

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
Pró Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais do Cerrado

PHILIP TELES SOARES

**Influência do paleoclima e clima atual nos padrões de diversidade
beta taxonômica, funcional e filogenética de anfíbios anuros do
Cerrado**

Discente: Philip Teles Soares

Orientador: Vitor Hugo Mendonça do Prado

Co-Orientador: Diogo Borges Provete

Anápolis, 2018

PHILIP TELES SOARES

Influência do paleoclima e clima atual nos padrões de diversidade
beta taxonômica, funcional e filogenética de anfíbios anuros do
Cerrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado, da Universidade Estadual de Goiás para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais do Cerrado. Orientador: Prof. Dr Vitor Hugo Mendonça do Prado.

Anápolis

2018

Soares, Philip Teles Soares.

Influência do paleoclima e clima atual nos padrões de diversidade beta taxonômica, funcional e filogenética de anfíbios anuros do Cerrado / Philip Teles Soares – 2018. pg.1-54

Orientador: Prof. Dr. Vitor Hugo Mendonça do Prado

Co-orientador: Prof. Dr. Diogo Borges Provete

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2018.

Bibliografia.

PHILIP TELES SOARES

INFLUÊNCIA DO PALEOCLIMA E CLIMA
ATUAL NOS PADRÕES DE DIVERSIDADE
BETA TAXONÔMICA, FUNCIONAL E
FILOGENÉTICA DE ANFÍBIOS ANUROS DO
CERRADO

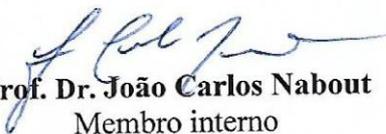
Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos
Naturais do Cerrado da Universidade Estadual de Goiás,
para a obtenção do grau de Mestre, aprovada em 23 de fevereiro de 2018, pela
Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:



Prof. Dr. Vitor Hugo Mendonça do Prado
Presidente da banca
Universidade Estadual de Goiás



Prof. Dr. Fernando Rodrigues da Silva
Membro externo
Universidade Federal de São Carlos



Prof. Dr. João Carlos Nabout
Membro interno
Universidade Estadual de Goiás

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho primeiramente à principal agente de todo o meu esforço acadêmico: minha mãe. Sem ela e seu apoio provavelmente não estaria, profissionalmente e pessoalmente, no lugar que estou hoje. Com toda certeza os passos que estou seguindo e todo o meu desenvolvimento é fruto de muita paciência, carinho e amor.

Dedico esse trabalho também a minha namorada, Kamila, que me acompanhou em todos os processos, desde os tempos de graduação, me apoiando, dando sugestões e me fazendo muito feliz em todo o tempo em que estamos juntos. Tenho a convicção de que o seu incentivo, paciência e todo o carinho que você vem me dando, me tornam uma pessoa e profissional melhor.

Dedico esse trabalho também aos meus irmãos e família que sempre me apoiaram e me deram mensagens de incentivo e são meus exemplos de caráter, respeito, sinceridade e amizade. Espero corresponder todos os votos que foram lançados a mim por vocês e que de alguma forma esse trabalho seja motivo de orgulho e dedicação para todos vocês.

Esse trabalho também é dedicado a uma das pessoas mais admiro na Universidade Estadual de Goiás, a professora Anamaria. Com o seu convívio aprendi bastante, pessoal e profissional. Foram muitas conversas e bastante coisa absorvi e tentei aplicar na minha vida e em especial nesse trabalho. Por tudo o que convivi (e espero por muito tempo continuar convivendo), pelo incentivo, sugestões e boa amizade, boa parte desse trabalho tem parte sua.

AGRADECIMENTOS

Agradeço nesse primeiro momento a minha mãe, que foi a pessoa que me deu a vida, me deu educação e ensinou muito do que eu sou hoje e do que realmente é a vida. Mulher guerreira que acorda de madrugada desde que me entendo por gente para trabalhar e conseguir de todas as formas possíveis educar os três filhos que tem. Obrigado por ter acreditado e lutado por todos nós. Espero estar usando bem a herança que você sempre me disse ser a única coisa que poderia nos deixar: os estudos. Meu muito obrigado por me colocar no caminho certo quando não estava na direção correta, mesmo não gostando. De muitos modos isso me fez querer ser melhor e te admirar ainda mais como pessoa. A tudo que fez por mim o meu muito obrigado. Eu te amo!

Agradeço meus irmãos, Victor e Vinícius que são os caras que mais amo nesse mundo! A eles meu muito obrigado pelos momentos de diversão, carinho, respeito e risadas. Só nós sabemos o que sofremos, mas demos a volta por cima e hoje somos pessoas realizadas. Fiquem sabendo que meus heróis são vocês. Tenho muito orgulho do que se tornaram e que tenho muitas saudades, mas os levo no coração aonde quer que eu esteja. Saibam que nós somos parceiros para a vida toda e o que precisarem de mim eu estarei por perto.

Agradeço agora a mulher que pretendo estar sempre ao lado, a minha namorada Kamila. Estar com você sempre foi motivo de muita alegria e espero que possamos assim estar por muitos e muitos anos, formando uma família. Obrigado pelos momentos de carinho, afeição, respeito, consideração e paciência que você teve (e tem) comigo. O seu apoio e carinho foram muito importantes nessa trajetória e com toda certeza tem um pouco de você nesse trabalho. É muito importante ter você fazendo parte da minha vida e espero te fazer feliz e realizada no nosso relacionamento. A você o meu muito obrigado! Te amo!

Aos meus amigos o meu muito obrigado! O suporte, atenção, conselhos e carinho de vocês fez com que eu me empenhasse para que esse trabalho pudesse ser realizado. Wender (primo/irmão), você foi uma pessoa com quem pude contar em muitos momentos da minha vida. Tenho muita admiração pelo que se tornou e pelo quanto você trabalha. Saiba que além dos seus conselhos e nossos diálogos, a sua atitude frente às adversidades e a luta do seu sonho em se tornar médico (agora já iniciada com a aprovação no curso de medicina) me faz querer ser sempre melhor. Você é um dos exemplos de resiliência e de vida que trago comigo na minha caminhada. Ao

Gustavo, a quem tenho uma amizade de mais de dez longos anos e quem eu me espelho como pessoa de caráter e perseverança no que faz. Você é uma pessoa em quem pude contar em diversos momentos da minha trajetória e que me motivou a sempre continuar, não importasse a circunstância.

Ao meu querido amigo e parceiro Hasley, que sempre confiou no meu trabalho e que me incentivou a continuar na área acadêmica. Além disso, o seu olhar sobre a minha dissertação foi muito importante para uma melhora significativa no meu modo de pensar e escrever. Obrigado por todas as sugestões. A Camila Sabino, que é um exemplo de pessoa determinada! Fiquei muito feliz com sua aprovação e fique certa de que ainda você pode voar muito mais alto ainda. Com você aprendi muito mesmo, desde os tempos da graduação a fazer (tentar pelo menos) tudo com um sorriso no rosto e correr atrás do que você acredita, mesmo que seja só você que acredite.

Aos colegas e amigos de mestrado e doutorado do RENAC, Ana Paula, Andressa, Denes, Diego, João Paulo, Micael, Nathan, Rafael, Ronny, Tatiel, Thales, Werther por toda a convivência, sugestões e momentos de aprendizado. Em especial, agradeço o meu amigo Werther, que me ensinou muito sobre esse mundo louco dos herpetólogos e que proporcionou diversos momentos de aprendizagem, com saídas de campo, com direito a muitas risadas e aprendizado. E claro, por todas as sugestões e suporte dado ao longo do curso.

Agradeço também a Nina, secretária do RENAC e minha amiga, por todo o suporte e atenção dados ao longo desses anos. Sem você Nina, o RENAC não seria a mesma coisa. Meu muito obrigado por sempre cuidar de nós, alunos do RENAC e por sempre dizer as coisas que precisamos ouvir na hora certa e por sempre estar disposta a nos ouvir e nos ajudar.

Ao meu orientador e amigo Vitor, que teve comigo nesses dois anos de aprendizagem. Com você, pude aprender muito sobre a área herpetológica e ecologia de comunidades principalmente. Com certeza, a sua intervenção no meu conhecimento foi surpreendente e olhando para trás percebo o quanto evolui com você. Meu muito obrigado pelas sugestões, conversas descontraídas, atenção, paciência e dedicação. Muito do cientista que está sendo formado hoje, tem grande participação do seu envolvimento e trabalho.

Agradeço também ao meu co-orientador Diogo, que foi essencial para o meu desenvolvimento acadêmico e pelas teorias e técnicas que me foram passadas. O seu olhar crítico e a sua atenção fizeram deste trabalho melhor e mais completo.

Aos meus mestres Fabrício Barreto, João Nabout, Héliida Cunha, Rogério Bastos, Rodrigo de Assis Carvalho e Samantha Caramori, que durante o mestrado de forma direta e indireta trabalharam para o meu desenvolvimento. Com vocês eu pude aprender mais e ter uma dimensão maior de como é fazer ciência. Isso só foi possível, pois são ótimos professores e cientistas. A vocês o meu muito obrigado de coração.

Gostaria de agradecer ao programa de Pós-graduação RENAC e a Universidade Estadual de Goiás pelo suporte e bolsa concedidos nesses anos de mestrado. Por fim gostaria de agradecer a cada envolvido na minha formação, direta ou indiretamente, guardas, faxineiros, secretários, professores, técnicos de laboratórios e administrativos, coordenadores de curso e de pós-graduação, diretor do campus, reitor e em especial a sociedade em geral, por investirem e acreditarem nos meus estudos. Sem vocês esse trabalho não seria possível. A todos vocês o meu muito obrigado!

This is your life and it's ending one minute at a time.

Fincher, 1999; Fight Club

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	18
3. METODOLOGIA	19
3.1. Revisão bibliográfica de inventários de espécies	19
3.2. Diversidade beta taxonômica, funcional e filogenética	19
3.3. Contribuição local para a diversidade beta	22
3.4. Análise de dados	22
4. RESULTADOS.....	23
5. DISCUSSÃO.....	27
6. CONCLUSÃO	30
7. REFERÊNCIAS	31
8. APÊNDICES.....	42

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização dos inventários de anfíbios anuros amostrados no Cerrado (os números representam as localidades amostradas).....20
- Figura 2: Partição de variação da DBT (a) e o componente de substituição DBT_{turn} (b), DBF (c) e o componente de substituição DBF_{turn} (d) e DBP (e) e o componente de substituição DBP_{turn} (f), em relação ao clima atual (C), variação paleoclimática (VP) e estrutura espacial (MEMs) para 36 comunidades de anuros do Cerrado.25
- Figura 3: Regressão dos quadrados mínimos generalizados (GLS) para os melhores modelos com as LCBDs segundo os critérios de Akaike (AIC) a seguir: a)LCBD da DBT e Var.BIO1; b)LCBD da DBP_{turn} e BIO1; c)LCBD da DBT_{diff} e Var. BIO7; d)LCBD da DBF e Var. BIO14; e)LCBD da DBF_{turn} e Var. BIO14; f)LCBD da DBF_{diff} e Var. BIO1; g)LCBD da DBP e Var. BIO1; i)LCBD da DBP_{turn} e Var. BIO1.27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Melhores modelos (GLS) segundo os critérios de AICc para as LCBDs da DBT e seus componentes (DBTturn e DBTdiff), DBF e seus componentes (DBFturn e DBFdiff) e DBP e seus componentes (DBPturn e DBPdiff).....	26
---	----

ABREVIATURAS

DBF - Diversidade beta funcional

DBF_{diff} - Diferença de riqueza da diversidade beta funcional

DBF_{turn} - Substituição da diversidade beta funcional

db-MEMs - Mapas de autovetores de Moran baseados em distância (*distance-based Moran Eigenvector Maps*)

DBP - Diversidade beta filogenética

DBP_{diff} - Diferença de riqueza da diversidade beta filogenética

DBP_{turn} - Substituição da diversidade beta filogenética

db-RDA - Análise de redundância baseada em distância (*distance-based Redundance Analysis*)

DBT - Diversidade beta taxonômica

DBT_{diff} - Diferença de riqueza da diversidade beta taxonômica

DBT_{turn} - Substituição da diversidade beta taxonômica

LCDB - Contribuição local para a diversidade beta (*local contribution to beta diversity*)

MHol - Holoceno médio

PASTIS - Construção filogenética com inferências taxonômicas flexíveis (*Phylogenetic Assembly with Soft Taxonomic Inferences*)

UGM - Último glacial máximo

GLS - regressão com quadrados mínimos generalizados (*Generalized Least Squares*)

RESUMO

Estudos recentes têm buscado entender a contribuição da variação climática passada e do clima atual para determinar a variação na composição de espécies (diversidade beta). Abordagens que incluem não somente a diversidade beta taxonômica (DBT), como as diversidades beta funcional (DBF) e filogenética (DBP), podem ser complementares já que cada tipo de medida pode refletir a influência de diferentes variáveis climáticas do presente ou do passado. Além disso a diversidade beta pode ser decomposta em substituição (*turn*) e diferença de riqueza (*diff*), que podem explicar diferentes processos como especializações em gradientes ambientais ou extinções seletivas devido a ação de filtros ambientais. Nesse estudo testamos a influência relativa do clima atual e da variação climática ao longo do último glacial máximo, Holoceno médio e clima atual nos componentes de substituição e diferença de riqueza na DBT, DBF e DBP em comunidades de anuros no Cerrado. Compilamos os inventários de anuros no Cerrado, variáveis climáticas atuais e do passado para as mesmas localidades. Com base nas espécies registradas, compilamos suas relações filogenéticas e seus traços funcionais. Calculamos os componentes de substituição e diferença de riqueza, bem como a contribuição da diversidade beta local (LCBD) para a DBT, DBF e DBP. Utilizamos a RDA baseada em distância e a partição de variação para ver a influência relativa do espaço, do clima atual e estabilidade paleoclimática sobre a DBT, DBF e DBP (*turn* e *diff*). A influência das variáveis climáticas e paleoclimáticas sobre as LCBDs foi testada a partir da regressão generalizada dos quadrados mínimos e seleção de modelos. O componente de substituição foi mais explicado pelo clima em conjunto com o espaço em DBT_{turn} e DBP_{turn} , enquanto que em DBF_{turn} o clima e a variação paleoclimática foram mais explicativos. As LCBDs da DBT, DBT_{turn} , DBP, DBP_{turn} e DBF_{diff} foram negativamente relacionados com a variação paleoclimática da temperatura média anual. No entanto, a LCBD apresentou relação negativa com a variação paleoclimática da precipitação do mês mais seco para a DBF e relação positiva com a mesma variável para a DBF_{diff} . Esses resultados demonstram a relação dos traços funcionais com a precipitação, visto que os anuros são animais que tem uma grande dependência da água para suas atividades e essa diferenciação nos traços funcionais em algumas comunidades se deve à adição de espécies de biomas úmidos adjacentes ao Cerrado. Esses resultados mostram que múltiplos fatores, contemporâneos e históricos explicam a variação na composição de espécies, linhagens e traços funcionais das comunidades de anuros do Cerrado.

Palavras-Chave: anura, beta diversidade, traços-funcionais, filogenia, savana

ABSTRACT

Recent studies have tried to understand the contribution of past climatic variation and current climate to determine variation in species composition (beta diversity). Approaches that include not only taxonomic beta diversity (TBD), but also functional (FBD) and phylogenetic diversity (PBD), may be complementary since each type of measure may reflect the influence of the current or past climatic variables. In addition, beta diversity can be decomposed into turnover (*turn*) and difference of richness (*diff*), which may explain different processes such as specialization to environmental gradients or selective extinctions due the action of environmental filters. In this study, we tested the relative influence of current climate and climatic variation along the last glacial maximum, average Holocene and current climate on the components of turnover and difference of richness in TBD, FBD and PBD in anuran communities in the Cerrado. We compile anuran inventories in the Cerrado, current and past climatic variables for the same localities. Based on the recorded species, we compiled its phylogenetic relationships and its functional traits. We calculated the components of turnover and difference of richness, as well as the contribution of local beta diversity (LCBD) for TBD, FBD and PBD. We use the distance-based RDA and the variation partition to test the relative influence of space, current climate and paleoclimatic stability on TBD, FBD and PBD (*turn* and *diff*). The influence of climatic and paleoclimatic variables on LCBDs was tested using the generalized regression of least squares and a model selection approach. The turnover component was more explained by the climate in conjunction with the space in TBD_{turn} and PBD_{turn} , while in FBD_{turn} the climate and paleoclimatic variation were more explanatory. The LCBDs of TBD, TBD_{turn} , PBD, PBD_{turn} and FBD_{diff} were negatively related to the paleoclimatic variation of the annual mean temperature. However, the LCBD presented negative relationship with the palaeoclimatic variation in the raining of the driest month for DBF and positive relation with the same variable for DBF_{diff} . These results demonstrate the relation of the functional traits with the precipitation, since the anurans are animals that have a great dependence of the water for its activities and this differentiation in the functional traits

in some communities is due to the addition of species from humid biomes adjacent to the Cerrado. These results show that multiple factors, contemporaneous and historical, explain the variation in species composition, lineages and functional traits of Cerrado anuran communities.

Keywords: anura, beta diversity, functional traits, phylogeny, savanna

1. INTRODUÇÃO

Os padrões atuais de diversidade são determinados por diversos processos que atuam em múltiplas escalas espaciais e temporais. A diversidade de uma região é determinada principalmente pelos padrões de dispersão, extinção e especiação (RICKLEFS 1987, 2004, CADOTTE; TUCKER, 2017). Em uma escala temporal curta, as condições climáticas atuais estão relacionadas com as tolerâncias fisiológicas das espécies, impondo um limite para a dispersão e determinando a composição das comunidades (WIENS; DONOGHUE, 2004; HOFFMANN et al., 2013). Por outro lado, estudos recentes têm buscado entender a contribuição da variação climática passada e do clima atual para determinar a estrutura de comunidades (*e.g.* ARAÚJO et al., 2008; DOBROVOLSKI et al., 2012; SILVA et al., 2014). Áreas em que houve pouca variação climática ao longo do tempo geológico são chamadas de refúgio (MORITZ et al., 2000, HUA; WIENS, 2013). Neste caso, baixas flutuações climáticas podem aumentar as taxas de diversificação de espécies, favorecendo maior taxa de especiação e menor taxa de extinção (ARAÚJO et al., 2008). Estes refúgios coincidem com alta diversidade genética intraespecífica, o que pode favorecer a especiação no longo prazo (CARNAVAL et al., 2009; KOZAK; WIENS, 2012).

A diversidade de espécies em relação a esses padrões climáticos pode ser medida em várias escalas espaciais (TUOMISTO, 2010a; ANDERSON et al., 2011). Diversidade alfa se refere à diversidade em escala local. A diversidade total de espécies de uma região é chamada diversidade gama. Por fim, a diversidade beta é a mudança na composição de espécies ao longo de um gradiente (TUOMISTO, 2010b, c; ANDERSON et al., 2011). A medida mais utilizada de diversidade beta é a taxonômica (DBT), que é a variação na composição das espécies entre os locais. A diversidade beta também pode ser medida como a variação nas linhagens filogenéticas (diversidade beta filogenética - DBP; Graham & Fine 2008), ou nas funções desempenhadas pelas

espécies entre as comunidades (diversidade beta funcional - DBF; RICOTTA et al., 2005; CIANCIARUSO et al., 2009).

Abordagens que incluem não somente a DBT, podem ajudar a elucidar questões importantes acerca dos padrões de biodiversidade, já que medidas com informações de caracteres funcionais (*e.g.* DBF) podem ser mais sensíveis às variações ambientais (CIANCIARUSO et al., 2009), enquanto que as relações de parentesco entre as linhagens (*e.g.* DBP) podem refletir os eventos paleoclimáticos (CARNAVAL et al., 2009; KOZAK; WIENS, 2012). Logo, estas três facetas da diversidade beta podem ser complementares para testar a influência relativa de clima do passado e atual na distribuição das espécies, de traços funcionais e de suas linhagens (GRAHAM et al., 2009; ORDONEZ; SVENNING, 2017, VOSKAMP et al., 2017). A DBT também pode ser decomposta em dois componentes: substituição de espécies (*turnover*; DBT_{turn}) e diferença de riqueza (*nestedness-resultant*; DBT_{diff}). A substituição de espécies mede a substituição e grupos inteiros de espécies ao longo de gradientes (BASELGA, 2010), o que poderia ser determinado por especializações para diferentes condições ambientais ou restrições históricas na dispersão que geram endemismos. A diferença de riqueza mede a perda de espécies ao longo de gradientes, ou seja, diferentes comunidades apresentam variação entre as suas riquezas de espécies (BASELGA, 2010; ALMEIDA-NETO et al., 2012), o que poderia ser determinado pelas diferenças na tolerância ambiental ou na capacidade de dispersão das espécies. O mesmo processo de decomposição da diversidade pode ser utilizado para a DBF (substituição - DBF_{turn} e diferença de riqueza - DBF_{diff}) e para a DBP (substituição - DBP_{turn} e diferença de riqueza - DBP_{diff}) (BASELGA, 2012).

O Cerrado assim como outras regiões, sofreu diversas flutuações climáticas desde o último glacial máximo (UGM), influenciando diretamente a distribuição de diversas espécies (TERRIBLE et al., 2012, WERNECK et al., 2012). Além disso, Cerrado é um *hotspot* de biodiversidade mundial (KLINK; MACHADO, 2005), com várias espécies endêmicas sob ameaça de extinção devido à fragmentação e perda de habitat promovida pelo avanço de atividades agrícolas. O Cerrado possui uma ampla variação climática ao longo da sua grande extensão, assim como uma grande variação na riqueza de espécies (COLLEVATTI et al., 2012, LIMA et al., 2014; DINIZ-FILHO et al., 2004; 2009). Além disso, a extensão desse bioma nem sempre foi constante. A extensão do Cerrado foi modificada devido às mudanças climáticas do Plio-Pleistoceno

(LEDRU, 2002), tendo uma grande região na porção nordeste e manchas ao norte (região do estado do Maranhão) e ao oeste do Cerrado como áreas climaticamente estáveis (WERNECK et al., 2012). Essas mudanças climáticas naturais têm mostrado impacto significativo na distribuição de grupos animais como serpentes e lagartos (TERRIBLE et al., 2012, WERNECK et al., 2012).

Os anfíbios anuros são um grupo interessante para testar o efeito de gradientes climáticos passados e atuais devido à suas restrições fisiológicas como a pele úmida e permeável e a presença de uma fase larval, que os torna dependentes de ambientes aquáticos para a respiração e a reprodução (THORSON, 1955; HADDAD; PRADO, 2005; SILVA et al., 2012). Assim, a distribuição dos anfíbios tende a ser fortemente influenciada pelo clima. São conhecidas atualmente pouco mais de 200 espécies no Cerrado (VALDUJO et al., 2012), sendo 103 endêmicas (AZEVEDO et al., 2016). Sendo assim, sua grande extensão territorial associada à elevada diversidade de anfíbios torna esse bioma um sistema ideal para testar a importância de gradientes climáticos passados e atuais em padrões de diversidade. Finalmente, esse trabalho visa preencher as lacunas de como a variação climática, o clima atual e o espaço atuam sobre as comunidades de anuros do Cerrado, em relação a três facetas da diversidade beta (DBT, DBF e DBP), bem como seus componentes (substituição e diferença de riqueza) abordados até aqui.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

Testar a influência relativa do clima atual e da variação climática ao longo do último glacial máximo (UGM), Holoceno médio (MHol) e clima atual nos componentes de substituição e diferença de riqueza na DBT, DBF e DBP em comunidades de anuros no Cerrado.

Especificamente, testei as hipóteses de que (i) o componente de diferença de riqueza de espécies, funções e linhagens está associado às variáveis climáticas atuais e ao espaço, devido às limitações de dispersão e restrições fisiológicas a ambientes úmidos que os anuros possuem, com as comunidades de clima mais seco sendo subconjunto das comunidades de clima mais úmido; e que (ii) o componente da substituição de espécies, funções e linhagens está associado à variação climática ao longo do tempo geológico, com as áreas climaticamente estáveis funcionando como centros de endemismos.

3. METODOLOGIA

3.1. Revisão bibliográfica de inventários de espécies

Compilamos inventários de anuros realizados dentro dos limites do Cerrado (Figura 1, Apêndice 1) a partir de buscas nas bases bibliográficas Web of Knowledge (<http://www.isiknowledge.com>), Scientific Electronic Library Online - Scielo (<http://www.scielo.org>), e Google Acadêmico (scholar.google.com.br). Os termos usados para as buscas foram: *amphibia** OR *anura** AND *savanna** OR *Cerrado*.

Para evitar possíveis vieses em relação ao esforço amostral, os inventários atenderam aos seguintes critérios: (i) amostragens realizadas em ao menos uma estação chuvosa completa, (ii) o principal método de coleta ter sido busca ativa em corpos d'água, pois compreendem os locais de reprodução de anuros, permitindo amostrar o máximo de espécies possível; (iii) coletas em pelo menos quatro pontos amostrais. Não incluímos dados de espécies não identificadas (*e.g.*, *Scinax* sp.; *Rhinella* sp.) e a nomenclatura seguiu Frost (2017).

3.2. Diversidade beta taxonômica, funcional e filogenética

Calculamos a DBT a partir da função “beta.pair” utilizando o índice de dissimilaridade de Sørensen (β_{sor}) a partir da matriz de incidência de espécies (ANDERSON et al., 2011; LEGENDRE; DE CÁCERES, 2013). Em seguida, particionamos a DBT em dois componentes aditivos: DBT_{turn} (β_{sim}) e DBT_{diff} (β_{sne}) (BASELGA 2010). As análises foram feitas no pacote *betapart* (BASELGA et al., 2013) do programa R versão 3.4.3 (R CORE TEAM, 2017).

Compilamos os traços funcionais a partir da base de dados AmphiBIO, que reúne traços funcionais para 6776 espécies de anfíbios (OLIVEIRA et al., 2017). Com base nesses dados, construímos uma matriz (espécies *versus* traços) com oito categorias de traços funcionais: (i) tipo de habitat (fossorial, terrestre, aquático, arbóreo); (ii) dieta (folhas, flores, sementes, frutos, artrópodes e vertebrados – incluindo canibalismo); (iii) período de atividade (diurno, noturno e crepuscular); (iv) período sazonal de atividade (meses úmidos e quentes, úmidos e frios, secos e quentes, secos e frios); (v) tamanho do corpo (tamanho máximo do indivíduo adulto em milímetros); (vi) número mínimo de descendentes (número mínimo de prole ou ovos por evento reprodutivo); (vii) número

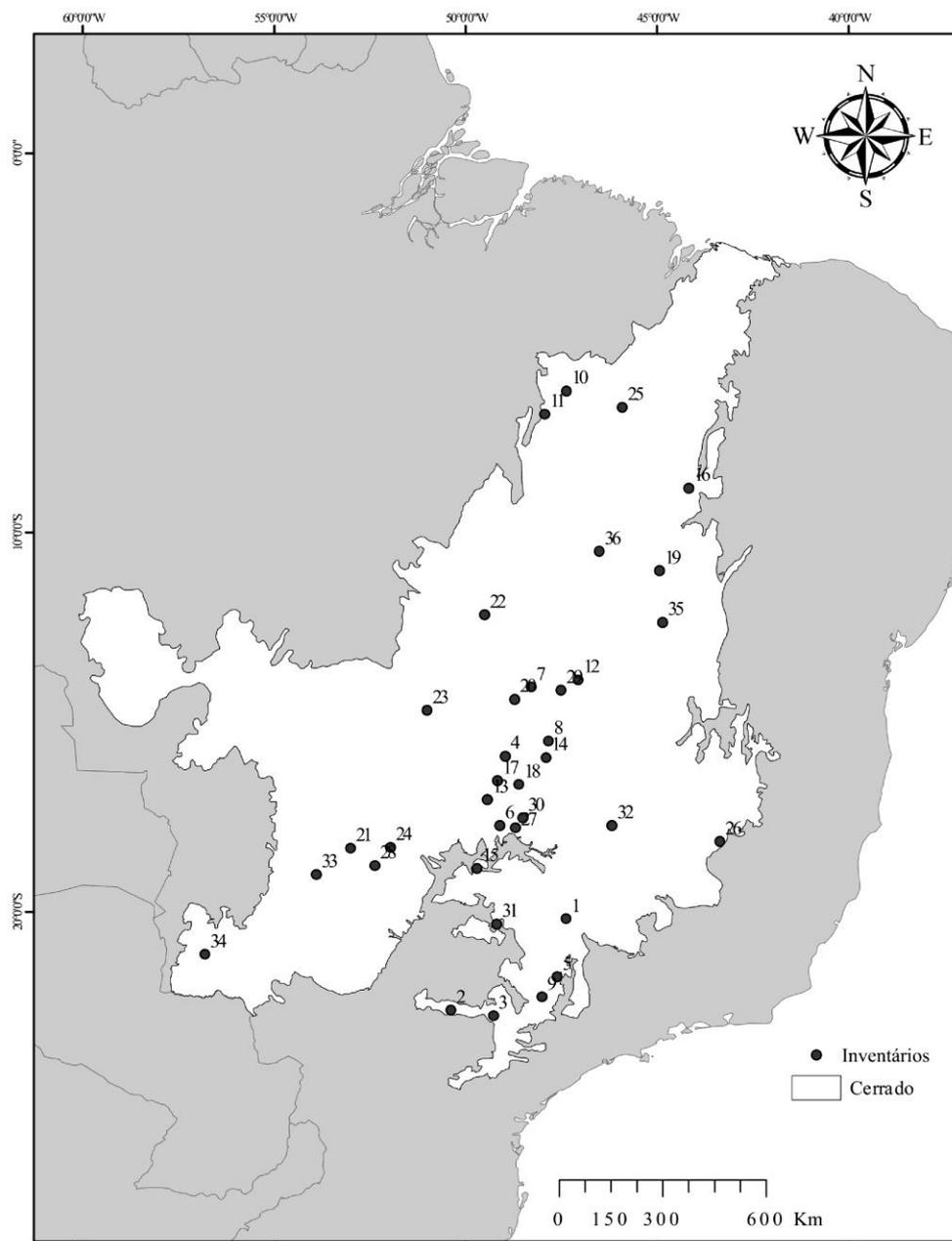


Figura 1: Localização dos inventários de anfíbios anuros amostrados no Cerrado (os números representam as localidades amostradas, disponíveis no Apêndice 1).

máximo de descendentes (número máximo de prole ou ovos por evento reprodutivo) e (viii) estratégia de reprodução (desenvolvimento direto, estágio larval e vivíparo). Ao todo 19 espécies de anuros não continham dados dos traços segundo a base de dados AmphiBIO. Para essas espécies cujos traços funcionais não estão disponíveis na base de dados AmphiBIO, utilizamos a informação disponível para o gênero correspondente e de acordo com a espécie mais próxima, segundo a filogenia. Para os traços em que essa extrapolação dos dados não foi possível (*e.g.* apenas uma espécie como representante do

gênero, diferenças dos traços entre as espécies dentro do gênero) e que não constavam na base de dados do AmphiBIO essa informação foi considerada como indisponível, sendo usado N/D (Apêndice 3).

O cálculo da DBF foi realizado seguindo o método proposto por Villegger et al., (2008). As características funcionais foram submetidas à distância de Gower (GOWER, 1971), obtendo então a distância dos traços entre as espécies. Essa distância foi submetida a uma análise de coordenadas principais (PCoA), usando os dois primeiros vetores para o cálculo da DBF (VILLEGER et al., 2008). A DBF foi calculada a partir do índice de dissimilaridade de Sørensen, a partir da função "functional.beta.pair" (BASELGA et al., 2013). A partir disso, obtivemos três matrizes, uma com a DBF_{total} (functβsor) e outras duas, correspondendo aos componentes DBF_{turn} (functβsim) e DBT_{diff} (functβsne).

Para calcular a DBP construímos uma filogenia utilizando a topologia datada de Pyron & Wiens (2011) (Apêndice 4). Essa filogenia foi inferida com base em 12 genes (três mitocondriais e nove nucleares) disponíveis para 2.871 espécies de anfíbios. No entanto, esta filogenia continha 58 das 143 espécies de nossa base de dados. Logo, para gerar uma topologia completa para as 143 espécies que ocorriam nas comunidades utilizamos o método *Phylogenetic Assembly with Soft Taxonomic Inferences* (PASTIS; THOMAS et al., 2013). Este método permite incluir espécies não amostradas numa topologia (*backbone*) utilizando informações taxonômicas e de história de vida, semelhante ao utilizado por Jetz et al., (2012) e Tonini et al., (2016). O PASTIS então gera uma distribuição posterior de árvores ultramétricas com diferentes posições de espécies faltantes sob um modelo homogêneo com mesma taxa de diversificação para toda a árvore (*birth-death*) no programa MrBayes v. 3.2 (RONQUIST et al., 2012), permitindo incorporar incerteza filogenética nas análises subsequentes. Como restrição da topologia (*backbone constraint*), utilizamos a filogenia datada de Pyron & Wiens (2011). A análise foi conduzida no pacote PASTIS (THOMAS et al., 2013), no programa R versão 3.4.3 (R CORE TEAM, 2017).

Para calcular a DBP usamos o coeficiente de dissimilaridade de Sørensen (phyloβsor) (BRYANT et al., 2008) com a função "phylo.beta.pair". A diversidade filogenética é uma medida da diversidade de uma comunidade que incorpora as relações filogenéticas das espécies, ou seja, a diversidade é maior entre as comunidades cujas espécies são filogeneticamente mais distintas (MAGURRAN, 2004). Esse índice foi

também decomposto em dois componentes aditivos (LEPRIEUR et al., 2012): DBP_{turn} (phylo β sim) e DBP_{diff} (phylo β sne). O cálculo da DBP e seus componentes foi feito no pacote *betapart* (BASELGA et al., 2013).

3.3. Contribuição local para a diversidade beta

A contribuição local para a diversidade beta (LCDB: *local contribution to beta diversity*) é uma estimativa do quanto uma unidade amostral poder ser singular em termos de composição de espécies em relação às demais localidades (LEGENDRE; DE CÁCERES, 2013). Os altos valores de LCBD indicam uma alta riqueza e uma composição de espécies distintas das demais localidades, enquanto que locais com valores baixos de LCBD podem indicar locais com menores riquezas e com composição de espécies semelhantes às demais comunidades. Esse cálculo foi estendido, sendo possível decompor em dois componentes aditivos da diversidade beta, a substituição de espécies e a diferença de riqueza (LEGENDRE, 2014).

3.4. Análise de dados

Para modelar a estrutura espacial dos 36 pontos amostrais usamos o método de Mapas de Autovetores de Moran baseados em distância (*distance-based Moran Eigenvector Maps*, db-MEMs; BORCARD; LEGENDRE, 2002). Esse método transforma pares de coordenadas geográficas em uma matriz truncada de distância geodésica e calcula autovetores a partir desta matriz utilizando uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA). Desse modo, é possível descrever a estrutura espacial das comunidades em diferentes escalas. Os db-MEMs com maiores autovalores descrevem escalas espaciais mais amplas, enquanto os com menores autovalores descrevem escalas mais finas. Os db-MEMs com I de Moran positivo e significativo foram usados como variáveis preditoras nas análises (BORCARD; LEGENDRE, 2002).

Para testar a relação do clima atual, da estabilidade climática e do espaço sobre as DBT, DBF, DBP e sobre os seus componentes substituição e diferença de riqueza usamos uma análise de redundância baseada em distância (*distance-based Redundance Analysis* - db-RDA; LEGENDRE; ANDERSON, 1999; LEGENDRE; LEGENDRE, 2012). Inicialmente, as matrizes triangulares de diversidade beta e seus componentes são submetidas a uma análise de coordenadas principais (PCoA; com correção de valores negativos gerados; LIGOES, 1971). Os autovetores gerados pela PCoA são

então utilizados como matriz repostas em uma RDA (LEGENDRE; LEGENDRE, 2012). Primeiramente testamos a significância do modelo global da dB-RDA (com todas as variáveis preditoras). Caso o modelo global fosse significativo, selecionamos as variáveis que compuseram o modelo final usando o método de inclusão passo à frente (*forward selection*) com duplo critério de parada, com base no R^2 ajustado do modelo global e os valores de significância ($P \leq 0,05$) de cada variável incluída no modelo final (BLANCHET, 2008). Em seguida fizemos a partição de variação para testar a explicação do clima atual, da estabilidade climática e do componente espacial sobre as matrizes respostas de diversidade beta e seus componentes (LEGENDRE; LEGENDRE, 2012). A db-RDA e a partição de variação foram realizadas separadamente para a DBT, DBF e DBP totais e seus componentes substituição e diferença na riqueza usando o pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2013).

A influência das variáveis climáticas atuais e da variação paleoclimática sobre as LCBDs das DBT, DBF, DBP e sobre os seus componentes substituição e diferença de riqueza foi testada usando a regressão com quadrados mínimos generalizados (Generalized Least Squares – GLS), no pacote do R *nlme* (PINHEIRO et al., 2013). Para definir os melhores modelos para a GLS, foi empregada uma seleção de modelos (ZUUR et al., 2007), que incluem todas as variáveis (modelo global) e combinações de variáveis que julgamos plausíveis, totalizando 19 modelos (Apêndice 5). Os modelos foram selecionados com base nos menores valores do Critério de Informação de Akaike (AIC; SAKAMOTO; ISHIGURO, 1986). Estimamos os valores de pseudo R^2 a partir da função *rsquared* do pacote *piecewiseSEM* (LEFCHECK, 2016), com o auxílio do programa R versão 3.4.3 (R CORE TEAM, 2017).

4. RESULTADOS

A busca reuniu ao todo 43 inventários de anuros, distribuídos em 36 áreas (Figura 1; Apêndice 1). Registramos 143 espécies de anuros, distribuídas em 32 gêneros, pertencentes a 10 famílias (Apêndice 2; Apêndice 4). A DBT para anuros do Cerrado foi alta ($\beta_{sor} = 0.911$, $n = 36$ inventários de fauna de anuros do Cerrado). A maior explicação para a diversidade foi encontrada para a DBT_{turn} ($\beta_{sim} = 0.878$, i.e., 96%), quando comparado com a DBT_{diff} ($\beta_{sne} = 0.03$, i.e., 4%). Um padrão muito similar foi encontrado para a DBF (funct. $\beta_{sor} = 0.85$) e DBP (phylo. $\beta_{sor} = 0.87$). As diversidades nos dois casos também foram mais explicadas pela DBF_{turn} (funct. $\beta_{sim} =$

0.79, i.e., 92%) e DBP_{turn} (phylo. β_{sim} = 0.81, i.e., 93%) nas comunidades estudadas. A diferença de riqueza foi baixa tanto para DBF_{diff} (funct. β_{sne} = 0.06, i.e., 8%), quanto para DBP_{diff} (phylo. β_{sne} = 0.06, i.e., 7%).

Dentre os componentes da diversidade beta, a substituição de espécies foi mais explicada pelas variáveis preditoras do que a diferença na riqueza: somente a DBF_{diff} foi explicada pelo clima atual (adj R^2 : 0.23, p =0.02; Apêndice 6). O clima atual foi a variável que mais explicou a DBT, DBF e DBP, seguido pela estrutura espacial (Figura 3). O clima atual em conjunto com o espaço explicou a maior parte da variação na DBT e nos componentes DBT_{turn} e DBP_{turn} (Figura 3). Já o clima atual em conjunto com a variação paleoclimática explicou a maior parte da variação na DBF e DBP, bem como na DBF_{turn} (Figura 3).

De um modo geral, os modelos que melhor explicam a LCBD para DBT, DBT_{turn} , DBP, DBP_{turn} e DBF_{diff} são os modelos envolvendo a variação paleoclimática da temperatura média anual (pseudo R^2 = 51% – 84%; Tabela 1), evidenciando uma relação negativa entre essas variáveis (Figura 4). Já as LCBDs para DBF e DBF_{turn} foram melhor explicadas pelos modelos envolvendo a variação paleoclimática da precipitação do mês mais seco (pseudo R^2 = 45% – 72%; Tabela 1). No entanto, a LCBD apresentou relação negativa com a variação paleoclimática da precipitação do mês mais seco para a DBF e relação positiva com a mesma variável para a DBF_{turn} (Figura 4). Os modelos selecionados para explicar as LCBDs da DBT_{diff} e DBP_{diff} apresentaram baixo poder de explicação (pseudo R^2 = 2% – 13%; Tabela 1).

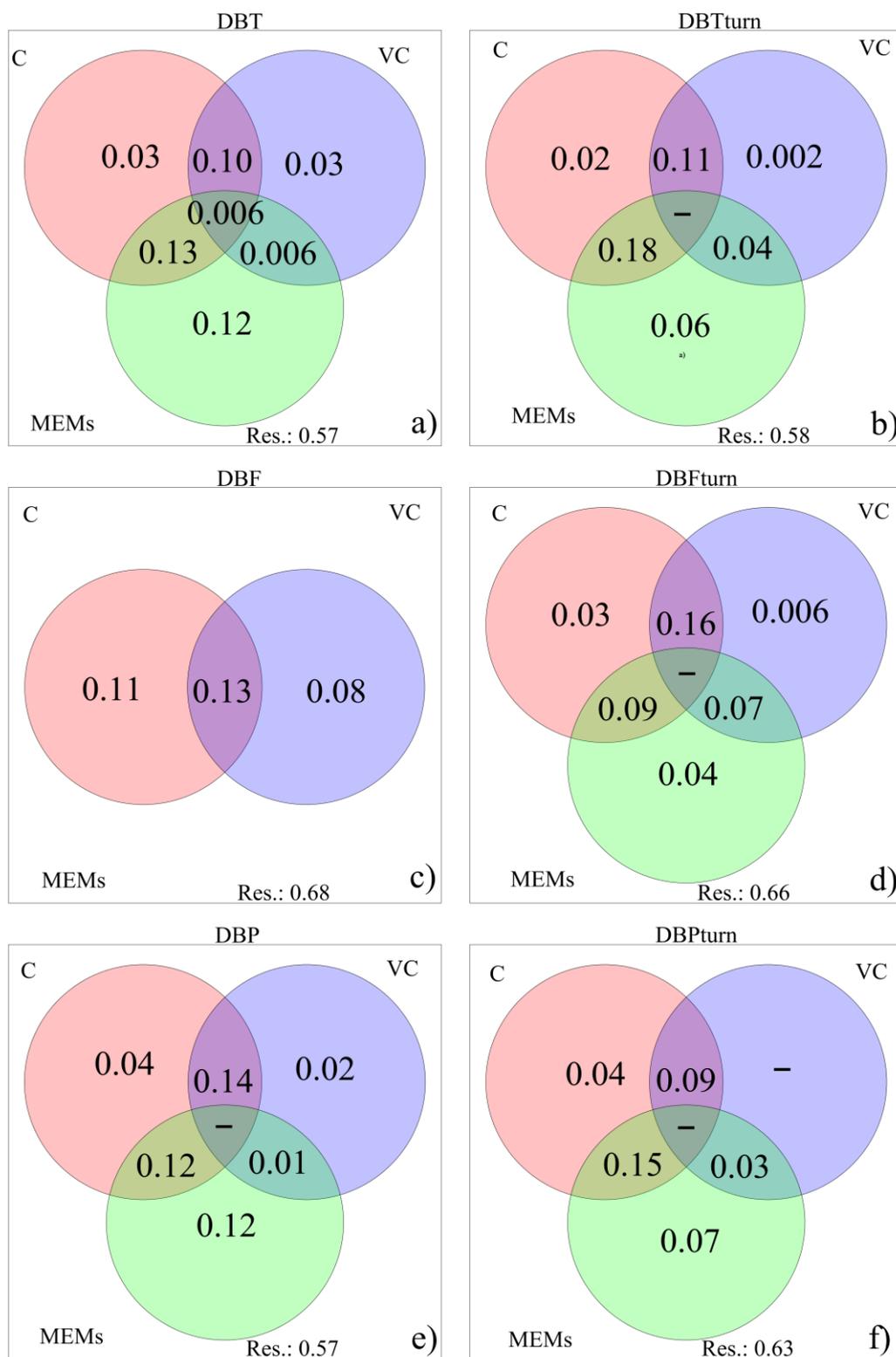


Figura 2: Partição de variação da DBT (a) e o componente de substituição DBT_{turn} (b), DBF (c) e o componente de substituição DBF_{turn} (d) e DBP (e) e o componente de substituição DBP_{turn} (f), em relação ao clima atual (C), variação paleoclimática (VP) e estrutura espacial (MEMs) para 36 comunidades de anuros do Cerrado.

Tabela 1: Melhores modelos (GLS) segundo os critérios de AICc para as LCBs da DBT e seus componentes (DBTturn e DBTdiff), DBF e seus componentes (DBFturn e DBFdiff) e DBP e seus componentes (DBPturn e DBPdiff).

LCBD Diversidade taxonômica total						
Modelo	df	AICc	delta	peso	pseudo R ²	p-valor
Var. BIO1	4	-237.60	0.00	0.89	0.84	0.003
LCBD Diversidade taxonômica - Substituição						
Modelo	df	AICc	delta	peso	pseudo R ²	p-valor
Var. BIO1	4	-217.70	0.00	0.93	0.77	0.001
LCBD Diversidade taxonômica – Diferença de riqueza						
Modelo	df	AICc	delta	peso	pseudo R ²	p-valor
Var. BIO7	4	-160.70	0.00	0.70	0.13	0.020
Var. BIO1	4	-158.40	2.34	0.22	0.02	0.200
LCBD Diversidade funcional total						
Modelo	df	AICc	delta	peso	pseudo R ²	p-valor
Var. BIO14	4	-197.4	0.00	0.93	0.72	0.000
LCBD Diversidade funcional – Substituição						
Modelo	df	AICc	delta	peso	pseudo R ²	p-valor
Var. BIO14	4	-185.6	0.00	0.99	0.45	0.000
LCBD Diversidade funcional – Diferença de riqueza						
Modelo	df	AICc	delta	peso	pseudo R ²	p-valor
Var. BIO1	4	-156.2	0.00	0.92	0.51	0.002
LCBD Diversidade filogenética total						
Modelo	df	AICc	delta	peso	pseudo R ²	p-valor
Var. BIO1	4	-230.90	0.00	0.92	0.80	0.000
LCBD Diversidade filogenética – Substituição						
Modelo	df	AICc	delta	peso	pseudo R ²	p-valor
Var. BIO1	4	-206.10	0.00	0.99	0.51	0.000
LCBD Diversidade filogenética – Diferença de riqueza						
Modelo	df	AICc	delta	peso	pseudo R ²	p-valor
Var. BIO7	4	-165.60	0.00	0.62	0.07	0.060
Var. BIO14	4	-163.80	1.88	0.24	-0.02	0.700

Obs: *valores menores que $p=0.05$. **valores menores que $p=0.001$.

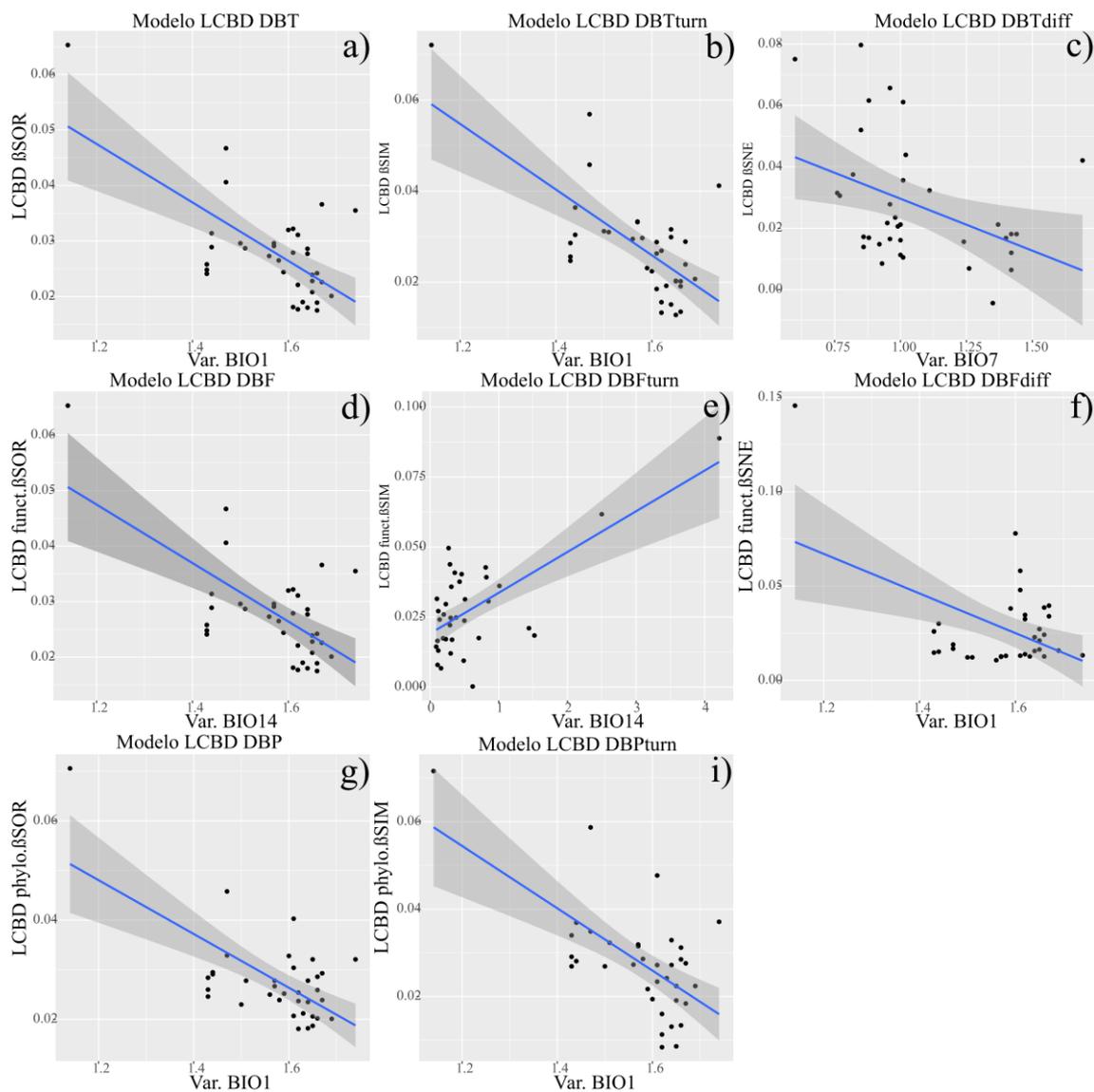


Figura 3: Regressão dos quadrados mínimos generalizados (GLS) para os melhores modelos com as LCBDs segundo os critérios de Akaike (AIC) a seguir: a)LCBD da DBT e Var.BIO1; b)LCBD da DBP_{turn} e BIO1; c)LCBD da DBT_{diff} e Var. BIO7; d)LCBD da DBF e Var. BIO14; e)LCBD da DBF_{turn} e Var. BIO14; f)LCBD da DBF_{diff} e Var. BIO1; g)LCBD da DBP e Var. BIO1; i)LCBD da DBP_{turn} e Var. BIO1.

5. DISCUSSÃO

No presente estudo, nossas hipóteses foram parcialmente corroboradas. A diferença de riqueza foi um componente com baixa explicação para a DBT, DBF e DBP. Nestas três facetas da diversidade beta, o componente de substituição foi o de maior explicação. Assim, não observamos uma influência do clima atual sobre o componente de diferença de riqueza. De um modo geral, o clima atual foi o principal componente para a estruturação das comunidades, para a DBT, DBT_{turn}, DBF, DBF_{turn}, DBP e DBP_{turn}. Sendo assim, os padrões climáticos atuais são fortemente responsáveis

pela substituição de espécies, funções e linhagens de anuros no Cerrado, influenciando diretamente na sua distribuição. O clima atual em conjunto com a estrutura espacial explica a maior parte da DBT e uma boa parte da DBP, indicando que a distribuição de espécies e linhagens está espacialmente estruturada. Um padrão similar a esse é também encontrado nos componentes de DBT_{turn} e DBP_{turn} . Silva et al., (2014) encontraram um padrão similar, onde as comunidades de anuros estão sendo moldadas por processos espaciais e climáticos em conjunto. O espaço é um fator importante para as comunidades biológicas, pois quanto maior for o distanciamento entre as comunidades, maior o isolamento pela distância e as barreiras geográficas tendem a ser mais frequentes, aumentando a relevância dos processos de especiação e/ou extinção sobre a diversidade (GASTON et al., 2007; QIAN, 2009; BARTON et al., 2013, RODRIGUES; DINIZ-FILHO, 2017). Além disso, o espaço influencia diretamente as condições climáticas, com locais mais próximos tendendo a apresentar clima semelhante, resultando em comunidades influenciadas pela ação conjunta do espaço e do clima.

Por outro lado, o clima atual em conjunto com a variação paleoclimática foi capaz de explicar a maior parte da variação presente na DBF, DBF_{turn} e DBP, indicando dessa forma que a estrutura climática atual e as flutuações climáticas são de extrema importância na distribuição de funções e linhagens de anuros no Cerrado. Essas oscilações tendem a promover alterações de larga escala na distribuição de espécies (HUNTLEY; WEBB, 1989) e também restrições de táxons em refúgios climáticos, que podem proporcionar uma base para a especiação (CARNAVAL et al., 2009; PORTO et al., 2013). Contrariando nossas hipóteses, a variação paleoclimática não influenciou a substituição de espécies ou linhagens, mas apenas a substituição de funções nas comunidades. Alguns estudos têm demonstrado a relação da DBF com o clima atual (*e.g.* WRIGHT et al., 2005; ORDOÑEZ et al., 2009). O clima de modo geral pode afetar a DBF, pois está relacionado com as tolerâncias fisiológicas das espécies, que podem estar relacionadas direta ou indiretamente aos traços das espécies (SVENNING, 2003; SVENNING et al., 2015). No entanto, nossos resultados evidenciam que a DBF também pode ser moldada também por fatores históricos, onde uma menor variação paleoclimática e a existência de refúgios podem influenciar na diversificação de traços funcionais dentro das comunidades (COUVREUR et al., 2015).

Assim, nossos resultados evidenciam que os efeitos históricos, a dispersão

limitada pelo espaço e a filtragem ambiental estão envolvidos na substituição de espécies, linhagens e funções de anuros do Cerrado. Muitos desses padrões inclusive podem ser reconhecidos em outros trabalhos (*e.g.* EMERSON; GILLESPIE, 2008; GRAHAM; FINE, 2009; SILVA et al., 2014), indicando que esses fatores co-ocorrem para moldar a distribuição das comunidades.

Corroborando nossas hipóteses, a LCBD da DBT, DBF e DBP, bem como seus componentes de substituição evidenciaram uma relação com a variação paleoclimática. As LCBDs da DBT, DBT_{turn}, DBP, DBP_{turn} foram associadas negativamente à variação na temperatura média anual (Figura 4), indicando que locais com baixa oscilação de temperatura ao longo do tempo geológico apresentaram composição de espécies e linhagens mais exclusivas em relação às demais comunidades. A temperatura é uma variável climática importante para os anfíbios, já que são organismos ectotérmicos e dependem da temperatura do meio para manutenção de sua taxa metabólica (WELLS, 2007). Nesse sentido, a manutenção da temperatura ao longo do tempo geológico pode ter promovido o surgimento de novas espécies e a diversificação de linhagens por meio de mecanismos como o conservadorismo de nicho (WIENS; GRAHAM, 2005) já que essas novas espécies/linhagens não necessitariam alcançar novas zonas adaptativas de temperatura para se estabelecerem. De fato, a temperatura média anual está relacionada com a diversificação das famílias de anuros, possibilitando historicamente que diversos nichos fossem ocupados por diversas linhagens (MOEN; WIENS, 2017). A DBF_{diff} também foi associada negativamente à variação na temperatura média anual. Animais ectotérmicos são mais sensíveis à variação da temperatura (DEUTSCH et al., 2008). Portanto, pequenas mudanças na temperatura ao longo dos anos podem causar declínios populacionais em regiões tropicais (DEUTSCH et al., 2008; CATENAZZI et al., 2014; SUNDAY et al., 2014), principalmente devido à baixa tolerância térmica (DUARTE et al., 2012; SIMON et al., 2015), gerando provavelmente perdas de funções nas comunidades.

Por outro lado, as LCBDs da DBF e da DBF_{turn} apresentaram relação com a variação paleoclimática da precipitação no mês mais seco. Surpreendentemente, essa relação foi negativa para a DBF total e positiva para a DBF_{turn}. Uma menor variação na precipitação dos meses secos ao longo do tempo geológico parece promover maior variação nas funções presentes entre comunidades. No entanto, a variação desta variável ao longo do tempo geológico promove comunidades funcionalmente distintas das

demais, por substituição de traços funcionais. Os anfíbios têm uma resistência menor à dessecação em relação a outros vertebrados, sendo dependentes de locais mais úmidos para a sobrevivência e reprodução (BECKER et al., 2007). Além disso, o Cerrado brasileiro apresenta adjacência com biomas mais úmidos como Amazônia e Pantanal e as comunidades próximas a esses biomas tendem a conter espécies que ocorrem nos biomas adjacentes (VALDUJO; CARNAVAL; GRAHAM, 2013). Assim, variações da precipitação no período mais seco ao longo do tempo podem ser fruto dos processos de retração e expansão do bioma ao longo do tempo geológico e este processo pode ter permitido a invasão de espécies típicas de ambientes úmidos e funcionalmente diferentes das áreas centrais do Cerrado. Por exemplo, um inventário feito por Brasileiro et al. (2008) na região nordeste do Cerrado (Estado do Maranhão; Apêndices 1 e 2), revelaram os maiores valores de LCBD para a DBF_{turn} . Esse inventário revela a exclusividade de algumas espécies como: *Adelphobates galactonotus*, *Boana geographica*, *Dendropsophus leucophyllatus*, espécies com distribuição também relacionada ao o bioma Amazônico (FROST, 2017). Outro inventário com alto valor de LCBD para a DBF_{turn} foi realizado por Uetababaro et al. (2007) (Apêndices 1 e 2), contendo também diversas espécies exclusivas (e.g. *Ameerega picta*, *Dendropsophus microcephalus*, *Leptodactylus elenae*, *Melanophryniscus fulvoguttatus*, *Phyllomedusa sauvagii*, *Pseudis paradoxa*, *Rhinella scitula*). Essas espécies têm distribuição mais relacionada aos biomas Amazônico e do Pantanal (FROST, 2017), indicando que essas comunidades são de zona de transição, com relação a outros biomas brasileiros. É interessante notar que existe uma variação dos traços desempenhados por essas espécies, principalmente relacionados ao período de atividade sazonal (meses), já que espécies de ambientes mais úmidos tendem a apresentar um período reprodutivo mais prolongado.

6. CONCLUSÃO

Nossos resultados evidenciam a relação das três facetas da diversidade (DBT, DBF e DBP) e os seus componentes, com o clima atual, a variação paleoclimática e a estrutura espacial. De maneira geral, o clima é o componente mais importante na estruturação das comunidades, seja relacionado com a estrutura espacial ou com a variação no paleoclima. O paleoclima por sua vez se mostrou importante para explicar as contribuições locais com a diversidade beta (LCBDs), principalmente com relação à

temperatura média anual e à precipitação no mês mais seco. Esses resultados evidenciam a associação de múltiplos fatores, contemporâneos e históricos para explicar a variação na composição de espécies, linhagens e traços funcionais das comunidades de anuros do Cerrado.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA-NETO, M.; FRENSEL, D.; ULRICH, W. Rethinking the relationship between nestedness and beta diversity: a comment on Baselga (2010). **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, n. 7, p. 772–777, 2012.

ANDERSON, M. J. et al. Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. **Ecology letters**, v. 14, n. 1, p. 19–28, 2011.

ANDRADE, E. B. DE; WEBER, L. N.; LEITE, J. R. DE S. A. Anurans of the Parque Estadual do Mirador, a remnant of Cerrado in the state of Maranhão, Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 17, n. 4, 2017.

ARAUJO, C.; CONDEZ, T. H.; SAWAYA, R. J. Anfíbios Anuros do Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus, sudeste do Brasil, e suas relações com outras taxocenoses no Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 2, p. 1, 2009.

ARAUJO, C.; DE ALMEIDA-SANTOS, S. M. Herpetofauna de um remanescente de Cerrado no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 3, 2011.

ARAUJO, C.; TADEU CORRÊA, D.; DE ALMEIDA SANTOS, S. M. Anuros da Estação Ecológica de Santa Bárbara, um remanescente de formações abertas de Cerrado no estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, 2013.

ARAUJO, M. B. et al. Quaternary climate changes explain diversity among reptiles and amphibians. **Ecography**, v. 31, n. 1, p. 8–15, 2008.

ARAUJO, M. B.; PEARSON, R. G. Equilibrium of species' distributions with climate. **Ecography**, v. 28, n. 5, p. 693–695, 2005.

AZEVEDO, J. A.; VALDUJO, P. H.; C NOGUEIRA, C. Biogeography of anurans and squamates in the Cerrado hotspot: coincident endemism patterns in the richest and most impacted savanna on the globe. **Journal of biogeography**, v. 43, n. 12, p. 2454–2464, 2016.

BARTON, P. S. et al. The spatial scaling of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 6, p. 639–647, 2013.

BASELGA, A. et al. Partitioning beta diversity into turnover and nestedness components. **Package 'betapart', Version**, v. 1, 2012.

BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 1, p. 134–143, 2010.

- BASELGA, A. The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, n. 12, p. 1223–1232, 2012.
- BASELGA, A.; GÓMEZ-RODRÍGUEZ, C.; LOBO, J. M. Historical legacies in world amphibian diversity revealed by the turnover and nestedness components of beta diversity. **PLoS One**, v. 7, n. 2, p. e32341, 2012.
- BECKER, C. G. et al. Habitat split and the global decline of amphibians. **Science**, v. 318, n. 5857, p. 1775–1777, 2007.
- BENÍCIO, R. A.; SILVA, F. R. DA. Amphibians of Vassununga State Park, one of the last remnants of semideciduous Atlantic Forest and Cerrado in northeastern São Paulo state, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 17, n. 1, 2017.
- BIVAND, R. et al. **rgdal: Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library**, 2013.
- BIVAND, R.; LEWIN-KOH, N. **maptools: Tools for reading and handling spatial objects. R package version 0.8-29**, 2015
- BLANCHET, F. G.; LEGENDRE, P.; BORCARD, D. Forward selection of explanatory variables. **Ecology**, 2008.
- BONETTI, M. F.; WIENS, J. J. Evolution of climatic niche specialization: a phylogenetic analysis in amphibians. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1795, p. 20133229, 2014.
- BORCARD, D.; LEGENDRE, P. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. **Ecological Modelling**, v. 153, n. 1–2, p. 51–68, 2002.
- BORGES, F. J. A.; JULIANO, R. F. Distribuição espacial e temporal de uma comunidade de anuros do município de Morrinhos, Goiás, Brasil (Amphibia: Anura). **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 1, p. 21–27, 2007.
- BRANDÃO, R. A. et al. A herpetofauna da APA de Cafuringa. **APA de Cafuringa: A Última Fronteira Natural do Distrito Federal (PB Netto, VV Mecnas & ES Cardoso, eds.)**. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Brasília, p. 241–248, 2006.
- BRANDÃO, R. A.; ARAÚJO, A. F. Changes in anuran species richness and abundance resulting from hydroelectric dam flooding in Central Brazil. **Biotropica**, v. 40, n. 2, p. 263–266, 2008.
- BRASILEIRO, C. A. et al. Amphibians of an open Cerrado fragment in southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, p. 93–109, 2005.
- BRASILEIRO, C. A. et al. Anurans, Northern Tocantins River Basin, states of Tocantins and Maranhão, Brazil. **Check List**, v. 4, n. 2, p. 185–197, 2008.

- BRYANT, J. A. et al. Microbes on mountainsides: contrasting elevational patterns of bacterial and plant diversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. Supplement 1, p. 11505–11511, 2008.
- CADOTTE, M. W.; TUCKER, C. M. Should environmental filtering be abandoned? **Trends in ecology & evolution**, v. 32, n. 6, p. 429–437, 2017.
- CAMPOS, F. S.; LAGE, A. R. B. Checklist of amphibians and reptiles from the Nova Roma Ecological Station, in the Cerrado of the State of Goiás, central Brazil. **Herpetology Notes**, v.6, p. 431–438, 2013.
- CAMPOS, F. S.; VAZ-SILVA, W. Distribuição espacial e temporal da anurofauna em diferentes ambientes no município de Hidrolândia, GO, Brasil Central. **Neotropical Biology & Conservation**, v. 5, n. 3, 2010.
- CARNAVAL, A. C. et al. Stability predicts genetic diversity in the Brazilian Atlantic forest hotspot. **Science**, v. 323, n. 5915, p. 785–789, 2009.
- CARNAVAL, A. C.; MORITZ, C. Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 7, p. 1187–1201, 2008.
- CATENAZZI, A.; LEHR, E.; VREDENBURG, V. T. Thermal physiology, disease, and amphibian declines on the eastern slopes of the Andes. **Conservation Biology**, v. 28, n. 2, p. 509–517, 2014.
- CIANCIARUSO, M. V.; SILVA, I. A.; BATALHA, M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 1, 2009.
- COLLEVATTI, R. G. et al. Recovering the demographical history of a Brazilian Cerrado tree species *Caryocar brasiliense*: coupling ecological niche modeling and coalescent analyses. **Natureza & Conservação**, v. 10, n. 2, p.169-176, 2012.
- COLLI, G. R. et al. Herpetofauna da Reserva Ecológica do IBGE e seu entorno. **Reserva Ecológica do IBGE–Biodiversidade Terrestre**, v. 2, p. 132–145, 2011.
- CONTE, C. E.; DA SILVA, D. R.; RODRIGUES, A. P. Anurofauna da bacia do Rio Tijuco, Minas Gerais, Brasil e sua relação com taxocenoses de anfíbios do Cerrado e suas transições. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 103, n. 3, p. 280–288, 2013.
- COUVREUR, T. L. et al. Global diversification of a tropical plant growth form: environmental correlates and historical contingencies in climbing palms. **Frontiers in genetics**, v. 5, p. 452, 2015.
- CREMA, A. et al. DIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE ANFÍBIOS ANUROS EM MATAS DE GALERIA DO DISTRITO FEDERAL, BRASIL. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 23, n. 1, p. 3–27, 2014.
- DA SILVA, F. R.; ALMEIDA-NETO, M.; ARENA, M. V. N. Amphibian beta diversity in the Brazilian Atlantic Forest: contrasting the roles of historical events and contemporary conditions at different spatial scales. **PLoS One**, v. 9, n. 10, p. e109642, 2014.

- DAL VECHIO, F. et al. The herpetofauna of the Estação Ecológica de Uruçuí-Una, state of Piauí, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)**, v. 53, n. 16, p. 225–243, 2013.
- DALSGAARD, B. et al. Historical climate-change influences modularity and nestedness of pollination networks. **Ecography**, v. 36, n. 12, p. 1331–1340, 2013.
- DE MARCO, P. et al. Patterns in the organization of Cerrado pond biodiversity in Brazilian pasture landscapes. **Hydrobiologia**, v. 723, n. 1, p. 87–101, 2014.
- DE OLIVEIRA, F. F. R.; ETEROVICK, P. C. The role of river longitudinal gradients, local and regional attributes in shaping frog assemblages. **Acta Oecologica**, v. 35, n. 5, p. 727–738, 2009.
- DEUTSCH, C. A. et al. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 18, p. 6668–6672, 2008.
- DINIZ-FILHO, J. A. F. et al. Anurans from a local assemblage in Central Brazil: linking local processes with macroecological patterns. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 1, p. 41–52, 2004b.
- DINIZ-FILHO, J. A. F. et al. Macroecologia, biogeografia e áreas prioritárias para conservação no cerrado. **Oecologia Australis**, v. 13, n. 3, p. 470–497, 2009.
- DINIZ-FILHO, J. A. F. et al. Spatial patterns in species richness and priority areas for conservation of anurans in the Cerrado region, Central Brazil. **Amphibia-Reptilia**, v. 25, n. 1, p. 63–75, 2004a.
- DOBROVOLSKI, R. et al. Climatic history and dispersal ability explain the relative importance of turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, n. 2, p. 191–197, 2012.
- DÓRIA, T. A. F. et al. Environmental Variables Influence the Composition of Frog Communities in Riparian and Semi-Deciduous Forests of the Brazilian Cerrado. **South American Journal of Herpetology**, v. 10, n. 2, p. 90–103, 2015.
- DORMANN, C. et al. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. **Ecography**, v. 30, n. 5, p. 609–628, 2007.
- DUARTE, H. et al. Can amphibians take the heat? Vulnerability to climate warming in subtropical and temperate larval amphibian communities. **Global Change Biology**, v. 18, n. 2, p. 412–421, 2012.
- DUELLEMAN, W. E. Patterns of species diversity in anuran amphibians in the American tropics. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 79–104, 1988.
- EMERSON, B. C.; GILLESPIE, R. G. Phylogenetic analysis of community assembly and structure over space and time. **Trends in ecology & evolution**, v. 23, n. 11, p. 619–630, 2008.
- FROST, Darrel R. et al. Amphibian species of the world: an online reference. **Version**, v. 5, n. 31, p. 01, 2011.

- GAMBALE, P. G. et al. Composição e riqueza de anfíbios anuros em remanescentes de Cerrado do Brasil Central. **Iheringia, Série Zoológica**, Porto Alegre, v. 104, n. 1, p. 50–58, 2014.
- GASTON, K. J.; EVANS, K. L.; LENNON, J. J. The scaling of spatial turnover: pruning the thicket. **Scaling biodiversity**, p. 181–222, 2007.
- GOWER, J. C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, p. 857–871, 1971.
- GRAHAM, C. H. et al. Phylogenetic structure in tropical hummingbird communities. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. Supplement 2, p. 19673–19678, 2009.
- GRAHAM, C. H. et al. The origin and maintenance of montane diversity: integrating evolutionary and ecological processes. **Ecography**, v. 37, n. 8, p. 711–719, 2014.
- GRAHAM, C. H.; FINE, P. V. Phylogenetic beta diversity: linking ecological and evolutionary processes across space in time. **Ecology letters**, v. 11, n. 12, p. 1265–1277, 2008.
- HADDAD, C. F.; PRADO, C. P. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. **BioScience**, v. 55, n. 3, p. 207–217, 2005.
- HIJMANS, R. J.; VAN ETTEN, J. **raster: Geographic data analysis and modeling**.
- HOFFMANN, A. A.; CHOWN, S. L.; CLUSELLA-TRULLAS, S. Upper thermal limits in terrestrial ectotherms: how constrained are they? **Functional Ecology**, v. 27, n. 4, p. 934–949, 2013.
- HUA, X.; WIENS, J. J. How does climate influence speciation? **The American Naturalist**, v. 182, n. 1, p. 1–12, 2013.
- HUNTLEY, B.; WEBB III, T. Migration: species' response to climatic variations caused by changes in the earth's orbit. **Journal of Biogeography**, p. 5–19, 1989.
- JETZ, W. et al. The global diversity of birds in space and time. **Nature**, v. 491, n. 7424, p. 444, 2012.
- KEALOHA FREIDENBURG, L.; SKELLY, D. K. Microgeographical variation in thermal preference by an amphibian. **Ecology Letters**, v. 7, n. 5, p. 369–373, 2004.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147–155, 2005.
- KOPP, K. A.; SIGNORELLI, L.; BASTOS, R. P. Distribuição temporal e diversidade de modos reprodutivos de anfíbios anuros no Parque Nacional das Emas e entorno, estado de Goiás, Brasil. **Heringia, Série Zoológica, Porto Alegre**, v. 100, n. 3, p. 192–200, 2010.
- KOZAK, K. H.; WIENS, J. J. Phylogeny, ecology, and the origins of climate–richness relationships. **Ecology**, v. 93, n. sp8, 2012.

- LAVOREL, S.; GARNIER, É. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. **Functional ecology**, v. 16, n. 5, p. 545–556, 2002.
- LEDRU, M.-P. Late Quaternary history and evolution of the cerrados as revealed by palynological records. **The cerrados of Brazil**, p. 33–50, 2002.
- LEFCHECK, J. S. piecewiseSEM: piecewise structural equation modelling in R for ecology, evolution, and systematics. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 5, p. 573–579, 2016.
- LEGENDRE, P. Interpreting the replacement and richness difference components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 11, p. 1324–1334, 2014.
- LEGENDRE, P.; ANDERSON, M. J. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. **Ecological monographs**, v. 69, n. 1, p. 1–24, 1999.
- LEGENDRE, P.; CÁCERES, M. Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. **Ecology letters**, v. 16, n. 8, p. 951–963, 2013.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **P. 1006 in Numerical ecology, 3rd English edition**. [s.l.] Elsevier, Amsterdam, 2012.
- LEITE, J.; BARBOSA, E. A.; NORONHA, S. E. Levantamento de Anuros (Amphibia) na região do Projeto Formoso-Araguaia e Arredores, Formoso do Araguaia, Tocantins, Brasil. **Sitientibus, Ser. Ciên. Biol**, v. 6, n. 1, p. 56–63, 2006.
- LEPRIEUR, F. et al. Partitioning global patterns of freshwater fish beta diversity reveals contrasting signatures of past climate changes. **Ecology letters**, v. 14, n. 4, p. 325–334, 2011.
- LEPRIEUR, F. et al. Quantifying phylogenetic beta diversity: distinguishing between ‘true’ turnover of lineages and phylogenetic diversity gradients. **PLoS One**, v. 7, n. 8, p. e42760, 2012.
- LIMA, N. E. et al. Phylogeography and ecological niche modelling, coupled with the fossil pollen record, unravel the demographic history of a Neotropical swamp palm through the Quaternary. **Journal of Biogeography**, v. 41, n. 4, p. 673–686, 2014.
- LIMA-RIBEIRO, M. S. et al. EcoClimate: a database of climate data from multiple models for past, present, and future for macroecologists and biogeographers. **Biodiversity Informatics**, v. 10, 2015.
- LUDWIG, D. The effects of atmospheric humidity on animal life. **Physiological Zoology**, v. 18, n. 2, p. 103–135, 1945.
- MAGURRAN, Anne E. An index of diversity. **Measuring biological diversity**, p. 100–133, 2004.
- MELO, M. et al. Diversidade de Anuros (Amphibia) na reserva extrativista Lago do Cedro e seu entorno, Aruanã, Goiás. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 2, 2013.

- MOEN, D. S.; WIENS, J. J. Microhabitat and climatic niche change explain patterns of diversification among frog families. **The American Naturalist**, v. 190, n. 1, p. 29–44, 2017.
- MORAIS, A. R. et al. Herpetofauna of the Floresta Nacional de Silvânia, a Cerrado remnant in Central Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 7, n. 2, p. 114–121, 2012.
- MORITZ, C. et al. Diversification of rainforest faunas: an integrated molecular approach. **Annual review of ecology and systematics**, v. 31, n. 1, p. 533–563, 2000.
- MUÑOZ, A.; SANTOS, X.; FELICÍSIMO, Á. M. Local-scale models reveal ecological niche variability in amphibian and reptile communities from two contrasting biogeographic regions. **PeerJ**, v. 4, p. e2405, 2016.
- NOMURA, F. et al. Diversidade de anuros (Amphibia) em áreas recuperada de atividade mineradora no e de plantio de Eucalyptus urophyllano Brasil Central. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 312-324. 2012.
- NOWAKOWSKI, A. J. et al. Mechanistic insights into landscape genetic structure of two tropical amphibians using field-derived resistance surfaces. **Molecular ecology**, v. 24, n. 3, p. 580–595, 2015.
- ODA, F. H.; BASTOS, R. P.; LIMA, M. A. DE C. S. Taxocenose de anfíbios anuros no Cerrado do Alto Tocantins, Niquelândia, Estado de Goiás: diversidade, distribuição local e sazonalidade. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 4, 2009.
- OKSANEN, J. et al. **Vegan: Community Ecology Package. 2013. R-package version 2.0-10.**
- OLIVEIRA, B. F. et al. AmphiBIO, a global database for amphibian ecological traits. **Scientific data**, v. 4, p. 170123, 2017.
- ORDONEZ, A.; SVENNING, J.-C. Consistent role of Quaternary climate change in shaping current plant functional diversity patterns across European plant orders. **Scientific reports**, v. 7, p. 42988, 2017.
- ORDOÑEZ, J. C. et al. A global study of relationships between leaf traits, climate and soil measures of nutrient fertility. **Global Ecology and Biogeography**, v. 18, n. 2, p. 137–149, 2009.
- PEBESMA, E.; BIVAND, R. S. S classes and methods for spatial data: the sp package. **unpublished report**, 2005.
- PEIXOTO, F. P. et al. Global patterns of phylogenetic beta diversity components in bats. **Journal of biogeography**, v. 41, n. 4, p. 762–772, 2014.
- PENONE, C. et al. **Global mammal beta diversity shows parallel assemblage structure in similar but isolated environments.** Proc. R. Soc. B. **Anais...The Royal Society**, 2016
- PINHEIRO, J. nlme: Linear and nonlinear mixed effects models. <http://cran.r-project.org/web/packages/nlme/index.html>, 2009.

- PORTO, T. J.; CARNAVAL, A. C.; DA ROCHA, P. L. B. Evaluating forest refugial models using species distribution models, model filling and inclusion: a case study with 14 Brazilian species. **Diversity and Distributions**, v. 19, n. 3, p. 330–340, 2013.
- PYRON, R. A.; WIENS, J. J. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 61, n. 2, p. 543–583, 2011.
- PYRON, R. A.; WIENS, J. J. Large-scale phylogenetic analyses reveal the causes of high tropical amphibian diversity. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 280, n. 1770, p. 20131622, 2013.
- QIAN, H. Global comparisons of beta diversity among mammals, birds, reptiles, and amphibians across spatial scales and taxonomic ranks. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 47, n. 5, p. 509–514, 2009.
- RAMALHO, W. P.; GUERRA BATISTA, V.; PASSOS LOZI, L. R. Anfíbios e répteis do médio rio Aporé, estados de Mato Grosso do Sul e Goiás, Brasil. **Neotropical Biology & Conservation**, v. 9, n. 3, 2014.
- RIBEIRO-JÚNIOR, J. W.; BERTOLUCI, J. Anurans of the cerrado of the Estação Ecológica and the Floresta Estadual de Assis, southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 1, p. 0–0, 2009.
- RICKLEFS, R. E. A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. **Ecology letters**, v. 7, n. 1, p. 1–15, 2004.
- RICKLEFS, R. E. Community diversity: relative roles of local and regional processes. **Science**, v. 235, n. 4785, p. 167–171, 1987.
- RICOTTA, C. Through the jungle of biological diversity. **Acta biotheoretica**, v. 53, n. 1, p. 29–38, 2005.
- RODRIGUES, J. F. M.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Dispersal is more important than climate in structuring turtle communities across different biogeographical realms. **Journal of Biogeography**, v. 44, n. 9, p. 2109–2120, 2017.
- RONQUIST, F. et al. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. **Systematic biology**, v. 61, n. 3, p. 539–542, 2012.
- SAKAMOTO, Y.; ISHIGURO, M.; KITAGAWA, G. Akaike information criterion statistics. **Dordrecht, The Netherlands: D. Reidel**, p. 81, 1986.
- SANTORO, G. R. C. C.; BRANDAO, R. A. Reproductive modes, habitat use, and richness of anurans from Chapada dos Veadeiros, central Brazil. **North-Western Journal of Zoology**, v. 10, n. 2, 2014.
- SANTOS, D. L. et al. Amphibians and reptiles from southeastern Goiás, Central Brazil. **Check List**, v. 10, n. 1, p. 131–148, 2014.

- SILVA, F. R. et al. Humidity levels drive reproductive modes and phylogenetic diversity of amphibians in the Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Biogeography**, v. 39, n. 9, p. 1720–1732, 2012.
- SILVA, F. R.; CANDEIRA, C. P.; ROSSA-FERES, D. DE C. Dependence of anuran diversity on environmental descriptors in farmland ponds. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 6, p. 1411–1424, 2012.
- SILVEIRA, A. L. Anfíbios do município de João Pinheiro, uma área de cerrado no noroeste de Minas Gerais, Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 64, n. 2, p. 131–139, 2006.
- SIMON, M. N.; RIBEIRO, P. L.; NAVAS, C. A. Upper thermal tolerance plasticity in tropical amphibian species from contrasting habitats: implications for warming impact prediction. **Journal of thermal biology**, v. 48, p. 36–44, 2015.
- SONNE, Jesper et al. High proportion of smaller ranged hummingbird species coincides with ecological specialization across the Americas. In: **Proc. R. Soc. B**. The Royal Society, v. 283, p. 20152512, 2016.
- SUGAI, J. L. M. M.; TERRA, J. DE S.; FERREIRA, V. L. Anurans of a threatened savanna area in western Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 1, 2014.
- SUNDAY, J. M. et al. Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behavior across latitude and elevation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 15, p. 5610–5615, 2014.
- SVENNING, J.-C. Deterministic Plio-Pleistocene extinctions in the European cool-temperate tree flora. **Ecology Letters**, v. 6, n. 7, p. 646–653, 2003.
- SVENNING, J.-C. et al. The influence of paleoclimate on present-day patterns in biodiversity and ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, p. 551–572, 2015.
- TEAM, R. R development core team. **RA Lang Environ Stat Comput**, v. 55, p. 275–286, 2013.
- TERRIBLE, L. C. et al. Areas of climate stability of species ranges in the Brazilian Cerrado: disentangling uncertainties through time. **Natureza & Conservação**, v. 10, n. 2, p. 152–159, 2012.
- THOMAS, G. H. et al. PASTIS: an R package to facilitate phylogenetic assembly with soft taxonomic inferences. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 4, n. 11, p. 1011–1017, 2013.
- THORSON, T. B. The relationship of water economy to terrestriality in amphibians. **Ecology**, v. 36, n. 1, p. 100–116, 1955.
- TONINI, J. F. R. et al. Fully-sampled phylogenies of squamates reveal evolutionary patterns in threat status. **Biological Conservation**, v. 204, p. 23–31, 2016.
- TUOMISTO, H. A consistent terminology for quantifying species diversity? Yes, it does exist. **Oecologia**, v. 164, n. 4, p. 853–860, 2010a.

- TUOMISTO, H. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. **Ecography**, v. 33, n. 1, p. 2–22, 2010b.
- TUOMISTO, H. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 2. Quantifying beta diversity and related phenomena. **Ecography**, v. 33, n. 1, p. 23–45, 2010c.
- UETANABARO, M. et al. Anfíbios e répteis do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, 2007.
- VALDUJO, P. H. et al. Amphibia, Anura, São Desidério, western Bahia uplands, northeastern Brazil. **Check List**, v. 5, n. 4, p. 903–911, 2009.
- VALDUJO, P. H. et al. Amphibians from Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, Jalapão region, Tocantins and Bahia States. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 251–261, 2011.
- VALDUJO, P. H. et al. Anuran species composition and distribution patterns in Brazilian Cerrado, a Neotropical hotspot. **South American Journal of Herpetology**, v. 7, n. 2, p. 63–78, 2012.
- VALDUJO, P. H.; CARNAVAL, A. C. O. Q.; GRAHAM, C. H. Environmental correlates of anuran beta diversity in the Brazilian Cerrado. **Ecography**, v. 36, n. 6, p. 708–717, 2013.
- VAZ-SILVA, W. et al. Herpetofauna, Espora hydroelectric power plant, state of Goiás, Brazil. **Check List**, v. 3, n. 4, p. 338–345, 2007.
- VILLÉGER, S.; MASON, N. W.; MOUILLOT, D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. **Ecology**, v. 89, n. 8, p. 2290–2301, 2008.
- VOSKAMP, A. et al. Global patterns in the divergence between phylogenetic diversity and species richness in terrestrial birds. **Journal of biogeography**, v. 44, n. 4, p. 709–721, 2017.
- WELLS, K. D. **The ecology and behavior of amphibians**. University of Chicago Press, 2010.
- WERNECK, F. P. et al. Climatic stability in the Brazilian Cerrado: implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot. **Journal of Biogeography**, v. 39, n. 9, p. 1695–1706, 2012.
- WIENS, J. J. et al. Evolutionary and ecological causes of the latitudinal diversity gradient in hylid frogs: treefrog trees unearth the roots of high tropical diversity. **The American Naturalist**, v. 168, n. 5, p. 579–596, 2006.
- WIENS, J. J.; DONOGHUE, M. J. Historical biogeography, ecology and species richness. **Trends in ecology & evolution**, v. 19, n. 12, p. 639–644, 2004.

WIENS, J. J.; GRAHAM, C. H. Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 36, p. 519–539, 2005.

WRIGHT, I. J. et al. Modulation of leaf economic traits and trait relationships by climate. **Global Ecology and Biogeography**, v. 14, n. 5, p. 411–421, 2005.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; ELPHICK, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in ecology and evolution**, v. 1, n. 1, p. 3–14, 2010.

ZUUR, A.; IENO, E. N.; SMITH, G. M. **Analyzing ecological data**. Springer Science & Business Media, 2007.

8. APÊNDICES

Apêndice 1- Descrição das 36 áreas de Cerrado usadas nas análises. Métodos de amostragem: (1) busca ativa; (2) auditiva; (3) encontros ocasionais, e (4) armadilhas de queda.

Área	Local	Estado	Latitude	Longitude	Riqueza	Método	Período	n dias	n locais
1	Parque Estadual das Furnas de Bom Jesus	SP	-20.19	-47.37	23	1,2,3	2006 a 2007	16	36
2	Estação Ecológica de Assis (EEA) e Floresta Estadual de Assis (FEA)	SP	-22.60	-50.38	27	1,2,3,4	2005 a 2007	39	15
3	Estação Ecológica de Santa Bárbara	SP	-22.75	-49.27	33	1,2,3,4	2008 a 2009	44	14
4	Pirenópolis, Corumbá	GO	-15.90	-48.96	29	1,2	2007 a 2009	17	29
5	Parque Estadual de Vassununga	SP	-21.72	-47.6	24	1,2	2014 a 2016	18	6
6	Morrinhos	GO	-17.73	-49.10	22	1,2	2004 a 2005	10	9
7	Minaçú, Serra da Mesa	GO	-14.08	-48.28	26	1,4	1996 a 1998	*	14
8	Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Parque Nacional de Brasília e Reserva Biológica da Contagem	DF	-15.50	-47.83	29	1,2	2007 a 2008	22	60
9	Estação Ecológica de Itirapina	SP	-22.25	-48.00	23	1,2,3,4	1998 a 2002	12	4
10	Açailândia, Imperatriz, Porto Franco, Estreito	MA	-6.27	-47.36	27	1,2,3,4	2005 a 2007	28	11
11	Aguiarnópolis, Darcinópolis, Wanderlândia, Babaçulândia, Araguaína	TO	-6.88	-47.93	26	1,2,3,4	2005 a 2007	29	14
12	Estação Ecológica Nova Roma	GO	-13.89	-47.05	18	1,4	2009 a 2010	20	8
13	Hidrolândia	GO	-17.05	-49.43	21	1	2006 a 2007	36	5
14	Reserva Ecológica do IBGE	DF	-15.94	-47.89	33	1,2,3,4	1991 a 2009	*	
15	Bacia do Rio Tijuco	MG	-18.86	-49.69	35	1,2,4	2005 a 2008	33	8
16	Estação Ecológica de Uruçuí-Una	PI	-8.83	-44.17	22	1,4	2000 a 2001	63	10
17	Parque Altamiro de Moura Pacheco	GO	-16.55	-49.16	41	1,2,4	2007 a 2013	60	18
18	Floresta Nacional de Silvânia	GO	-16.65	-48.60	35	1,2,4	1995 a 1998 e 2008 a 2009	104	14
19	Santa Rita de Cássia	BA	-11.01	-44.93	19	1,4	2009	15	10
20	Barro Alto, Niquelândia	GO	-14.40	-48.72	36	1,2	2009 a 2010	247	54
21	Parque Nacional das Emas	GO	-18.33	-53.00	21	1,2	2006 a 2007	*	12

Área	Local	Estado	Latitude	Longitude	Riqueza	Método	Período	n dias	n locais
22	Formoso do Araguaia	TO	-12.17	-49.50	16	1,2	2004 a 2005	10	26
23	Reserva Extrativista Lago do Cedro	GO	-14.69	-51.00	31	1,2,4	2010 a 2011	*	35
24	Rio Verde, Serranópolis, Mineiros, Chapadão do Céu e Portelândia	GO	-18.31	-51.96	31	1,2	2007 a 2009	35	45
25	Parque Estadual do Mirador	MA	-6.70	-45.90	27	1,2	2013 a 2015	32	7
26	Parque Estadual do Rio Preto	MG	-18.15	-43.35	12	1,2	2006 a 2007	24	8
27	Parque Estadual da Serra de Caldas Novas	GO	-17.79	-48.69	42	1,2,4	2009 a 2010	41	12
28	Cassilândia, Aporé	MS,GO	-18.79	-52.37	31	1,2,3,4	2009 a 2011	83	17
29	Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros	GO	-14.16	-47.50	48	1,2,3,4	1990	10	23
30	Morrinhos, Luziânia, Vianópolis, Buritizinho	GO	-17.53	-48.50	34	1,4	2010 a 2011	96	30
31	Icém	SP	-20.33	-49.18	26	1,2	2004 a 2005	19	12
32	João Pinheiro	MG	-17.73	-46.17	33	1,2	2001 a 2005	48	11
33	Camapuã	MS	-19.02	-53.90	24	1,2	2009 a 2010	40	22
34	Parque Nacional da Serra da Bodoquena	MS	-21.13	-56.81	32	1,2,3,4	2005	75	29
35	São Desidério	BA	-12.37	-44.85	28	1,2,4	2007 a 2008	11	8
36	Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins	TO	-10.50	-46.50	36	1,2,3,4	2008	19	8

*número de dias não informados no estudo.

OBS: Referências dos inventários de fauna de anuros do Cerrado de acordo com as áreas: 1. (ARAUJO; CONDEZ; SAWAYA, 2009); 2. (ARAUJO; DE ALMEIDA-SANTOS, 2011; RIBEIRO-JÚNIOR; BERTOLUCI, 2009); 3. (ARAUJO; TADEU CORRÊA; DE ALMEIDA SANTOS, 2013); 4. Inventário cedido por Bastos et al.; 5. (BENÍCIO; SILVA, 2017); 6. (BORGES; JULIANO, 2007); 7. (BRANDÃO; ARAÚJO, 2008); 8. (BRANDÃO et al., 2006; CREMA et al., 2014); 9. (BRASILEIRO et al., 2005); 10. (BRASILEIRO et al., 2008); 11. (BRASILEIRO et al., 2008); 12. (CAMPOS; LAGE, 2013); 13. (CAMPOS; VAZ-SILVA, 2010); 14. (COLLI et al., 2011); 15. (CONTE; DA SILVA; RODRIGUES, 2013); 16. (DAL VECHIO et al., 2013); 17. (DE MARCO et al., 2014, RAMALHO et al, NO PRELO); 18. (DINIZ-FILHO et al., 2004; MORAIS et al., 2012; BASTOS et al., 2015); 19. (DÓRIA et al., 2015); 20. (GAMBALE et al., 2014; NOMURA et al., 2012; ODA; BASTOS; LIMA, 2009); 21. (KOPP; SIGNORELLI; BASTOS, 2010); 22. (LEITE; BARBOSA; NORONHA, 2006); 23. (MELO et al., 2013); 24. (MORAIS et al., 2012); 25. (ANDRADE; WEBER; LEITE, 2017); 26. (DE OLIVEIRA; ETEROVICK, 2009); 27. (RAMALHO et al., NO PRELO); 28. (RAMALHO;

GUERRA BATISTA; PASSOS LOZI, 2014; VAZ-SILVA et al., 2007); 29. (SANTORO; BRANDAO, 2014); 30. (SANTOS et al., 2014); 31. (SILVA; CANDEIRA; ROSSA-FERES, 2012); 32. (SILVEIRA, 2006); 33. (SUGAI; TERRA; FERREIRA, 2014); 34. (UETANABARO et al., 2007); 35. (VALDUJO et al., 2009); 36. (VALDUJO et al., 2011).

FAMÍLIA	ESPÉCIES	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	
Hylidae	<i>Bokermannohyla saxicola</i>																										X											
Hylidae	<i>Corythomantis greeningi</i>																																					X
Hylidae	<i>Dendropsophus branneri</i>																										X											
Hylidae	<i>Dendropsophus cruzi</i>				X			X					X		X		X	X		X	X		X	X				X	X		X						X	
Hylidae	<i>Dendropsophus elianeae</i>	X	X	X		X																											X		X	X		
Hylidae	<i>Dendropsophus jimi</i>			X		X	X			X					X	X						X			X					X	X				X			
Hylidae	<i>Dendropsophus leucophyllatus</i>										X																											
Hylidae	<i>Dendropsophus melanargyreus</i>							X			X	X																X			X						X	
Hylidae	<i>Dendropsophus microcephalus</i>																																			X		
Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hylidae	<i>Dendropsophus nanus</i>	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X		X	X	X		X	X		X	X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Hylidae	<i>Dendropsophus rubicundulus</i>				X				X			X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X	X	X	X		X			X	X	
Hylidae	<i>Dendropsophus sanborni</i>									X																												
Hylidae	<i>Dendropsophus soaresi</i>				X		X										X	X	X	X	X				X	X		X	X		X	X	X				X	
Hylidae	<i>Dermatonotus muelleri</i>	X									X	X				X	X	X		X									X							X	X	
Hylidae	<i>Itapotihyla langsdorffii</i>			X		X				X																												
Hylidae	<i>Lysapsus caraya</i>																							X														
Hylidae	<i>Ololygon berthae</i>			X																																		
Hylidae	<i>Ololygon canastrensis</i>	X																																				
Hylidae	<i>Ololygon centralis</i>												X						X		X								X									
Hylidae	<i>Ololygon skaios</i>																													X								
Hylidae	<i>Osteocephalus taurinus</i>																X										X											
Hylidae	<i>Phyllomedusa sauvagii</i>																																			X		
Hylidae	<i>Phyllomedusa tetraploidea</i>		X	X																																		
Hylidae	<i>Pithecopus ayeaye</i>	X																																				
Hylidae	<i>Pithecopus azureus</i>				X			X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X		X	X		X	X	X	X		
Hylidae	<i>Pithecopus hypochondrialis</i>						X				X	X							X				X															
Hylidae	<i>Pithecopus oreades</i>							X							X														X		X							
Hylidae	<i>Pseudis bolbodactyla</i>				X		X						X						X	X				X	X			X	X		X		X					
Hylidae	<i>Pseudis paradoxa</i>																																			X		
Hylidae	<i>Pseudis platensis</i>		X																													X		X				
Hylidae	<i>Pseudis tocantins</i>										X												X															
Hylidae	<i>Scinax constrictus</i>				X								X					X				X			X	X											X	
Hylidae	<i>Scinax curicica</i>																											X										
Hylidae	<i>Scinax fuscomarginatus</i>		X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Hylidae	<i>Scinax fuscovarius</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hylidae	<i>Scinax nasicus</i>																																				X	
Hylidae	<i>Scinax nebulosus</i>										X	X															X											
Hylidae	<i>Scinax rogerioi</i>																													X								
Hylidae	<i>Scinax ruber</i>																						X															
Hylidae	<i>Scinax similis</i>		X	X	X	X																								X		X						
Hylidae	<i>Scinax squalirostris</i>			X					X	X					X																					X		
Hylidae	<i>Scinax tigrinus</i>														X															X								
Hylidae	<i>Scinax x-signatus</i>												X												X								X					

Apêndice 3- Relação dos traços funcionais (segundo OLIVEIRA et al., 2017) para as espécies de anuros encontradas para as 36 localidades no Cerrado.

Espécies	AmphiBIO	Asd																									
		Hábitat				Dieta							Período de atividade			Período de atividade (meses)				Tam. do corpo em milímetros	Nº mín. da prole		Nº máx. da prole		Estratégia de reprodução		
		Fos	Ter	Aqu	Arb	Fo	Fl	Sem	Fr	Art	Vert	D	NA	C	U/Q	U/F	S/Q	S/F	nº indivíduos		nº indivíduos	D	L	V			
<i>Adelphobates galactonotus</i>	Sim	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	40.5	5	15	0	1	0			
<i>Adenomera cotuba</i>	Não	1	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	18.6	6	8	0	1	0			
<i>Adenomera hylaedactyla</i>	Não	1	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	24	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Adenomera juikitam</i>	Não	1	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	19.1	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Adenomera martinezi</i>	Sim	1	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	25	6	8	0	1	0			
<i>Adenomera saci</i>	Não	1	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	21.5	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Allobates goianus</i>	Não	0	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	17.4	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Ameerega flavopicta</i>	Sim	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	30.5	18	31	0	1	0			
<i>Ameerega picta</i>	Sim	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	24.4	8	31	0	1	0			
<i>Aplastodiscus perviridis</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	46.1	101	288	0	1	0			
<i>Barycholos ternetzi</i>	Não	0	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	34.4	n/d	n/d	1	0	0			
<i>Boana albopunctata</i>	Sim	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	75	552	997	0	1	0			
<i>Boana boans</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	132	1160	4800	0	1	0			
<i>Boana buriti</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	32	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Boana caingua</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	38	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Boana cipoensis</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	37.5	134	189	0	1	0			
<i>Boana crepitans</i>	Sim	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	75	1064	2131	0	1	0			
<i>Boana ericae</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	37	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Boana faber</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	104	1724	3000	0	1	0			
<i>Boana geographica</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	85	186	4300	0	1	0			
<i>Boana goiana</i>	Sim	0	1	0	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	1	38.3	126	226	0	1	0			
<i>Boana lundii</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	1	0	76	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Boana multifasciata</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	83	1343	1343	0	1	0			
<i>Boana paranaíba</i>	Sim	0	0	0	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	1	0	52.3	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Boana phaeopleura</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	37	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Boana punctata</i>	Sim	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	41.7	167	430	0	1	0			
<i>Boana raniceps</i>	Sim	0	1	0	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	0	1	0	82	217	3096	0	1	0			
<i>Boana wavrini</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	113	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Bokermannohyla alvarengai</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	140.9	1443	1500	0	1	0			
<i>Bokermannohyla nanuzae</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	1	1	0	44	70	140	0	1	0			
<i>Bokermannohyla pseudopseudis</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	64.6	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Bokermannohyla sapiranga</i>	Não	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	45.6	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Bokermannohyla saxicola</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	55	180	220	0	1	0			
<i>Chiasmocleis albopunctata</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	38	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Corythomantis greeningi</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	86.5	700	700	0	1	0			
<i>Crossodactylus trachystomus</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	25.8	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Dendropsophus branneri</i>	Sim	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	25	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Dendropsophus cruzi</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	1	0	0	25	n/d	n/d	0	1	0			
<i>Dendropsophus elianae</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	26	n/d	n/d	0	1	0			

<i>Dendropsophus jimi</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	22.3	n/d	n/d	0	1	0
<i>Dendropsophus leucophyllatus</i>	Sim	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	50	186	928	0	1	0
<i>Dendropsophus melanargyreus</i>	Sim	0	1	0	1	n/d	1	0	0	0	50	n/d	n/d	0	1	0								
<i>Dendropsophus microcephalus</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	1	1	0	32	49	385	0	1	0
<i>Dendropsophus minutus</i>	Sim	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	27.6	160	424	0	1	0
<i>Dendropsophus nanus</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	23.8	100	551	0	1	0
<i>Dendropsophus rubicundulus</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	25.4	n/d	n/d	0	1	0
<i>Dendropsophus sanborni</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	21.1	60	130	0	1	0
<i>Dendropsophus soaresi</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	33	206	581	0	1	0
<i>Dermatonotus muelleri</i>	Sim	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	74.2	3696	3696	0	1	0
<i>Elachistocleis bicolor</i>	Sim	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	43	478	1380	0	1	0
<i>Elachistocleis carvalhoi</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	n/d	37.1	n/d	n/d	0	1	0						
<i>Elachistocleis cesarii</i>	Sim	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	42.7	660	1126	0	1	0
<i>Elachistocleis matogrosso</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	n/d	33.2	n/d	n/d	0	1	0						
<i>Ischnocnema juipoca</i>	Sim	0	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	1	1	0	0	0	26.3	15	15	1	0	0
<i>Itapotihyla langsdorffii</i>	Sim	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	112	711	7953	0	1	0
<i>Leptodactylus chaquensis</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	82	217	16234	0	1	0
<i>Leptodactylus elenae</i>	Sim	1	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	1	0	50	n/d	n/d	0	1	0
<i>Leptodactylus furnarius</i>	Sim	1	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	1	0	1	0	0	0	44	27	119	0	1	0
<i>Leptodactylus fuscus</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	1	0	1	0	1	0	46	50	248	0	1	0
<i>Leptodactylus jolyi</i>	Sim	1	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	1	1	0	0	0	45	100	100	0	1	0
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	158.5	150	4099	0	1	0
<i>Leptodactylus latrans</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	120	50	5515	0	1	0
<i>Leptodactylus macrosternum</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	80	n/d	n/d	0	1	0
<i>Leptodactylus mystaceus</i>	Sim	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	60	171	425	0	1	0
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	Sim	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	65	124	401	0	1	0
<i>Leptodactylus petersii</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	51	n/d	n/d	0	1	0
<i>Leptodactylus podicipinus</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	54	1708	2953	0	1	0
<i>Leptodactylus pustulatus</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	40	n/d	n/d	0	1	0
<i>Leptodactylus sertanejo</i>	Sim	1	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	55	n/d	n/d	0	1	0
<i>Leptodactylus sypfax</i>	Sim	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	82	320	732	0	1	0
<i>Leptodactylus tapiti</i>	Não	1	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	31.6	n/d	n/d	0	1	0
<i>Leptodactylus troglodytes</i>	Sim	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	53.6	130	427	0	1	0
<i>Leptodactylus vastus</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	250	n/d	n/d	0	1	0
<i>Lysapsus caraya</i>	Sim	1	0	1	0	n/d	16.5	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Melanophryniscus fulvoguttatus</i>	Sim	1	1	1	0	n/d	28	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Odontophrynus americanus</i>	Sim	1	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	51	n/d	n/d	0	1	0
<i>Odontophrynus cultripes</i>	Sim	1	1	1	0	n/d	1	0	1	0	70	n/d	n/d	0	1	0								
<i>Odontophrynus salvatori</i>	Não	0	1	1	0	n/d	32	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Ololygon berthae</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	25	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Ololygon canastrensis</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	1	0	1	1	38	n/d	n/d	0	1	0								
<i>Ololygon centralis</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	26	64	64	0	1	0												
<i>Ololygon skaios</i>	Sim	0	1	0	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	36.1	n/d	n/d	0	1	0
<i>Osteocephalus taurinus</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	103.9	550	2000	0	1	0
<i>Phyllomedusa sauvagii</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	96.6	201	829	0	1	0

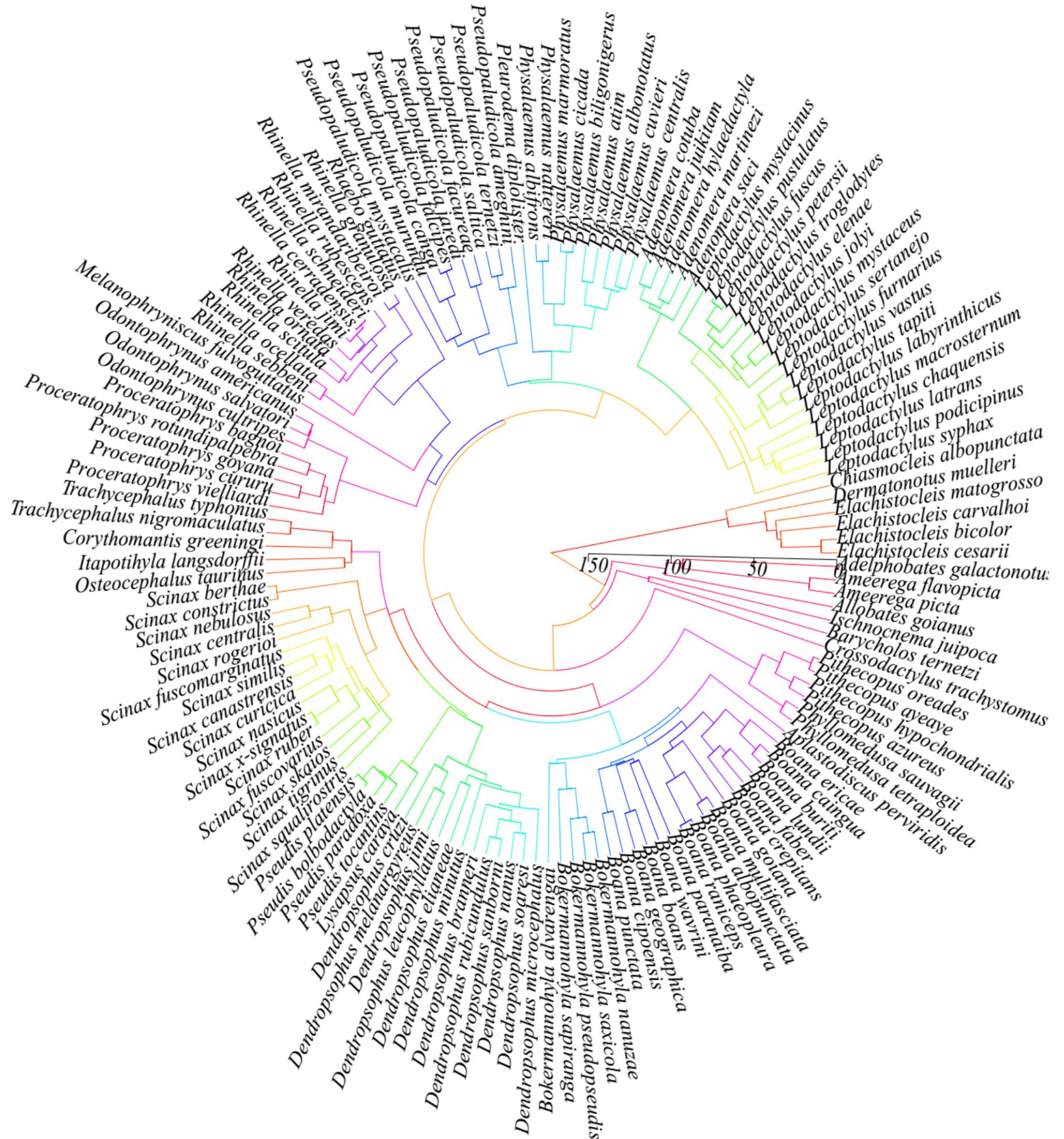
<i>Phyllomedusa tetraploidea</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	69.4	130	332	0	1	0
<i>Physalaemus albifrons</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	25	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Physalaemus albonotatus</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	25	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Physalaemus atim</i>	Não	0	1	1	0	n/d	29.2	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Physalaemus biligonigerus</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	40	332	1688	0	1	0												
<i>Physalaemus centralis</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	40	985	2821	0	1	0
<i>Physalaemus cicada</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	n/d	25.4	n/d	n/d	0	1	0						
<i>Physalaemus cuvieri</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	36.5	474	1814	0	1	0
<i>Physalaemus marmoratus</i>	Sim	0	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	39	1424	2590	0	1	0
<i>Physalaemus nattereri</i>	Sim	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	56.4	2300	3765	0	1	0
<i>Pithecopus ayeaye</i>	Sim	0	1	0	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	46.1	20	31	0	1	0
<i>Pithecopus azureus</i>	Sim	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	44.4	50	142	0	1	0
<i>Pithecopus hypochondrialis</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	1	0	1	0	1	0	46	25	300	0	1	0
<i>Pithecopus oreades</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	49.7	19	39	0	1	0
<i>Pleurodema diplolister</i>	Sim	1	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	20	n/d	n/d	0	1	0
<i>Proceratophrys bagnoi</i>	Não	0	1	1	0	n/d	52.6	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Proceratophrys cururu</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	1	0	1	53.9	n/d	n/d	0	1	0
<i>Proceratophrys goyana</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	62.6	n/d	n/d	0	1	0
<i>Proceratophrys rotundipalpebra</i>	Não	0	1	1	0	n/d	30.4	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Proceratophrys vielliardi</i>	Não	0	1	1	0	n/d	39.1	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Pseudis bolbodactyla</i>	Sim	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	58	230	230	0	1	0
<i>Pseudis paradoxa</i>	Sim	1	0	1	0	n/d	1	0	1	0	75	1000	4624	0	1	0								
<i>Pseudis platensis</i>	Sim	0	0	1	0	n/d	57.5	217	217	0	1	0												
<i>Pseudis tocantins</i>	Sim	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	n/d	65.9	n/d	n/d	0	1	0						
<i>Pseudopaludicola ameghini</i>	Não	0	1	1	0	n/d	20.1	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Pseudopaludicola canga</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	18.2	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Pseudopaludicola facureae</i>	Não	0	1	1	0	n/d	18.3	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Pseudopaludicola falcipes</i>	Sim	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	n/d	18.1	300	300	0	1	0						
<i>Pseudopaludicola jaredi</i>	Não	0	1	1	0	n/d	17	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Pseudopaludicola murundu</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	16	n/d	n/d	0	1	0
<i>Pseudopaludicola mystacalis</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	18.9	74	164	0	1	0												
<i>Pseudopaludicola saltica</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	1	0	0	0	22	45	139	0	1	0								
<i>Pseudopaludicola ternetzi</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	20	41	52	0	1	0												
<i>Rhaebo guttatus</i>	Sim	1	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	1	1	0	0	0	140	n/d	n/d	0	1	0
<i>Rhinella cerradensis</i>	Sim	0	1	0	0	n/d	1	0	0	0	147	n/d	n/d	0	1	0								
<i>Rhinella granulosa</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	90	983	983	0	1	0
<i>Rhinella jimi</i>	Sim	0	1	0	0	n/d	171	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Rhinella mirandaribeiroi</i>	Não	0	1	1	0	n/d	73	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Rhinella ocellata</i>	Sim	0	1	0	0	n/d	53	1120	1120	0	1	0												
<i>Rhinella ornata</i>	Sim	0	1	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	84.3	1477	5964	0	1	0
<i>Rhinella rubescens</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	130	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Rhinella schneideri</i>	Sim	0	1	1	0	n/d	1	0	1	0	250	217	3000	0	1	0								
<i>Rhinella scitula</i>	Sim	0	1	0	0	n/d	48	165	165	0	1	0												
<i>Rhinella sebbeni</i>	Não	0	1	0	0	n/d	66.7	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Rhinella veredas</i>	Sim	0	1	0	0	n/d	1	0	0	0	117.8	n/d	n/d	0	1	0								

<i>Scinax constrictus</i>	Sim	0	1	0	0	n/d	35.6	207	207	0	1	0												
<i>Scinax curicica</i>	Sim	0	1	0	0	n/d	31.5	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Scinax fuscomarginatus</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	1	0	26.7	185	421	0	1	0
<i>Scinax fuscovarius</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	55.3	491	4877	0	1	0
<i>Scinax nasicus</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	1	0	39	13	13	0	1	0
<i>Scinax nebulosus</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	40	527	527	0	1	0												
<i>Scinax rogerioi</i>	Sim	0	1	0	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	35.6	n/d	n/d	0	1	0
<i>Scinax ruber</i>	Sim	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	45	68	1170	0	1	0
<i>Scinax similis</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	41	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Scinax squalirostris</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	29	74	400	0	1	0
<i>Scinax tigrinus</i>	Não	0	1	1	1	n/d	30.8	n/d	n/d	0	1	0												
<i>Scinax xsignatus</i>	Sim	0	1	1	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	1	0	0	0	48	270	270	0	1	0
<i>Trachycephalus nigromaculatus</i>	Sim	0	1	0	1	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0	1	0	n/d	n/d	n/d	n/d	91.1	270	270	0	1	0
<i>Trachycephalus typhoni</i>	Sim	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	105	217	9794	0	1	0

OBS: Categorias de traços funcionais: (i) tipo de habitat (fossorial, terrestre, aquático, arbóreo); (ii) dieta (folhas, flores, sementes, frutos, artrópodes e vertebrados – incluindo canibalismo); (iii) período de atividade (diurno, noturno e crepuscular); (iv) período sazonal de atividade (meses úmidos e quentes, úmidos e frios, secos e quentes, secos e frios); (v) tamanho do corpo (tamanho máximo do indivíduo adulto em milímetros); (vi) número mínimo de descendentes (número mínimo de prole ou ovos por evento reprodutivo); (vii) número máximo de descendentes (número máximo de prole ou ovos por evento reprodutivo) e (viii) estratégia de reprodução (desenvolvimento direto, estágio larval e vivíparo). N/D – dados não disponíveis.

Apêndice 4- Filogenia de anuros das 36 áreas amostradas no Cerrado, segundo a topologia proposta por Pyron & Wiens (2011).

Nomenclatura segue Frost 2017



Apêndice 5- Modelos a priori utilizados para explicar as LCBDs da DBT, DBF e DBP e seus componentes (substituição e diferença de riqueza) das 36 comunidades de anuros do Cerrado.

Nome do Modelo	Variáveis predictoras	Descrição
Modelo Global	BIO1+BIO7+BIO12+BIO14+ALTRG+D_BIO1+D_BIO7+D_BIO12+D_BIO14	todas as variáveis
Clima atual e altitude média	BIO1+BIO7+BIO12+BIO14+ALTRG	combinação com as variáveis climáticas atuais e a altitude
Clima atual	BIO1+BIO7+BIO12+BIO14	apenas o clima atual
Clima atual Temperatura	BIO1+BIO7	apenas as variáveis de temperatura do clima atual
Clima atual Precipitação	BIO12+BIO14	apenas as variáveis de precipitação do clima atual
Clima histórico	D_BIO1+D_BIO7+D_BIO12+D_BIO14	apenas as variáveis paleoclimáticas
Clima histórico temperatura	D_BIO1+D_BIO7	apenas as variáveis de temperatura da variação paleoclimática
Clima histórico precipitação	D_BIO12+D_BIO14	apenas as variáveis de precipitação da variação paleoclimática
Clima atual e histórico temperatura	BIO1+BIO7+D_BIO1+D_BIO7	combinação das variáveis de temperatura do clima atual e da variação paleoclimática
Clima atual e histórico precipitação	BIO12+BIO14+D_BIO12+D_BIO14	combinação das variáveis de precipitação do clima atual e da variação paleoclimática
Temperatura média anual	BIO1	apenas a temperatura média anual
Amplitude térmica anual	BIO7	apenas a amplitude térmica anual
Precipitação anual	BIO12	apenas a precipitação anual
precipitação no mês mais seco	BIO14	apenas a precipitação no mês mais seco
Altitude média	ALTRG	apenas a altitude média
var. Temperatura média anual	var. BIO1	apenas a variação da temperatura média anual
var. Amplitude térmica anual	var. BIO7	apenas a variação da amplitude térmica anual
var. Precipitação anual	var. BIO12	apenas a variação da precipitação anual
var. precipitação no mês mais seco	var. BIO14	apenas a variação da precipitação no mês mais seco

Apêndice 6- Análise de redundância (RDA) entre as DBT, DBF e DBP e seus componentes (substituição e diferença de riqueza) e as variáveis predictoras de Clima, variação paleoclimática e db-MEMs.

Diversidade	Clima		Var. Climática		db-MEMs	
	R ² adj.	<i>p</i> -valor	R ² adj.	<i>p</i> -valor	R ² adj.	<i>p</i> -valor
DBT	0.29	0.001	0.15	0.001	0.27	0.001
DBT _{turn}	0.31	0.001	0.15	0.001	0.28	0.001
DBT _{diff}	-0.05	0.6	-0.05	0.8	0.01	0.1
DBF	0.26	0.001	0.20	0.004	0.04	0.2
DBF _{turn}	0.22	0.001	0.17	0.001	0.14	0.005
DBF _{diff}	0.23	0.02	0.11	0.1	-0.14	0.9
DBP	0.28	0.001	0.17	0.001	0.23	0.001
DBP _{turn}	0.28	0.001	0.14	0.001	0.24	0.001
DBP _{diff}	0.03	0.2	0.10	0.1	-0.04	0.6