Figura 2.10. Gráfico da Análise Discriminante para o logaritmo das variáveis morfológicas das espécies de *Phyllomedusa*. Elipses com nível de significância de 0,05, representam os dois subgrupos de espécies (gr. *megacephala*, à esquerda e gr. *hypochondrialis*, à direita).

2.3.3.2 - VOCALIZAÇÃO

De acordo com o resultado da análise de variância não-paramétrica, existem diferenças significativas entre as espécies do grupo *hypochondrialis* nas frequências dominantes dos cantos de anúncio (Kruskal-Wallis $U = 42,50$; $df = 6$, $p < 0,001$). A análise também detectou diferenças significativas entre as espécies na duração da nota (Kruskal-Wallis $U = 36,70$; $df = 6$, $p < 0,001$). Comparando os subgrupos, o resultado da análise também foi significativo na frequência dominante e duração de nota (Kruskal-Wallis $U = 31,48$; $df = 1$, $p < 0,001$) e (Kruskal-Wallis $U = 11,27$; $df = 1$, $p < 0,001$).

A análise de agrupamento utilizando as distâncias euclidianas dos centróides das variáveis de canto, frequência dominante e duração de nota, produziu um dendrograma que evidencia os dois subgrupos

de espécies (Fig. 2.11). O primeiro grupo composto pelas espécies *P. rohdei*, *P. azurea* e *P. nordestina*, sendo *P. azurea* está mais próxima a *P. nordestina*, e o segundo grupo formado pelas espécies *P. oreades*, *P. ayeaye*, *P. centralis* e *P. megacephala*, sendo que as espécies *P. oreades*, *P. ayeaye*, *P. centralis* possuem maiores semelhanças nas variáveis frequência dominante e duração de nota.



hclust (*, "complete")

Figura 2.11. Dendrograma das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* de acordo com as variáveis do canto de anúncio.

Na Análise discriminante com dados do canto, a primeira função discriminante explicou 75% da variação e a segunda função discriminante explicou o restante da variação existente entre as espécies. A variável frequência dominante contribuiu consistentemente para a função discriminante 1 e 2, mostrando ser uma importante variável para discriminar as espécies do grupo *hypochondrialis* (Tabela 2.5).

Tabela 2.5. Coeficientes das variáveis de canto e a porcentagem da variação explicada por cada função discriminante.

Variáveis	Análise Discriminante	
	Função 1	Função 2
Frequência dominante	14,92	-7,14
Duração da nota	-2,32	-3,64
Varição explicada	75%	25%

O modelo de classificação (“*stepwise*”), utilizando apenas a variável frequência dominante, classificou corretamente 68% das espécies e adicionando a variável duração de nota, o modelo classificou corretamente 88% das espécies. No entanto, o modelo de classificação conduzido de forma a classificar as espécies do grupo *hypochondrialis* nos subgrupos, classificou corretamente mais de 90% das espécies utilizando apenas a variável frequência de canto e quando adicionado a variável duração de nota o modelo classificou corretamente 100% das espécies em grupos. Portanto, é possível discriminar as espécies e os grupos de espécies com base nas características do canto, sendo que temos um grupo de espécies caracterizado por possuir frequências dominantes mais graves (grupo de espécie composto unicamente pelas espécies com o padrão reticulado nos flancos e membros) e outro grupo caracterizado por possuir frequências de cantos mais agudas (*P. azurea*, *P. nordestina* e *P. rohdei*) (Fig. 2.12).

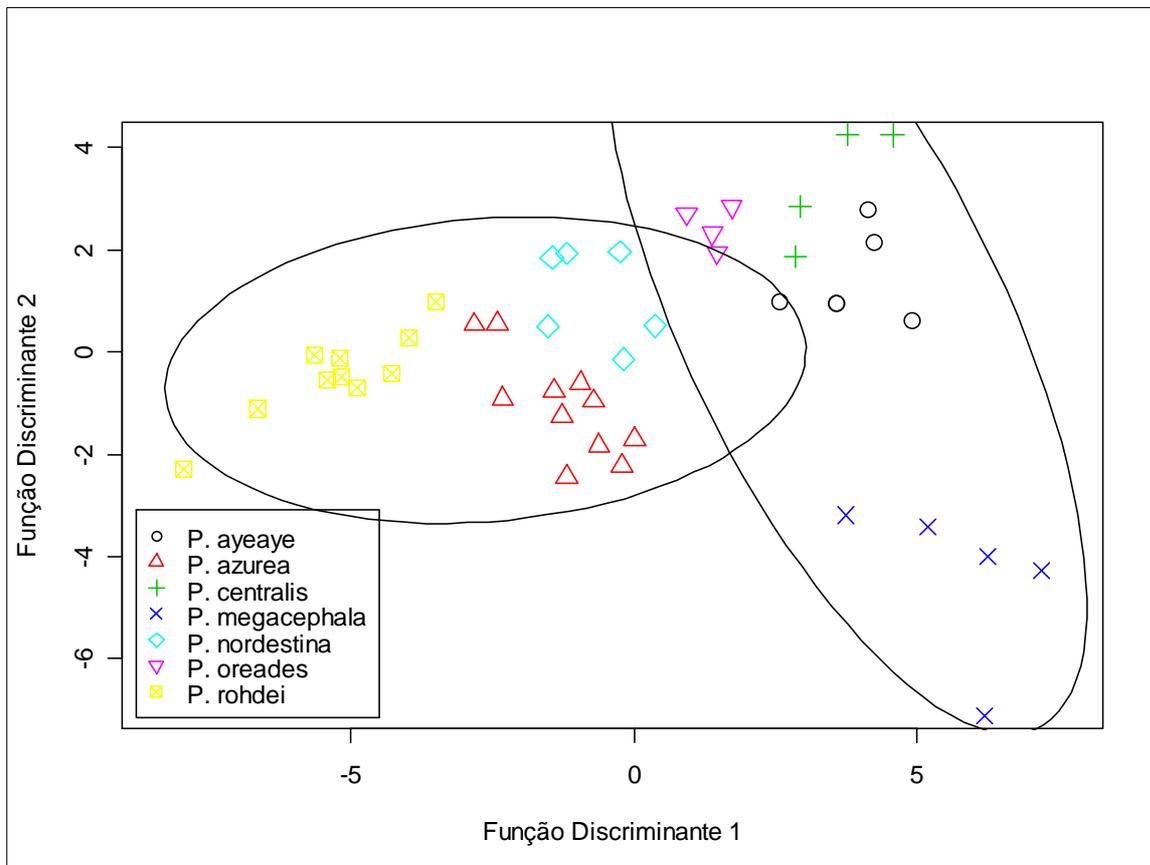
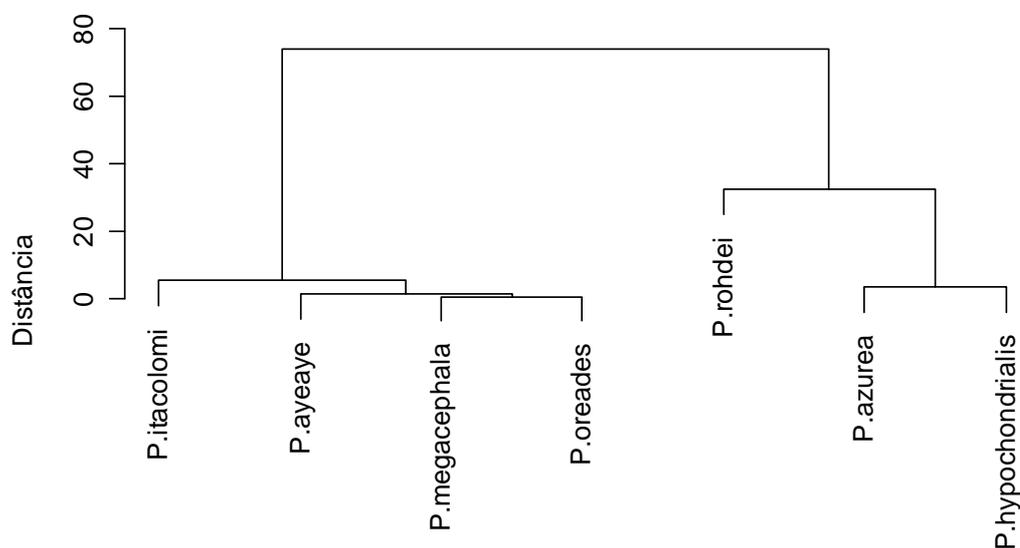


Figura 2.12. Gráfico da Análise Discriminante para a variáveis da vocalização das espécies de *Phyllomedusa*. Elipses com nível de significância de 0,05 representam os dois subgrupos (grupo *hypochondrialis* à esquerda e grupo *megacephala* à direita).

2.3.3.3 - DESOVA

De acordo com a análise de variância não-paramétrica, existem diferenças significativas entre as espécies do grupo *hypochondrialis* (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 36,93$; $df = 6$, $p \lll 0,05$) e também existem diferenças significativas entre os subgrupos no número de ovos por ninho (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 33,79$; $df = 1$, $p \lll 0,05$). A análise de agrupamento novamente mostra um dendrograma formado por dois grupos distintos. O primeiro grupo formado pelas espécies *Phyllomedusa ayeaye*, *P. itacolomi*, *P. megacephala* e *P. oreades* (espécies do padrão reticulado nos flancos), possuindo maiores diâmetros de ovos e menores quantidades de ovos por ninho e o segundo grupo formado por *P. azurea*, *P. hypochondrialis* e *P. rohdei* (Fig. 2.13).



hclust (*, "complete")

Figura 2.13. Dendrograma das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* de acordo com as distâncias das médias da variável número de ovos por ninho.

A análise discriminante revelou que a primeira função discriminante é responsável por 95% da variação existente entre as espécies, indicando que as espécies com maiores valores na primeira função discriminante possuem maiores diâmetros do ovo e desovas com menor número de ovos, sendo *Phyllomedusa ayeaye* e *P. oreades* (Tabela 2.6).

Tabela 2.6. Coeficientes das variáveis da biologia reprodutiva e a porcentagem da variação explicada por cada função discriminante.

Variáveis	Função Discriminante	
	Função 1	Função 2
Número de ovos	-1,60	-1,50
Diâmetro do ovo	1,36	-1,24
Varição explicada	96%	4%

O modelo de classificação, utilizando apenas o diâmetro do ovo, classificou corretamente 62% das espécies e adicionando a variável número de ovos classifica corretamente 66% das espécies. Entretanto quando utilizamos o modelo de classificação de forma a classificar os subgrupos os modelos são mais precisos e classificam corretamente 91% das espécies nos subgrupos com base em apenas a variável número de ovos e adicionando a variável diâmetro do ovo, o modelo classifica 100% as espécies nos subgrupos (Figura 2.14).

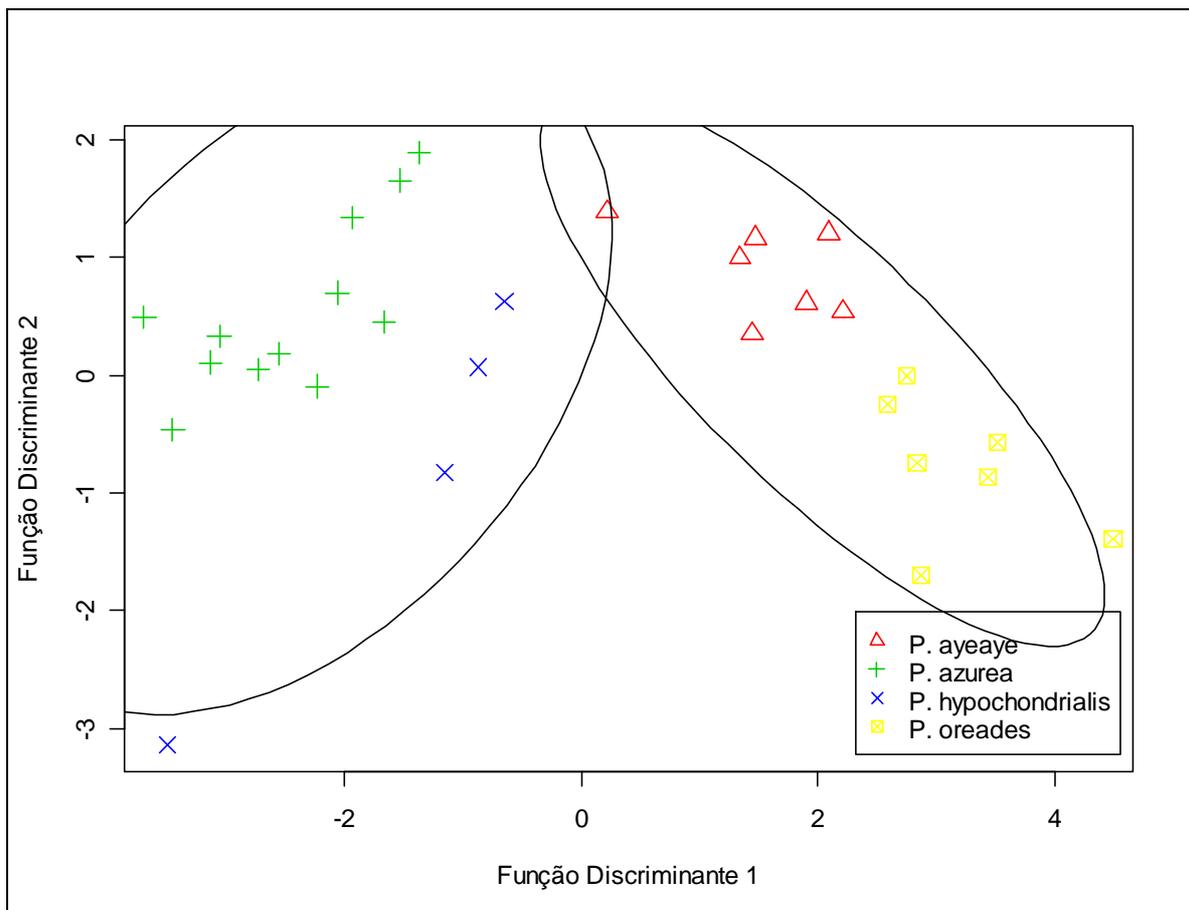


Figura 2.14. Gráfico da Análise Discriminante para a variáveis da biologia reprodutiva. Elipses com nível de significância de 0,05 representam os dois subgrupos (grupo *megacephala* à direita e grupo *hypochondrialis* à esquerda).

2.4 - DISCUSSÃO

Os resultados do estudo mostram que as características morfométricas dos indivíduos adultos, a vocalização e desova corroboram com a existência dos subgrupos de espécies dentro do grupo *hypochondrialis* (CRUZ, 1982; BRANDÃO, 2002), e contituem fontes de novos caracteres úteis para a diagnose não somente das espécies, mas também dos subgrupos já propostos.

De acordo com os resultados da morfologia, os subgrupos podem ser distinguidos pelas variáveis de tamanho de tibia, tamanho de mão, comprimento da cabeça, comprimento rostro-anal e largura de cabeça. *Phyllomedusa centralis*, *P. megacephala* e *P. rohdei* constituem as maiores e mais cabeçadas espécies do grupo *hypochondrialis*, enquanto que *P. azurea*, *P. nordestina* são as menores espécies. *P. oreades* e *P. ayeaye* constituem as menores espécies de *Phyllomedusa* com padrão reticulado nos flancos, no entanto a espécie *P. oreades* pode ser distinguida das demais espécies por possuir maior diâmetro de tímpano, característica já apontada como diagnóstica (BRANDÃO, 2002).

A vocalização das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* possui um padrão caracterizado por curtas notas harmônicas e pulsadas, com exceção de *P. megacephala* e *P. centralis*, que possuem notas mais longas e com maior número de pulsos (BRANDÃO et al, submetido). A frequência dominante das espécies foi importante na discriminação dos subgrupos, e junto à duração da nota, mostrou ser importante para distinguir as espécies do grupo *hypochondrialis*. Portanto temos: *P. centralis*, *P. ayeaye*, *P. oreades* e *P. megacephala* possuindo frequências dominantes do canto mais graves, constituindo o subgrupo *megacephala*, e *P. nordestina*, *P. azurea* e *P. rohdei* possuindo frequências domiantes mais agudas constituindo o subgrupo *hypochondrialis*. Essa diferença entre os subgrupos na frequência dominante podem estar relacionado a uma seleção de cantos mais graves em regiões de maiores altitudes e menores pressões atmosféricas.

As análises utilizando as características da reprodução das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* constitui mais uma evidência ecológica da existência dos subgrupos de espécies. O subgrupo *hypochondrialis* caracterizado por possuir ninhadas maiores com ovos pequenos (*P. rohdei*, *P. azurea*, *P. hypochondrialis*) e o subgrupo *megacephala* possuindo ninhadas menores com

ovos maiores (*P. ayeaye*, *P. itacolomi*, *P. megacephala* e *P. oreades*). Essas diferenças podem estar relacionadas as características da história de vida ancestrais e pressões seletivas associadas à ocupação de ambientes de riachos temporários de montanhas.

Na análise de agrupamento, utilizando as variáveis morfológicas dos adultos, a espécie *Phyllomedusa rohdei* foi incluída junto às espécies do subgrupo *megacephala*. O agrupamento dessa espécie junto ao subgrupo *megacephala* deve-se, principalmente, ao tamanho rostro-anal e tamanhos de cabeça que se assemelham aos das espécies do subgrupo *megacephala*. *Phyllomedusa rohdei* possui girinos com bico córneo na forma de arco, terceira série inferior de dentículos córneos menor que a metade das demais e opérculo sobre o espiráculo (CRUZ, 1982), os adultos não apresentam o padrão reticulado nos flancos e membros e são espécies que utilizam ambientes lênticos para reprodução (WOGEL et al, 2004). Nas análises de agrupamento, utilizando as variáveis de canto e desova e na análise discriminante utilizando o logarítmos das variáveis morfométricas, *P. rohdei* se agrupou às espécies do subgrupo *hypochondrialis*, e portanto a espécie deve ser considerada uma espécie do subgrupo *hypochondrialis*.

Alguns autores sugerem que os girinos de *Phyllomedusa ayeaye* e *P. araguari* (sinônimo júnior de *P. oreades*, ver em BRANDÃO e ÁLVARES) se desenvolvem em ambientes lênticos (CARDOSO et al 1989; GIARETTA et al, 2007), entretanto, foram observados indivíduos adultos e girinos de *P. ayeaye* utilizando ambientes de riachos temporários no topo de montanhas do P.N. Serra da Canastra (MG) e localidade tipo Morro do Ferro (MG). Os girinos de *P. araguari* foram coletados na localidade tipo utilizando esse mesmo tipo de ambiente.

Dessa forma os girinos de *Phyllomedusa* do subgrupo *megacephala* se desenvolvem em ambientes lóticos, sempre em poços e remansos de riachos temporários situado nas encostas de serras e topo de chapadas (BOKERMANN, 1965; LUTZ, 1966; CRUZ, 1982; CARDOSO et al., 1989, BRANDÃO, 2002; ETEROVICK, 2003; ETEROVICK e BARROS, 2003; CARAMASCHI, 2006). Esses ambientes podem ser confundidos com valas de erosões e poças temporárias (GIARETTA et al, 2007), entretanto são poços profundos dos pequenos canais de drenagens, bacias de drenagens, das encostas de serras e dos topos de montanhas (NETTO, 1994). Essa característica reprodutiva não era até então conhecida para as espécies do gênero *Phyllomedusa*, sendo restrita às espécies do subgrupo

megacephala. O uso dos ambientes de riacho em topos de montanhas é similar às espécies do gênero *Phasmahyla* sugerindo que essas linhagens poderiam ter sofrido pressões evolutivas semelhantes relacionadas ao uso de ambientes disponíveis nos topos de montanhas e serras.

O padrão reticulado nos flancos e membros dos indivíduos adultos, o espessamento mediano do bico córneo nos girinos, a terceira série posterior de dentículos córneos com comprimento maior que a metade das demais, a ausência da projeção da pele sobre o espiráculo, o uso de ambientes lóticos e o tamanho e número de ovos por desova são algumas das sinapomorfias putativas de um grupo morfologicamente e ecologicamente distinto composto pelas espécies *P. ayeaye*, *P. centralis*, *P. itacolomi*, *P. megacephala* e *P. oreades* (CRUZ, 1982; BRANDÃO, 2002; BRANDÃO e ÁLVARES, 2009; BRANDÃO et al, submetido). Outras características importantes compartilhadas entre espécies do grupo *megacephala* são o maior tamanho de cabeça, mão e diâmetro do tímpano e frequências dominantes do canto de anúncio mais graves (< 1900 Hz). Dessa forma sugerimos que essas espécies de *Phyllomedusa* sejam retiradas do grupo *hypochondrialis*, devendo ser agrupadas em seu próprio grupo, *megacephala*.

O grupo *hypochondrialis* é composto pelas espécies de *Phyllomedusa* de pequeno porte cabeças pequenas (com exceção de *P. rohdei*), com ventre, membros e partes ocultas dos flancos sem padrão reticulado, girinos presentes em ambientes lênticos, com bico córneo na forma de arco (sem espessamento mediano), terceira série posterior de dentículos córneos com tamanho menor que a metade das demais, espiráculo coberto por opérculo. Além disso, possuem desovas grandes com ovos pequenos e frequências dominantes do canto mais agudas (> 1900 Hz). As espécies incluídas nesse grupo são: *P. azurea*, *P. hypochondrialis*, *P. nordestina* e *P. rohdei*. Apesar de CARAMASCHI 2006 ter incluído *P. palliata* ao grupo *hypochondrialis*, FAIVOVICH et al (2005) não agrupa *P. palliata* em nenhum dos grupos fenéticos de *Phyllomedusa*. A escassez de informações básicas relacionadas à ecologia, girino e comportamento da espécie *P. palliata*, traz incertezas à inclusão da espécie em algum grupo fenético do gênero *Phyllomedusa*, carecendo, portanto, de estudos mais refinados para definir a melhor alocação desta espécie.

Até o momento, a subfamília Phyllomedusinae, bem como o gênero *Phyllomedusa*, não possui um hipótese filogenética estabelecida, sendo impossível propor relações de parentesco dos gêneros e

espécies. Embora seja possível propor grupos fenéticos de espécies, é necessário que análises filogenéticas suportem a existência dos grupos de espécies ora propostos.

2.5 - CONCLUSÃO

Dentre os grupos fenéticos de *Phyllomedusa* o grupo *hypochondrialis* é o mais diversificado, possuindo 11 espécies conhecidas. Até o momento não existe na literatura nenhuma sinapomorfia que comprove a monofilia do grupo (FAIVOVICH et al. 2005; CARAMACHI, 2006). Sabendo que girinos são importantes ferramentas para a taxonomia da subfamília Phyllomedusinae (CRUZ, 1982; CRUZ, 1990, CARAMASCHI e CRUZ, 2002; PIMENTA et al, 2007), CRUZ (1982), sugere a existência de dois subgrupos de espécies dentro do grupo *hyponchondrialis*.

O presente estudo, baseado em caracteres morfométricos, comportamentais (vocalização) e reprodutivos, corrobora a hipótese de Cruz (1982) da existência de subgrupos dentro do grupo fenético *hypochondrialis* e apresenta possíveis sinapomorfias putativas que evidenciam a existência de um grupo morfologicamente e ecologicamente distinto do grupo *hypochondrialis*. Esse grupo (grupo *megacephala*) é definido como sendo, composto por espécies de *Phyllomedusa* de pequeno-médio porte, com cabeças largas, mandíbulas, mãos e tímpanos grandes, possuindo padrão reticulado nos membros e partes ocultas dos flancos, com desovas pequenas e ovos grandes. Os girinos se desenvolvem em poços e remansos de pequenos riachos temporários de serras e topos de montanhas em altitudes superiores a 800 metros, possuem espessamento mediano do bico córneo (em forma de M), terceira série posterior de dentículos córneos maior que a metade das demais e opérculo ausente sobre a abertura do espiráculo. Ainda, os cantos de anúncio possuem frequências graves e duração da nota mais longa em algumas espécies. As espécies desse grupo possuem distribuição restrita aos complexos serranos do Brasil central (CARAMASCHI, 2006). Portanto, sugerimos que grupo *megacephala* seja composto pelas espécies: *P. ayeaye*, *P. centralis*, *P. itacolomi*, *P. megacephala* e *P. oreades* (BRANDÃO et al, submetido; BRANDÃO e ÁLVARES, 2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIG, K. L. e MCDIARMID, R. W. 1999. Diversity: familial and generic characterizations. p. 295-331. In: McDiarmid, R. W. e Altig, R. (ed.). *Tadpoles: The Biology of Anuran Larvae*. the University of Chicago Press. Chicago and London. 444 pp.
- ARAÚJO, C. O., CONDEZ, T. H., e HADDAD, C. F. B. 2007. Amphibia, Anura, *Phyllomedusa ayeaye* (B. Lutz, 1966): Distribution extension, new state record, and geographic distribution map. *Check list 3*: 156-158.
- BOKERMANN, W. C. A. 1965. Três novos batráquios da região central de Mato Grosso, Brasil (Amphibia, Salientia). *Revista Brasileira de Biologia* 25: 257-264.
- BRAND, G.D., LEITE, J.R.S.A., SILVA, L.P., ALBUQUERQUE, S., PRATE, M.V., AZEVEDO, R.B., CARREGARO, V., SILVA, J. S., SA, V. C. L. ; BRANDÃO, R. A., BLOCH, J.C. 2002. Dermaseptins from *Phyllomedusa oreades* and *Phyllomedusa distincta* : Anti-*Trypanosoma cruzi* activity without cytotoxicity to mammalian cells. *Journal of Biological Chemistry*, 277: 49332-49340.
- BRANDÃO, R.A. 2002. A new species of *Phyllomedusa* Wagler, 1830 (Anura: Hylidae) from Central Brazil. *Journal of Herpetology* 36: 571-578.
- BRANDÃO, R. A. e ÁLVARES, G. F. R. 2009. Remarks on “A new *Phyllomedusa* Wagler (Anura, Hylidae) with reticulated pattern on flanks from Southeastern Brazil”. *Zootaxa* 2044: 61-64.
- BRANDÃO, R.A., ÁLVARES, G.F.R., CREMA, A. e ZERBINI, G. J. 2009. Natural history of *Phyllomedusa centralis* Bokermann 1965 (Anura: Hylidae: Phyllomedusinae): tadpole and calls. *South American Journal of Herpetology*, artigo submetido.

- CARAMASCHI, U. 2006. Redefinição do grupo de *Phyllomedusa hypochondrialis*, com redescritção de *P. megacephala* (Miranda-Ribeiro, 1926), revalidação de *P. azurea* Cope, 1862 e descrição de uma nova espécie (Amphibia, Anura, Hylidae). *Arquivos do Museu Nacional* 64: 159-179.
- CARAMASCHI, U. e CRUZ, C. A. G. 2002. *Phyllomedusa*: posição taxonômica, hábitos e biologia (Amphibia, Anura, Hylidae). *Phyllomedusa* 1: 5-10.
- CARAMASCHI, U., CRUZ, C. A. G. e FEIO, R. 2006. A new species of *Phyllomedusa* WAGLER, 1830 from the state of Minas Gerais, Brazil (Amphibia, Anura, Hylidae). *Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro* 525: 1-8.
- CARDOSO, A. J.; ANDRADE, G. V. e HADADD, C. F. B. 1989. Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 49: 241-249.
- COSTA, G.C, NOGUEIRA, C., MACHADO, R.B e COLLI, G.R. 2007. Squamate richness in the Brazilian Cerrado and it's environmental-climatic associations. *Diversity and Distribution*. 13: 714-724.
- COSTA, T. B. 2008. Ecologia reprodutiva de *Phyllomedusa azurea* COPE, 1862 (AMPHIBIA: ANURA: HYLIDAE) no Município de Cocalzinho de Goiás, Centro Oeste do Brasil. Dissertação de Mestrado – UFG/ICB/Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução.
- CRUMP, M. L. 2006. Why are some species in declines but others not. Em: *Amphibian Declines: The Conservation Status of United States Species*. Editado por: Michael Lannoo. University of California Press. California, USA. 1115p.

- CRUZ, C.A.C. 1982. Conceituação de grupos de espécies de Phyllomedusinae brasileiras com bases em caracteres larvários (Amphibian, Anura, Hylidae). *Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro* 5: 147-171.
- CRUZ, C. A. G. 1990. Sobre as relações intergenéricas de Phyllomedusinae da Floresta Atlântica (Amphibia, Anura, Hylidae). *Revista Brasileira de Biologia* 50: 709-726.
- DE LA RIVA, I. 1999. A new *Phyllomedusa* from southwestern Amazonia (Amphibia, Anura, Hylidae). *Revista Española de Herpetologia* 13:123-131.
- DUELLMAN, W. E. e TRUEB, L. 1994. *Biology of Amphibians*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, MD. 670 p.
- DUELLMAN W. E. 1999. Global distribution of amphibian: Patterns, conservation, and future challenges. Em: Duellman, W.E. *Patterns of Distribution of Amphibians: A Global Perspective*. John Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- ETEROVICK, P. C. 2003. Distribution of anuran species among montane streams in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 19: 1-10.
- ETEROVICK, P. C. e BARROS, I. S. 2003. Niche occupancy in southeastern Brazilian tadpole communities in montane-meadow streams. *Journal of Tropical Ecology* 19: 439-448.
- FAIVOVICH, J.; HADDAD, F. B. C.; GARCIA, C. A. P.; FROST, R. D.; CAMPBELL, A. J. e WHEELER, C. W. 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 294: 1-240.

- FROST, D. R. 2008. Amphibian Species of the World: Uma Referência Online Disponível em: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA (acessado em Dezembro de 2008).
- FUNK, V.A., SAKAI, A.K. e RICHARDON, K., 2002. Biodiversity: interface between systematics and conservation. *Systematic Biology* 51: 235-237.
- GAA, 2008. Global Amphibian Assessment. Disponível em: <www.globalamphibians.org>. Acessado em Dezembro de 2008.
- GIARETTA, A. A., FILHO, J. C. O. & KOKUBUM, M.C. 2007. A new *Phyllomedusa* Wagler (Anura, Hylidae) with reticulated patterns on the flanks from southeastern Brazil. *Zootaxa* 1614: 31-41.
- GRIDI-PAPP, M. 2007. Sound Ruler. Disponível em: <<http://soundruler.sourceforge.net>>.
- GUIMARÃES, D. L.; LIMA, P. L.; JULIANO, F. R. e BASTOS, R. 2001. Vocalizações de espécies de anuros (Amphibia) no Brasil central. *Boletim do Museu Nacional* 474: 1-14.
- HEYER, R. W., RAND, S. A, CRUZ, C. A. G., PEIXOTO, O. L. e NELSON, C. E. 1990. Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia* 31: 231-410.
- KENNY, J. S. 1966. Nest building in *Phyllomedusa trinitatis* Mertens. *Caribbean Journal of Science* 6: 1-2.
- LORIN, C., SAIDI, H., BELAID, A., ZAIRI, A., BALEUX, F., HOCINI, H., BÉLEC, L., HANI, K. e TANGY, F., 2005. The antimicrobial peptide Dermaseptin S4 inhibits HIV-1 infectivity in vitro. *Virology* 334: 264-275.

- LUTZ, B. 1950. Anfíbios da coleção Adolpho Lutz: locomoção e estrutura das extremidades *Phyllomedusa burmeisteri distincta* A. Lutz, *Aplastodiscus pervirides* A. Lutz. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 48: 599-637.
- LUTZ, B. 1966. *Pithecopus ayeaye*, a new Brazilian hylid with vertical pupils and grasping feet. *Copeia* 2: 236–240.
- MMA, 2008. Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/sbf/fauna/index.cfm> (acessado em Maio de 2007).
- NETTO, A. L. C. 1994. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. Em: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos/ Organização: Antonio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha. Editora Bertrand Brasil S.A. Rio de Janeiro. 458p.
- OSKANEN, J., KINDT, R., LEGENDRE, P. e O'HARA, R. B. 2007. Vegan: Community Ecology Package version 1.8-6. Disponível em <<http://cran.r-project.org>>.
- PETERSON, A.T., EGBERT, S.L. e PRICE, K.P., 2000. Geographic analysis of conservation priority: endemic birds and mammals in Vera Cruz, Mexico. *Biological Conservation* 93: 85-94.
- PETERSON, A.T., 2001. Predicting geographic distribution based on ecological niche modeling. *Condor* 103: 599-605.
- PEZUTTI, T. L., LEITE, F. S. F. e NOMURAS, F. submetido. The tadpole of *Phyllomedusa itacolomi* (Anura: Hylidae), with a description of the internal oral morphology. *Zootaxa*.
- PIMENTA, B. V. S., NUNES, I. e CRUZ, C. A. G. 2007. Notes on the poorly known phyllomedusinae frog *Hyllomantis aspera* Peters, 1872 (Anura: Hylidae). *South American Journal of Herpetology* 2:206–214.

- PYBURN, W.F. and GLIDEWELL, J.R. 1971. Nests and behavior of *Phyllomedusa hypochondrialis* in Colombia. *Journal of Herpetology* 5: 49-52.
- QUINN, G. e KEOUGH, M. 2002. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 537p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM 2006. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, AU. Disponível em <<http://www.R-project.org>>.
- SBH, 2008. Lista Brasileira de Anfíbios. Disponível em: <http://www.sbherpetologia.org.br/> (acessado em dezembro de 2008).
- SEMLITSCH, R.D., 2003. General threats to amphibians. Em: Amphibian Conservation. Editado por: R.D. Semlitsch. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., U.S.A.
- TABACHNICK, B. G. e FIDELL, L. S. 2001. Using Multivariate Statistics. Allyn & Bacon Inc. Boston. 966p.
- VANCOMPERNOLLE, S.E., TAYLOR, R.J., RICHTER, K.O., JIANG, J., YOUREE, B.E., BOWIE, J.H., TYLER, M.J., CONLON, J.M., WADE, D., AIKEN, C., DERMODY, T.S., RAMANI, V.N.K., SMITH, L.A.R. e UNUTMAZ, D., 2005. Antimicrobial peptides from amphibian skin potentially inhibit human immunodeficiency virus infection and transfer of virus from dendritic cells to T cells. *Journal of Virology* 79: 11598-11606.
- VENABLES, W. N. e RIPLEY, B. D. 2002. Modern Applied Statistics with S. Four Edition. Springer, NY.
- VITT, L.J., CALDWELL, J.P., WILBUR, H.M., SMITH, D.C., 1990. Amphibians as harbinger of decay. *Bioscience*. 40: 418.

WAKE, D. B., 1991. Declining amphibian populations. *Science*. 253: 860.

WOGEL, H., ABRUNHOSA, A. P. e POMBAL Jr. P. J. (2004). Vocalizations and aggressive behavior of *Phyllomedusa rohdei* (Anura, Hylidae). *Herpetological Review* 35: 239-243.

ZAR, J. H. 1996. Biostatistical Analysis, 4ª edição. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 929p.

APÊNDICES

Apêndice A. Vocalização das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis*. Média \pm DP (amplitude).

Espécies	Variáveis da Vocalização de Anúncio				
	Freq. Fundamental (Hz)	Freq. Dominante (Hz)	Dur. Nota (mseg)	N. Pulsos/Nota	Dur. Pulso (mseg)
<i>P. centralis</i>	1121 \pm 124,8 (751 - 1395)	1450 \pm 175,9 (1019 - 1743)	33,8 \pm 8,4 (25,7 - 63,4)	3,9 \pm 0,5 (3 - 5)	3,0 \pm 0,7 (2 - 5,1)
<i>P. oreades</i>	1243 \pm 63,0 (1081 - 1378)	1681 \pm 65,0 (1550 - 1808)	29,7 \pm 4,0 (24,5 - 56,4)	3,9 \pm 0,2 (3 - 5)	6,6 \pm 1,1 (4 - 9,3)
<i>P. araguari</i> GIARETTA et al, 2007	-	1772	40,0 \pm 6,0 (30,0 - 50,0)	4,2 \pm 0,7	8 \pm 2 (4 - 10)
<i>P. ayeaye</i>	1242 \pm 65,7 (1127 - 1399)	1572 \pm 183,8 (1184 - 1981)	50,0 \pm 12,4 (34,0 - 86,0)	3,8 \pm 0,9 (3 - 6)	8,6 \pm 2,5 (5 - 15)
<i>P. megacephala</i>	-	1952 \pm 89,0 (1808 - 2067)	87,1 \pm 20,7 (70,3 - 121,3)	8,3 \pm 1,2 (7 - 10)	4,6 \pm 1,1 (3,2 - 6,1)
<i>P. nordestina</i>	1861 \pm 138,4 (1722 - 2000)	1995 \pm 80,5 (1830 - 2188)	23,7 \pm 8,3 (13,6 - 48,3)	4,2 \pm 0,9 (3 - 7)	4,4 \pm 0,6 (3,1 - 5,3)
<i>P. azurea</i> GUIMARÃES et al, 2002	-	2337 \pm 153,9 (2180 - 2487)	35,4 \pm 6,9 (28,8 - 48,6)	4 \pm 1 (3 - 6)	6,3 \pm 1,8 (4 - 8)
<i>P. rohdei</i> WOGEL et al, 2004	1300 \pm 100,0	2600 \pm 200,0	18,0 \pm 5,0 (7,0 - 34,0)	2,3 \pm 0,5 (1 - 4)	7,0 \pm 2,0 (3,0 - 14,0)

Apêndice B. Biologia reprodutiva de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis*.

Espécies	Variáveis		
	Diametro da Cápsula Gel.	Diâmetro do Ovo	Número de ovos
<i>P. ayeaye</i>	1,57 ± 0,23 (n=7) (1,25 - 1,84)	4,18 ± 0,55 (n=32) (3,18 - 5,33)	22,43 ± 5,26 (n=7) (13 - 28)
<i>P. oreades</i>	1,46 ± 0,22 (n=7) (122 - 182)	4,37 ± 0,49 (n=35) (3,62 - 5,41)	23,14 ± 6,74 (n=7) (19 - 37)
<i>P. araguari</i> (GIARETTA et al, 2007)	2 (n=1) -	- -	24 (n=1) -
<i>P. megacephala</i> PEZUTTI et al (no prelo)	- -	- -	22,43 ± 4,65 (n=7) (18 - 30)
<i>P. itacolomi</i> PEZUTTI et al (no prelo)	- -	- -	31,3 ± 7,4 (n=15) (21 - 45)
<i>P. azurea</i> (COSTA, 2008)	- -	2,87 ± 0,27 (n=600) (2,34 - 3,75)	65,41 ± 16,27 (n=60) (43 - 140)
<i>P. rohdei</i> (WOGEL et al, 2005)	- -	- -	100 ± 19 (n=30) -
<i>P. hypochondrialis</i> (PYBURN e GLIDEWELL, 1971)	1,2 (n=10) (1,0 - 1,4)	3,4 (n=10) (3,0 - 3,8)	67,5 ± 29,5 (n=4) (44 - 110)

Apêndice C. Variáveis morfométricas das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis*. Média \pm Desvio Padrão (Amplitude).

Variáveis	<i>P. ayeaye</i> (n = 12)	<i>P. centralis</i> (n = 6)	<i>P. itacolomi</i> (n = 14)	<i>P. megacephala</i> (n = 30)	<i>P. oreades</i> (n = 28)	<i>P. azurea</i> (n = 256)	<i>P. hypochondrialis</i> (n = 29)	<i>P. nordestina</i> (n = 51)	<i>P. rohdei</i> (n = 35)
CRA	40,49 \pm 1,56 (37,97 - 43,25)	44,70 \pm 2,78 (40,90 - 48,27)	39,44 \pm 2,38 (36,72 - 44,66)	42,23 \pm 3,11 (37,09 - 49,56)	35,99 \pm 2,95 (30,70 - 42,67)	34,80 \pm 2,94 (26,02 - 43,46)	35,18 \pm 4,29 (27,77 - 43,73)	33,42 \pm 3,01 (27,63 - 43,15)	41,19 \pm 3,65 (33,55 - 52,79)
LC	12,53 \pm 0,56 (11,60 - 13,31)	15,40 \pm 1,35 (13,61 - 16,74)	12,41 \pm 0,59 (11,56 - 13,62)	14,15 \pm 0,87 (12,03 - 16,01)	11,67 \pm 1,14 (9,02 - 13,76)	10,85 \pm 0,86 (8,70 - 13,77)	10,99 \pm 1,55 (8,61 - 14,27)	10,30 \pm 0,95 (8,69 - 13,19)	13,36 \pm 1,34 (8,22 - 16,21)
AC	6,13 \pm 0,18 (5,90 - 6,47)	7,76 \pm 0,47 (7,11 - 8,31)	6,06 \pm 0,64 (5,25 - 7,59)	6,88 \pm 0,63 (6,01 - 8,08)	5,87 \pm 0,63 (4,65 - 6,98)	5,27 \pm 0,49 (3,12 - 6,68)	5,41 \pm 0,83 (4,14 - 7,14)	4,95 \pm 0,44 (4,29 - 6,25)	6,24 \pm 0,55 (4,82 - 7,44)
CC	11,18 \pm 0,40 (10,46 - 11,76)	13,20 \pm 0,93 (12,14 - 14,27)	11,06 \pm 0,51 (10,26 - 11,68)	12,16 \pm 0,84 (10,34 - 13,34)	10,50 \pm 0,83 (8,66 - 11,66)	9,83 \pm 0,72 (7,74 - 11,96)	9,99 \pm 1,07 (8,00 - 12,33)	9,26 \pm 0,74 (7,97 - 11,75)	12,14 \pm 0,96 (9,93 - 14,32)
CM	12,19 \pm 0,38 (11,56 - 12,71)	14,75 \pm 1,19 (13,39 - 16,38)	11,92 \pm 0,70 (10,88 - 13,21)	13,29 \pm 0,86 (11,40 - 14,83)	11,32 \pm 0,97 (9,61 - 13,09)	10,95 \pm 0,93 (9,01 - 13,92)	11,13 \pm 1,37 (8,66 - 13,70)	10,15 \pm 0,92 (8,58 - 13,08)	13,87 \pm 1,09 (11,50 - 16,43)
DT	2,35 \pm 0,21 (2,00 - 2,65)	2,79 \pm 0,44 (2,30 - 3,31)	2,12 \pm 0,17 (1,84 - 2,47)	2,07 \pm 0,33 (1,06 - 2,61)	2,29 \pm 0,32 (1,80 - 2,93)	1,84 \pm 0,25 (1,15 - 2,58)	1,67 \pm 0,31 (1,16 - 2,37)	1,53 \pm 0,26 (1,04 - 2,27)	1,93 \pm 0,30 (1,36 - 2,69)
DO	4,14 \pm 0,23 (3,81 - 4,45)	4,80 \pm 0,47 (4,40 - 5,64)	3,96 \pm 0,36 (3,40 - 4,48)	4,42 \pm 0,43 (3,55 - 5,35)	4,00 \pm 0,46 (3,25 - 5,29)	3,69 \pm 0,32 (2,12 - 4,81)	3,84 \pm 0,43 (3,28 - 4,96)	3,53 \pm 0,33 (3,01 - 4,54)	4,33 \pm 0,37 (3,42 - 5,13)
DIO	5,72 \pm 0,35 (4,96 - 6,17)	8,13 \pm 0,76 (6,97 - 8,95)	5,44 \pm 0,47 (4,09 - 6,08)	6,81 \pm 0,62 (5,81 - 8,40)	6,13 \pm 1,07 (4,39 - 7,95)	5,16 \pm 0,54 (3,90 - 7,12)	5,46 \pm 1,29 (3,95 - 7,97)	4,78 \pm 0,58 (3,52 - 7,00)	6,00 \pm 0,57 (4,14 - 7,12)
DIN	3,39 \pm 0,24 (3,01 - 3,71)	3,96 \pm 0,54 (3,50 - 4,65)	3,14 \pm 0,21 (2,73 - 3,44)	3,37 \pm 0,23 (2,90 - 4,04)	3,20 \pm 0,40 (2,47 - 4,00)	2,82 \pm 0,28 (2,21 - 3,59)	2,69 \pm 0,36 (2,12 - 3,47)	2,57 \pm 0,31 (1,98 - 3,46)	3,07 \pm 0,29 (2,14 - 3,80)
DNO	2,81 \pm 0,16 (2,58 - 3,12)	3,52 \pm 0,24 (3,22 - 3,90)	2,90 \pm 0,21 (2,61 - 3,26)	3,05 \pm 0,32 (2,09 - 3,53)	2,59 \pm 0,36 (1,97 - 3,66)	2,43 \pm 0,25 (1,87 - 3,18)	2,54 \pm 0,46 (1,88 - 3,63)	2,36 \pm 0,32 (1,80 - 3,30)	3,16 \pm 0,22 (2,58 - 3,55)
BR	9,71 \pm 0,59 (9,06 - 10,7)	10,49 \pm 0,79 (9,81 - 11,74)	9,22 \pm 0,58 (8,33 - 10,34)	10,05 \pm 0,97 (7,48 - 11,92)	8,50 \pm 0,96 (6,94 - 10,89)	8,51 \pm 0,95 (6,25 - 11,45)	8,89 \pm 1,39 (6,86 - 11,78)	8,06 \pm 0,62 (6,87 - 10,40)	9,72 \pm 0,86 (8,01 - 12,13)
AB	9,76 \pm 0,59 (8,64 - 10,70)	11,34 \pm 0,70 (10,42 - 12,42)	9,68 \pm 0,95 (7,82 - 12,12)	10,83 \pm 1,38 (8,66 - 15,98)	9,07 \pm 0,99 (7,47 - 10,97)	8,68 \pm 0,91 (6,75 - 11,98)	9,08 \pm 1,44 (7,31 - 12,52)	8,23 \pm 0,82 (6,95 - 10,62)	10,86 \pm 0,95 (8,75 - 13,12)
MAO	11,75 \pm 0,45 (11,17 - 12,60)	12,87 \pm 1,54 (10,96 - 14,92)	11,13 \pm 0,77 (9,82 - 12,30)	11,59 \pm 0,93 (9,14 - 13,31)	9,75 \pm 0,81 (8,34 - 11,37)	8,87 \pm 0,84 (6,42 - 11,44)	9,21 \pm 1,09 (7,34 - 11,74)	8,92 \pm 1,03 (7,26 - 11,86)	10,85 \pm 0,87 (8,40 - 12,53)
CCX	15,76 \pm 0,59 (14,72 - 16,63)	18,58 \pm 2,46 (15,33 - 21,81)	15,17 \pm 0,94 (13,37 - 16,49)	16,59 \pm 1,11 (14,02 - 18,23)	14,40 \pm 1,56 (10,77 - 17,13)	13,95 \pm 1,23 (10,72 - 18,28)	15,00 \pm 2,63 (11,56 - 20,32)	13,00 \pm 1,49 (10,55 - 17,42)	16,61 \pm 1,09 (14,03 - 19,25)
CTB	15,71 \pm 0,47 (14,88 - 16,40)	18,16 \pm 1,65 (15,78 - 20,00)	15,32 \pm 0,85 (14,08 - 17,01)	16,97 \pm 1,09 (14,88 - 18,46)	14,53 \pm 1,24 (12,11 - 17,64)	14,64 \pm 1,17 (11,11 - 18,36)	15,94 \pm 2,30 (11,64 - 20,65)	13,72 \pm 1,42 (11,00 - 17,47)	17,75 \pm 1,37 (14,73 - 21,19)
TA	10,48 \pm 0,41 (9,98 - 11,14)	12,81 \pm 1,29 (10,83 - 14,42)	10,08 \pm 0,39 (9,39 - 10,81)	11,70 \pm 0,98 (10,06 - 13,64)	9,87 \pm 0,79 (8,20 - 11,48)	10,37 \pm 0,91 (7,72 - 12,91)	11,07 \pm 1,49 (8,59 - 14,20)	9,21 \pm 1,15 (7,22 - 12,54)	12,02 \pm 1,12 (9,18 - 14,28)
PE	14,58 \pm 0,34 (14,03 - 15,1)	15,18 \pm 1,51 (13,28 - 17,68)	13,79 \pm 1,10 (12,06 - 16,22)	14,58 \pm 1,10 (12,74 - 16,92)	12,31 \pm 1,05 (10,69 - 14,84)	11,58 \pm 0,98 (8,18 - 14,19)	11,84 \pm 1,46 (9,21 - 15,07)	11,25 \pm 1,16 (8,41 - 13,80)	13,86 \pm 1,11 (11,59 - 16,33)

Apêndice D. Exemplares Medidos

Phyllomedusa ayeaye – BRASIL: MINAS GERAIS: Poços de Caldas, Morro do Ferro (CFBH 15673, 15672; CHUNB 51410 - 51419).

Phyllomedusa azurea – BRASIL: DISTRITO FEDERAL: Brasília (CHUNB 14197 – 14201, 14209, 14210, 14221, 14222, 42476, 49456). GOIÁS: Alexânia (CHUNB 39141 – 39173, 39176, 39178 – 39190, 39192, 39194 – 39197, 39199, 39200, 39203, 39208, 39209, 39213, 39214, 39218, 39932); Cidade de Goiás (UFG 2356, 2400); Colinas do Sul (CHUNB 36027, 36028, 44690, 44691); Corumbá de Goiás (CHUNB 14202 – 14205; CPEB-UCG 833, 835, 838, 841, 842, 844, 846, 849, 851 – 856); Jaó (CZUFG 2600); Jaraguá (CHUNB 49472, 49473); Jataí (CZUFG 3284); Luziânia (CHUNB 14001, 14002, 40653 – 40656, 40674 – 40679, 40681, 40683 – 40685, 40687, 40689 – 40691, 40701, 40952 – 30954, 42280 – 42283, 43359 – 43364); Mairipotaba (CZUFG 3390); Mambá (CZUFG 1132, 1133, 1412, 1414, 1576, 2228); Minaçú (CHUNB 4911 – 4919, 14215 – 14217, 14219, 14220, 24067, 24803, 29526, 29532, 49819 – 49830); Mara Rosa (UFG 2577); Mineiros (CZUFG 3585); Mossômedes (CZUFG 842); Niquelândia (CZUFG 3022 – 2024); Pirenópolis (CHUNB 14211, 14212, 29390, 29393, 29394; CZUFG 1758); Quirinópolis (UFG 1929 - 1931); Santa Rita do Novo Destino (CZUFG 3072 – 3080, 3082, 3083); São Domingos (CHUNB 33778 – 33781, 35421, 35424 – 35451, 43937 – 43939); São Miguel do Araguaia (CZUFG 1975, 1976, 2275); Serranópolis (CHUNB 14218; UFG 1731, 1733); Silvânia (CZUFG 21, 132, 134, 137, 312) . MATO GROSSO: Alto Araguaia (CHUNB 25731, 25732); Cuiabá (CHUNB 14176). MATO GROSSO DO SUL: Bonito (CHUNB 49301, 49302). TOCANTINS: Ananás (CHUNB 47261 – 47263); Caseara (CHUNB 13910, 13912, 45585 – 45592); Palmas (CHUNB 22077).

Phyllomedusa centralis – BRASIL: MATO GROSSO: Chapada Diamantina (CHUNB 12518 - 12520, 38650; CFBH 15795, 15794).

Phyllomedusa hypochondrialis – BRASIL: MARANHÃO: Açailândia (CFBH 11458, 15623); Alcântara (CFBH 19161 – 19164); Porto Franco (CFBH 8142). MATO GROSSO: Alta

Floresta (46674 – 46680); Chapada dos Guimarães (CFBH 14321, 14322, 14367 – 14370, 14406). PARÁ: Canaã (CFBH 3664, 3665) Paraúbepas (CHUNB 14206 – 14208). TOCANTINS: Aguiarnópolis (CFBH 8150); Araguacema (CFBH 10258); Araguaína (CFBH 11467); Babaculândia (CFBH 11449).

Phyllomedusa itacolomi – BRASIL: MINAS GERAIS: Congonhas (CFBH 18422, 1823); Itabirito (CFBH 18420, 18421); Nova Lima (CHUNB 48292); Ouro Branco (FSFelipeLeite 856, 836 – 838); Ouro preto (MCNAM 6011 – 6014; MCNAM 7811, 7807, parátipos)

Phyllomedusa megacephala – BRASIL: MINAS GERAIS: Cardial da Mata (MCNAM 6338, 6358); Conselheiro da Mata (MCNAM 3154); Rio Pardo de Minas (FSFelipeLeite 2368 – 2372, 2389 – 2394, 2420 – 2422); Santana do Riacho (CHUNB 48293 – 48297; MCNAM 6340, 2785, 2786); São Gonçalo do Rio Preto (MCNAM 8551 – 8554, 8550).

Phyllomedusa nordestina – BRASIL: BAHIA: Morro do Chapéu (MCNAM 7920, 7921), Correntina (MCNAM 7874, 7876). GOIÁS: Alvorada do Norte (CHUNB 37625); Flores de Goiás (CHUNB 38438. PARAÍBA: Mamanguape (CHUNB 29020, 29021). MINAS GERAIS: Augusto de Lima (FSFelipeLeite 1133 – 1136); Buritizeiro (43807, 43808, 44412 – 44420, 44439 – 44449, 44565 – 44569, 44802). RIO GRANDE DO NORTE: Serra Negra do Norte (CHUNB 30573 – 30576).

Phyllomedusa oreades – BRASIL: DISTRITO FEDERAL: Brasília (CHUNB 42475). GOIÁS: Corumbá de Goiás (CPEB-UCG 836, 837, 848); Minaçú (CHUNB 12511 – 12517, 49935 – 49938), Pirenópolis (CHUNB 21907, 21908, 30510, 30511; CFBH 15796, 15797). MINAS GERAIS: Buritis (MCNAM 3312, 3311); Paracatú (MCNAM 8863 – 8867, 8295, 8294, 8831).

Phyllomedusa rohdei – BRASIL: BAHIA: Ilhéus (CFBH 11951 – 11962). ESPIRITO SANTO: Anchieta (MCNAM 8314, 8360); Linhares (CFBH 18714). MINAS GERAIS: Maranalcatas Altas (MCNAM 6392, 6391). RIO DE JANEIRO: Duque de Caxias (CFBH

5431), Rio de Janeiro (CFBH 11087, 11088). SÃO PAULO: Ubatuba (CFBH 9033 – 9036, 10591, 10595).

RESUMO
MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DAS ESPÉCIES DE
PHYLLOMEDUSA* DO GRUPO *HYPOCHONDRIALIS

Autor: Guilherme Fajardo Roldão Álvares

Orientador: Dr. Reuber Albuquerque Brandão

Programa de Pós graduação em Ciências Florestais

Brasília, mês de Fevereiro (2009)

A modelagem da distribuição geográfica de espécies foi utilizada para prever a ocorrência das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* e gerar mapas com a potencial distribuição das espécies e dos subgrupos propostos por CRUZ (1982), além de apontar áreas adequadas a ocorrência de novas populações e novas espécies do grupo e reavaliar o “status” de conservação das espécies. As modelagens foram elaboradas utilizando o algoritmo Máquinas de Suporte Vetorial devido aos promissores resultados nos casos onde se tem poucos registros de ocorrência de espécies. A modelagem indicou diferenças nos requerimentos ambientais dos subgrupos de espécies dentro do grupo *hypochondrialis* e apontou as regiões da Chapada da Diamantina, Chapada do Parecis, Serra da Mantiqueira e Serra do Mar como possível áreas para a ocorrência de novas populações e espécies do subgrupo *megacephala*. Portanto, temos espécies do subgrupo *megacephala*, com distribuição geográfica associada às regiões campestres, e restritas às serras e montanhas do Planalto Central Brasileiro, e o subgrupo *hypochondrialis* possuindo espécies associadas aos biomas brasileiros. Por fim, sugerimos que as espécies do subgrupo *megacephala* que não possuem o “status” de ameaça avaliado, sejam tratadas como vulneráveis à extinção, principalmente, por possuírem características ecológicas semelhantes às espécies de anfíbios com declínios e extinções constatados.

ABSTRACT

MODELLING POTENCIAL DISTRIBUTION OF *PHYLLOMEDUSA* FROM *HYPOCHONDRIALIS* SPECIES GROUP

Author: Guilherme Fajardo Roldão Álvares

Supervisor: Dr. Reuber Albuquerque Brandão

Programa de Pós graduação em Ciências Florestais

Brasília, month of February (2009)

Models of species distribution was used to predict the occurrences of species belonging to *Phyllomedusa hypochondrialis* species group, as well as to predict the geographic distribution of subgroups, proposed by CRUZ (1982), within the *hypochondrialis* group. Potential occurrences maps were created for each species and for each subgroup of species, and pointed out suitable regions for the occurrence of new populations and new species related to the group, the conservation status of the species was revised based on their distribution and ecology. The model was created using the predictive algorithm Support Vector Machines, for its promising results when working with rare and threatened species. The models supported differences in the environmental requirements of the subgroups, and so we suggest that they must be treated as different species groups, yet the models indicated regions on Chapada da Diamantina, Chapada dos Parecis, Serra da Mantiqueira and Serra do Mar as suitable areas for the occurrence of new populations and new species related to the subgroup *megacephala*. Hence, the *megacephala* subgroup is predicted to range throughout the montane regions of the Brazilian Plateau, while species belonging to *hypochondrialis* group is predicted to occur associated with the major Brazilian's ecoregions. Finally, it is suggested that *megacephala's* species should be treated as vulnerable of extinction because of its similarities with those species with declines and extinctions confirmed.

3 – MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DAS ESPÉCIES DE *PHYLLOMEDUSA* DO GRUPO *HYPOCHONDRIALIS*

3.1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A modelagem de nicho ecológico para a previsibilidade da distribuição de espécies representa uma importante ferramenta em estudos de Conservação, Biogeografia, Evolução, Ecologia, Espécies Invasoras e Mudanças Climáticas (WALKER, 1990; PETERSON et al, 2000; PETERSON, 2001; ANDERSON et al, 2002; COSTA et al, 2007; COSTA et al, 2008; GIOVANELLI et al, 2008a). Com o avanço das tecnologias de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG), as modelagens de nicho ecológico se tornam ainda mais poderosas, uma vez que mapas com dados das características ambientais podem ser sobrepostos em camadas para criar um conjunto de características “features” que irão representar uma aproximação do nicho fundamental das espécies, de acordo com as n-dimensões ambientais avaliadas (ANDERSON et al, 2003).

Portanto, mapas temáticos são subdivididos em quadrículas, uma malha de pixels, de acordo com a escala e precisão das informações. Todos os pixels de uma área de estudo compõem o espaço onde será definida a distribuição das probabilidades. Cada pixel constitui um conjunto de n-valores real, contínuos ou categóricos, relacionado a cada uma das variáveis ambientais, tais como: precipitação mensal, temperatura máxima, pH do solo, índice de vegetação, topografia, e outras. Os pontos amostrais, ou pixels com presença da espécie, irão representar a média empírica que será utilizada no reconhecimento e classificação das áreas (pixels) que possuem qualidades ambientais favoráveis à ocorrência das espécies. O desafio da modelagem é prever a adequabilidade ambiental de uma espécie dado um conjunto de variáveis ambientais de uma determinada região, ou, simplesmente, reconhecer e classificar um padrão de distribuição não-aleatório.

O reconhecimento de padrões tem sido o foco de pesquisa da Inteligência Artificial, no campo do Aprendizado de Máquinas, que tem o objetivo de mecanizar tarefas racionais realizadas por humanos, como por exemplo: fazer previsões do tempo, fazer diagnoses médicas, reconhecer

palavras e imagens, e mesmo fazer um computador aprender a jogar xadrez (NILSSON, 1965). Para reconhecer e classificar os padrões é necessário o desenvolvimento de algoritmos preditivos que utilizam, principalmente, de métodos estatísticos como funções lineares, funções discriminantes, regressões logísticas e distâncias mínimas (ex. Mahalanobis) (NILSSON, 1965; PHILLIPS et al. 2006).

As modelagens para previsibilidade da ocorrência de espécies estão profundamente atreladas ao conceito de nicho ecológico de Hutchinson. De acordo com o conceito hutchinsoniano de nicho, este é representado pelo hipervolume n-dimensional relacionado às condições e recursos que uma espécie precisa para manter populações, sendo considerado um determinante crítico para a sua distribuição geográfica (MACARTHUR, 1972; BEGON et al, 2006; LOMOLINO et al. 2006). Entretanto, ARAÚJO e GUIBAN (2006) alertam sobre a utilização do nome “Modelagem de Nicho Ecológico” para modelos de distribuição, uma vez que o conceito Hutchinsoniano de nicho ecológico é intrínseco às interações interespecíficas, mutualismo e facilitação, que dificilmente são incorporados nas modelagens. Dessa forma, tais modelos melhor representariam habitats potenciais para espécies (GUIBAN e THULLER, 2005), ou deve-se seguir somente o conceito Grinelliano de nicho, que leva em consideração apenas os requerimentos ambientais para a ocorrência das espécies (PULLIAN, 2000).

Vários algoritmos são amplamente utilizados em modelagens de distribuição de espécies, entre eles: Bioclim (Sistema de Previsão Bioclimática), distância de Mahalanobis, GARP (Algoritmo Genético para Produção de Conjunto de Regras) e MAXENT (Máxima Entropia) (PETERSON, 2001, BEAUMONT et al, 2005; PHILLIPS et al, 2006; MCPHEARSON et al, 2006). Outro novo algoritmo ainda pouco utilizado, mas bastante promissor, é o MSV (Máquinas de Suporte Vetorial) (ZUO et al, 2008).

O GARP (*Genetic Algorithm for Rule-set Production* – Algoritmo Genético para a Produção de Conjunto de Regras) constitui uma das aplicações da inteligência artificial preocupada em desenvolver modelos preditivos relacionado às questões no campo da genética e evolução. No entanto, ultimamente tem sido utilizado por ecólogos e biogeógrafos na previsão da ocorrência de espécies em diversas situações (PETERSON et al, 2000; PETERSON, 2001; ANDERSON

et al, 2002; COSTA et al, 2007). O GARP opera sobre um conjunto de regras, ou “features”, onde operadores heurísticos simulam processos naturais de seleção, reprodução, mutação e sobrevivência, excluindo as regras menos adequadas e selecionando novas outras regras, com base em valores dos pontos amostrais, e ainda cria novas regras aleatoriamente, que podem ser melhores ou piores que os valores originais. O algoritmo finaliza os processos de seleção no momento em que atinge o número de iterações exigidas. O resultado pode ser projetado em um mapa temático que informa, em tons de cores, as categorias de predição. O GARP obtém melhores resultado quando opera com um número mínimo de 20 pontos amostrais e um máximo de 11 camadas ambientais de alta resolução (grids de 1 X 1 Km) (ANDERSON et al, 2003; PETERSON et al, 2000).

O MAXENT ou Entropia Máxima é um excelente método capaz de fazer predições e inferências utilizando dados incompletos e por isso é bastante utilizado na reconstrução de imagens e reconhecimento de sinais. Portanto, torna-se uma ótima ferramenta para realizar predições de distribuição de espécies quando se tem apenas dados de presença (como por ex.: dados de coleções científicas e museus). PHILLIPS e colaboradores (2006) mostraram que os resultados das modelagens de potencial distribuição de espécies utilizando apenas dados da ocorrência, no MAXENT foram mais robustos quando comparado aos resultados obtidos utilizando o algoritmo GARP.

Máquina de Suporte Vetorial foi utilizado recentemente e tem resultados promissores na modelagem de distribuição de espécies (DRAKE et al, 2006; ZUO et al, 2008). É um modelo de classificação linear que se baseia no princípio da minimização do risco estrutural, ou seja, a probabilidade de classificar de forma errada padrões ainda não vistos pela distribuição de probabilidade (ZUO et al, 2008). Uma característica especial do algoritmo MSV é a capacidade que possui de simultaneamente minimizar os erros de classificação empíricos e maximizar a margem geométrica (OpenModeller, 2008). O algoritmo é capaz de desempenhar predições mesmo com poucos dados de ocorrência de espécies e, portanto, extremamente importante quando se está trabalhando com espécies raras, endêmicas e com distribuição pouco conhecida ou restritas (ZUO et al, 2008), como é o caso das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *megacephala*. Além do mais, o programa aceita a entrada de grandes quantidades de

camadas ambientais e a velocidade da análise é surpreendente. Um estudo recente compara a modelagem de 30 espécies de plantas do gênero *Rhododendron* utilizando o algoritmo GARP e Máquinas de Suporte Vetorial e os resultados com a utilização de SVM foram mais robustos (ZUO et al, 2008).

Existem dois tipos possíveis de erros associados aos modelos preditivos. O primeiro está relacionado com a omissão de regiões que possuem características ecológicas favoráveis e são habitadas pelas espécies (falsos negativos, ou erro de omissão). O outro tipo de erro está relacionado à sobreprevisão de áreas, ou seja, inclui áreas que não possuem as espécies (falso positivo, ou erro de sobreprevisão). Esse último tipo de erro pode envolver dois componentes que são: erro de sobreprevisão real que pode estar relacionada à interação de fatores ecológicos não relacionados ao nicho fundamental das espécies, e erro de comissão aparente que está relacionado a fatores históricos como habilidade colonizadora, padrões de especiação e extinção local (ANDERSON et al, 2003).

As Curvas Operacionais ROC (*Receiver Operating Characteristic Curves*) são atualmente consideradas o método padrão utilizado para acessar a robustez das modelagens de distribuição. O gráfico é representado pela taxa de verdadeiros positivos, ou acertos, ou ausência do erro de omissão (sensibilidade) no eixo Y, e no eixo X a taxa de falsos positivos, ou a taxa de sobreprevisão. Dessa forma, o melhor método preditivo possível produziria pontos na área superior esquerdo do gráfico, representando 100% de sensibilidade, ou, em outras palavras, todos os verdadeiros positivos foram encontrados. Além disso, as Curvas Características Operacionais calculam um valor que representa a área sob a curva ROC (AUC, “*Area Under the Curve*”), e valores mais próximos de um, significam alta acurácia do modelo (ANDERSON et al, 2003; PHILLIPS et al, 2006). Entretanto, a validação dos modelos gerados com baixo número amostral se torna problemática, e portanto, os modelos não devem ser interpretados fortemente como mapa probabilístico da ocorrência real de espécies, mas apenas representar condições ambientais similares aos locais onde as espécies estão presentes (DRAKE et al, 2006; GIOVANELLI et al, 2008b).

PETERSON (2001), utilizando o DESKTOP GARP, mostrou que não existe diferença estatística entre os resultados obtidos da modelagem de distribuição de trinta e quatro espécies de aves, com sua distribuição conhecida. Na análise, alguns estados foram omitidos aleatoriamente e usados como controles (PETERSON, 2001). Outro estudo, utilizado modelos de previsão da distribuição de espécies de camaleão (gêneros *Fulcifer*, *Calumma* e *Brookesia*) em Madagascar foi importante, não somente para gerar informações sobre biogeografia das espécies, mas também as áreas de sobreprevisão dos modelos indicaram áreas onde foram descobertas sete novas espécies de camaleão, gerando novos subsídios e estratégias para a conservação (RAXWORTHY et al, 2003). Esses resultados mostram a precisão e confiabilidade dos modelos preditivos em pesquisas aplicadas a conservação, biogeografia e evolução das espécies.

Nesse contexto o presente estudo tem como objetivo (1) elaborar mapas com a potencial distribuição geográfica das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* no Brasil, (2) apontar novas áreas adequadas para ocorrência de novas populações, ou espécies novas, (3) elaborar mapas com a potencial distribuição dos subgrupos de espécie no Brasil, e (4) comentar o *status* de conservação do grupo com base na distribuição das espécies e aspectos ecológicos.

3.2 – MATERIAIS E MÉTODOS

A modelagem de distribuição dos subgrupos foi realizada utilizando os pontos de ocorrência das espécies que os compõem. Portanto, foram considerados os subgrupos *hypochondrialis* (composto pelas espécies, *P. azurea*, *P. hypochondrialis*, *P. nordestina*, *P. palliata* e *P. rohdei*) e *megacephala* (composto pelas espécies *P. araguari*, *P. ayeaye*, *P. centralis*, *P. itacolomi*, *P. megacephala* e *P. oreades*) (CRUZ, 1982; BRANDÃO, 2002; CARAMASCHI, 2006; BRANDÃO et al, submetido).

Dados de ocorrência das espécies do grupo *hypochondrialis* foram compilados a partir dos municípios referente aos indivíduos analisados por CARAMASCHI (2006). Outros registros de ocorrência são provenientes dos Municípios dos animais depositados na Coleção

Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUNB) e Coleção Célio Haddad da Universidade Estadual Paulista (CFBH). Com o auxílio de *Gazetteers* foi possível descobrir as coordenadas geográficas dos municípios onde as coletas foram realizadas. Ahamos que coordenadas geográficas provenientes dos municípios de coleta não irão causar erros nas modelagens, uma vez que estamos lidando com espécies com relativamente ampla distribuição geográfica (com excessão de *P. palliata*).

Para as espécies pouco amostradas, com distribuição restrita, alta especificidade de habitats e ameaçadas (*P. ayeaye*, *P. araguari*, *P. megacephala*, *P. oreades*, *P. itacolomi* e *P. centralis*) foram utilizadas apenas as coordenadas georeferenciadas no campo, com auxílio de GPS, do local exato onde as espécies foram avistadas e coletadas. Outras coordenadas geográficas exatas do local de coleta dessas espécies foram obtidas na Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUNB) e Museu de História Natural Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG).

Os mapas temáticos utilizados para as modelagens preditivas foram: índice de vegetação (NDVI) com resolução de 4 Km, proveniente do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE, disponível em <http://www7.ceptec.inpe.br>), índice topográfico de 1 km, proveniente da *U.S. Geological Survey's Hydro-1k* (USGS Hydro-1k, disponível em <http://eros.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>) e variáveis bioclimáticas, tais como: temperatura anual média, temperatura máxima mensal, temperatura mínima no mês mais frio, precipitação anual, precipitação no mês mais úmido, precipitação no mês mais seco, obtidos da base de dados *WorldClim* com resolução de aproximadamente 8 km por quadrícula (disponível em <http://worldclim.org>). Portanto, foi gerado um conjunto com oito camadas que representam algumas das condições ambientais que podem contribuir para explicar os padrões de distribuição geográfica das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* no Brasil.

Os mapas com as modelagens da distribuição das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis* foram criados a partir do aplicativo de acesso livre *OpenModeller*,

desenvolvido pelo centro de Referência em Informação Ambiental – CRIA e disponível gratuitamente em: <http://openmodeller.sourceforge.net> (OpenModeller, 2008).

Os modelos preditivos foram elaborados utilizando o algoritmo de Máquinas de Suporte Vetorial, devido aos promissores resultados obtidos em situações onde se tem apenas pontos de presença (dados de coleções e museus), em situações onde se tem poucos registros de ocorrência (espécies raras e, ou ameaçadas), e devido à rapidez no processamento e elaboração dos mapas preditivos, e ainda, por ter mostrado resultados mais robustos que o algoritmo, mais comumente utilizado, GARP (DRAKE et al, 2006; ZUO et al, 2008).

3.3 – RESULTADOS

3.3.1 – DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DAS ESPÉCIES DE *Phyllomedusa* DO GRUPO *hypochochondrialis*

Phyllomedusa araguari – A modelagem da distribuição de *P. araguari* foi gerada a partir de dois pontos das únicas populações conhecidas para a espécie, situada no município de Perdizes, estado de Goiás, Brasil. Devido ao baixo número de amostras, não foi possível validar o modelo utilizando o índice de AUC e, portanto, o mapa deve ser utilizado apenas como uma análise preliminar da potencial distribuição da espécie.

O modelo gerou um mapa de distribuição bastante inclusivo, indicando uma ampla área para potencial ocorrência da espécie no Brasil (Fig. 3.1). Essas áreas estão associadas, principalmente, às regiões de serras e chapadas do Planalto Central Brasileiro, abrangendo os estados de Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais. Entretanto essa ampla distribuição está traduzindo erros de sobreprevisão real, associados à presença de espécies taxonomicamente mais aparentadas, ou seja, das espécies de *Phyllomedusa* com o padrão reticulado nos membros flancos, subgrupo *megacephala* (CRUZ 1982; BRANDÃO, 2002, BRANDÃO et al, submetido).

No estado do Mato Grosso o modelo indicou as áreas da chapada dos Parecis, Serra das Araras, Chapada dos Guimarães e Planalto dos Alcantilados como sendo similares às áreas de ocorrência de *P. araguari*. Entretanto, a região da Chapada dos Guimarães é a localidade-tipo de *P. centralis*, e portanto, essas áreas devem constituir localidades potenciais à ocorrência da espécie. No estado de Goiás compreende as áreas da Chapada dos Veadeiros e Planalto do Distrito Federal (DF), áreas de distribuição conhecida da espécie *P. oreades*. Na região sudeste do Brasil, no estado de Minas Gerais, as áreas incluídas no mapa foram a Serra da Canastra, Planalto de Poços de Caldas, Planalto Centro-Sul Mineiro, Planaltos dos Campos das Vertentes, Serras do Quadrilátero Ferrífero e região meridional da Serra do Espinhaço, sendo regiões com registros da ocorrência das espécies *P. ayeaye*, *P. itacolomi* e *P. megacephala*.

As regiões, concentradas no oeste do estado de Minas Gerais, como as áreas do Planalto de Uberlândia e sul da Chapada do Rio São Francisco (MG) mostraram adequabilidade ambiental e pela proximidade do ponto de coleta devem constituir uma provável área para a distribuição geográfica de *P. araguari*, caso este taxon não represente apenas uma população de *P. oreades*, devendo ser tratada como sinônimo júnior desta espécie.

Phyllomedusa ayeaye – A modelagem da potencial distribuição da espécie criticamente ameaçada *P. ayeaye* foi gerada por três registros de ocorrência, sendo dois registros para Serra da Canastra (MG) e um registro na localidade tipo, Morro do Ferro (MG). Pelo baixo número de amostras, não foi possível validar o modelo pelo índice de AUC e, por isso, o mapa de distribuição representa apenas uma análise preliminar da adequabilidade ambiental para a espécie no Brasil.

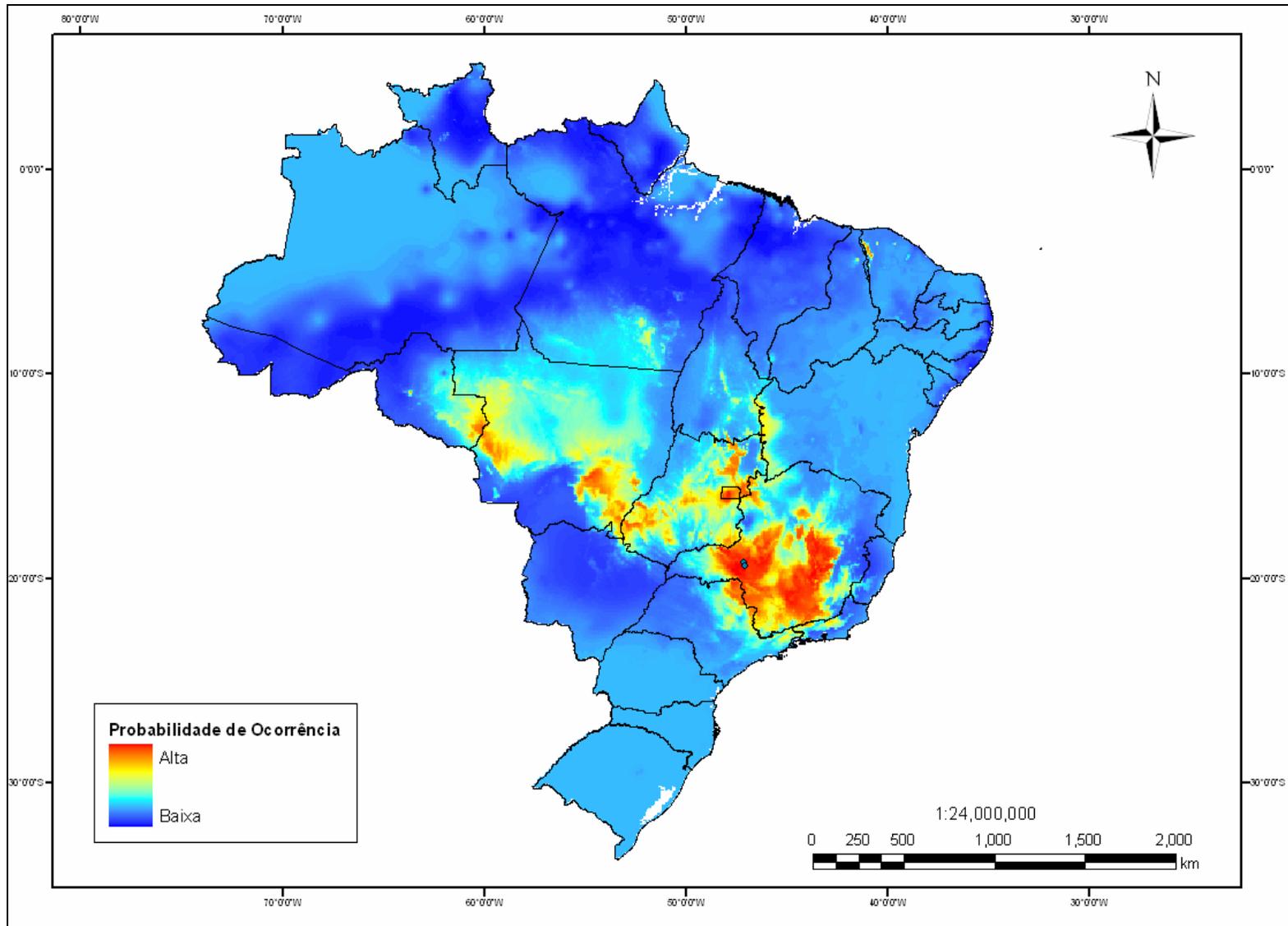


Figura 3.1. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa araguari*. Pontos representam os registros de ocorrência.

O mapa mostra uma ampla distribuição associada às regiões de serras e planaltos do Sudeste Brasileiro, incluído, principalmente, o estado de Minas Gerais, nordeste do estado de São Paulo e o estado do Rio de Janeiro. No estado de Minas compreende as regiões do Planalto de Uberlândia e extremo sul da Chapada do Rio São Francisco, Serra da Canastra, Planalto de Poços de Caldas, Planalto do Alto Rio Grande, até a região meridional da Serra do Espinhaço. No nordeste do estado de São Paulo o modelo indica as regiões da Serra do Itatiaia, Serra da Matiqueira e Serra do Mar, e por fim, no estado do Rio de Janeiro, a região setentrional da Serra do Mar, que constitui a Serra dos Órgãos. Entretanto a modelagem é bastante inclusiva, uma vez comete erros de sobreprevisão real indicando regiões habitadas por espécies filogeneticamente aparentadas, como: *P. araguari* (município de Perdizes – MG), *P. itacolomi* (município de Ouro Branco, Congonhas e Nova Lima – MG) e *P. megacephala* (município de Jaboticatubas - MG e Santana do Riacho – MG) (Fig. 3.2).

Phyllomedusa azurea – O modelo gerado para a previsão da distribuição geográfica de *P. azurea* foi bastante robusto, com valor de AUC de 0,91 (Tabela 3.1). Além disso, o modelo obteve uma baixa taxa no erro de omissão (2,6%), mas por outro lado, uma alta taxa no erro de sobreprevisão (25,9%), o que resulta numa distribuição bastante abrangente, o que não representa grande problema, visto que a espécie é bastante generalista no uso de hábitat. Dessa forma, a distribuição potencial de *P. azurea* no Brasil engloba basicamente as áreas do bioma Cerrado e Pantanal, ocorrendo em praticamente todo o estado do Mato Grosso do Sul e Goiás, no Sul do Mato Grosso do Sul, oeste de Minas Gerais, se estendendo até o Sul do estado do Maranhão (Fig. 3.3).

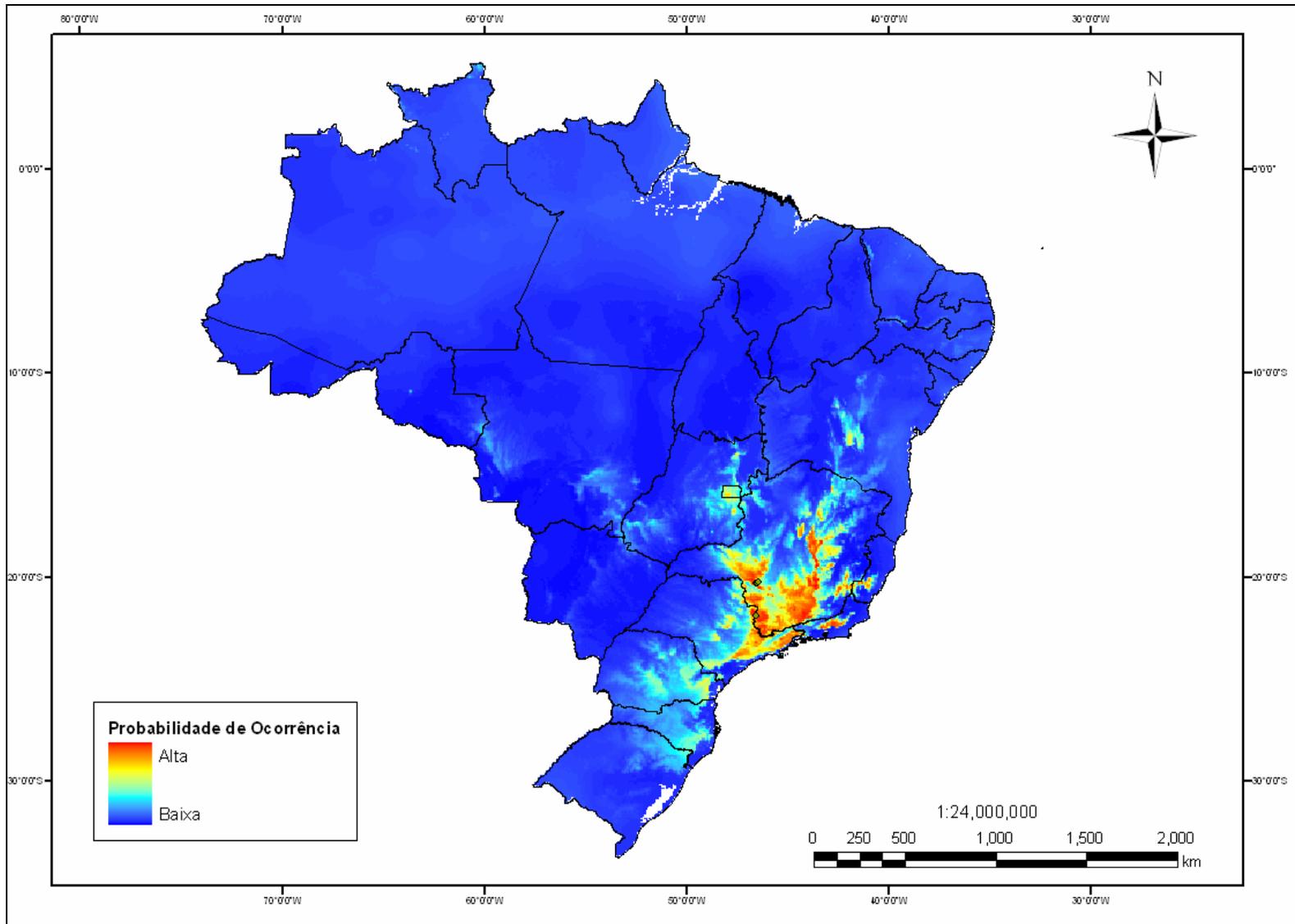


Figura 3.2. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa ayeaye*. Pontos representam os registros de ocorrência.

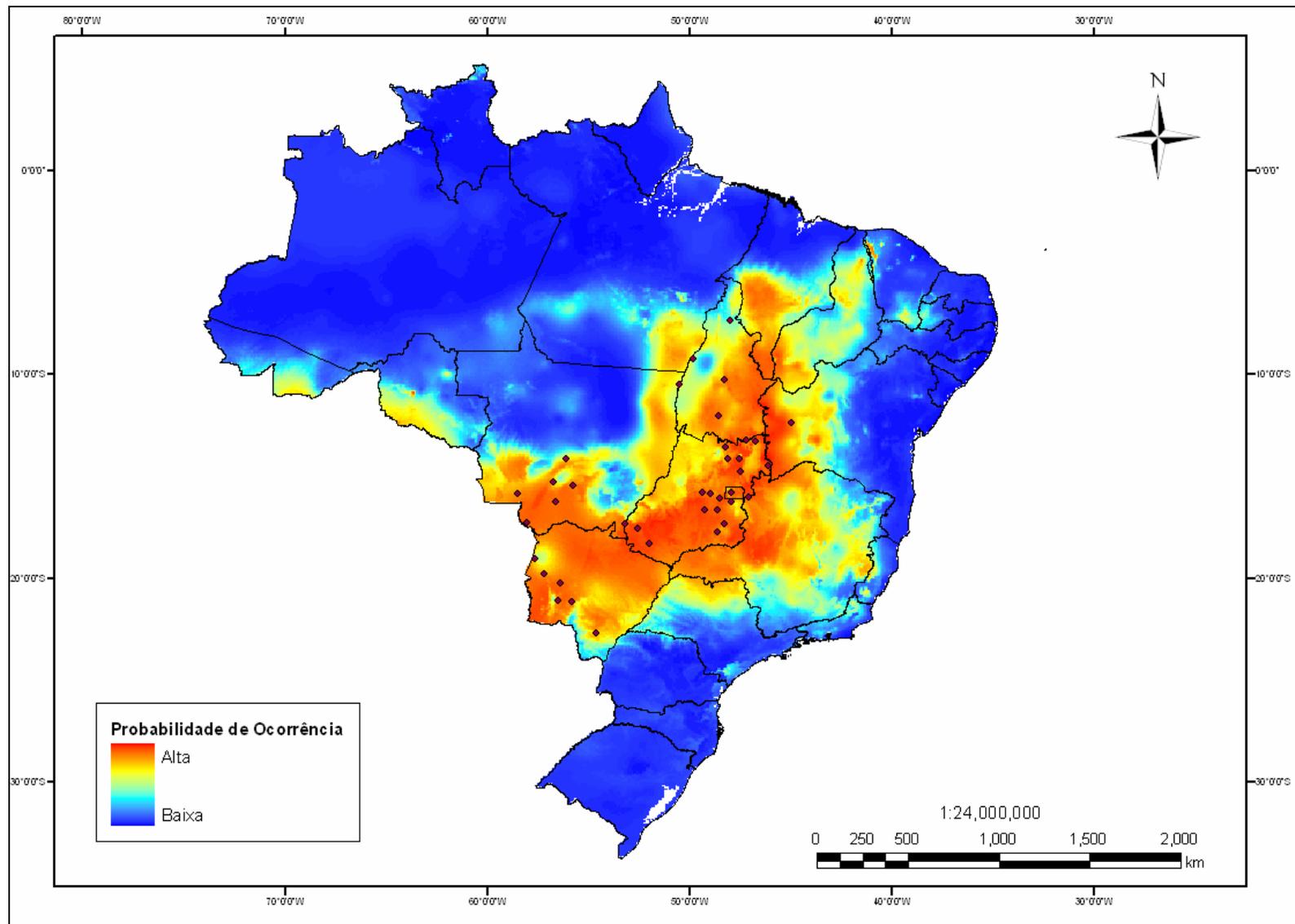


Figura 3.3. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa azurea*. Pontos representam os registros de ocorrência.

Phyllomedusa centralis - Apenas três pontos de ocorrência, referentes às únicas três populações conhecidas da espécie, localizada no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, foram utilizados para gerar o modelo de distribuição, e portanto, não foi possível validar a modelagem utilizando o índice de AUC. O modelo preditivo gerou um mapa altamente restritivo para a espécie, o que pode ser constatado pelos valores obtidos da taxa de omissão (100%) e sobreprevisão do modelo (Tabela 3.1). Dessa forma, a modelagem somente conseguiu identificar as próprias áreas de ocorrência e uma região a oeste desta, provavelmente a região da Serra das Araras e as cabeceiras do rio Paraguaizinho, como adequadas à ocorrência da espécie. (Fig. 3.4).

Phyllomedusa hypochondrialis - O modelo de distribuição de *P. hypochondrialis* foi gerado utilizando, principalmente, as coordenadas geográficas referentes aos municípios dos indivíduos analisados por CARAMASCHI (2006). O modelo obteve valor do índice de AUC, igual a 0,85, com a porcentagem de células que predizem a presença (taxa de sobreprevisão) igual a 24,9% e uma taxa de omissão de 28% (Tabela 3.1). O modelo previu a presença de *P. hypochondrialis* para as regiões norte do estado do Maranhão, no estado do Pará, Amapá, Roraima, Sul do estado do Amazonas, Acre e norte de Rondônia (Fig. 3.5). Entretanto, a distribuição geográfica mais a oeste pode estar relacionada a erros de sobreprevisão, pois as áreas com potencial presença de *P. hypochondrialis* no estado do Acre fazem parte da distribuição conhecida de uma espécie do grupo *hypochondrialis*, *Phyllomedusa palliata*. No entanto, as duas espécies podem ocorrer em simpatria.

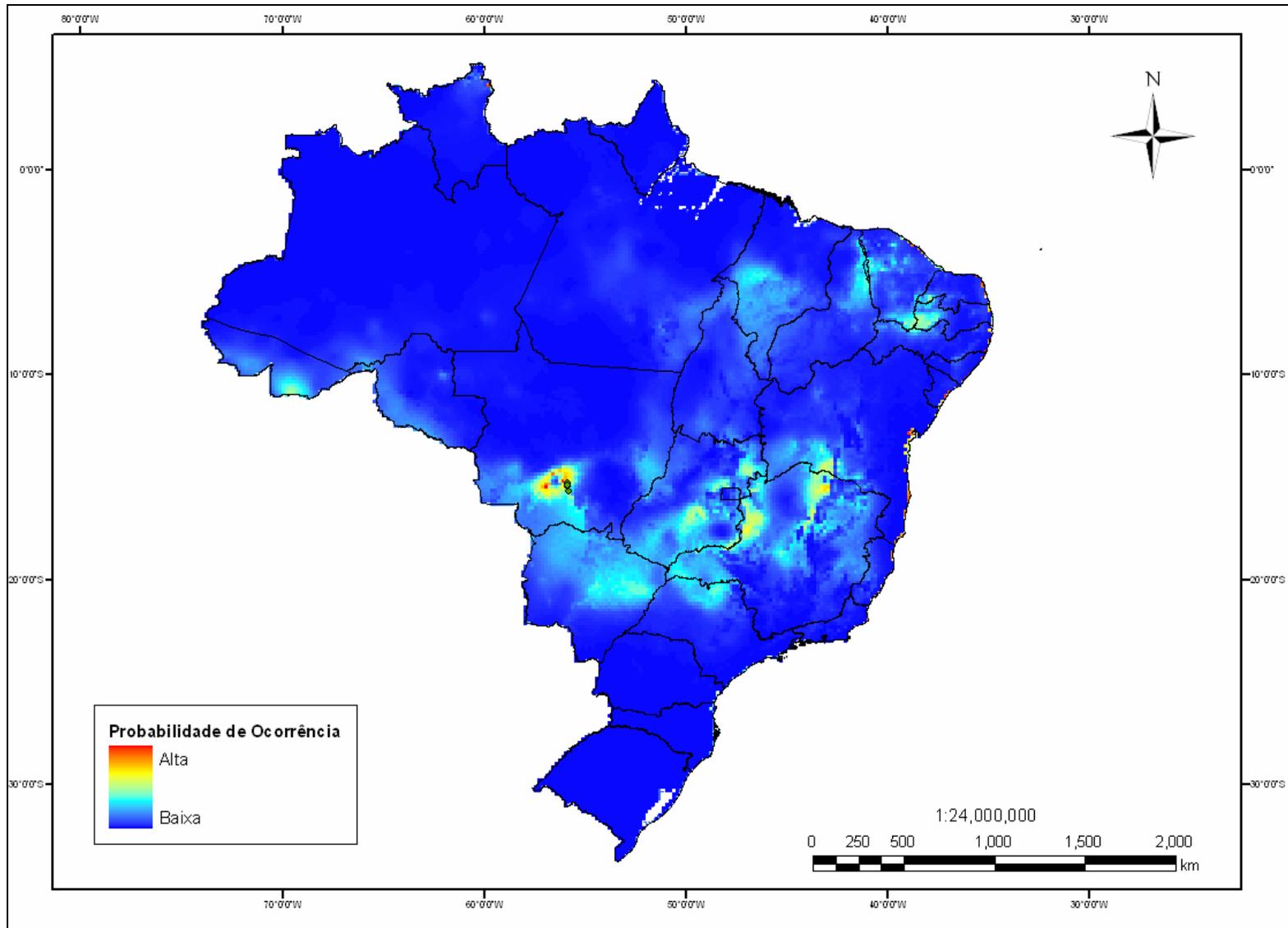


Figura 3.4. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa centralis*. Pontos representam os registros de ocorrência.

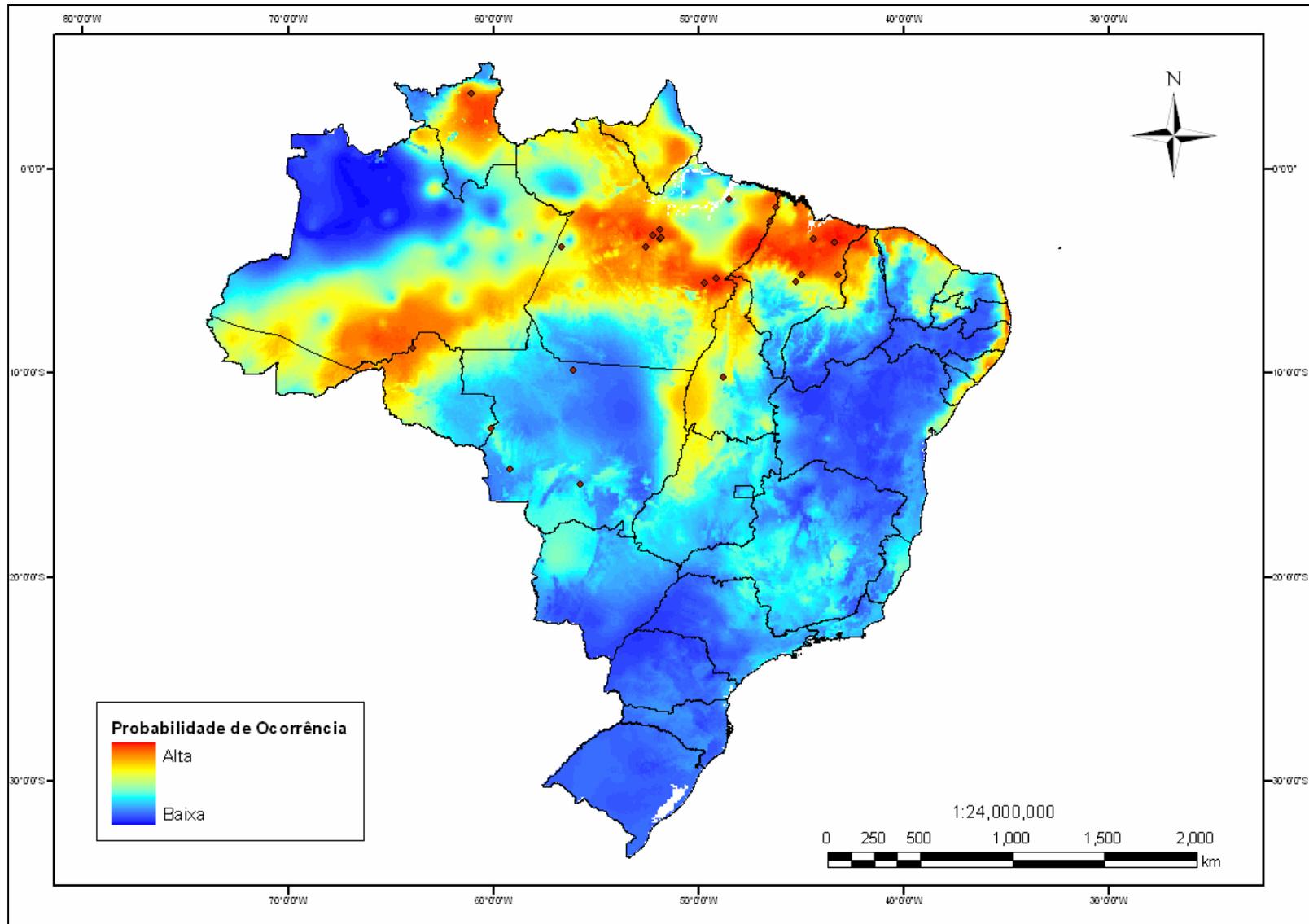


Figura 3.5. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa hypochondrialis*. Pontos representam os registros de ocorrência.

Phyllomedusa itacolomi – As cinco localidades utilizadas para gerar o modelo preditivo de *P. itacolomi* foram obtidas no Museu de História Natural Pontifícia da Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG). Foram previstas condições favoráveis à ocorrência de *P. itacolomi* nas regiões serranas do estado de Minas Gerais, incluindo o sul da Serra do Espinhaço, Serra da Mantiqueira, Serras do Quadrilátero Ferrífero, Serra da Canastra, Planalto de Uberlândia e o extremo sul da Chapada do Rio São Francisco (Fig. 3.6). Entretanto, algumas dessas regiões são áreas que compreendem a distribuição geográfica de algumas espécies relacionadas, espécies do subgrupo megacephala, como *P. araguari*, *P. ayeaye* e *P. megacephala* e, portanto, a espécie deve ocorrer principalmente nas áreas associadas às Serras do Quadrilátero Ferrífero, podendo se estender para as regiões do Planalto Centro-Sul Mineiro e Planalto do Alto Rio Grande.

Phyllomedusa oreades – Foram utilizados oito pontos georeferenciados dos avistamentos de *P. oreades* no estado de Goiás. Outros dois registros de ocorrência foram excluídos, pela falta da informação precisa do local onde os indivíduos foram coletados (município de Corumbá de Goiás – GO e Município de Cabeceira Grande – MG). O modelo foi bastante inclusivo, uma vez que não omitiu nenhuma área similar às áreas de ocorrência conhecida da espécie (erro de omissão igual a 0), mas previu áreas que abrangem as localidades de outras espécies de *Phyllomedusa* com o padrão reticulado nos flancos (erro de sobreprevisão 14,1%) (Tabela 3.1): *P. araguari*, *P. ayeaye*, *P. centralis*, *P. itacolomi* e *P. megacephala*. Dessa forma, retirando as áreas de sobreprevisão real, onde outras espécies aparentadas ocorrem, a distribuição potencial de *P. oreades* aparece associada às regiões de serras e chapadas do estado de Goiás e região a noroeste de Minas Gerais e a leste do Triângulo Mineiro (Fig. 3.7).

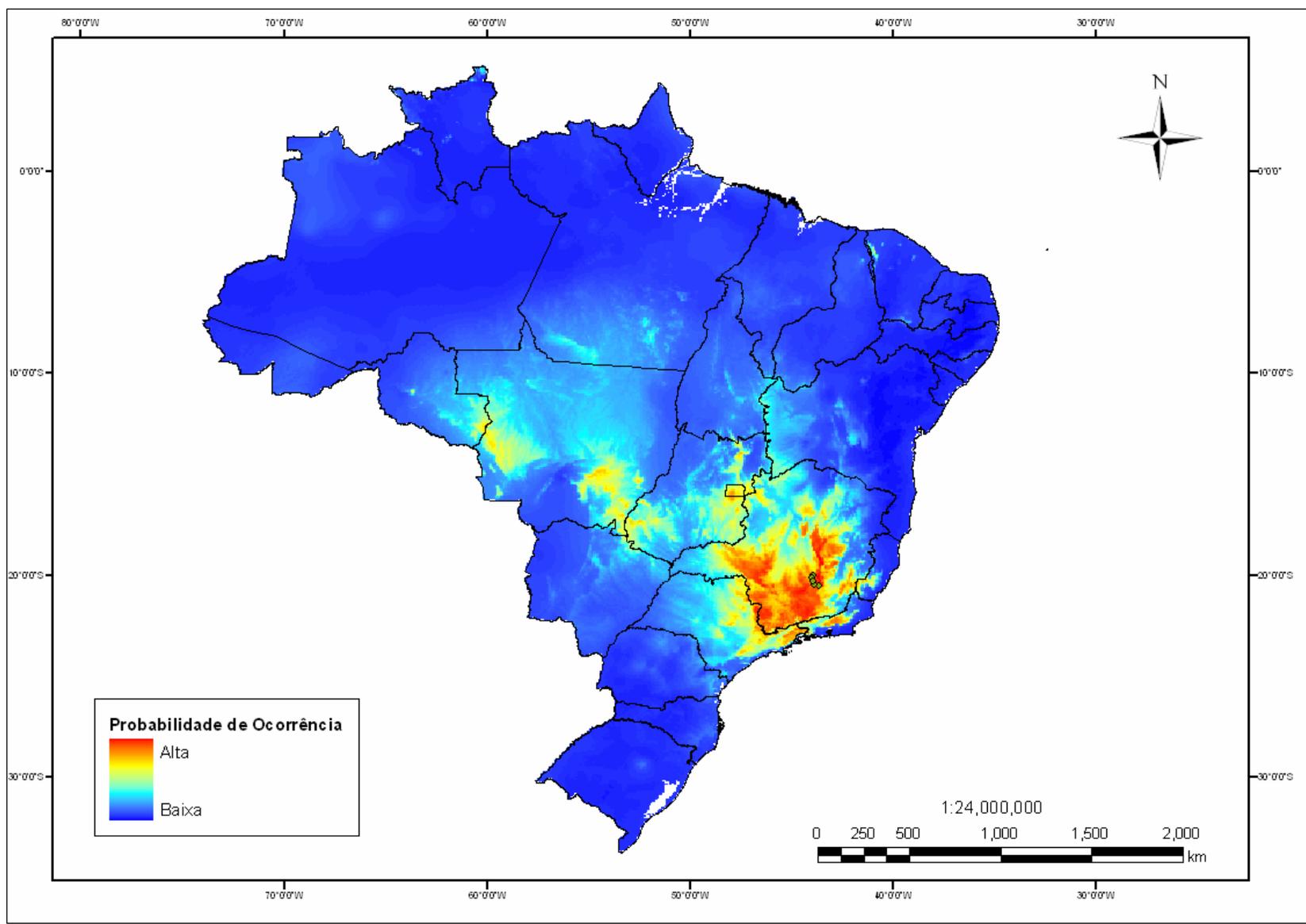


Figura 3.6. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa itacolomi*. Pontos representam os registros de ocorrência.

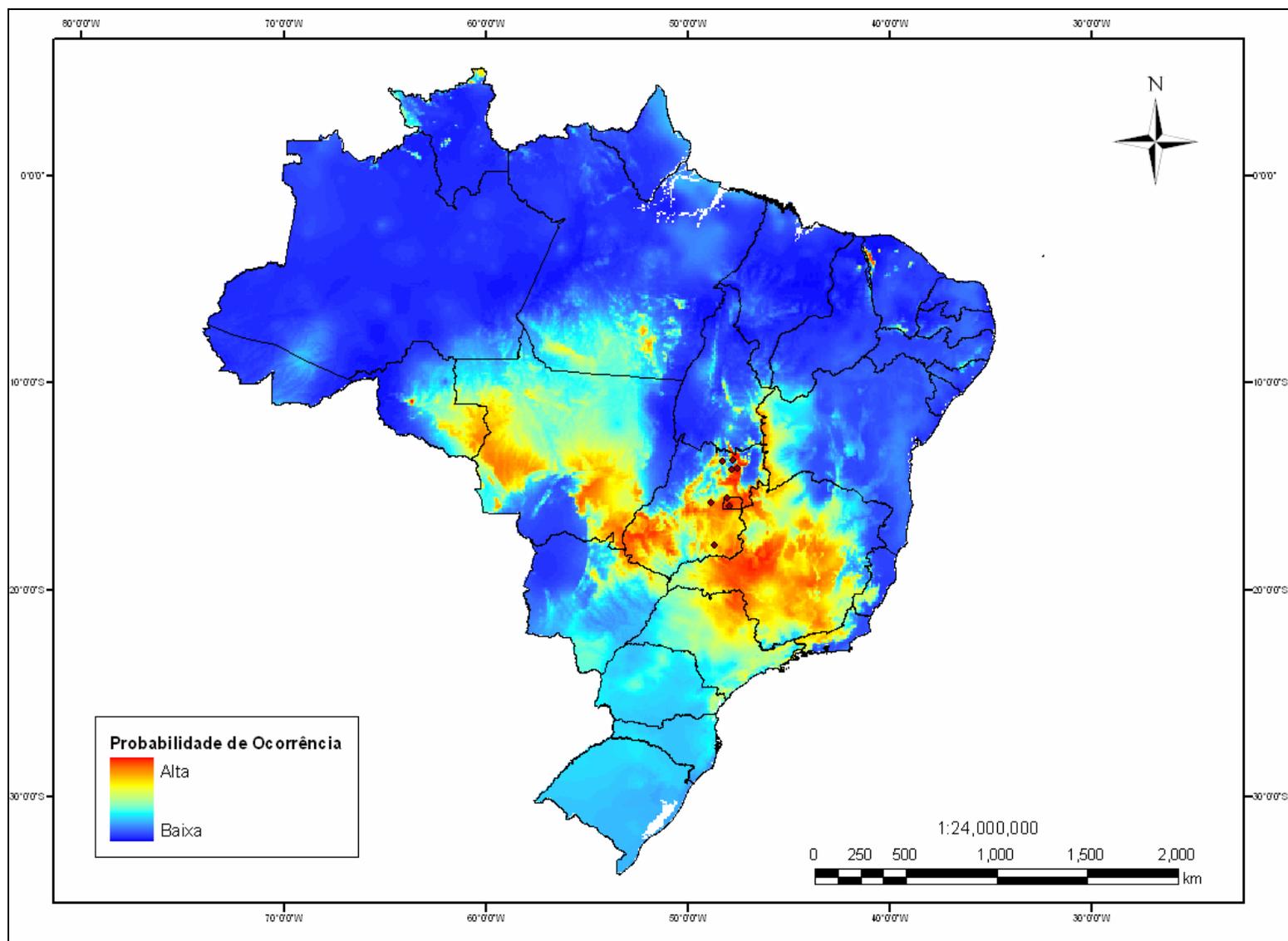


Figura 3.7. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa oreades*. Pontos representam os registros de ocorrência.

Phyllomedusa megacephala – As condições favoráveis à presença da espécie *P. megacephala* ocorrem desde porção mais setentrional da Serra do Espinhaço (Chapada Diamantina) se entendendo até a parte meridional da Serra do Espinhaço e extrapolando para as regiões da Serra do Quadrilátero Ferrífero, Serra do Mar, Serra da Canastra, Planalto de Uberlândia e Distrito Federal (Fig. 3.8). Porém, essas últimas áreas compreendem as áreas de distribuição conhecida para algumas outras espécies do grupo de *Phyllomedusa* com pardão reticulado nos flancos, como: *P. itacolomi* (Serras do Quadrilátero Ferrífero), *P. ayeaye* (Planalto de Poços de Caldas e Serra da Canastra), *P. araguari* e *P. oreades* (Planalto de Uberlândia e Distrito Federal, respectivamente). Nessas condições, a área de ocorrência potencial real de *P. megacephala* está relacionada às regiões da Serra do Espinhaço, especialmente na região da Serra do Cipó (localidade tipo da espécie).

Phyllomedusa nordestina – A modelagem da distribuição de *P. nordestina* foi elaborada com os pontos referentes às coordenadas geográficas dos municípios dos indivíduos analisados por CARAMASCHI (2006) e pontos adicionais dos municípios dos indivíduos depositados na Coleção Herpetológica de Brasília (CHUNB). O modelo preditivo obteve valor de AUC igual a 0,93, taxa de omissão de 7% e taxa de sobreprevisão de 17,7% (Tabela 3.1). Dessa forma, o modelo previu a presença de *P. nordestina*, principalmente, na região nordeste do Brasil, e com isso podemos associar a distribuição da espécie às áreas que compreendem o bioma da Caatinga. As áreas em que o modelo comete erros de sobreprevisão real compreendem as regiões da Mata Atlântica situadas no extremo sul do estado da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro, que fazem parte da distribuição conhecida de outra espécie do grupo *hypochondrialis*, *P. rohdei* (Fig. 3.9).

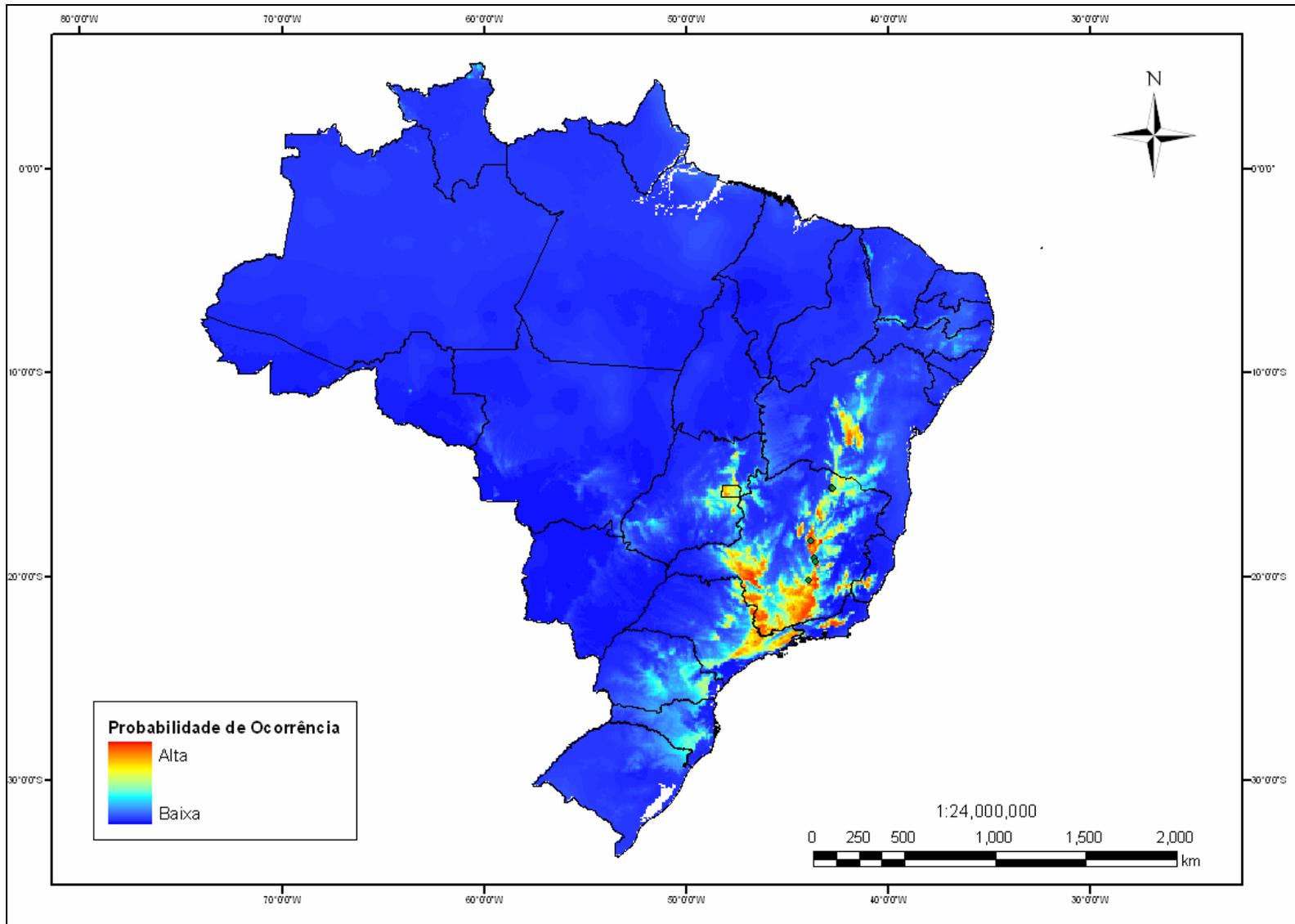


Figura 3.8. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa megacephala*. Pontos representam os registros de ocorrência.

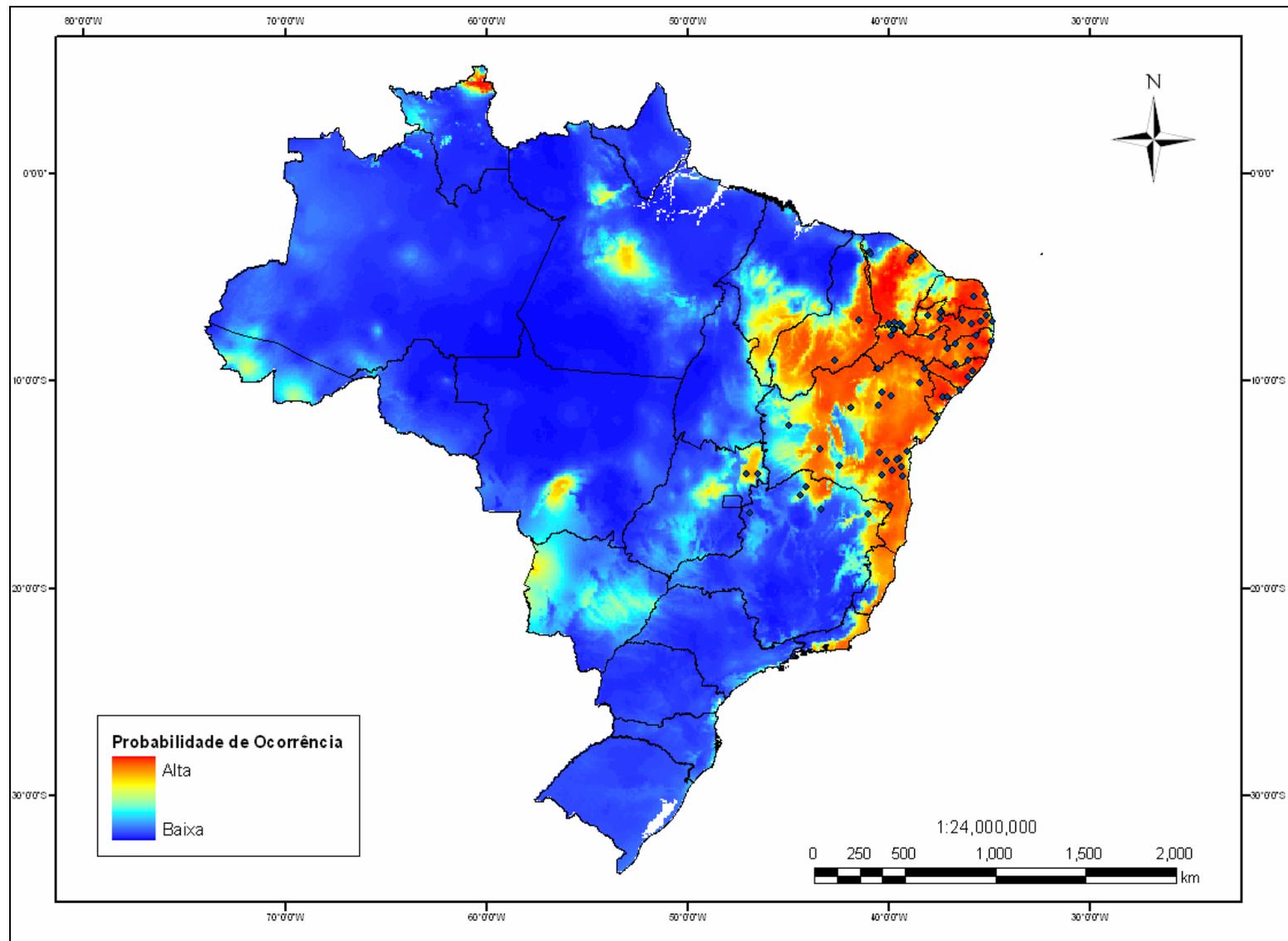


Figura 3.9. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa nordestina*. Pontos representam os registros de ocorrência.

Phyllomedusa palliata – Apenas três pontos, obtidos de CARAMASCHI (2006), foram utilizados para gerar o modelo preditivo da distribuição de *P. palliata*. Dessa forma, não foi possível validar o modelo pelo índice de AUC. O modelo previu adequabilidade ambiental em extensas áreas florestais englobando todo o estado do Acre, norte do estado de Rondônia, sul do estado do Amazonas, Roraima, Pará, norte do Tocantins e áreas no oeste do Maranhão (Fig. 3.10). Entretanto, devemos considerar apenas as regiões do Acre, norte de Rondônia e Sudoeste do estado do Amazonas como provável distribuição de *P. palliata* no Brasil, devido ao fato do modelo cometer erros de sobreprevisão (taxa de 16,5%) (Tabela 3.1) incluindo áreas de ocorrência conhecida para *P. hypochondrialis*, uma espécie do grupo *hypochondrialis* que também está associada às regiões florestais do norte do Brasil, como a região do estado de Roraima, Pará e Maranhão.

Phyllomedusa rohdei – A distribuição potencial de *P. rohdei* foi acessada pelos pontos georeferenciados dos municípios referente aos animais examinados por CARAMASCHI (2006) e pontos adicionais provenientes dos municípios dos animais depositados na Coleção Herpetológica de Brasília (CHUNB) e Coleção Célio Haddad da Universidade Estadual Paulista (CFBH). O modelo de distribuição previu uma ampla área para a ocorrência de *P. rohdei* que se estende por todo o bioma Mata Atlântica, incluindo os estados da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo (Fig. 3.11). As regiões previstas adequadas à ocorrência da espécie, situada mais a oeste do Brasil (estado do Mato Grosso), podem estar relacionadas a erros de sobreprevisão real (Tabela 3.1), pois constituem áreas da distribuição conhecida de espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis*.

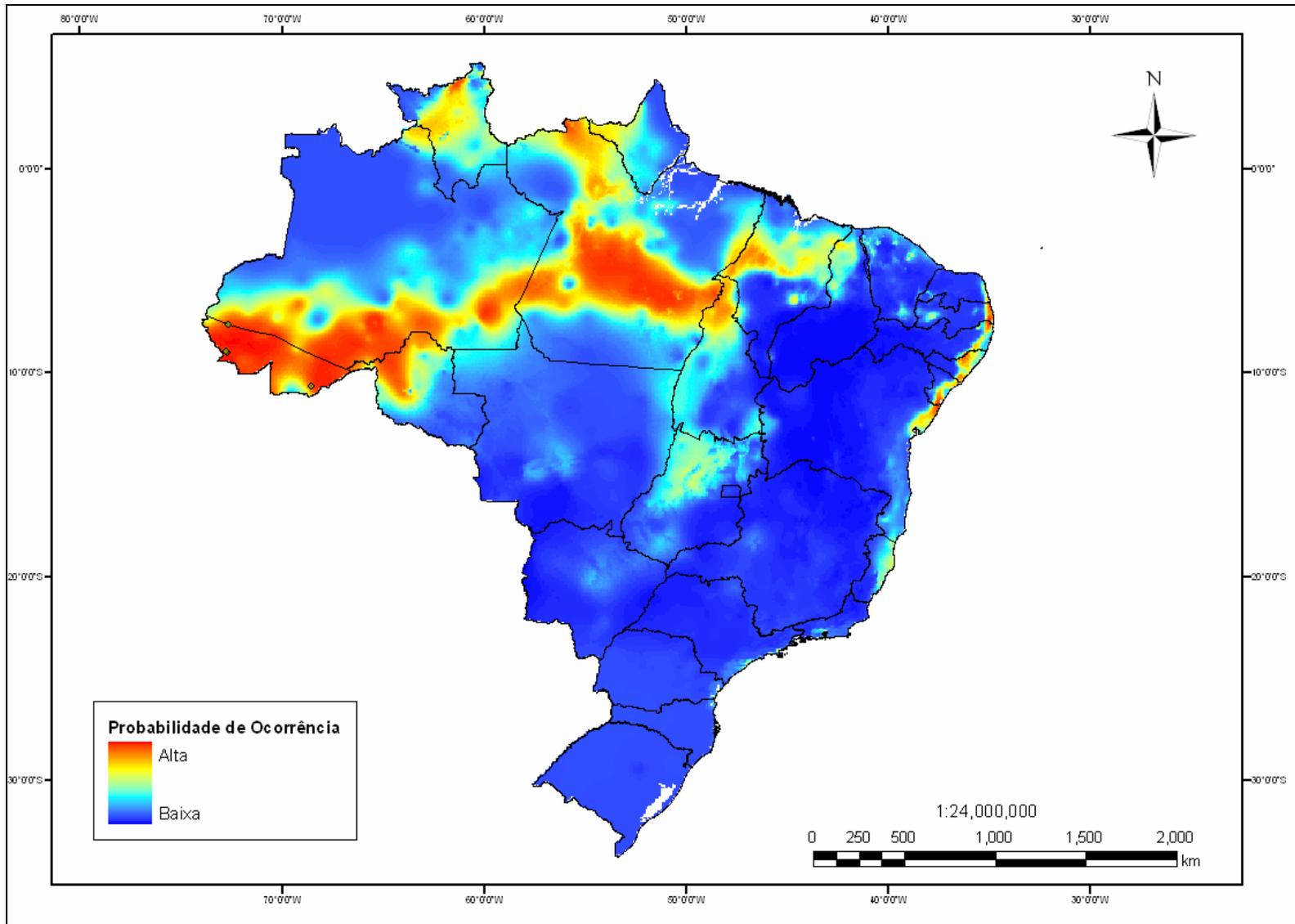


Figura 3.10. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa palliata*. Pontos representam os registros de ocorrência.

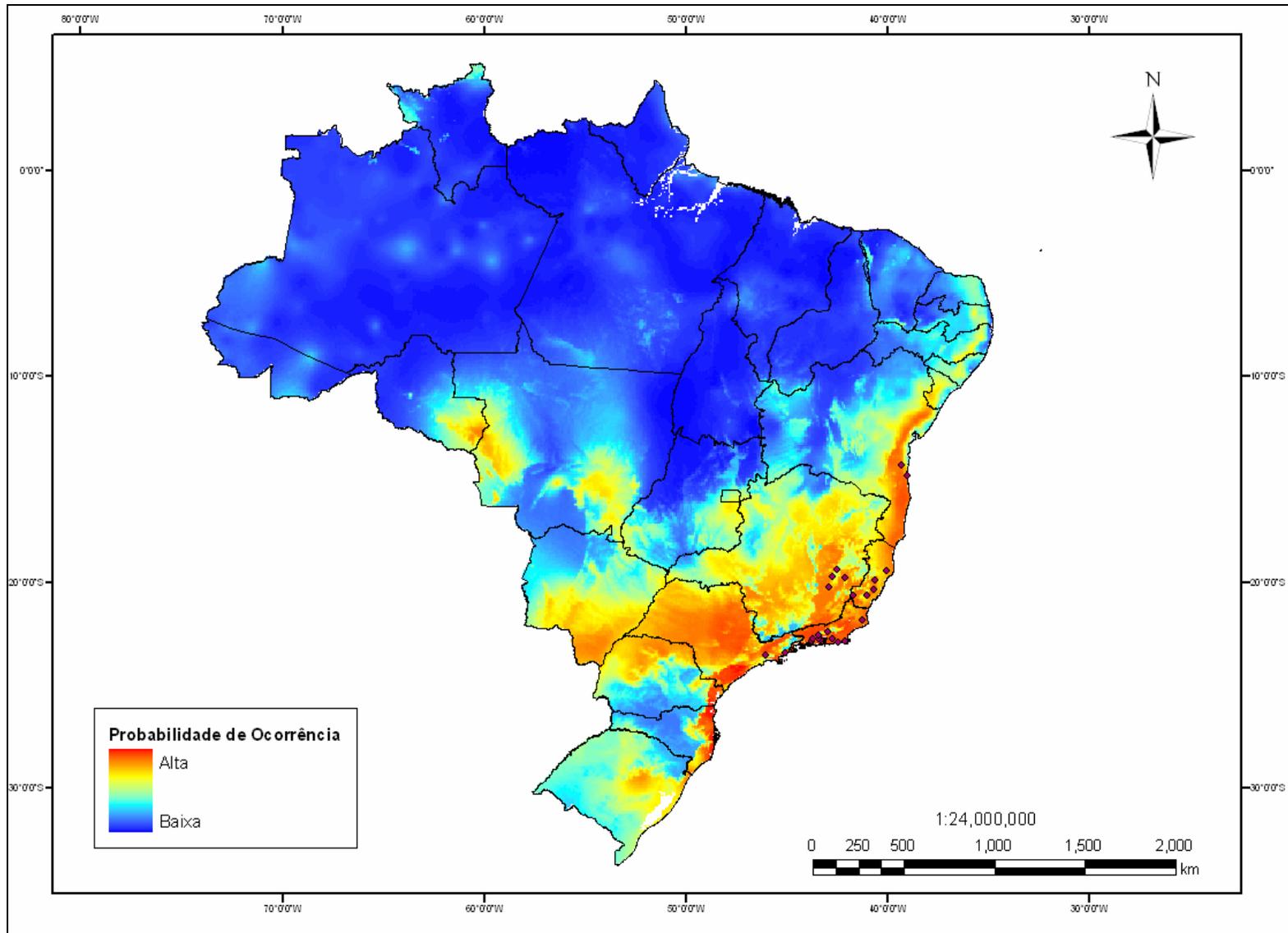


Figura 3.11. Mapa da distribuição potencial de *Phyllomedusa rohdei*. Pontos representam os registros de ocorrência.

3.3.2 – POTENCIAL OCORRÊNCIA PARA OS SUBGRUPOS DE ESPÉCIES NO BRASIL

Subgrupo *hypochondrialis* – O resultado da modelagem para distribuição potencial do subgrupo *hypochondrialis* obteve valor de AUC igual a 0,82 (Tabela 3.1). A modelagem cometeu falhas na predição de áreas favoráveis (erro de omissão) e previu a ocorrência de espécies em locais não adequados (sobrepredição). O modelo previu adequabilidade ambiental para o subgrupo *hypochondrialis* numa ampla que área corresponde à principalmente aos ambientes abertos e florestais do Brasil, incluindo os bioma Cerrado e Catinga e porções do bioma Mata Atlântica e Amazônia (Fig.3.12).

Subgrupo *megacephala* - O modelo preditivo para a ocorrência do subgrupo *megacephala* no Brasil foi bastante restritivo, cometendo poucos erros de sobrepredição e omitindo regiões que poderiam ocorrer as espécies (Tabela 3.1). O valor de AUC foi igual a 0,93. O modelo previu adequabilidade ambiental nas áreas de serras e chapadas do Planalto Brasileiro, incluindo toda a extensão da Serra da Canastra, Serra da Mantiqueira, Serra do Mar, Planalto de Poços de Caldas, Planalto de Uberlândia, Serra dos Pirineus e Chapados Veadeiros, mostrando uma forte associação do grupo com ambientes de altitude (Fig. 3.13).

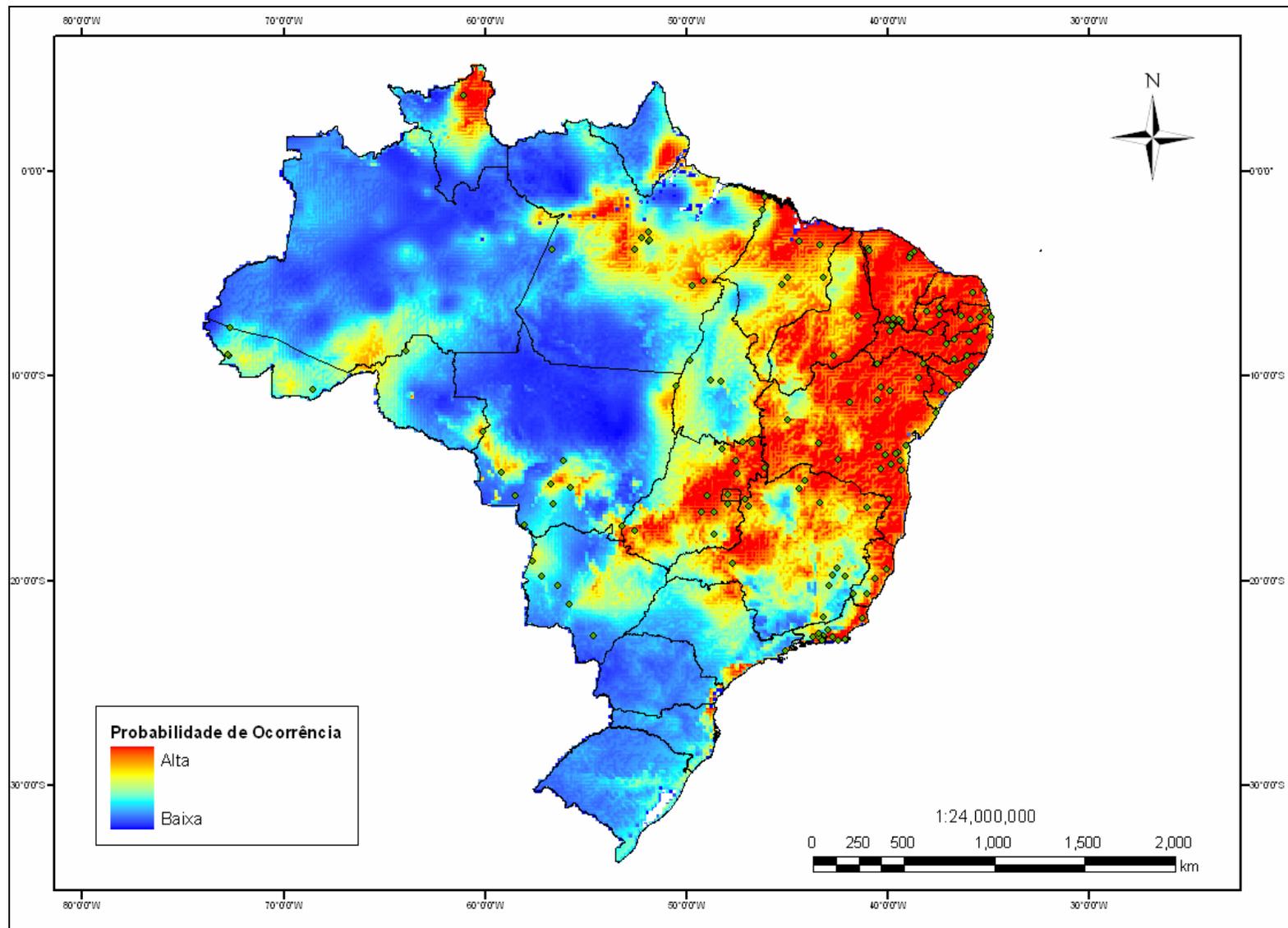


Figura 3.12. Mapa da distribuição potencial do subgrupo *hypochondrialis*. Pontos representam os registros de ocorrência.

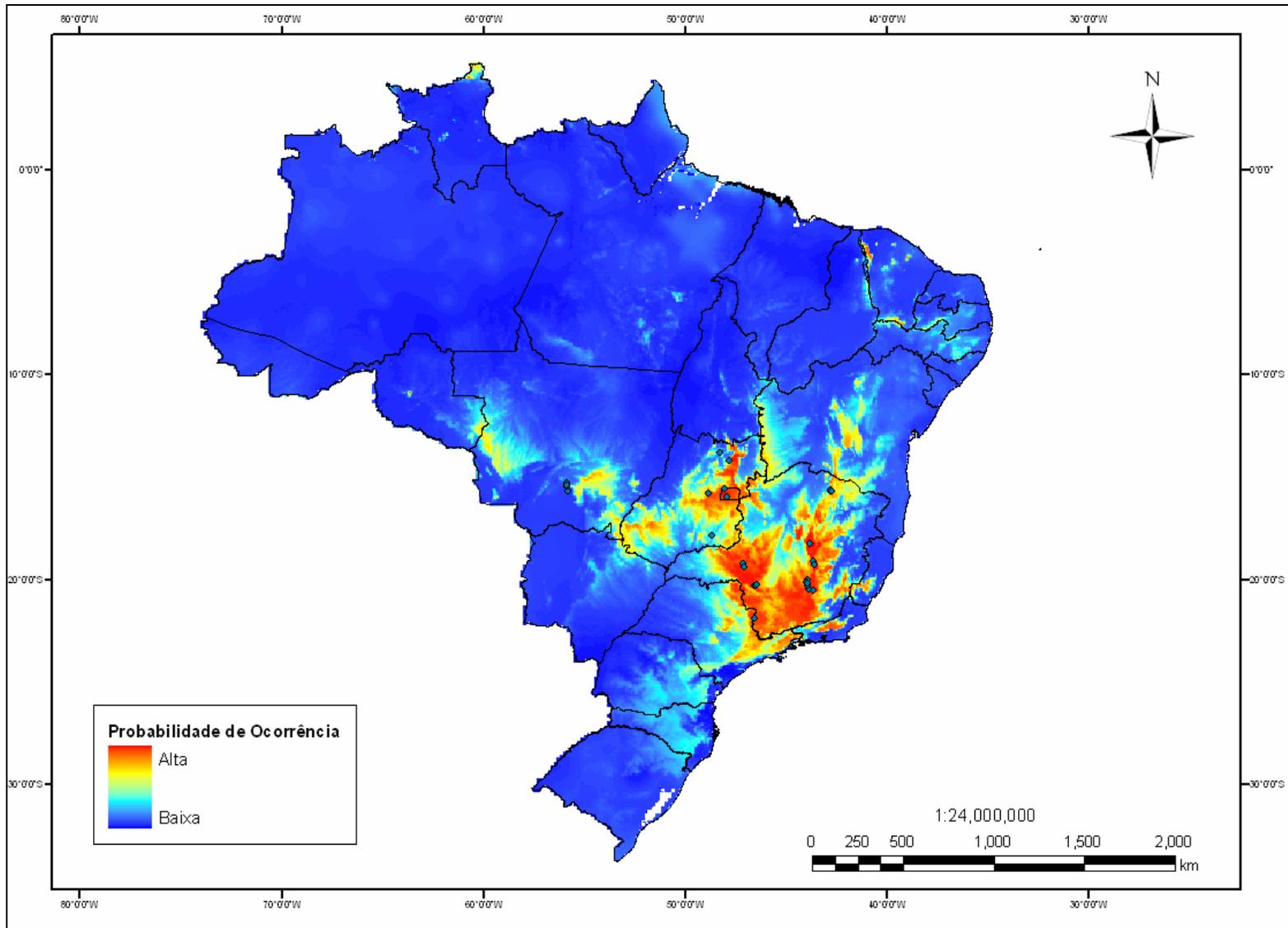


Figura 3.13. Mapa da distribuição potencial do subgrupo *megacephala*. Pontos representam os registros de ocorrência.

Tabela 3.1. Valores da modelagem de distribuição para as espécies de *Phyllomedusa* do grupo *hypochondrialis*. Número de amostras em parênteses (n).

Espécies (no. de localidades)	Taxa de Omissão (%)	Taxa de sobreprevisão (%)	Valores de AUC
<i>P. araguari</i> (2)	0	5,4	-
<i>P. ayeaye</i> (3)	0	2,2	-
<i>P. azurea</i> (38)	2,6	25,9	0,91
<i>P. centralis</i> (3)	100	0	-
<i>P. hypochondrialis</i> (25)	28	24,9	0,85
<i>P. itacolomi</i> (5)	0	4,6	-
<i>P. oreades</i> (8)	0	14,1	-
<i>P. megacephala</i> (5)	0	2,2	-
<i>P. nordestina</i> (71)	7	17,7	0,93
<i>P. palliata</i> (3)	0	16,5	-
<i>P. rohdei</i> (23)	0	18,7	1
Subgrupo <i>hypochondrialis</i> (150)	22,6	30,5	0,82
Subgrupo <i>megacephala</i> (26)	16,1	8	0,93

3.4 – DISCUSSÃO

Os modelos para a presivibilidade da distribuição geográfica de espécies raras e ameaçadas, utilizando poucos número de amostras, é problemática principalmente pela incapacidade da validação dos resultados tanto pelos valores de AUC, quanto pela criação aleatória de conjuntos de testes (GIOVANELLI et al, 2008b). Entretanto, os resultados das modelagens para as espécies do subgrupo *megacephala* indicaram praticamente as mesmas áreas de potencial distribuição e, além disso, quando comparamos os resultados com o resultado do modelo gerado para subgrupo, utilizando todos os pontos de ocorrência das espécies, vemos a similaridade entre os resultados, o que indica uma boa robustez do modelo em prever adequabilidade ambiental para as espécies raras e ameaçadas, como é o caso do grupo *megacephala* (DRAKE et al, 2006). Além disso, o resultado do modelo de distribuição de *P. ayeaye* obteve resultados bastante similares aos resultados das modelagens de *P. ayeaye* apresentados por GIOVANELLI et al (2008b) utilizando diferentes algoritmos preditivos.

O resultado da modelagem de distribuição para as espécies de *Phyllomedusa* do subgrupo *megacephala* previu uma forte associação das espécies às regiões serranas do Planalto Central Brasileiro, e às fitofisionomias de Campos abertos (por exemplo, Campos Rupestres) no Bioma Cerrado (RIBEIRO e WALTER, 1998) e Campos de Altitude no bioma Mata Atlântica. Essas áreas são apontadas por vários autores como “hotspots” de endemismos para várias espécies de plantas e animais (SILVA, 1997; SAFFORD, 1999; SIMON e PROENÇA, 2000; BONVICINO et al 2005). O mapa indicou áreas com os mesmos requerimentos ambientais à ocorrência das espécies relacionadas, ou seja, todos os modelos predisseram uma adequabilidade ambiental similar para as espécies do subgrupo. Essa similaridade na potencial distribuição das espécies pode representar mais um conjunto de caracteres ambientais que evidenciam o grau de parentesco entre as espécies do subgrupo, pois representam grande similaridade ecológica entre estas espécies.

O modelo foi capaz de prever áreas ainda sem registro de espécies do subgrupo, entre elas estão as regiões da Chapada Diamantina, no estado da Bahia, Chapada dos Parecis, Serra das Araras e Planalto dos Alcantilados, no Mato Grosso, e Serra da Matinqueira e Serra do Mar no Sudoeste Brasileiro. A região no Mato Grosso, Planalto dos Alcantilados, Serra das Araras e Serra dos Parecis, podem abrigar populações ainda desconhecidas de *P. centralis*, espécie endêmica do Cerrado (COLLI et al, 2002), conhecida apenas na sua localidade tipo (Chapada dos Guimarães) e um único registro na região impactada pela UHE do Manso (BOKERMANN, 1965; STRUSSMANN, 2000). A região da Chapada Diamantina, situada na porção setentrional da Serra do Espinhaço, pode representar uma área potencial para abrigar uma nova espécie de *Phyllomedusa* do subgrupo *megacephala*, mais aparentada a *P. megacephala*, que pode ter sofrido especiação alopátrica causada por alguma potencial barreira geográfica, a depressão do médio-baixo Rio São Francisco, ou apenas abrigar novas populações da espécie de *Phyllomedusa* associada ao complexo serrano do Espinhaço.

A espécie *P. megacephala* foi descrita por MIRANDA-RIBEIRO (1926) a partir de um único indivíduo pertencente à “Velha Coleção” do Museu Nacional do Rio de Janeiro (CARAMASCHI, 2006). Não se sabe exatamente a procedência do espécime, mas autores sugerem que o indivíduo tenha sido coletado nas regiões serranas do Rio de Janeiro

(MIRANDA-RIBEIRO, 1926; BOKERMANN, 1966; BRANDÃO, 2002). Entretanto, a redescritção de *P. megacephala*, CARAMASCHI (2006) não considerou o estado do Rio de Janeiro como a localidade tipo para a espécie, e atribui o nome *P. megacephala* às populações de *Phyllomedusa* da região da Serra do Cipó (região Sul de Serra do Espinhaço), mesmo após BRANDÃO (2002) ter se referido às populações de *Phyllomedusa* da Serra do Cipó como afins, porém distintas, de *P. megacephala*. Com o resultado dos modelos preditivos das espécies de *Phyllomedusa* do grupo *megacephala*, incluindo da própria espécie *P. megacephala*, terem indicado as regiões da serra do Mar e Serra da Mantiqueira como adequadas à ocorrência de espécies do subgrupo é possível que o nome *megacephala* esteja relacionado à uma população do grupo presente nestas áreas serranas BRANDÃO (2002). Caso isso esteja correto, a espécie de *Phyllomedusa* da Serra do Cipó é um táxon do subgrupo *megacephala* que carece de um nome formal. Portanto, essas regiões devem ser priorizadas na procura de novas populações e novas espécies de *Phyllomedusa* do subgrupo *megacephala*.

A espécie *P. araguari* foi descrita com base em apenas três indivíduos coletado na Reserva Ambiental de Galheiros, no município de Perdizes, MG (GIARETTA et al, 2007). Na descrição, é apresentada a vocalização gravada de um indivíduo com características basicamente iguais ao canto de *P. oreades* provenientes da localidade tipo (Minaçu-GO), Serra dos Pirineus, Brasília e Caldas Novas (dados não publicados). Essa última localidade (Caldas Novas) encontra-se distante apenas 180 km da localidade tipo de *P. araguari*. Portanto, de acordo com a similaridade dos resultados obtidos na modelagem de distribuição, semelhanças estruturais da vocalização, a inexistência de sinapomorfias, a proximidade com a população mais meridional de *P. oreades* e nenhuma potencial barreira geográfica é possível que *P. araguari* seja sinônimo júnior de *P. oreades* (BRANDÃO e ÁLVARES, 2009).

Os modelos gerados para as espécies de *Phyllomedusa* do subgrupo *hypochondrialis* não cometeram muitos erros de sobreprevisão real, ou seja, não indicaram áreas já ocupadas por espécies mais aparentadas. Entretanto, resultou numa distribuição geográfica potencial das espécies fortemente associado aos biomas Brasileiros, podendo dividir as espécies entre aquelas de ambientes florestais e aquelas de áreas abertas. Dessa forma, as espécies associadas às áreas abertas, são: *P. azurea*, prevista para ocorrer nas áreas que compreende o bioma

Pantanal e bioma Cerrado, e *P. nordestina*, podendo ser encontrada amplamente distribuída no bioma Caatinga. O grupo de espécies de ambientes florestais compreendem as espécies *P. hypochondrialis*, prevista para ocorrer na porção mais oriental do bioma Amazônia, *P. palliata* potencialmente distribuída na porção leste do bioma Amazônia, e *P. rohdei* prevista para ocorrer em toda extensão do bioma Mata Atlântica.

CRUZ (1982) através de caracteres dos girinos propôs a existência de duas formas de *Phyllomedusa* dentro do grupo fenético *hypochondrialis*. Entretanto, a última revisão taxonômica do grupo *hypochondrialis* não comenta sobre a possível existência dos subgrupos (CARAMASCHI 2006). O resultado da distribuição potencial para os subgrupos constitui mais um conjunto de dados ecológicos que sustentam a hipótese da diferença de grupos (CRUZ 1982). Sendo o subgrupo *megacephala* endêmico das regiões de altitude do Planalto Central Brasileiro e à Serra do Espinhaço, e associado às vegetações campestres de altitude, e o subgrupo *hypochondrialis* com ampla distribuição nos biomas brasileiros, ocorrendo tanto em áreas abertas como em ambientes florestais.

Essas diferenças no padrão de distribuição dos grupos podem pressupostamente estar associadas ao soergimento do Planalto Central Brasileiro, datado para o final do período Terciário, já apontado com um dos principais eventos que causou a diferenciação da herpetofauna do Cerrado (COLLI, 2005). Ademais, é possível que um ancestral comum tenha ocupado uma ampla extensão do continente sul americano, e com o soergimento no Terciário tenha originado as formas endêmica às Serras e Chapadas do Planalto Central Brasileiro, e formas com um maior poder de dispersão e colonização ocupando áreas abertas e florestais em uma ampla extensão do território brasileiro. Dessa forma, os grupos possuem histórias evolutivas diferentes, devendo ser considerados grupos fenéticos distintos.

3.5 – CONSERVAÇÃO

A partir da segunda metade da década de 1980, começaram a aparecer na literatura registros de declínios e extinções das espécies de anfíbios a nível global. As principais causas estão sempre associadas de alguma forma às ações humanas e estão relacionadas à destruição de

habitats, alterações climáticas, surtos epidêmicos, super-exploração de espécies, introdução de espécies exóticas e contaminação química (COLLINS e STORFER, 2003; MENDELSON et al, 2006). Entretanto, parte desses declínios e extinções possui causas não claramente compreendidas, ocorrendo geralmente em áreas intactas de altas altitudes, onde não se tem evidência de ações antrópicas (LIPS, 1999). Alguns autores sugerem que a causa desses declínios súbitos possam estar associadas à relação entre as mudanças climáticas globais e surtos epidêmicos, causados principalmente pelo fungo quitrídio *Batrachochytrium dendrobatidis* (LAURENCE et al, 1997; ETEROVICK et al, 2005; MENDELSON et al, 2006; POUNDS et al, 2006).

Aproximadamente 15% das espécies da subfamília Phyllomedusinae estão classificadas em alguma das categorias de ameaça, e mais de 25% das espécies não possuem informações suficientes para serem classificadas em alguma das categoria de ameaça (GAA, 2008). Além disso, todas as espécies ameaçadas da subfamília Phyllomedusinae apresentam distribuição restrita, associada a regiões com altitudes acima de 1000 m, com exceção de *Agalychnis litodryas*, que ocorre em regiões com altitude média de 130 m. A destruição de habitats e quitridimicose representam as principais ameaças às espécies da subfamília (GAA, 2008; Tabela 3.2) . No entanto, o mais preocupantes é que praticamente todas as espécies do grupo *megacephala* que não possuem informações suficientes para avaliação do “status” de ameaça estão associadas às regiões de altitude e possuem distribuição restrita (Tabela 3.3).

O gênero *Phyllomedusa* possui aproximadamente 50% das espécies listadas em algum critério de ameaça e dados insuficientes, sendo duas espécies classificadas como ameaçada de extinção (*P. baltea* e *P. ecuatoriana*) e uma espécie como criticamente ameaçada (*P. ayeaye*). Outras doze espécies do gênero não possui o status de ameaça avaliado, pois não possuem informações disponíveis para tal análise.

Tabela 3.2. Espécies da subfamília Phyllomedusinae considerados como extinto (EX), criticamente ameaçado (CR), ameaçado (EN) e vulnerável (VU), de acordo com IUCN . As principais ameaças: destruição de habitat (DH), quitridiomiose (QI) e Comércio ilegal (CI).

Espécies	Categoria	Altitude (m)	Distribuição	Ameaça
<i>Phrynomedusa fimbriata</i>	EX	1000	Restrita	DH
<i>Agalychnis moreletii</i>	CR	2130	Restrita	DH, QM, CI
<i>Phyllomedusa ayeaye</i>	CR	1300	Restrita	DH
<i>Hylomantis lemur</i>	CR	1200	Restrita	DH, QM
<i>Phyllomedusa baltea</i>	EN	1300	Restrita	DH
<i>Agalychnis annae</i>	EN	1400	Restrita	QM, CI
<i>Phyllomedusa ecuatoriana</i>	EN	1850	Restrita	DH, QM
<i>Agalychnis litodryas</i>	VU	130	Restrita	DH, QM

A espécie de *Phyllomedusa* criticamente ameaçada de extinção (*P. ayeaye*) faz parte do grupo fenético *hypochondrialis*, e mais precisamente do subgrupo *megacephala* (CRUZ, 1982, BRANDÃO, 2002; BRANDÃO et al, submetido). Ademais, todas as espécies que compõe o subgrupo *megacephala* estão listadas como dados insuficientes (GAA, 2008) (Tabela 3.3). Essas espécies possuem características em comum às espécies de anfíbios anuros neotropicais com declínio e extinções constatados. Essas características são: alta especificidade de habitats, ocorrência em regiões de serras e montanhas, reprodução em riachos, associados à vegetação ripária, distribuição restrita e baixa fecundidade (CRUMP, 2006). Além disso, existem poucas populações das espécies do subgrupo *megacephala* conhecidas, as populações ocorrem com baixíssima densidade, e não são todos os riachos das encostas de serras que possuem as especificidades necessárias à ocorrência da espécie (obs. pessoal). ARAÚJO et al (2007) comenta sobre a baixa densidade encontrada para *P. ayeaye* no Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus, município de Pedregulho, SP, de um total de trinta e um riachos vistoriados em somente um foram encontrados dois indivíduos de *P. ayeaye*. Nesse trabalho, ARAÚJO e colaboradores (2007), ampliam a distribuição da espécie criticamente ameaçada, incluindo duas novas localidades a norte da localidade tipo, e sugere a retirada da espécie da lista vermelha da fauna ameaçada de extinção, mesmo a ampliação da distribuição sendo feita a partir da observação de cinco indivíduos na natureza.

Tabela 3.3. Espécies da subfamília Phyllomedusinae classificadas com quase ameaçada (NT) e dados insuficientes (DD), pela IUCN.

Espécies	Categoria	Altitude (m)	Distribuição
<i>Phrynomedusa appendiculata</i>	NT	1100	Restrita
<i>Hylomantis danieli</i>	DD	1600	Restrita
<i>H. medinai</i>	DD	1100	Restrita
<i>H. psilopygion</i>	DD	300	Restrita
<i>Phrynomedusa bokermanni</i>	DD	-	Restrita
<i>P. vanzolini</i>	DD	1200	Restrita
<i>Phyllomedusa centralis</i>	DD	> 900	Restrita
<i>P. coelestis</i>	DD	800	Restrita
<i>P. duellmani</i>	DD	1850	Restrita
<i>P. megacephala</i>	DD	> 900	Restrita
<i>P. oreades</i>	DD	> 900	Restrita
<i>P. perinosos</i>	DD	1350	Restrita
<i>P. itacolomi</i>	DD	> 900	Restrita
<i>P. araguari</i>	DD	> 700	Restrita
<i>P. nielzi</i>	DD	-	Restrita
<i>P. bahiana</i>	DD	-	Ampla
<i>P. azurea</i>	DD	> 100	Ampla
<i>P. nordestina</i>	DD	> 100	Ampla

Nesse contexto, e utilizando o princípio da precaução, sugerimos que as espécies do subgrupo *megacephala* sejam tratadas como espécies vulneráveis à extinção e a espécie *P. ayeaye*, continue na categoria criticamente ameaçada, até que existam estudos de longo prazo que, de fato, conclua que a espécie não está mais em risco de extinção. Além disso, sugerimos que as outras espécies do subgrupo sejam candidatas e priorizadas a programa de monitoramento de longa duração.

Além disso, a simples presença de populações em unidades de conservação de proteção integral não deve ser entendida como evidência de que a espécie não está mais ameaçada, pois não existem dados sobre a dinâmica das populações, o efeito do isolamento, nem da existência de ameaças sobre as unidades de conservação do Cerrado, que são extremamente carentes em recursos e políticas que realmente protejam seu patrimônio biológico, signifique em aumento da área sob proteção e diminuam o seu isolamento na paisagem.

Portanto, as espécies vulneráveis e criticamente ameaçada devem constituir novos argumentos para a implementação e gestão de Unidades de Conservação em ambientes extremamente importantes, não somente por causa da sua significância biológica, mas por estarem associadas a riachos de altitude, localizados em locais responsáveis pela captação e manejo das principais bacias hidrográficas brasileiras. Portanto, preservar essas espécies de anfíbios e seus ambientes não representa um luxo, mas sim uma necessidade de manutenção de recursos naturais necessários para a qualidade de vida para todos os cidadãos brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, C. O., CONDEZ, T. H., e HADDAD, C. F. B, 2007. Amphibia, Anura, *Phyllomedusa ayeaye* (B. Lutz, 1966): Distribution extension, new state record, and geographic distribution map. *Check list* 3: 156-158.
- ARAÚJO, M.B. e GUISAN, A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 33: 1677-1688.
- ANDERSON, R.P., LEW, D. e PETERSON, A.T, 2003. Evaluating Predictive Models of Species Distributions: Criteria for Selecting Optimal Models. *Ecological Modelling* 162: 211-232.
- ANDERSON, R.P., PETERSON, A.T. , GOMEZ-LAVERDE, M., 2002. Using niche based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. *Oikos* 98: 3-16.
- BEAUMONT, L. J., HUGHES, L. e POULSEN, M., 2005. Predicting Species Distribution: use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions. *Ecological Modelling* 186, p. 250-269.
- BEGON, M., TOWNSEND, C.R. e HARPER, J.L., 2006. Ecology: From individuals to ecosystems. John L. Harper, quarta edição, Editora Blackwell Publishing Ltd, MA. 738p.
- BRANDÃO, R.A., 2002. A new species of *Phyllomedusa* Wagler, 1830 (Anura: Hylidae) from Central Brazil. *Journal of Herpetology* 36:571-578.

- BRANDÃO, R. A. e ÁLVARES, G. F. R. 2009. Remarks on “A new *Phyllomedusa* Wagler (Anura, Hylidae) with reticulated pattern on flanks from Southeastern Brazil”. *Zootaxa* 2044: 61-64.
- BRANDÃO, R.A., ÁLVARES, G.F.R., CREMA, A. e ZERBINI, G. J. 2009. Natural History of *Phyllomedusa centralis* Bokermann 1965 (Anura: Hylidae: Phyllomedusinae): tadpole and calls. *South American Journal of Herpetology*, artigo submetido.
- BONVICINO, C.R., LEMOS, B. E WEKSLER, M. 2005. Small mammals of Chapada dos Veadeiros National Park (Cerrado of Central Brazil):ecologic, karyologic, and taxonomic considerations. *Brazilian Journal of Biology* 65: 395-406.
- BOKERMANN, W. C. A. 1965. Três novos batráquios da região central de Mato Grosso, Brasil (Amphibia, Salientia). *Revista Brasileira de Biologia* 25: 257-264.
- BOKERMANN, W. C. A. 1966. Lista Anotada das Localidades Tipo de Anfíbios Brasileiros. São Paulo: Serviço de Documentação, Reitoria da Universidade de São Paulo. 183p.
- CARAMASCHI, U. 2006. Redefinição do grupo de *Phyllomedusa hypochondrialis*, com redescrição de *P. megacephala* (Miranda-Ribeiro, 1926), revalidação de *P. azurea* Cope, 1862 e descrição de uma nova espécie (Amphibia, Anura, Hylidae). *Arquivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro* 64: 159-179.
- COLLI, G. R., R. P. BASTOS, and A. F. B. ARAÚJO. 2002. The character and dynamics of the Cerrado herpetofauna. Em: *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*: 223-241. P. S. Oliveira and R. J. Marquis (eds.). New York, NY: Columbia University Press.

- COLLI, G. R.. 2005. As origens e a diversificação da herpetofauna do Cerrado. Pp. 247-264. Em: Scariot, A., Souza-Silva, J. C., e Felfili, J. M. (eds.), Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. Brasília, Ministério do Meio Ambiente
- COLLINS, J.P. e STORFER, A. 2003. Global Amphibian Declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions*, Vol. 9: 89-98.
- COSTA, G.C, NOGUEIRA, C., MACHADO, R.B e COLLI, G.R. 2007. Squamate richness in the brazilian Cerrado and it's environmental-climatic associations. *Diversity and Distribution* 13: 714-724.
- COSTA, G.C., WOLFE, C., SHEPARD, D.B., CALDWELL, J.P. e VITT, L.J., 2008. Detecting the Influence of Climatic Variables on Species Distributions: a test using GIS niche-based models along a steep longitudinal environmental gradient. *Journal of Biogeography* 35: 637 - 646.
- CRUMP, M. L. 2006., Why are some species in Declines but others not. Em: Amphibian Declines: The conservation status of United States species. Editado por: Michael Lannoo. University of California Press. Califórnia, USA. 1115p.
- CRUZ, C.A.C. 1982. Conceituação de grupos de espécies de Phyllomedusinae brasileiras com bases em caracteres larvários (Amphibian, Anura, Hylidae). *Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro* 5: 147-171.
- DRAKE, J.M., RANDIN, C. e GUIBAN, A. 2006. Modelling ecological niches with support vector machines. *Journal of Applied Ecology* 43: 424-432.
- ETEROVICK, P.C., CARNAVAL, A.C.O., NOJOSA, D.M.B., SILVANO, D.L., SEGALLA, M.V. e SAZIMA, I., 2005. Amphibian Declines in Brazil: An overview. *Biotropica* 37: 166-179.

- GAA, 2008. Global Amphibian Assessment. Disponível em: <www.globalamphibians.org>. Acessado em Dezembro de 2008.
- GIARETTA, A. A., FILHO, J. C. O. & KOKUBUM, M.C. 2007. A new *Phyllomedusa* Wagler (Anura, Hylidae) with reticulated patterns on the flanks from Southeastern Brazil. *Zootaxa* 1614: 31-41
- GIOVANELLI, J.G.R., HADDAD, C.F.B., ALEXANDRINO, J. 2008a. Predicting the potential distribution on the alien invasive American bullfrog (*Litobates catesbeianus*) in Brazil. *Biological Invasions* 10: 585-590.
- GIOVANELLI, J.G.R., ARAÚJO, C.O., HADDAD, C.F.B. e ALEXANDRINO, J. 2008b. Modelagem de nicho ecológico de *Phyllomedusa ayeaye* (Anura: Hylidae): previsão de novas áreas de ocorrência para uma espécie rara. *Neotropical Biology and Conservation* 3: 59-65.
- GUISAN, A. e THUILLER, W. 2005. Predicting species occurrences: offering more than a simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- LAURENCE, W.F., MCDONALD, K.R. e SPEARE, R., 1997. In defense of the epidemic disease hypothesis. *Conservation Biology* 11: 1030-1047.
- LIPS, K.R., 1998. Decline of tropical montane amphibian fauna. *Conservation Biology* 12: 106-117.
- LOMOLINO, M.V., RIDDLE, B.R., BROWN, J.H. 2006. Biogeography. Terceira edição. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA, USA. 845p.
- MACARTHUR, R.H. 1972. Geographical ecology: patterns in the distribution of species. Harper and Row, New York, 269p.

MENDELSON, J.R., LIPS, K.R., GAGLIARDO, R.W., RABB, G.B., COLLINS, J.P., DIFFENDORFER, J.E., DASZAK, P., IBÁÑEZ, R., ZIPPEL, K.C., LAWSON, D.P., WRIGHT, K.M., STUART, S.N., GASCON, C., SILVA, H.R., BURROWES, P.A., JOGLAR, R.L., LA MARCA, E., LÖTTERS, S., DU PREEZ, L.H., WELDON, C., HYATT, A., MAHECHA, J.V.R., HUNT, S., ROBERTSON, H., LOCK, B., RAXWORTHY, C.J., FROST, D.R., LACY, R.C., ALFORD, R.A., CAMPBELL, J.A., OLEA, G.P., BOLANOS, F., DOMINGO, J.J.C., HALLIDAY, T., MURPHY, J.B., WAKE, M.H., COLOMA, L.A., KUZMIN, S.L., PRICE, M.S., HOWELL, K.M., LAU, M., PETHIYAGODA, R., BOONE, M., LANNOO, M.J., BLAUSTEIN, A.R., DOBSON, A., GRIFFITHS, R.A., CRUMP, M.L., WAKE, D.B. e BRODIE JR., E.D., 2006. Confronting amphibian declines and extinctions. *Science* 313: 48.

MIRANDA-RIBEIRO, A. 1926. Notas para servirem ao estudo dos gymnobatrachios (Anura) brasileiros. *Arquivos do Museu Nacional de Rio de Janeiro*, 27:1-227.

MCPHEARSON, J. M., JETZ e ROGERS, D. J., 2006. Using coarse-grained occurrence data to predict species distributions at finer spatial resolutions – possibilities and limitations. *Ecological Modelling* 192: 499 – 522.

NILSON, N.J. 1965. *Learning Machines: Foundations of Trainable Pattern Classifiers*, New York. McGraw Hill.

OPENMODELLER, 2008. The open source fundamental niche modeling project. Disponível em <http://openmodeller.sourceforge.net/> (acessado em: junho de 2008)

PETERSON, A.T., EGBERT, S.L. e PRICE, K.P. 2000. Geographic analysis of conservation priority: endemic birds and mammals in Vera Cruz, Mexico. *Biological Conservation* 93: 85-94.

- PETERSON, A.T. 2001. Predicting geographic distribution based on ecological niche modeling. *Condor* 103: 599-605.
- PHILLIPS, S. J., ANDERSON, R. P. e SCHAPIRE, R.E., 2006. Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- POUNDS, J.A., BUSTAMANTE, M.R., COLOMA, L.A., CONSUEGRA, J.A., FOGDEN, M.P.L., FOSTER, P.N., LA MARCA, E., MASTERS, K.L., VITERI, A.M., PUSHENDORF, R., RON, S.R., AZOFEIFA, A.S., STILL, C.J. e YOUNG, B.E., 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 161-167.
- PULLIAN, H.R., 2000. On the Relationship Between Niche and Distribution. *Ecological Letters* 3: 349-361.
- RAXWORTHY, C., MARTINEZ-MEYER, E., HORNING, N., NUSSBAUM, R., SCHNEIDER, G., ORTEGA-HUERTA, M. e PETERSON, A. 2003. Predicting distribution of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature* 426: 837-841.
- RIBEIRO, J.F. e WALTER, B.M.T. 1998. Fitifissionomias do bioma Cerrado. Em: S. M. Sano & S. P. de Almeida (eds.), Cerrado: ambiente e flora. Embrapa, Brasília, pp 89-166.
- SAFORD, H.D. 1999. Brazilian Páramos I. An introduction to the physical environment and vegetation of the campos the altitude. *Journal of Biogeography* 26: 693-712.
- SILVA, J.M.C. 1997. Endemic bird species and conservation in the Cerrado Region, South America. *Biodiversity and Conservation* 6:435-450.

SIMON, M.F. e PRONÇA, C. 2000. Phytogeographic patterns of *Mimosa* (Mimosoideae, Leguminosae) in the Cerrado biome of Brazil: an indicator genus of high-altitude centers of endemism?. *Biological Conservation* 96: 279-296.

STRUSSMANN, C. 2000 *Fauna Silvestre da Região do Rio Manso, MT*. Herpetofauna. in: Alho, C. J. R. (coord.). Brasília. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, Eletronorte. 268p.

WALKER, P.A., 1990. Modelling wildlife distributions using a geographic information system: kangaroos in relation to climate. *Journal of Biogeography*. 17: 279–289.

ZUO, W., LAO, N., GENG, Y., e MA, K., 2008. GeoSVM: an efficient and effective tool to predict species' potencial distributions. *Plant Ecology* 1: 143 – 145.