

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

**EFEITO DO BALANÇO ENERGÉTICO E DAS TAXAS DE DIVERSIFICAÇÃO
SOBRE OS PADRÕES GLOBAIS DE RIQUEZA DE ESPÉCIES E COMPOSIÇÃO
DE GÊNEROS DE CUPINS**

MARCELO ANDRÉ SOUZA NASCIMENTO

Manaus, Amazonas

Fevereiro, 2018

MARCELO ANDRÉ SOUZA NASCIMENTO

**EFEITO DO BALANÇO ENERGÉTICO E DAS TAXAS DE DIVERSIFICAÇÃO
SOBRE OS PADRÕES GLOBAIS DE RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE GÊNEROS
DE CUPINS**

Orientador: Dr. José Wellington de Moraes

Coorientadores: Dr. Cristian De Sales Dambros

Dra. Elizabeth Franklin Chilson

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Entomologia).

Manaus, Amazonas

Fevereiro, 2018

NXXX Nascimento, Marcelo André Souza
Efeito do balanço energético e das taxas de diversificação sobre os padrões globais de riqueza e composição de gêneros de cupins/ Adilson BenchayaNunes.-Manaus : [s.n.],2018. xi, 49 f.: il. (Algumas color.)

Dissertação (mestrado) – INPA, Manaus, 2018.

Orientador: De Moraes, José Wellington

Coorientador: Dambros, Cristian de Sales

Chilson, Elizabeth Franklin

1. *Heilipusodoratus*. 2. Comportamento. 3. Ritmo circadiano. 4. Estridulação. I. Título.

CDD XXXXXX

Ficha catalográfica

Sinopse:

Estudou-se o porquê da maior diversidade de espécies de cupins nos trópicos e a sua diminuição ao longo do gradiente latitudinal, com base no balanço energético das regiões e no balanço entre as taxas de diversificação.

Palavras-chave:Diversidade tropical, gradiente latitudinal, disponibilidade de energia.

Agradecimentos

Agradeço ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e ao PPG-ENT pelo apoio logístico e pela infraestrutura concedida.

À Fundação de Amparo a Pesquisas do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao LETA, pela recepção durante o estágio desenvolvido e pela infraestrutura do laboratório. E aos amigos feitos durante esse período. Felipe Cerezer, Anita Herdina, Isadora Fluck e a Elísia Ramos.

Ao Renato Azevedo pela amizade e por dividir o seu conhecimento sobre os cupins. E ao Rafael Sobral e João Oliveira pela amizade construída durante esse período.

Ao Dr. José Wellington de Moraes, por ter aceitado me orientar, por todo auxílio dado durante a execução do projeto, pelas longas conversas sobre a vida e muitos cafezinhos.

Ao Dr. Cristian de Sales Dambros, por ter me recebido muito bem durante meu estágio na UFSM, por toda a paciência no uso do R, pelas conversas esclarecedoras sobre estatística e ecologia durante esse período.

À Dra. Elizabeth Franklin Chilson, pela ajuda durante a elaboração do plano de trabalho, durante a elaboração da aula de qualificação e pelas valiosas correções do projeto e da dissertação.

À turma de entomologia de 2016, pelas conversas e companhia durante as disciplinas. Em especial, ao Janderson e Franscisnei companheiros de muitos drinks e madrugadas em claro; ao Jefson e a Sheila por muita diversão e conversas sobre a importância da taxonomia, sorvetes no bosque e muito sushi. Sem vocês essa jornada seria mais difícil.

Por fim, meu Pai Manoel e minha Mãe Maria José por sempre acreditarem em mim e serem minha segunda agência de fomento. À “gurizada” por ter acabado com o planeta e me aturado por 5 meses em Santa Maria. E a Jhessyka por todo carinho e amor nessa reta final de mestrado.

“Nenhuma circunstância justifica destruir o legado natural da terra. Se nada for feito para manter o equilíbrio natural, entraremos em uma era que tanto os poetas como os cientistas podem chama de “era da solidão” e teremos feito tudo sozinhos e conscientes do que estava acontecendo”

Extraído da obra “A Criação”, Edward O. Wilson

Resumo

Um padrão conhecido da ecologia é o acúmulo de espécies em regiões tropicais. Apesar da maior riqueza tropical ser foco de diversas teorias, ainda não sabemos ao certo quais são os mecanismos responsáveis por esse padrão. No presente estudo investigamos se a maior riqueza de espécies de cupins em regiões tropicais é guiada pela diferença no balanço energético entre as regiões e se a diferença na composição de gêneros de cupins ao longo do gradiente latitudinal tem relação com a disponibilidade de energia. Escolhemos como modelo ecológico os cupins, devido a sua ampla distribuição geográfica, associação com o gradiente latitudinal e pela existência de um protocolo padronizado de coleta para o grupo, sendo possível recolher dados de distribuição a partir da literatura. O protocolo padrão consiste em um transecto de 100 metros de comprimento e 2 metros de largura, dividido em 20 seções adjacentes de 5 x 2 metros. Ao todo compilamos 57 artigos, abrangendo 28 países e 458 locais de coleta. De cada trabalho retiramos os dados brutos de ocorrência de cupins e relacionamos a riqueza de espécies de cupins com as variáveis ambientais (temperatura e precipitação máxima, mínima e média; e produtividade). A riqueza de espécies de cupins esteve fortemente relacionada com as temperaturas média e extremas, mas não esteve relacionada com o número de colônias de cupins por transecto. Além disso, as regiões mais quentes nos trópicos possuíram menor similaridade na composição de gêneros de cupins do que regiões mais frias, como esperado pela maior diversificação de espécies nestas regiões. Os resultados obtidos podem sugerir que o padrão de riqueza de espécies ao longo do gradiente latitudinal não é causado por gradientes de produtividade, mas por diferenças nas taxas evolutivas associadas ao aumento de temperatura em direção aos trópicos ou à adaptação da maior parte das espécies às regiões tropicais.

Palavras-chave = Produtividade, número de indivíduos, riqueza tropical, gradiente latitudinal.

Abstract

A known ecology's pattern is the accumulation of species in tropical regions. Despite the largest tropical wealth be the focus of several theories, we still do not know for sure what the mechanisms are responsible for this pattern. In the present study, we investigated whether the greatest species richness of termites in tropical regions is guided by the difference in energy balance among the regions and if the difference in composition of termites genera along the latitudinal gradient is related to the availability of energy. We chose as ecological model termites, due to its wide geographic distribution, association with the latitudinal gradient and the existence of a standard protocol of collection for the group, being possible to collect distribution data from the literature. The protocol consists of a transect of 100 meters long and 2 meters wide, divided into 20 adjacent sections of 5 x 2 meters. We compiled 57 articles covering 28 countries and 458 collection sites. We extracted the termite data and related the number of species of termites with environmental variables (temperature and rainfall maximum, minimum and average, and productivity). The richness of termite species was correlated with climatic variables and was not related to the number of individuals. The number of individuals tends to decrease with the high productivity indexes. Furthermore, tropics regions had less similarity in the composition of termite genera. We suppose that the pattern of species richness along the latitudinal gradient was due to high average temperature values that accelerate the metabolism of individuals, leaving them more dependent on warmer environments and increasing diversification's rates.

Keywords = Productivity, speciation rates, tropical richness, latitudinal gradient.

Sumário

Lista de figuras	ix
Apresentação.....	1
Objetivos	3
Capítulo 1	4
1. Introdução.....	6
2. Material e métodos	9
2.1. Variáveis climáticas.....	10
2.2. Análise dos dados.....	11
2.3. Teorias de balanço energético	12
2.4. Mudança na composição de gêneros.....	14
3. Resultados	15
4. Discussão	16
4.1. O efeito do balanço energético ao longo do gradiente latitudinal	16
4.2. Mudança na composição de gêneros ao longo do gradiente latitudinal	18
5. Conclusão	19
Referências	25
Apêndice S1.....	40

Lista de figuras

- Figura 1. A) mapa mostrando os 458 locais de coleta onde foram encontrados dados de ocorrência de cupins e exemplificando as diferenças amostrais do protocolo. B) protocolo de coleta proposto por Jones e Eggleton (2000). O protocolo consiste em um transecto de 100 metros de largura por 2 metros de comprimento, dividido em 20 seções de 5 x 2 metros. 20
- Figura 2. Gradiente latitudinal de riqueza de espécies de cupins. Em latitudes menores existe um acúmulo de espécies de cupins. Com o aumento das latitudes em direção aos polos nós observamos uma diminuição da riqueza de espécies. 21
- Figura 3. Relação entre o logaritmo da riqueza de espécies e o fator de Boltzmann. Observamos altos valores para energia de ativação do metabolismo de cupins (-1,28 eV). 21
- Figura 4. Escores de dissimilaridade do primeiro eixo da PCoA baseados na matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis. Os Locais com escores com cores mais escuras (vermelho) significam maior compartilhamento de gêneros de cupins e locais com scores com cores mais claras (branco) significam menor compartilhamento de gêneros de cupins. 22
- Figura 5. Relação entre a mudança na composição de gêneros de cupins em relação a A) distância geográfica e; B) a distância ambiental (distância de Bray-curtis). 22
- Figura 6. Relação entre a mudança na composição de gêneros de cupins em relação a distância geográfica dos níveis A) 1 tropical – subtropical; e B) 2 subtropical (distância de Bray-curtis)..... 23
- Figura 7. Relação encontrada na teoria de mais indivíduos que mostram que a maior riqueza de espécies não é guiada pelo número de indivíduos e sim pelas variáveis ambientais 24
- Figura 8. Relação entre temperatura média em graus Célsius e a riqueza de espécies. A temperatura média foi a variável que mais explicou a variação na riqueza de espécies..... 24

Apresentação

A maior riqueza tropical de espécies está entre o padrão mais conhecido da ecologia (Wallace, 1878; Sutton & Collins, 1991). Apesar de muito estudado, não sabemos ao certo quais os mecanismos responsáveis por esse padrão (Hawkins & Diniz-Filho, 2004). Ao longo das décadas diversas teorias foram propostas, sendo mais populares atualmente as teorias que levam em consideração o balanço energético das regiões (Gaston & Blackburn, 2008)

As teorias energéticas atualmente ganharam grande popularidade na última década com o desenvolvimento da teoria metabólica da ecologia (Allen *et al.*, 2002; Brown *et al.*, 2004; Allen & Gillooly, 2006). Esta teoria sugere que as maiores taxas metabólicas dos organismos em regiões tropicais levam à maior taxa de divergência e taxas de especiação. Este efeito deve ser especialmente importante para organismos ectotérmicos, pois a temperatura corpórea e o metabolismo estão associados com a temperatura ambiental (Brown *et al.*, 2004). Alternativamente, a maior disponibilidade energética e a produtividade das áreas tropicais podem estar associadas com o aumento da abundância e a redução nas taxas de extinção dos clados, levando ao aumento do número de espécies (Currie *et al.*, 2004; Allen & Gillooly, 2007; Storch, 2016).

Recentemente muitas compilações e análises mostram que a riqueza de espécies é melhor relacionada com as variáveis climáticas de temperatura e precipitação (Hawkins *et al.*, 2003; Hawkins & Diniz-Filho, 2004) ou com variáveis que caracterizam a produtividade do ambiente (evapotranspiração potencial ou realizada; (Šímová *et al.*, 2011; Šímová & Storch, 2017). Porém, não está claro como o balanço energético pode afetar a riqueza de espécies.

Apesar das condições climáticas potencialmente guiarem a riqueza de espécies ao longo do gradiente latitudinal (Šímová *et al.*, 2011), a maioria dos estudos prévios são conduzido com plantas se sabendo pouco desse efeito em invertebrados. O modelo ecológico escolhido para este trabalho são os cupins, pois estão entre os insetos com associação ao gradiente latitudinal mais pronunciado - cerca de 148 gêneros dentre 354 gêneros (Jones & Eggleton, 2011) ocorrem exclusivamente em regiões tropicais. Além disso, trabalhos anteriores não encontraram forte associação da temperatura global com a riqueza de espécies de cupins (Davies *et al.*, 2003a) e não se sabe se outros fatores, como a produtividade poderiam explicar a distribuição das espécies deste grupo.

Nossas hipóteses são que 1) os padrões globais de riqueza de espécies de cupins são guiados pelo número de indivíduos e assim consequentemente locais mais produtivos são mais ricos em número de espécies. Além disso, esperamos que a riqueza de espécies de cupins possua relação mais forte com os valores extremos de precipitação e temperatura do que com os valores médios. 2) caso a composição de gêneros de cupins tenha relação com as diferenças no balanço energético, esperamos que a composição de gêneros de cupins nos trópicos seja mais distinta quando comparadas com as zonas temperadas.

Objetivos

1. Determinar se a maior riqueza tropical de espécies de cupins está mais fortemente associada com a produtividade primária, com o número de colônias por área, com a temperatura média seguindo a equação termo energética proposta pela teoria metabólica da ecologia (Brown *et al.*, 2004) ou às condições climáticas extremas.
2. Determinar se a mudança na composição de gêneros entre diferentes regiões nos trópicos e subtropicais muda em função da distância geográfica como predito pelas diferenças no número de indivíduos e de taxas metabólicas.

Capítulo 1

Nascimento, M. A.S.; Franklin, E.; De
Morais, J. W. & Dambros, C. S. 2018.
Gradiente latitudinal de diversidade:
como o balanço energético e as taxas de
diversificação guiam a riqueza de
espécies e a composição de gêneros de
cupins (Blattodea: Isoptera).

Manuscrito formatado para **Global
Ecology and Biogeography**.

Gradiente latitudinal de diversidade: como o balanço energético e as taxas de diversificação guiam a riqueza de espécies e a composição de gêneros de cupins (Blattodea: Isoptera)

Marcelo André Souza Nascimento, Elizabeth Franklin, José Wellington de Morais,
Cristian de Sales Dambros

Resumo

Objetivo (1) investigar se a maior riqueza tropical de espécies de cupins pode ser explicada pela maior produtividade e número de indivíduos, ou pelo metabolismo individual dos organismos ou pela tolerância das espécies ao clima. (2) se a mudança na composição de gêneros entre diferentes regiões nos trópicos e subtropicais muda em função da distância geográfica como predito pelas diferenças no número de indivíduos e de taxas metabólicas.

Local global.

Métodos nós compilamos dados de ocorrência de cupins de artigos que utilizaram o protocolo de coleta padronizado de Jones e Eggleton (2000), abrangendo 28 países e 458 sítios de coleta. Corrigimos possíveis diferenças amostrais entre os locais utilizando a técnica da rarefação e utilizamos análises de regressão linear para prever quais variáveis podem influenciar a riqueza de espécies de cupins. Para as análises de composição calculamos o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis e utilizamos a análise de coordenadas principais (PCoA) para sumarizar a matriz em dois eixos de ordenação.

Resultados a riqueza de espécies de cupins esteve fortemente relacionada com as temperaturas média e extremas, mas não esteve relacionada com o número de colônias de cupins por transecto. Além disso, as regiões mais quentes nos trópicos possuíram menor similaridade na composição de gêneros de cupins do que regiões mais frias, como esperado pela maior diversificação de espécies nestas regiões.

Conclusão principal os resultados obtidos podem sugerir que o padrão de riqueza de espécies ao longo do gradiente latitudinal não é causado por gradientes de produtividade, mas por diferenças nas taxas evolutivas associadas ao aumento de

temperatura em direção aos trópicos ou à adaptação da maior parte das espécies às regiões tropicais.

Palavras-chaves: Produtividade, número de indivíduos, riqueza tropical.

1. Introdução

O aumento da riqueza de espécies dos polos em direção aos trópicos está dentre os padrões mais conhecidos da ecologia, porém não há consenso sobre quais os fatores são responsáveis por esse padrão (Hawkins & Diniz-Filho, 2004). O gradiente latitudinal da riqueza de espécies é alvo de diversos debates que levaram ao desenvolvimento de centenas de teorias ao longo das últimas décadas (Gaston & Blackburn, 2008). De uma maneira geral estas teorias tentam explicar o padrão através de diferenças no número de indivíduos (Wright, 1983), diferenças nas taxas evolutivas (Mittelbach *et al.*, 2007) entre regiões polares e tropicais e nas diferenças adaptativas das espécies às diferentes condições climáticas (Allen *et al.*, 2002; Evans *et al.*, 2005).

Os ambientes tropicais, com temperaturas elevadas e altos índices de precipitação, tendem a possuir um número maior de recursos vegetais (aqui consideramos recursos vegetais e produtividade como sinônimos) (McClain *et al.*, 2016). Ambientes com alta produtividade são capazes de suportar um número maior de indivíduos e consequentemente mais espécies (Hawkins *et al.*, 2003; David Storch, 2012), tanto devido à processos amostrais (Wright, 1983; Šímová *et al.*, 2011), quanto pela redução das taxas de extinção (**teorias de mais indivíduos**) (Hubbell, 2005; Buckley *et al.*, 2010). Diversos estudos empíricos (Turner *et al.*, 1987; Grace *et al.*, 2016) e experimentais (Tilman, 1994; Francis & Currie, 2003) demonstraram que existe uma forte associação entre a produtividade primária de um ambiente e a riqueza de espécies. Esta relação pode ser causada pelo efeito de fatores climáticos sobre a riqueza de espécies (Grace *et al.*, 2016) ou pelo efeito da riqueza sobre a produtividade (Tilman *et al.*, 2001) e não pelo efeito direto do número de indivíduos sobre a riqueza de espécies. De fato, quando o efeito do número de indivíduos sobre a riqueza de espécies é removido estatisticamente, condições climáticas ainda estão positivamente associadas com a riqueza de espécies em escala global (Šímová *et al.*, 2011). Estes resultados indicam que o aumento de espécies em direção aos trópicos deve ser causado, pelo menos parcialmente, pelo efeito de outros processos associados às diferenças climáticas entre as regiões.

Em temperaturas mais elevadas, o metabolismo individual dos organismos acelera, especialmente em ectotérmicos (Brown *et al.*, 2004; Condamine *et al.*, 2012). O aumento das taxas metabólicas está ligado diretamente às taxas de mutação e de especiação dos organismos (**teoria metabólica da ecologia**) (Allen *et al.*, 2002; Allen & Gillooly, 2006). Além disso, altas taxas metabólicas podem levar à redução da expectativa de vida dos indivíduos e redução do tempo de geração das populações (Weber *et al.*, 2016). Com um menor tempo de geração, as taxas de diferenciação entre populações e de especiação são maiores, contribuindo indiretamente para o aumento da diversificação em regiões mais quentes (Allen & Gillooly, 2006). Como a temperatura tropical é mais elevada, podemos esperar taxas maiores de diversificação dos organismos nos trópicos (Allen & Gillooly, 2006; Mittelbach *et al.*, 2007) levando ao aumento do número de espécies ao longo do tempo (Brown *et al.*, 2004).

Entretanto, o aumento do metabolismo ocorre somente dentro dos limites de tolerância das espécies às condições ambientais em que estão adaptadas (Kozak & Wiens, 2007). Estudos recentes sugerem que quando existem mudanças na temperatura global, espécies tendem a mudar sua área de distribuição (Sunday *et al.*, 2015) ao invés de se adaptar à estas mudanças. Além disso, a riqueza de espécies vegetais está mais associada com temperaturas extremas do que temperaturas médias (Šímová *et al.*, 2011), sugerindo que as restrições das espécies às condições climáticas nas regiões são mais determinantes para o padrão latitudinal de riqueza de espécies do que as taxas evolutivas (**teoria dos limites de tolerância climático**).

Apesar das condições climáticas potencialmente guiarem a riqueza de espécies ao longo do gradiente latitudinal (Šímová *et al.*, 2011), a maioria dos estudos prévios são conduzido com plantas e pouco se sabe sobre o efeito destes processos sobre a distribuição de animais, especialmente invertebrados. A maioria dos insetos em regiões tropicais possuem alta especificidade à determinadas temperaturas (Deutsch *et al.*, 2008), sugerindo que os limites de tolerância ao clima também são mais importantes para estes organismos.

Entretanto, insetos sociais geralmente possuem alta tolerância às condições microclimáticas, podendo não ser tão afetados pelas condições extremas de temperatura quanto outros organismos ectotérmicos. Os cupins estão entre os insetos com o

gradiente latitudinal de riqueza mais pronunciado— cerca de 148 gêneros dentre 354 gêneros (Jones & Eggleton, 2011) ocorrem exclusivamente em regiões tropicais. Trabalhos anteriores não encontraram forte associação da temperatura global com a riqueza de espécies de cupins (Davies *et al.*, 2003a) e não se sabe se outros fatores, como a produtividade poderiam explicar a distribuição das espécies deste grupo.

Nós investigamos 1) se a maior riqueza tropical de espécies de cupins está mais fortemente associada com a produtividade primária e com o número de colônias por área, com a temperatura média seguindo a equação termo energética proposta pela teoria metabólica da ecologia (Brown *et al.*, 2004) ou às condições climáticas extremas e 2) se a mudança na composição de gêneros entre diferentes regiões nos trópicos e subtropicais muda em função da distância geográfica como predito pelas diferenças no número de indivíduos e de taxas metabólicas.

2. Material e métodos

Realizamos uma compilação de dados globais previamente publicados com cupins. Nós retiramos os dados de artigos que utilizaram o protocolo padronizado de Jones & Eggleton (2000) e que disponibilizaram a tabela com os dados brutos. A padronização dos dados é importante pois evita que as diferenças na riqueza de espécies dos sítios, sejam apenas causadas pelas diferenças amostrais. Utilizamos as bases de pesquisa Google Scholar, Web Science e Scopus para o levantamento dos artigos, tendo como palavras chaves “Jones e Eggleton” e “térmites/cupins”. Ao todo foram encontrados 183 artigos que citaram o protocolo, destes apenas 57 artigos tinham dados brutos disponíveis para serem utilizados em nossa compilação, totalizando 28 países e 458 sítios de coleta (Fig. 1A). Além disso, trabalhos anteriores ao ano 2000 não foram incluídos. A lista de todos os trabalhos utilizados está disponível no material suplementar S1 (Apêndice S1).

O protocolo consiste na amostragem de cupins em um transecto de 100 metros de comprimento e 2 metros de largura, dividido em 20 seções adjacentes de 5 x 2 metros. Durante a coleta são revistados todos os sítios habitáveis por cupins, como troncos caídos, interior de troncos apodrecidos, serapilheira, solo, embaixo de troncos, de pedras, interior de galhos secos, entre outros. A altura de coleta nas árvores é de 2 metros e para os cupins subterrâneos são feitas fendas na terra com profundidade de 20-30 cm. Com a realização do protocolo descrito é possível padronizar a área e o tempo de coleta (Fig. 1B).

Os sítios amostrados compreenderam desde florestas tropicais úmidas, savanas até ambientes temperados. Os tipos de habitat encontrados foram primários (intactos), primários com algum distúrbio, secundários com sucessão antiga (mais de 4 anos), secundários com sucessão recente (menos de 4 anos) e ambientes com distúrbios como queimadas, campos agrícolas entre outros (Apêndice S1).

Apesar do protocolo original propor a coleta de 20 seções por transecto, houve modificações no número total de seções amostrado em 13 dos trabalhos (assinalados com * no Apêndice S1). Na nossa compilação, o menor e o maior número de seções amostrada foi de quatro e 20 seções por transecto, respectivamente. Em todos os trabalhos o tamanho de cada seção foi de 5 x 2 metros.

Nós elaboramos uma tabela de espécies geo-referenciadas com 1) as informações de ocorrência das espécies em cada área, 2) o número de vezes que uma espécie ocorreu em cada transecto, 3) o tamanho do transecto, 4) a latitude e longitude, 5) o número de seção de cada transecto, 6) o estado de conservação (floresta primária, secundária, savana, entre outras), 7) a cidade e o país do estudo (Apêndice S1).

Nós quantificamos o estado de conservação das áreas atribuindo valores numéricos seguindo o grau de distúrbio: floresta primária (1), floresta primária regenerada (de 1 até 4 após distúrbio) (2), floresta secundária com sucessão antiga (5 anos após distúrbio) (3), floresta secundária com sucessão recente (4 anos após distúrbio); 4) áreas perturbadas com baixos índices de distúrbio (5) e áreas perturbadas com alto índice de distúrbio (6).

Devido à mudança no *status* taxonômico de algumas espécies desde a publicação original, atualizamos a lista de espécies dos trabalhos publicados com o auxílio de uma lista de sinonímia disponível no banco de dados do Laboratório de Termitologia da Universidade de Brasília (<http://164.41.140.9/catal/>).

2.1. Variáveis climáticas

Os dados de temperatura (máximas, mínimas e médias) e precipitação (máximas, mínimas e médias) estão disponíveis no banco de dados do site Wordclim (versão 2.0, resolução 2.5 minutos; <http://worldclim.org/version2>). Para os dados de precipitação mínima utilizamos o mês mais seco e para os dados de precipitação máxima utilizamos o mês mais húmido.

Para proxy de produtividade foi utilizado dados obtidos de sensoriamento remoto da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e a Produtividade Primária Líquida (NPP), do satélite landsat 8 (<https://neo.sci.gsfc.nasa.gov>). Enquanto que a Produtividade Primária Líquida têm sido amplamente utilizada, a Diferença da Vegetação Normalizada é um melhor proxy de produtividade (Šímová & Storch, 2017). Para permitir a comparação com outros estudos, nós utilizamos tanto a Produtividade Primária Líquida, quanto a Vegetação da Diferença Normalizada em nossas análises.

Nós utilizamos a conservação dos ambientes como covariável para todas as análises com as variáveis ambientais.

2.2. Análise dos dados

Apesar do protocolo de coleta proposto por Jones & Eggleton (2000) padronizar o tamanho dos transectos e seções, é comum encontrar modificações do protocolo original, sendo a principal modificação no número de seções amostradas por transecto. Tendo em vista o problema amostral, nós controlamos estatisticamente o esforço de coleta e padronizamos a ocorrência de cupins em cada área.

Para controlar o esforço de coleta, utilizamos a técnica de rarefação de amostras sem reposição (Gotelli & Colwell, 2001), onde é estimada a riqueza de espécies para cada área possibilitando a comparação entre elas. O cálculo de rarefação foi baseado na probabilidade de ocorrência de cada espécie em cada transecto. A probabilidade de ocorrência de cada espécie foi calculada individualmente pela fórmula (Heckel *et al.* 1975):

$$P_{occ} = 1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}}$$

Onde N representa o número de seções amostradas em um transecto, N_i representa o número de seções onde uma determinada espécie foi encontrada no transecto e n representa o número de seções utilizadas para padronização. No trabalho de Trabi *et al.*, (2015) foi utilizado quatro sessões por transecto, sendo o trabalho com menor esforço amostral, foi utilizado como base para padronizar o esforço na rarefação. Sendo assim, para todos os transectos foi calculado a riqueza corrigida. Ou seja, para um trabalho com 20 seções por transecto, nós realizamos uma rarefação e estimamos o número de espécies que seriam encontrados em quatro seções ($n = 4$ para todos os transectos utilizados no estudo). Note que a técnica de rarefação utilizada elimina somente o efeito do número de seções amostradas sobre a riqueza de espécies, mas mantém diferenças associadas com o número de indivíduos amostrados. A associação

do número de indivíduos e a riqueza de espécies foi investigada nos modelos estatísticos subsequentes (veja abaixo).

A probabilidade de ocorrência de cada espécie nos transectos foi utilizada para estimar a riqueza de espécies em um local, assim como a similaridade na composição de gêneros entre sítios. A riqueza foi estimada como a soma da probabilidade de ocorrência de todas as espécies em um transecto (Gotelli & Colwell, 2001), enquanto que a similaridade na composição de gêneros foi mensurada pelo índice de Bray-Curtis após rarefação (Horner-Devine et al. 2004; veja mais detalhes da composição de gêneros abaixo).

2.3. Teorias de balanço energético

Foi testado se a maior riqueza de espécie em regiões tropicais pode ser explicada pelas diferenças no balanço energético. Para isso testamos 1) se o aumento da riqueza de espécies está associado com o número de indivíduos, como predito pela teoria de mais indivíduos (Wright, 1983), 2) se o aumento da riqueza de espécies está associado com a temperatura média seguindo a equação termodinâmica, como predito pela teoria metabólica da ecologia (Brown *et al.*, 2004), 3) ou se o aumento da riqueza de espécies está associado aos extremos climáticos, como predito pela teoria dos limites de tolerância climático das espécies (Šímová *et al.*, 2011).

Nós utilizamos uma análise de regressão linear para associar a riqueza de espécies (variável resposta) com o número médio de indivíduos por transecto, a temperatura anual média, a precipitação anual total, a produtividade primária líquida e a diferença da vegetação normalizada (variáveis preditoras). Nós hipotetizamos que:

2.3.1 Se a riqueza total de espécies for guiada pelo aumento do número de indivíduos (**teoria de mais indivíduos**), haverá uma forte relação entre riqueza e número de indivíduos e entre o número de indivíduos e as variáveis ambientais. Entretanto, quando eliminarmos o efeito do número de indivíduos sobre a riqueza de espécies, não deverá haver associação da riqueza residual com outras variáveis ambientais, pois o efeito do ambiente sobre a riqueza deve ser mediado pelo aumento no número de indivíduos. Considerando que

sítios mais produtivos devem possuir uma maior capacidade de suportar um número maior de indivíduos, esperamos uma relação crescente e positiva entre número de indivíduos e os gradientes de produtividade.

2.3.2. Se a riqueza de espécies estiver associada com os **limites de tolerância climática** das espécies, a riqueza deverá estar mais fortemente associada a valores extremos de temperatura e precipitação (máxima e de mínimas) do que com valores médios de temperatura (Terborgh, 1973; Šímová *et al.*, 2011). Esta relação deverá continuar existindo mesmo após a remoção estatística (regressão parcial) do efeito do número de indivíduos e da temperatura média sobre a riqueza de espécies.

2.3.3. Se as maiores taxas de especiação em regiões mais quentes forem as responsáveis pela maior diversidade nos trópicos, a riqueza de espécies deverá aumentar primariamente em função da temperatura média (variável preditora). Entretanto, esta relação não deve ser linear. A temperatura média estará associada com o metabolismo de ectotérmicos exponencialmente (Allen & Gillooly, (2006):

$$\log(S) = E \left(\frac{1}{KT} \right) (1)$$

Onde Log (S) é o logaritmo da riqueza de espécies, K é a constante de Boltzmann (8.62×10^{-5}), T é a temperatura em Kelvin e E é a energia de ativação das reações metabólicas. A energia de ativação no contexto da **teoria metabólica da ecologia** é a dependência da temperatura no metabolismo e no desempenho do organismo. Segundo a teoria metabólica da ecologia sítios com maiores temperaturas devem possuir indivíduos com maiores taxas metabólicas, desta maneira a temperatura média deve ser um fator que dirige a riqueza global de espécies (Brown *et al.*, 2004). Caso a maior riqueza tropical seja explicada pelo maior metabolismo dos organismos nestas regiões, deverá haver um aumento da riqueza de espécies com o aumento da temperatura seguindo a equação acima. A energia de ativação celular estimada (E) deve ser em torno de 0.85eV, como encontrado para outros ectotérmicos (Brown *et al.*, 2004; Allen & Gillooly, 2006).

2.4. Mudança na composição de gêneros

O maior balanço energético e taxa de especiação dos trópicos também pode ser responsável pelas maiores taxas de especiação fazendo com que a composição de gêneros mude mais rapidamente em menores distâncias (Crame, 2000). Desta forma, também hipotetizamos que nas regiões tropicais haveria uma mudança mais rápida na composição de gêneros entre sítios, caso as taxas de especiação sejam maiores nesta região (Brown *et al.*, 2004).

Foi quantificado a dissimilaridade composicional em sítios diferentes com base em contagens de cada site utilizando o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957). Além disso, foi utilizado a análise de coordenadas principais (PCoA) para sumarizar a matriz de dissimilaridade em dois eixos de ordenação. Como a probabilidade de ocorrência de espécies entre um par de sítios pode ser comparado somente entre espécies que foram encontradas simultaneamente, morfoespécies foram excluídas das análises utilizando a probabilidade de ocorrência. Alternativamente, nós mensuramos a composição de gêneros de cupins devido à falta de padronização das morfoespécies (morfoespécies de diferentes trabalhos podem ser na realidade espécies diferentes afetando nossas análises). Outros trabalhos com insetos (formigas) demonstraram que a composição de gêneros está fortemente correlacionada com a composição de espécies, podendo ser usado como substituto da composição de espécies (Souza *et al.*, 2016). Os resultados utilizando as duas abordagens (exclusão de morfoespécies e utilização de gêneros) foi similar. Os resultados apresentados no restante do trabalho se baseiam na composição de gêneros de forma a incluir a maior quantidade de dados disponível (sem exclusão de espécies).

Medimos se sítios espacialmente mais próximos são mais similares e se a composição de gêneros tendia a mudar mais em menores distâncias geográficas em regiões tropicais. Para isso dividimos as latitudes em níveis onde tínhamos dados de ocorrência em três categorias que abrangem as latitudes: (nível 1: tropical) -10.3 até 10.3, (nível 2: tropical - subtropical) -10.3 até -20.6 e -10.3 até -20.6 e (nível 3: subtropical) -20.6 até -30.8 e 20.6 até 30.8.

Para cada nível, medimos se a composição de gêneros esteve mais relacionada com a distância geográfica, com as variáveis ambientais ou com a conservação. Para esta análise, utilizamos uma regressão múltipla de matrizes de distâncias (Lichstein,

2007). Todas as variáveis preditoras foram logaritimizadas e padronizadas previamente às análises.

Para todas as análises utilizamos o software livre R (R Core Team, 2017) e os pacotes Raster(Hijmans, 2016), Vegan(Oksanen *et al.*, 2017), Maptools(Bivand & Lewin-Koh, 2017) e EcoDist(Goslee & Urban, 2007).

Os dados compilados da literatura e os scripts necessários para replicar todas as análises estão disponíveis no material suplementar (Apêndice S1) online <https://figshare.com/s/c61fabde9bcd3d6039dd>, sob o nome “Tabela de compilação global dos artigos que utilizaram o protocolo de Jones e Eggleton” e licença CC-BY 3.0 (livre para uso, modificação e distribuição).

3. Resultados

Os dados abrangeram três continentes: Americano, Africano e Asiático. Foram obtidos dados de 1005 espécies ou morfoespécies de cupins, sendo Termitidae o maior número de registros para os três continentes (Apêndice S1).

Nós encontramos maior riqueza espécies nos trópicos e uma diminuição dessa riqueza à medida que a latitude aumenta em direção aos polos (dados corrigidos por rarefação), como esperado pelo padrão latitudinal (Fig. 2).

As análises de regressão mostraram que a riqueza de espécies de cupins tende a ter maior relação com os diferentes valores de temperatura (média, máxima e mínima) do que com os valores de precipitação, o número de indivíduos e a produtividade. Também houve relação significativa entre o número de indivíduos e a temperatura, entretanto, o número de indivíduos não teve relação com o Diferença da Vegetação Normalizada e a Produtividade Primária Líquida (Tab. 1).

Em nível global, a temperatura média explicou 21% da variação da riqueza de espécies (relação positiva) e a temperatura mínima e máxima juntas explicam 20% da variação da riqueza de espécies (relação positiva). Não foi possível separar o efeito da temperatura média dos seus extremos devido ao alto grau de colinearidade entre as variáveis preditoras ($r > 0.9$). Nós observamos o decaimento do logaritmo da riqueza de

espécies com o fator de Boltzmann ($1/KT$) e a energia de ativação encontrada foi de -1.28eV (Fig.3).

Por meio das análises de composição (Bray Curtis e PCoA), nós observamos que os ambientes próximos geograficamente nos trópicos, tendem a compartilhar menos gêneros de cupins do que nas demais regiões. Os continentes Africano e Asiático foram mais similares entre si na composição de gêneros de cupins (Fig. 4).

Por meio da análise de regressão múltipla de matrizes, nós observamos que com maiores distâncias geográficas e maiores distâncias ambientais a composição de gêneros de cupins tende a ser mais dissimilar. A regressão múltipla de matrizes evidenciou que 48% da mudança da composição de gêneros de cupins é explicada pela distância geográfica e 15% da variação é decorrente das distâncias ambientais (Fig. 5). Não encontramos relação significativa entre a composição de gêneros de cupins e o habitat e a conservação.

Os resultados das análises em níveis, nos mostram que em latitudes menores a composição de gêneros muda mais rapidamente com o aumento da distância geográfica do que em latitudes maiores. Além disso, a distância geográfica esteve mais fortemente associada com a composição de gêneros nos níveis tropicais e tropicais - subtropicais (Nível 1: $r^2= 0,3968$; Nível 2: $r^2= 0,3726$; Nível 3: $r^2=0,3020$) (Fig. 6).

4. Discussão

4.1. O efeito do balanço energético ao longo do gradiente latitudinal

Como esperado pelo gradiente latitudinal de diversidade (Wallace, 1878), a riqueza de espécies de cupins foi muito maior nas regiões tropicais do que em regiões subtropicais. O aumento da riqueza em direção aos trópicos é observado para praticamente todos os grupos de plantas (Šímová *et al.*, 2011), invertebrados (Sutton & Collins, 1991) e vertebrados (Rosenzweig *et al.*, 2013) e também já foi reportado para cupins (Eggleton, 1994; Canello *et al.*, 2014). Apesar disso, o único trabalho com cupins que tentou determinar as causas para o gradiente em nível global utilizando modelos quantitativos não detectou forte associação de características climáticas com a riqueza ou composição de espécies (Davies *et al.*, 2003a). Possivelmente a dificuldade

em observar esse padrão pode ser explicada pela não existência de um conjunto grande de dados padronizados nesta escala até recentemente.

Estudos com cupins têm utilizando um mesmo protocolo de maneira sistemática somente nas últimas duas décadas (Jones & Eggleton, 2000). Este alto grau de padronização permite uma melhor comparação entre os trabalhos (Jones & Eggleton, 2000) e uma precisa caracterização da associação de medidas das comunidades, como a riqueza de espécies, e condições ambientais (Canello *et al.*, 2014; Dambros *et al.*, 2017: material suplementar). Alguns trabalhos com outros grupos não são realizados utilizando protocolos de coleta com este grau de padronização ou tratamento estatístico apropriado como Alroy *et al.*, (2001) e Barnosky *et al.*, (2005), o que pode dificultar a discriminação dos processos responsáveis pelas causas do gradiente latitudinal de espécies.

A associação da riqueza de espécies e o gradiente latitudinal já foi observada para outros grupos de animais (marinhos e terrestres) (Sutton & Collins, 1991; Flessa & Jablonski, 1995; Rosenzweig *et al.*, 2013) e vegetais (Šímová *et al.*, 2011). Entretanto, grande parte dos trabalhos não diferenciou os diversos mecanismos responsáveis por esse padrão (Hawkins *et al.*, 2003; Šímová *et al.*, 2011). Quando nós corrigimos as diferenças no esforço amostral entre regiões pela rarefação, o padrão de riqueza de espécies de cupins ao longo do gradiente latitudinal não esteve associado com número de colônias nos transectos e nem com a produtividade primária, contrariando nossa hipótese de que áreas mais produtivas teriam mais espécies (Hipótese 1, Métodos; Wright, 1983). A riqueza de espécies de diversos organismos mostra uma relação em forma de “sino” com a produtividade em escalas espaciais menores (Zhang *et al.*, 2012; Forrester & Bauhus, 2016; Šímová & Storch, 2017) e uma associação linear positiva em escalas espaciais maiores (Hawkins *et al.*, 2003; Boucher-Lalonde *et al.*, 2014). Apesar desta forte associação, a própria riqueza de espécies pode causar o aumento da produtividade (Tilman, 1994; Tilman *et al.*, 2001) e é geralmente difícil determinar a direção desta relação (Grace *et al.*, 2016). Além disso, condições climáticas podem estar mais fortemente associadas com a riqueza de espécies do que com o número de indivíduos (Currie *et al.*, 2004), como observado com cupins (Fig. 7). Estes resultados sugerem que o aumento do número de espécies nos trópicos não é mediado pelo aumento do número de indivíduos e que a temperatura (média, máxima e mínima), estão mais diretamente associadas com o aumento da riqueza.

A riqueza de espécie de cupins tende a aumentar com maiores valores de temperatura média e extrema do que com qualquer outra variável (Fig. 8). Além disso, encontramos altos valores de energia de ativação do metabolismo de cupins quando comparados com outros organismos ectotérmicos (ver Brown *et al.*, 2004; Šímová *et al.*, 2011). Estes resultados podem sugerir que o metabolismo dos cupins está mais fortemente associado com a temperatura do que em outros organismos, o que poderia explicar sua maior restrição às regiões tropicais (Hipótese 2: **limites de tolerância climática**). Apesar dos resultados mostrados acima, é importante ressaltar que nós não pudemos controlar, no cálculo da energia de ativação do metabolismo, o efeito da massa dos cupins ou da estrutura dos ninhos, devido à falta de dados dessas variáveis. O metabolismo é fortemente associado à massa dos organismos (Brown *et al.*, 2004) e também à estrutura do colônia (Pequeno *et al.*, 2017). Uma variação geográfica nestas características também poderia explicar parte dos resultados encontrados. Por fim, não pudemos separar o efeito da temperatura média e da sazonalidade (valores extremos) somente comparando os valores de riqueza de espécies entre as regiões e é possível que os cupins estejam restritos aos trópicos devido a adaptações que limitam a sobrevivência em regiões mais frias (Hipótese 3: **teoria metabólica da ecologia**).

4.2. Mudança na composição de gêneros ao longo do gradiente latitudinal

Os padrões que nós encontramos na mudança latitudinal de gêneros de cupins sugerem que as taxas de diversificação nos trópicos podem ser maiores do que em outras regiões. Uma análise realizada por Rohde, (1992), utilizando todos os mecanismos (climáticos, escalas espaciais entre outros) que podiam explicar a riqueza de espécies e a associação ao gradiente latitudinal, constatou que nenhum dos mecanismos explicam todo o processo. Então, o autor sugeriu que o padrão latitudinal era consequência do balanço entre as taxas de especiação e extinção das espécies (Chown & Gaston, 2000; Fine, 2015). Os indivíduos de ambientes tropicais têm tempo de geração mais curto, as taxas de mutação aumentam com a temperatura e os processos fisiológicos são mais rápidos. Assim as taxas de diversificação são maiores nos trópicos (Mannion *et al.*, 2014). Além disso, o trabalho com borboletas de Condamine *et al.*, (2012) mostra que as taxas de diversificação aumentam em maiores temperaturas, sendo assim supomos que isso também ocorra para os cupins. Deste modo, o metabolismo e as taxas de diversificação podem ser parâmetros importantes no processo de organização dos padrões de biodiversidade (Gillooly *et al.*, 2007; Canavero *et al.*, 2018).

Ao dividirmos as latitudes com ocorrência de cupins em três níveis, observamos que nos trópicos, os sítios próximos geograficamente tendem a compartilhar menos gêneros de cupins. O estudo evolutivo dos clados de cupins evidenciam que os grupos mais derivados e mais basais estão presentes nos trópicos e nas zonas temperadas, respectivamente (Davies *et al.*, 2003a). Isso pode sugerir que há altas taxas de especiação nos trópicos. Além disso, o trabalho de Bromham & Cardillo (2003) com espécies vegetais mostrou que a relação clima e especiação é dada por meio de processos de mutação das espécies. Sendo assim, acreditamos que para as espécies de cupins esse processo seja parecido.

Contudo, as taxas de especiação podem não ser os principais fatores que guiam a mudança da composição com a longitude. O padrão longitudinal, pode evidenciar que os processos históricos de dispersão são tão importantes quanto as taxas de diversificação para a mudança na composição de gêneros de cupins.

5. Conclusão

Nós esperávamos que a riqueza de espécies de cupins fosse guiada pelo número de indivíduos e pela produtividade, mas os dados sugerem que a riqueza de espécies não é guiada pela produtividade e nem pelo número de indivíduos. Outros fatores, como a dispersão e os processos evolutivos, devem ser importantes para explicar os padrões globais de riqueza de espécies.

Apesar de não ter sido possível separar a temperatura média dos seus valores extremos devido à alta correlação entre eles, supomos que a principal teoria energética que guia a diversidade tropical de ectotérmicos é a teoria metabólica da ecologia. Nossos dados de composição de gêneros de cupins sugerem que as taxas de diversificação tendem a ser maiores nos trópicos do que nas demais regiões.

A maiores temperaturas em conjunto com as maiores taxas de diversificação dos trópicos, podem ser os principais fatores que guiam a associação da riqueza de espécies com o gradiente latitudinal.

Tabela 1. Coeficientes de regressão obtidos nos diferentes modelos associando a riqueza de espécies aos fatores climáticos e ambientais e os efeitos relativos de cada variável no modelo. Os asteriscos (*) significam a significância da variável no modelo, três asteriscos é o maior índice de significância. Os valores da terceira coluna em diante são os coeficientes de regressão. S = Riqueza de espécies; N = Número de indivíduos; Tmean= Temperatura média; Tmax= Temperatura máxima; Tmin= Temperatura mínima; Pmean= Precipitação média; Pmin= Precipitação mínima; Pmax= Precipitação máxima; NDVI= Diferença da vegetação normalizada; NPP= Produtividade líquida; 1/KT = Fator de Boltzmann; Cons = Nível de distúrbio.

Modelo	r ²	Tmean	Tmax	Tmin	Pmean	Pmax	Pmin	NPP	NDVI	Nível de distúrbio	N	1/KT
<i>S ~ Tmean + Cons</i>	0,21** *	0,64** *	-	-	-	-	-	-	-	-0,741***	-	-
<i>S ~ N + Cons</i>	0,15** *	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,78***	3,002 ***	-
<i>S ~ Tmax + Cons</i>	0,12** *	-	0,452** *	-	-	-	-	-	-	-0,84***	-	-
<i>S ~ Tmin + Cons</i>	0,20** *	-	-	0,36	-	-	-	-	-	-0,74***	-	-
<i>S ~ NDVI + Cons</i>	0,102* *	-	-	-	-	-	-	-	0,009	-0,896***	-	-
<i>S ~ NPP + Cons</i>	0,09	-	-	-	-	-	-	-0,009	-	-0,9***	-	-

$S \sim P_{mean}$ + Cons	0,09	-	-	-	0,0003	-	-	-	-	-0,876	-	-
$S \sim P_{min}$ + Cons	0,09	-	-	-	-	-	0,003	-	-	-0,904***	-	-
$S \sim P_{max}$ + Cons	0,124	-	-	-	-	0,009	-	-	-	-0,804	-	-
$S \sim T_{mean}$ + T_{max} + T_{min} + Cons	0,234	3,28** *	-1,73***	- 1,09* *	-	-	-	-	-	-0,81***	-	-
$S \sim P_{mean}$ + P_{max} + P_{min} + Cons	0,137	-	-	-	-0,002*	0,02** *	0,007	-	-	-0,84***	-	-
$S \sim T_{mean}$ + P_{mean} + Cons	0,2124 ***	0,71** *	-	-	-0,0007	-	-	-	-	-0,78***	-	-
$S \sim T_{max}$ + T_{min} + P_{max} + P_{min} + Cons	0,2262 ***	-	0,007	0,415 ***	-	0,0012	- 0,017 ***	-	-	-0,712***	-	-
$\text{Log}(S) \sim \frac{1}{KT}$ + Cons	0,283* **	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,102	-	-1,28

<i>N ~ Tmean</i> <i>+ Cons</i>	0,1713 ***	0,05** *	-	-	-	-	-	-	-	-0,02*	-	-
<i>N ~ Tmax + Cons</i>	<0,06	-	0,04***	-	-	-	-	-	-	-0,03*	-	-
<i>N ~ Tmin + Cons</i>	0,1991 ***	-	-	0,03* **	-	-	-	-	-	-0,02*	-	-
<i>N ~ NDVI + Cons</i>	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,001 ***	-0,03***	-	-
<i>N ~ NPP + Cons</i>	0,041	-	-	-	-	-	-	0,001*	-	-0,04***	-	-
<i>N ~ Pmean</i> <i>+ Cons</i>	0,14	-	-	-	0,0002 *	-	-	-	-	-0,002***	-	-
<i>N ~ Pmin + Cons</i>	0,1393	-	-	-	-	-	0,002 ***	-	-	-0,03***	-	-
<i>N ~ Pmax + Cons</i>	0,08	-	-	-	-	0,0011 ***	-	-	-	-0,02*	-	-
<i>N ~ Tmean</i> <i>+ Pmean + Cons</i>	0,2115 ***	0,04** *	-	-	0,0001 ***	-	-	-	-	-0,017	-	-

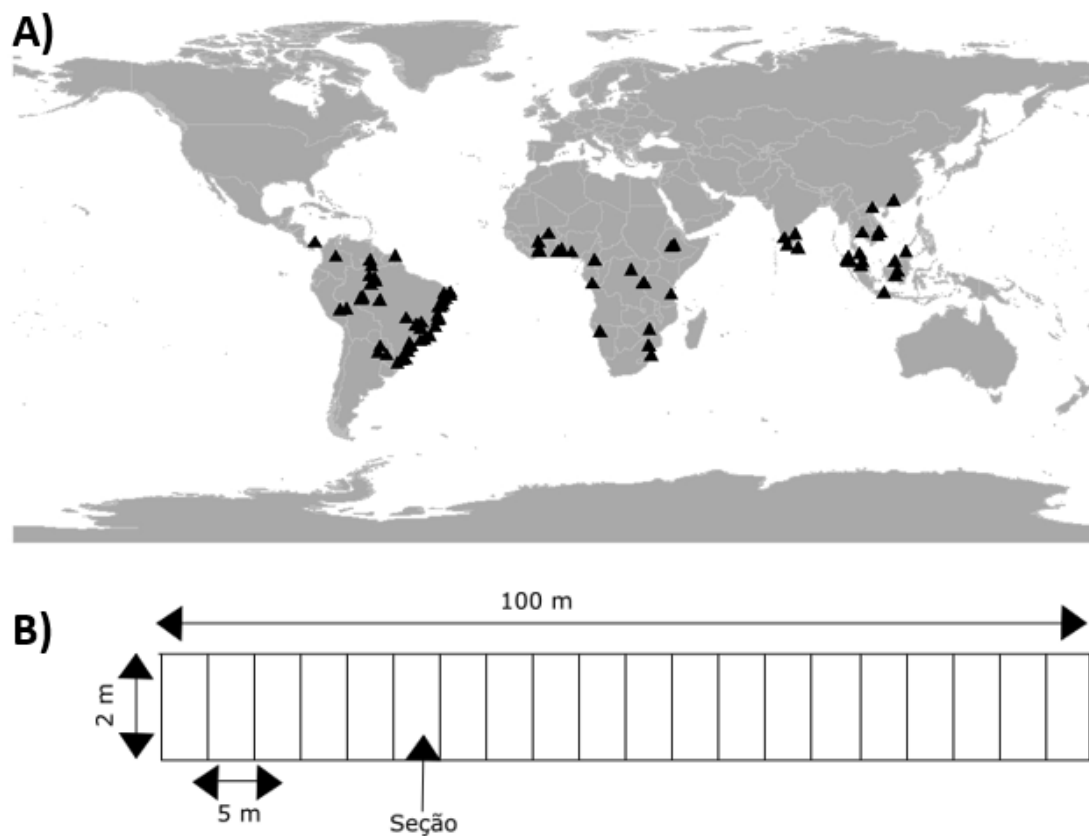


Figura 1. A) mapa mostrando os 458 locais de coleta onde foram encontrados dados de ocorrência de cupins e exemplificando as diferenças amostrais do protocolo. B) protocolo de coleta proposto por Jones e Eggleton (2000). O protocolo consiste em um transecto de 100 metros de largura por 2 metros de comprimento, dividido em 20 seções de 5 x 2 metros.

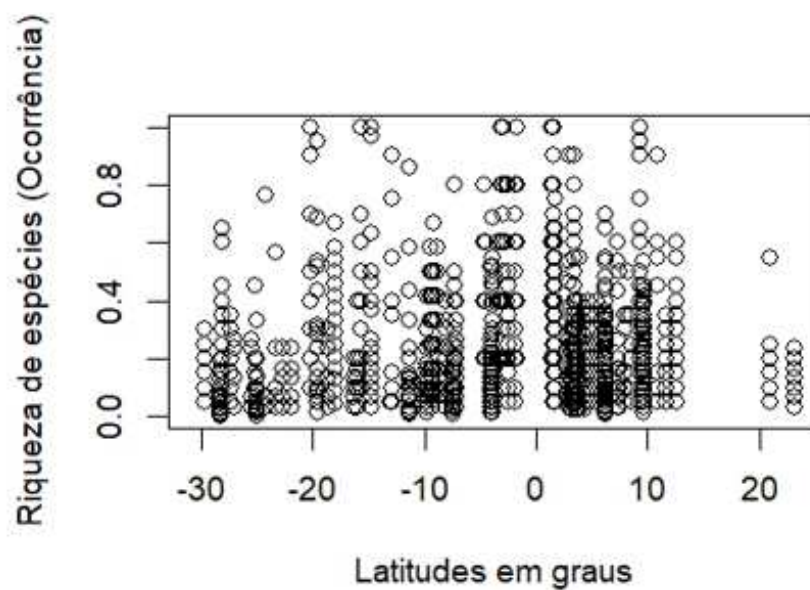


Figura 2. Gradiente latitudinal de riqueza de espécies de cupins. Em latitudes menores existe um acúmulo de espécies de cupins. Com o aumento das latitudes em direção aos polos nós observamos uma diminuição da riqueza de espécies.

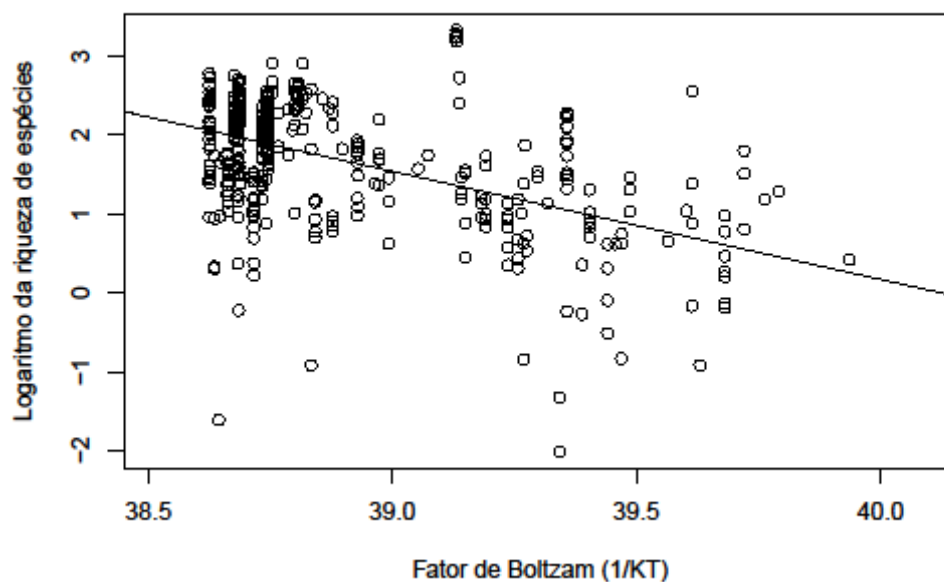


Figura 3. Relação entre o logaritmo da riqueza de espécies e o fator de Boltzmann. Observamos altos valores para energia de ativação do metabolismo de cupins (-1,28 eV).

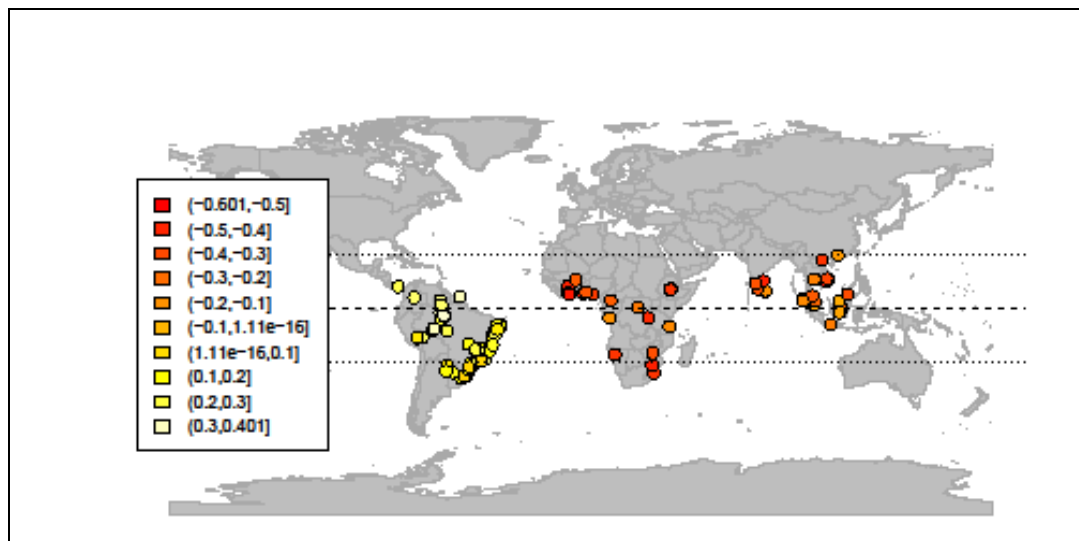


Figura 4. Escores de dissimilaridade do primeiro eixo da PCoA baseados na matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis. Os Locais com escores com cores mais escuras (vermelho) significam maior compartilhamento de gêneros de cupins e locais com scores com cores mais claras (branco) significam menor compartilhamento de gêneros de cupins.

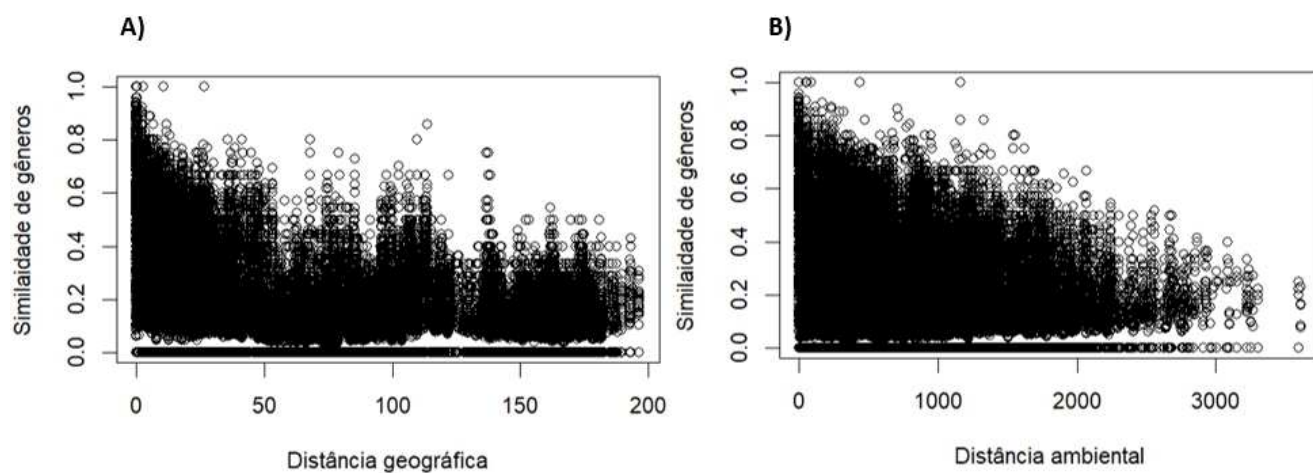


Figura 5. Relação entre a mudança na composição de gêneros de cupins em relação a A) distância geográfica e; B) a distância ambiental (distância de Bray-curtis).

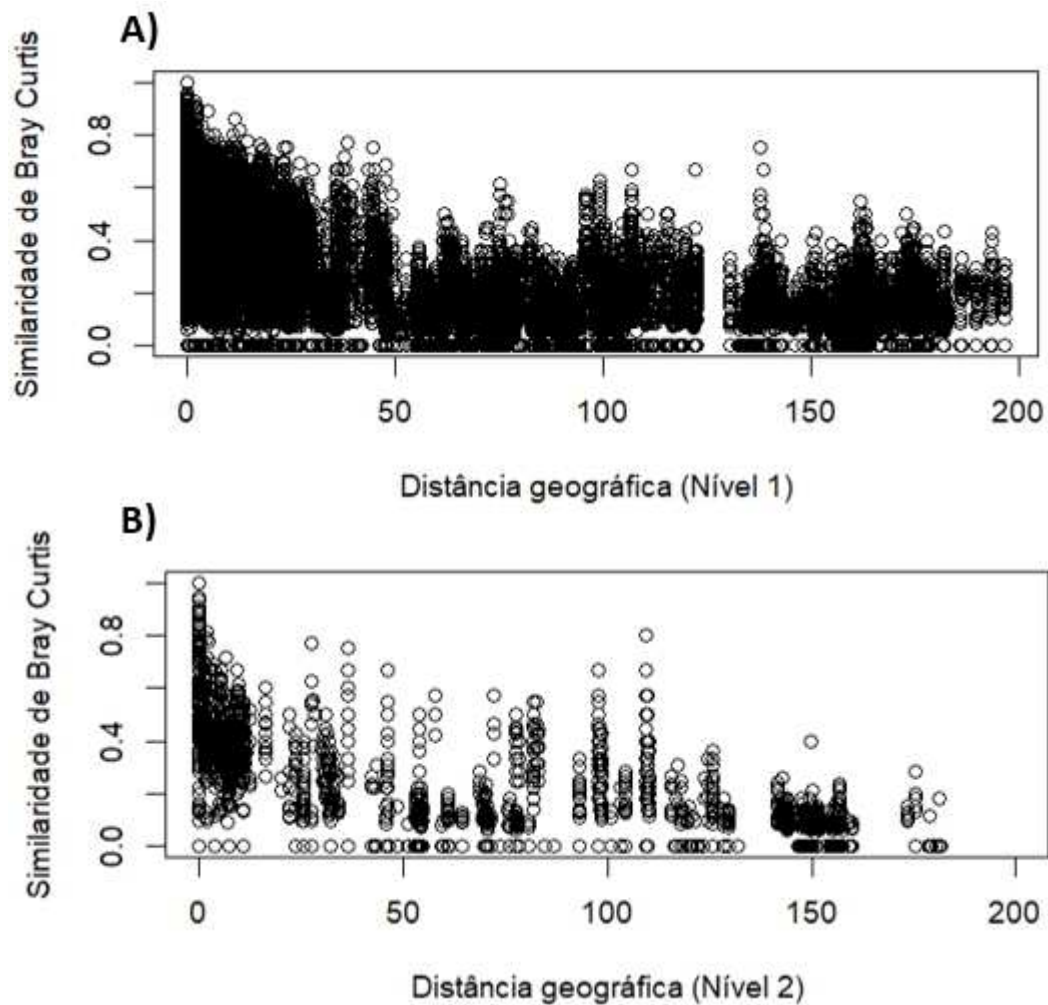


Figura 6. Relação entre a mudança na composição de gêneros de cupins em relação a distância geográfica dos níveis A) 1 tropical – subtropical; e B) 2 subtropical (distância de Bray-curtis).

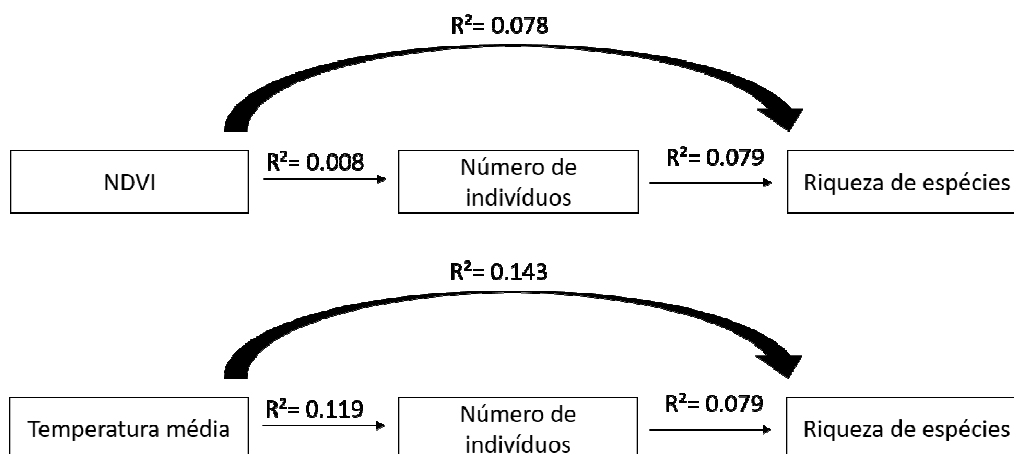


Figura 7. Relação encontrada na teoria de mais indivíduos que mostram que a maior riqueza de espécies não é guiada pelo número de indivíduos e sim pelas variáveis ambientais

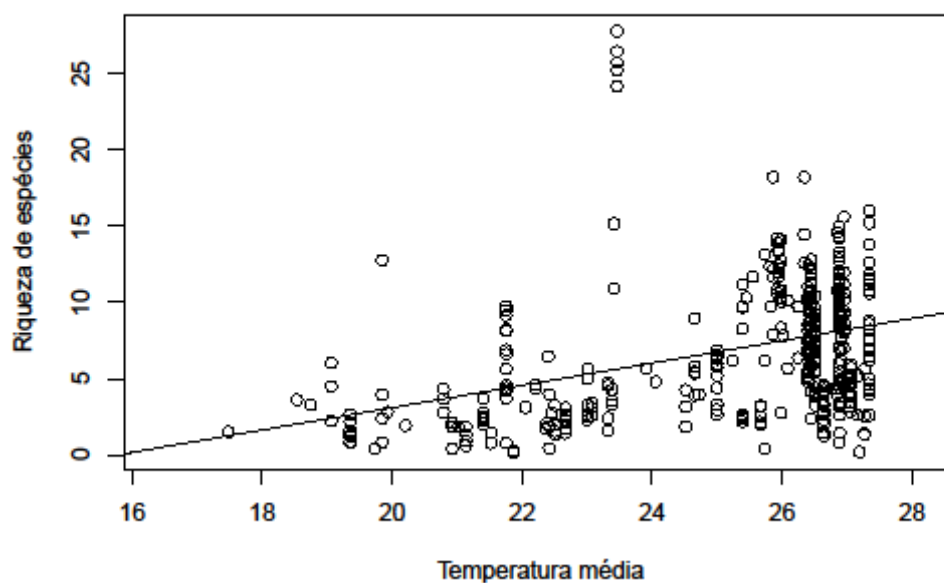


Figura 8. Relação entre temperatura média em graus Célcius e a riqueza de espécies. A temperatura média foi a variável que mais explicou a variação na riqueza de espécies

Referências

- Ackerman, I.L., Constantino, R., Gauch Jr., H.G., Lehmann, J., Riha, S.J. & Fernandes, E.C.M. (2009) Termite (Insecta: Isoptera) species composition in a primary rain forest and agroforests in central Amazonia. *Biotropica*, **41**, 226–233.
- Aiman Hanis, J., Abu Hassan, A., Nurita, A.T. & Che Salmah, M.R. (2014) Community structure of termites in a hill dipterocarp forest of Belum–Temengor Forest Complex, Malaysia: emergence of pest species. *Raffles Bulletin of Zoology*, **62**.
- Allen, A.P., Brown, J.H. & Gillooly, J.F. (2002) Global Biodiversity, Biochemical Kinetics, and the Energetic-Equivalence Rule. *Science*, **297**, 1545–1548.
- Allen, A.P. & Gillooly, J.F. (2006) Assessing latitudinal gradients in speciation rates and biodiversity at the global scale. *Ecology Letters*, **9**, 947–954.
- Allen, A.P. & Gillooly, J.F. (2007) The mechanistic basis of the metabolic theory of ecology. *Oikos*, **116**, 1073–1077.
- Almeida, C.S., Cristaldo, P.F., Florencio, D.F., Ribeiro, E.J.M., Cruz, N.G., Silva, E.A., Costa, D.A. & Araújo, A.P.A. (2016) The impact of edge effect on termite community (Blattodea: Isoptera) in fragments of Brazilian Atlantic Rainforest. *Brazilian Journal of Biology*, 0–0.
- Alroy, J., Marshall, C.R., Bambach, R.K., Bezusko, K., Foote, M., Fürsich, F.T., Hansen, T.A., Holland, S.M., Ivany, L.C., Jablonski, D., Jacobs, D.K., Jones, D.C., Kosnik, M.A., Lidgard, S., Low, S., Miller, A.I., Novack-Gottshall, P.M., Olszewski, T.D., Patzkowsky, M.E., Raup, D.M., Roy, K., Sepkoski, J.J., Sommers, M.G., Wagner, P.J. & Webber, A. (2001) Effects of sampling standardization on estimates of Phanerozoic marine diversification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **98**, 6261–6266.
- Amaral-Castro, N.R., Zanetti, R., Moraes, J.C., Zanuncio, J.C., Freitas, G.D. & Santos, M.S. (2004) Species of soil inhabiting termites (Insecta: Isoptera) collected in Eucalyptus plantations in the State of Minas Gerais, Brazil. *Sociobiology*, **44**, 717–725.
- Anantharaju, T., Kaur, G., Gajalakshmi, S. & Abbasi, S.A. (2014) Sampling and identification of termites in Northeastern Puducherry. *J Entomol Zool Studies*, **2**, 225–230.

- Attignon, S.E., Lachat, T., Sinsin, B., Nagel, P. & Peveling, R. (2005) Termite assemblages in a West-African semi-deciduous forest and teak plantations. *Agriculture, ecosystems & environment*, **110**, 318–326.
- Bakondongama, J., Danakibo, B.M., Juakaly, W.J.-L. & Malaisse, M.F. (2016) Biodiversity and abundance of termites in the Yoko Forestry Reserve (Kisangani, Democratic Republic of Congo). *Geo-Eco-Trop*, **40**, 133–144.
- Barnosky, A.D., Carrasco, M.A. & Davis, E.B. (2005) The Impact of the Species–Area Relationship on Estimates of Paleodiversity. *PLOS Biology*, **3**, e266.
- Belyaeva, N.V. & Tiunov, A.V. (2010) Termites (Isoptera) in forest ecosystems of Cat Tien National Park (Southern Vietnam). *Biology Bulletin*, **37**, 374–381.
- Boucher-Lalonde, V., Kerr, J.T. & Currie, D.J. (2014) Does climate limit species richness by limiting individual species' ranges? *Proc. R. Soc. B*, **281**, 20132695.
- Bray, J.R. & Curtis, J.T. (1957) An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, **27**, 325–349.
- Bromham, L. & Cardillo, M. (2003) Testing the link between the latitudinal gradient in species richness and rates of molecular evolution. *Journal of Evolutionary Biology*, **16**, 200–207.
- Brown, J.H., Gillooly, J.F., Allen, A.P., Savage, V.M. & West, G.B. (2004) Toward a Metabolic Theory of Ecology. *Ecology*, **85**, 1771–1789.
- Buckley, L.B., Davies, T.J., Ackerly, D.D., Kraft, N.J.B., Harrison, S.P., Anacker, B.L., Cornell, H.V., Damschen, E.I., Grytnes, J.-A., Hawkins, B.A., McCain, C.M., Stephens, P.R. & Wiens, J.J. (2010) Phylogeny, niche conservatism and the latitudinal diversity gradient in mammals. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **277**, 2131–2138.
- Canavero, A., Arim, M., Pérez, F., Jaksic, F.M. & Marquet, P.A. (2018) A metabolic view of amphibian local community structure: the role of activation energy. *Ecography*, **41**, 388–400.
- Canello, E.M., Silva, R.R., Vasconcellos, A., Reis, Y.T. & Oliveira, L.M. (2014) Latitudinal variation in termite species richness and abundance along the Brazilian Atlantic forest hotspot. *Biotropica*, **46**, 441–450.

- Carrijo, T.F., Brandão, D., de Oliveira, D.E., Costa, D.A. & Santos, T. (2009) Effects of pasture implantation on the termite (Isoptera) fauna in the Central Brazilian Savanna (Cerrado). *Journal of Insect Conservation*, **13**, 575–581.
- Chown, S.L. & Gaston, K.J. (2000) Areas, cradles and museums: the latitudinal gradient in species richness. *Areas, cradles and museums: the latitudinal gradient in species richness*, **8**.
- Condamine, F.L., Felix A. H.Sperling, Niklas Wahlberg, Jean-Yves Rasplus & Gael J.Kergoat (2012) What causes latitudinal gradients in species diversity? Evolutionary processes and ecological constraints on swallowtail biodiversity. *What causes latitudinal gradients in species diversity? Evolutionary processes and ecological constraints on swallowtail biodiversity*.
- Coulibaly, T., Akpessè, A.A.M., Boga, J.-P., Yapi, A., Kouassi, K.P. & Roisin, Y. (2016) Change in termite communities along a chronosequence of mango tree orchards in the north of Côte d'Ivoire. *Journal of Insect Conservation*, **20**, 1011–1019.
- Crame, J.A. (2000) Evolution of taxonomic diversity gradients in the marine realm: evidence from the composition of Recent bivalve faunas. *Paleobiology*, **26**, 188–214.
- Currie, D.J., Mittelbach, G.G., Cornell, H.V., Field, R., Guégan, J.-F., Hawkins, B.A., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Oberdorff, T., O'Brien, E. & Turner, J.R.G. (2004) Predictions and tests of climate-based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecology Letters*, **7**, 1121–1134.
- Dambros, C.S., Morais, J.W., Azevedo, R.A. & Gotelli, N.J. (2017) Isolation by distance, not rivers, control the distribution of termite species in the Amazonian rain forest. *Ecography*, **40**, 1242–1250.
- David Storch (2012) Biodiversity and Its Energetic and Thermal Controls.
- Davies, R.G., Eggleton, P., Jones, D.T., Gathorne-Hardy, F.J. & Hernández, L.M. (2003a) Evolution of termite functional diversity: Analysis and synthesis of local ecological and regional influences on local species richness. *Journal of Biogeography*, **30**, 847–877.
- Davies, R.G., Hernández, L.M., Eggleton, P., Didham, R.K., Fagan, L.L. & Winchester, N.N. (2003b) Environmental and spatial influences upon species composition of a termite assemblage across neotropical forest islands. *Journal of Tropical Ecology*, **19**, 509–524.

- Davies T. Jones & Martin J. D. Brendell (1998) The termite (Insecta: Isoptera) fauna of Pasoh Forest Reserve, Malaysia. *ResearchGate*.
- Debelo, D.G. & Degaga, E.G. (2014) Termite species composition in the central rift valley of Ethiopia. *Agriculture and Biology Journal of North America*, **5**, 123–134.
- Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Huey, R.B., Sheldon, K.S., Ghalambor, C.K., Haak, D.C. & Martin, P.R. (2008) Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **105**, 6668–6672.
- Diehl, E., Diehl-Fleig, E., de Albuquerque, E.Z. & Junqueira, L.K. (2014) Richness of termites and ants in the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Sociobiology*, **61**, 145–154.
- Dosso, K., Roisin, Y., Tiho, S., Konaté, S. & Yéo, K. (2017) Short-term changes in the structure of termite assemblages associated with slash-and-burn agriculture in Côte d'Ivoire. *Biotropica*.
- Dosso, K., Yéo, K., Konaté, S. & Linsenmair, K.E. (2012) Importance of protected areas for biodiversity conservation in central Côte d'Ivoire: Comparison of termite assemblages between two neighboring areas under differing levels of disturbance. *Journal of insect science*, **12**, 131.
- Eggleton, P. (1994) Termites live in a pear-shaped world: a response to Platnick. *Journal of Natural History*, **28**, 1209–1212.
- Eggleton, P., Davies, R.G., Connetable, S., Bignell, D.E. & Rouland, C. (2002) The termites of the Mayombe Forest Reserve, Congo (Brazzaville): transect sampling reveals an extremely high diversity of ground-nesting soil feeders. *Journal of Natural History*, **36**, 1239–1246.
- Evans, K.L., Warren, P.H. & Gaston, K.J. (2005) Species-energy relationships at the macroecological scale: a review of the mechanisms. *Biological Reviews*, **80**, 1–25.
- Fine, P.V.A. (2015) Ecological and Evolutionary Drivers of Geographic Variation in Species Diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **46**, 369–392.
- Florencio, D.F. & Diehl, E. (2006) Termitofauna (Insecta, Isoptera) em Remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, **50**, 505–511.
- Florian, O.P.P., Baquero, L. & Beltran, M. (2017) Termite (Isoptera) Diversity in a Gallery Forests Relict in the Colombian Eastern Plains. *Sociobiology*, **64**, 92–100.

- Forrester, D.I. & Bauhus, J. (2016) A Review of Processes Behind Diversity—Productivity Relationships in Forests. *Current Forestry Reports*, **2**, 45–61.
- Francis, A.P. & Currie, D.J. (2003) A globally consistent richness-climate relationship for angiosperms. *The American Naturalist*, **161**, 523–536.
- Gaston, K. & Blackburn, T. (2008) *Pattern and Process in Macroecology*, John Wiley & Sons.
- GATHORNE-HARDY, F., Eggleton, P. & others (2001) The effects of altitude and rainfall on the composition of the termites (Isoptera) of the Leuser Ecosystem (Sumatra, Indonesia). *Journal of Tropical Ecology*, **17**, 379–393.
- Gathorne-Hardy, F.J., Syaukani & Inward, D.J.G. (2006) Recovery of termite (Isoptera) assemblage structure from shifting cultivation in Barito Ulu, Kalimantan, Indonesia. *Journal of Tropical Ecology*, **22**, 605–608.
- Gbenyedji, J.N.B.K., Kotoklo, E.A., Amevoin, K. & Glitho, I.A. (2011) Diversité spécifique des termites (Isoptera) dans deux plantations de tecks (*Tectona grandis* L.) au sud du Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **5**.
- Gillooly, J.F., McCoy, M.W. & Allen, A.P. (2007) Effects of metabolic rate on protein evolution. *Biology Letters*, **3**, 655–660.
- Godoy, M.C., Laffont, E.R., Coronel, J.M. & Etcheverry, C. (2012) Termite (Insecta, Isoptera) assemblage of a gallery forest relic from the Chaco province (Argentina): taxonomic and functional groups. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, **10**, 55–67.
- Goslee, S.C. & Urban, D.L. (2007) the ecodist package for dissimilarity-based analysis of ecological data. *Journal of Statistical*.
- Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, **4**, 379–391.
- Grace, J.B., Anderson, T.M., Seabloom, E.W., Borer, E.T., Adler, P.B., Harpole, W.S., Hautier, Y., Hillebrand, H., Lind, E.M., Pärtel, M., Bakker, J.D., Buckley, Y.M., Crawley, M.J., Damschen, E.I., Davies, K.F., Fay, P.A., Firn, J., Gruner, D.S., Hector, A., Knops, J.M.H., MacDougall, A.S., Melbourne, B.A., Morgan, J.W., Orrock, J.L., Prober, S.M. & Smith, M.D. (2016) Integrative modelling reveals mechanisms linking productivity and plant species richness. *Nature*, **529**, 390–393.
- Hawkins, B.A. & Felizola Diniz-Filho, J.A. (2004) ‘Latitude’ and geographic patterns in species richness. *Ecography*, **27**, 268–272.

- Hawkins, B.A., Field, R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guégan, J.-F., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Mittelbach, G.G., Oberdorff, T., O'Brien, E.M., Porter, E.E. & Turner, J.R.G. (2003) Energy, Water, and Broad-Scale Geographic Patterns of Species Richness. *Ecology*, **84**, 3105–3117.
- Hemachandra, I.I., Edirisinghe, J.P., Karunaratne, W.A.I.P., Gunatilleke, C.V.S. & Fernando, R.H.S.S. (2014) Diversity and distribution of termite assemblages in montane forests in the Knuckles Region, Sri Lanka. *International Journal of Tropical Insect Science*, **34**, 41–52.
- Hubbell, S.P. (2005) Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional Ecology*, **19**, 166–172.
- Inoue, T., Takematsu, Y., Yamada, A., Hongoh, Y., Johjima, T., Moriya, S., Sornnuwat, Y., Vongkaluang, C., Ohkuma, M. & Kudo, T. (2006) Diversity and abundance of termites along an altitudinal gradient in Khao Kitchagoot National Park, Thailand. *Journal of Tropical Ecology*, **22**, 609–612.
- Isra, D., Luc, D., Missoup, A.D., Jef, D., Linda, V.E., Wouter, D., Dries, B. & Frederik, H. (2008) Spatial scales affecting termite diversity in tropical lowland rainforest: a case study in southeast Cameroon. *African journal of ecology*, **46**, 5–18.
- Jari Oksanen, F. Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan McGlenn, Peter R. Minchin, R. B. O'Hara, Gavin L. Simpson, Peter Solymos, M. Henry H. Stevens, Eduard Szoecs & Helene Wagner (2017) vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-3.
- Jones, D.T. & Eggleton, P. (2011) *Global biogeography of termites: A compilation of sources. Biology of Termites: A Modern Synthesis*, pp. 477–498.
- Jones, D.T. & Eggleton, P. (2000) Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 191–203.
- Jones, D.T., Rahman, H., Bignell, D.E. & Prasetyo, A.H. (2010) Forests on ultramafic-derived soils in Borneo have very depauperate termite assemblages. *Journal of Tropical Ecology*, **26**, 103–114.
- K. W. Flessa & D. Jablonski (1995) Biogeography of recent marine bivalve molluscs and its implications for paleobiogeography and the geography of extinction: a progress report — University of Arizona.

- Kon, T.-W., Bong, C.F., King, J.H. & Leong, C.T. (2012) Biodiversity of termite (Insecta: Isoptera) in tropical peat land cultivated with oil palms. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, **15**, 108–120.
- Konaté, S. & Linsenmair, K.E. (2013) Changes in the termite assemblage across a sequence of land-use systems in the rural area around Lamto Reserve in central Côte d'Ivoire. *J Insect Conserv*, **17**, 1047–1057.
- Kozak, K.H. & Wiens, J.J. (2007) Climatic zonation drives latitudinal variation in speciation mechanisms. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **274**, 2995–3003.
- Li, Z.-Q., Ke, Y.-L., Zeng, W.-H., Zhang, S.-J. & Wu, W.-J. (2015) Response of Termite (Blattodea: Termitoidae) Assemblages to Lower Subtropical Forest Succession: A Case Study in Dinghushan Biosphere Reserve, China. *Environmental entomology*, **45**, 39–45.
- Lichstein, J.W. (2007) Multiple regression on distance matrices: a multivariate spatial analysis tool. *Plant Ecology*, **188**, 117–131.
- Mannion, P.D., Upchurch, P., Benson, R.B.J. & Goswami, A. (2014) The latitudinal biodiversity gradient through deep time. *Trends in Ecology & Evolution*, **29**, 42–50.
- Materu, C., Yarro, J., Nyundo, B. & Salaam, D.E. (2013) Termite (Isoptera) Assemblages in Rufiji District Tanzania. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*.
- McClain, C.R., Barry, J.P., Eernisse, D., Horton, T., Judge, J., Kakui, K., Mah, C. & Warén, A. (2016) Multiple processes generate productivity–diversity relationships in experimental wood-fall communities. *Ecology*, **97**, 885–898.
- Mittelbach, G.G., Schemske, D.W., Cornell, H.V., Allen, A.P., Brown, J.M., Bush, M.B., Harrison, S.P., Hurlbert, A.H., Knowlton, N., Lessios, H.A., McCain, C.M., McCune, A.R., McDade, L.A., McPeck, M.A., Near, T.J., Price, T.D., Ricklefs, R.E., Roy, K., Sax, D.F., Schluter, D., Sobel, J.M. & Turelli, M. (2007) Evolution and the latitudinal diversity gradient: speciation, extinction and biogeography. *Ecology Letters*, **10**, 315–331.
- Muvengwi, J., Mbiba, M., Ndagurwa, H.G.T., Nyamadzawo, G. & Nhokovedzo, P. (2017) Termite diversity along a land use intensification gradient in a semi-arid savanna. *Journal of Insect Conservation*, 1–12.

- N'Dri, A.B., Gignoux, J., Konaté, S., Dembélé, A. & Aïdara, D. (2011) Origin of trunk damage in West African savanna trees: the interaction of fire and termites. *Journal of tropical Ecology*, **27**, 269–278.
- Nduwarugira, D., Mpawenayo, B. & Roisin, Y. (2017) The role of high termitaria in the composition and structure of the termite assemblage in Miombo woodlands of southern Burundi. *Insect Conservation and Diversity*, **10**, 120–128.
- Neoh, K.-B., Bong, L.-J., Muhammad, A., Itoh, M., Kozan, O., Takematsu, Y. & Yoshimura, T. (2017) The effect of remnant forest on insect successional response in tropical fire-impacted peatland: A bi-taxa comparison. *PloS one*, **12**, e0174388.
- Neoh, K.-B., Bong, L.-J., Nguyen, M.T., Nguyen, V.T., Nguyen, H.Q., Itoh, M., Kozan, O. & Yoshimura, T. (2015) Termite diversity and complexity in Vietnamese agroecosystems along a gradient of increasing disturbance. *Journal of insect conservation*, **19**, 1129–1139.
- Olugbemi, B.O. (2013) TERMITE ASSEMBLAGES AND DECOMPOSITION OF TISSUE PAPER BAITS ALONG A GRADIENT OF LAND USE INTENSIFICATION IN OWENA, SOUTHWEST NIGERIA. *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH*, **11**, 223–235.
- Palin, O.F., Eggleton, P., Malhi, Y., Girardin, C.A., Rozas-Dávila, A. & Parr, C.L. (2011) Termite diversity along an Amazon–Andes elevation gradient, Peru. *Biotropica*, **43**, 100–107.
- de Paula, R.C., de Moraes Lima Silveira, R., da Rocha, M.M. & Izzo, T.J. (2016) The restoration of termite diversity in different reforested forests. *Agroforestry Systems*, **90**, 395–404.
- Pequeno, P. a. C.L., Baccaro, F.B., Souza, J.L.P. & Franklin, E. (2017) Ecology shapes metabolic and life history scalings in termites. *Ecological Entomology*, **42**, 115–124.
- PRIBADI, T., RAFFIUDIN, R. & Harahap, I.S. (2011) Termites community as environmental bioindicators in highlands: a case study in eastern slopes of Mount Slamet, Central Java. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, **12**.
- R Core Team (2017) A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

- Rafael Laffont, E. & PORCEL, E.A. (2007) Termite (Isoptera) diversity in pastures from the northeast of the province Corrientes, Argentina. *Revista Colombiana de Entomología*, **33**, 82–85.
- Reginaldo Constantino (2009) Laboratório de termitologia. *Laboratório de termitologia*.
- Reis, Y.T. & Canello, E.M. (2007) Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. *Iheringia. Série Zoologia*, **97**, 229–234.
- Robert J. Hijmans (2016) Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.5-8.
- Roger Bivand & Nicholas Lewin-Koh (2017) maptools: Tools for Reading and Handling Spatial Objects. R package version 0.9-2.
- Rohde, K. (1992) Latitudinal Gradients in Species Diversity: The Search for the Primary Cause. *Oikos*, **65**, 514–527.
- Roisin, Y., Dejean, A., Corbara, B., Orivel, J., Samaniego, M. & Leponce, M. (2006) Vertical stratification of the termite assemblage in a neotropical rainforest. *Oecologia*, **149**, 301–311.
- Roisin, Y. & Leponce, M. (2004) Characterizing termite assemblages in fragmented forests: A test case in the Argentinian Chaco. *Austral Ecology*, **29**, 637–646.
- Rosenzweig, M.L., Buzzard, V., Ii, J.D., Lehr, G., Mazumdar, N., Rasmussen, H.M., Simova, I., Trageser, S., Wernett, H. & Xu, J. (2013) Patterns in the diversity of the world's land vertebrate genera. *Evolutionary Ecology Research*, **15**, 869–882.
- Sales, M.J.D., Matos, W.C., dos Reis, Y.T. & Ribeiro, G.T. (2011) Frequência e riqueza de cupins em áreas de plantio de eucalipto no litoral norte da Bahia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **45**, 1351–1356.
- Shanbhag, R.R. & Sundararaj, R. (2013) Assemblages and species diversity of wood destroying termites in different land use systems in Western Ghat, India. *Journal of forestry research*, **24**, 361–364.
- Silva, A.P.T. da, Cunha, H.F. da, Ricardo, J.A.D.D. & Abot, A.R. (2015) termite species (isoptera) in eucalyptus culture under different irrigation management systems, in a region of transition from cerrado to pantanal in mato grosso do sul, brazil. *Revista Árvore*, **39**, 137–146.

- Šímová, I. & Storch, D. (2017) The enigma of terrestrial primary productivity: measurements, models, scales and the diversity–productivity relationship - Šímová - 2016 - Ecography - Wiley Online Library.
- Šímová, I., Storch, D., Keil, P., Boyle, B., Phillips, O.L. & Enquist, B.J. (2011) Global species–energy relationship in forest plots: role of abundance, temperature and species climatic tolerances. *Global Ecology and Biogeography*, **20**, 842–856.
- Souza, J.L.P., Baccaro, F.B., Landeiro, V.L., Franklin, E., Magnusson, W.E., Pequeno, P.A.C.L. & Fernandes, I.O. (2016) Taxonomic sufficiency and indicator taxa reduce sampling costs and increase monitoring effectiveness for ants. *Diversity and Distributions*, **22**, 111–122.
- Storch, D. (2016) The theory of the nested species–area relationship: geometric foundations of biodiversity scaling. *Journal of Vegetation Science*, **27**, 880–891.
- Sunday, J.M., Pecl, G.T., Frusher, S., Hobday, A.J., Hill, N., Holbrook, N.J., Edgar, G.J., Stuart-Smith, R., Barrett, N., Wernberg, T., Watson, R.A., Smale, D.A., Fulton, E.A., Slawinski, D., Feng, M., Radford, B.T., Thompson, P.A. & Bates, A.E. (2015) Species traits and climate velocity explain geographic range shifts in an ocean-warming hotspot. *Ecology Letters*, **18**, 944–953.
- Sutton, S.L & Collins, N.M (1991) The Conservation of Insects and Their Habitats -
- Ténon, C., Jean-Pierre, B., Ahoua, Y. & Philippe, K.K. (2013) Asian Journal of Agriculture and Rural Development. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, **3**, 632–649.
- Terborgh, J. (1973) On the Notion of Favorableness in Plant Ecology. *The American Naturalist*, **107**, 481–501.
- Tilman, D. (1994) Competition and Biodiversity in Spatially Structured Habitats. *Ecology*, **75**, 2–16.
- Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T. & Lehman, C. (2001) Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science (New York, N.Y.)*, **294**, 843–845.
- Trabi, C.S., Soro, S., Yeboue, N.L., Konate, S. & Tano, Y. (2015) Effet de trois légumineuses de couverture sur l'assemblage des termites (Isoptera: Termitidae) dans les jachères au Centre Ouest de Côte d'Ivoire (Oumé). *Agronomie Africaine*, **27**, 257–268.

- Traore, M., Lompo, F., Ayuke, F., Ouattara, B., Ouattara, K. & Sedogo, M. (2012) Influence des pratiques agricoles sur la macrofaune du sol: cas de l'enfouissement de la paille et du fumier. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6**, 1761–1773.
- Turner, J.R.G., Gatehouse, C.M. & Corey, C.A. (1987) Does Solar Energy Control Organic Diversity? Butterflies, Moths and the British Climate. *Oikos*, **48**, 195–205.
- Van Quang, N., Huyen, N.H., Duyen, T.T.M., Van Hoan, N. & Van Hanh, T. (2014) *Data on species composition and distribution of termites (Insecta: Isoptera) in different habitats of Xuan Mai area, Hanoi. Proceedings of the 10th Pacific-Termite Research Group Conference*,.
- Varma, R.V. & Swaran, P.R. (2007) Diversity of termites in a young eucalypt plantation in the tropical forests of Kerala, India. *International Journal of Tropical Insect Science*, **27**, 95–101.
- Vasconcellos, A., Bandeira, A.G., Moura, F.M.S., Araújo, V.F.P., Gusmão, M.A.B. & Constantino, R. (2010) Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. *Journal of Arid Environments*, **74**, 298–302.
- Viana-Junior, A.B., Reis, Y.T., Costa, A.P.M. & Souza, V.B. (2014) Termite assemblages in dry tropical forests of Northeastern Brazil: Are termites bioindicators of environmental disturbances? *Sociobiology*, **61**, 324–331.
- Wallace, A.R. (1878) *Tropical nature, and other essays*, London, Macmillan and co.
- Weber, M.G., Mitko, L., Thomas Eltz & Ramírez, S. (2016) Macroevolution of perfume signalling in orchid bees. *Macroevolution of perfume signalling in orchid bees*.
- Wright, D.H. (1983) Species-Energy Theory: An Extension of Species-Area Theory. *Oikos*, **41**, 496–506.
- Zeidler, J., Hanrahan, S. & Scholes, M. (2004) Determining termite diversity in arid Namibian rangelands—a comparison of sampling methods. *African Zoology*, **39**, 285–292.
- Zhang, Y., Chen, H.Y.H. & Reich, P.B. (2012) Forest productivity increases with evenness, species richness and trait variation: a global meta-analysis. *Journal of Ecology*, **100**, 742–749.

- Allen, A.P. & Gillooly, J.F. (2006) Assessing latitudinal gradients in speciation rates and biodiversity at the global scale. *Ecology Letters*, **9**, 947–954.
- Allen, A.P. & Gillooly, J.F. (2009) Towards an integration of ecological stoichiometry and the metabolic theory of ecology to better understand nutrient cycling. *Ecology Letters*, **12**, 369–384.
- Belmaker, J. & Jetz, W. (2015) Relative roles of ecological and energetic constraints, diversification rates and region history on global species richness gradients. *Ecology Letters*, **18**, 563–571.
- Boucher-Lalonde, V., Kerr, J.T. & Currie, D.J. (2014) Does climate limit species richness by limiting individual species' ranges? *Proc. R. Soc. B*, **281**, 20132695.
- Bray, J.R. & Curtis, J.T. (1957) An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, **27**, 325–349.
- Bromham, L. & Cardillo, M. (2003) Testing the link between the latitudinal gradient in species richness and rates of molecular evolution. *Journal of Evolutionary Biology*, **16**, 200–207.
- Brown, J.H., Gillooly, J.F., Allen, A.P., Savage, V.M. & West, G.B. (2004) Toward a Metabolic Theory of Ecology. *Ecology*, **85**, 1771–1789.
- Canavero, A., Arim, M., Pérez, F., Jaksic, F.M. & Marquet, P.A. (2018) A metabolic view of amphibian local community structure: the role of activation energy. *Ecography*, **41**, 388–400.
- Cancello, E.M., Silva, R.R., Vasconcelos, A., Reis, Y.T. & Oliveira, L.M. (2014) Latitudinal variation in termite species richness and abundance along the Brazilian Atlantic forest hotspot. *Biotropica*, **46**, 441–450.
- Currie, D.J., Mittelbach, G.G., Cornell, H.V., Field, R., Guégan, J.-F., Hawkins, B.A., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Oberdorff, T., O'Brien, E. & Turner, J.R.G. (2004) Predictions and tests of climate-based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecology Letters*, **7**, 1121–1134.
- David Storch (2012) Biodiversity and Its Energetic and Thermal Controls.

- Davies, R.G., Eggleton, P., Jones, D.T., Gathorne-Hardy, F.J. & Hernández, L.M. (2003) Evolution of termite functional diversity: Analysis and synthesis of local ecological and regional influences on local species richness. *Journal of Biogeography*, **30**, 847–877.
- Evans, K.L., Warren, P.H. & Gaston, K.J. (2005) Species-energy relationships at the macroecological scale: a review of the mechanisms. *Biological Reviews*, **80**, 1–25.
- Gaston, K. & Blackburn, T. (2008) *Pattern and Process in Macroecology*, John Wiley & Sons.
- Gillooly, J.F., McCoy, M.W. & Allen, A.P. (2007) Effects of metabolic rate on protein evolution. *Biology Letters*, **3**, 655–660.
- Goslee, S.C. & Urban, D.L. (2007) the codist package for dissimilarity-based analysis of ecological data. *Journal of Statistical Software*.
- Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, **4**, 379–391.
- Hawkins, B.A. & Diniz-Filho, J.A. (2004) ‘Latitude’ and geographic patterns in species richness. *Ecography*, **27**, 268–272.
- Hawkins, B.A., Field, R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guégan, J.-F., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Mittelbach, G.G., Oberdorff, T., O’Brien, E.M., Porter, E.E. & Turner, J.R.G. (2003) Energy, Water, and Broad-Scale Geographic Patterns of Species Richness. *Ecology*, **84**, 3105–3117.
- Jari Oksanen, F. Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan McGlenn, Peter R. Minchin, R. B. O’Hara, Gavin L. Simpson, Peter Solymos, M. Henry H. Stevens, Eduard Szoecs & Helene Wagner (2017) *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-3.
- Jones, D.T. & Eggleton, P. (2000) Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 191–203.
- Lichstein, J.W. (2007) Multiple regression on distance matrices: a multivariate spatial analysis tool. *Plant Ecology*, **188**, 117–131.
- McClain, C.R., Barry, J.P., Eernisse, D., Horton, T., Judge, J., Kakui, K., Mah, C. & Warén, A. (2016) Multiple processes generate productivity–diversity relationships in experimental wood-fall communities. *Ecology*, **97**, 885–898.
- Mittelbach, G.G., Schemske, D.W., Cornell, H.V., Allen, A.P., Brown, J.M., Bush, M.B., Harrison, S.P., Hurlbert, A.H., Knowlton, N., Lessios, H.A., McCain, C.M., McCune,

- A.R., McDade, L.A., McPeck, M.A., Near, T.J., Price, T.D., Ricklefs, R.E., Roy, K., Sax, D.F., Schluter, D., Sobel, J.M. & Turelli, M. (2007) Evolution and the latitudinal diversity gradient: speciation, extinction and biogeography. *Ecology Letters*, **10**, 315–331.
- R Core Team (2017) A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reginaldo Constantino (2009) Laboratório de termitologia. *Laboratório de termitologia*.
- Robert E. Ricklefs & Fangliang He (2015) Region effects influence local tree species diversity | Proceedings of the National Academy of Sciences. *Region effects influence local tree species diversity | Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Robert J. Hijmans (2016) Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.5-8.
- Roger Bivand & Nicholas Lewin-Koh (2017) maptools: Tools for Reading and Handling Spatial Objects. R package version 0.9-2.
- Rosenzweig, M.L., Buzzard, V., Ii, J.D., Lehr, G., Mazumdar, N., Rasmussen, H.M., Simova, I., Trageser, S., Wernett, H. & Xu, J. (2013) Patterns in the diversity of the world's land vertebrate genera. *Evolutionary Ecology Research*, **15**, 869–882.
- Seoane, J., Laiolo, P. & Obeso, J.R. (2017) Abundance leads to more species, particularly in complex habitats: a test of the increased population size hypotheses in bird communities. *Journal of Biogeography*, **44**, 556–566.
- Šímová, I. & Storch, D. (2017) The enigma of terrestrial primary productivity: measurements, models, scales and the diversity–productivity relationship - Šímová - 2016 - Ecography - Wiley Online Library.
- Šímová, I., Storch, D., Keil, P., Boyle, B., Phillips, O.L. & Enquist, B.J. (2011) Global species–energy relationship in forest plots: role of abundance, temperature and species climatic tolerances. *Global Ecology and Biogeography*, **20**, 842–856.
- Souza, J.L.P., Baccaro, F.B., Landeiro, V.L., Franklin, E., Magnusson, W.E., Pequeno, P.A.C.L. & Fernandes, I.O. (2016) Taxonomic sufficiency and indicator taxa reduces sampling costs and increases monitoring effectiveness for ants. *Diversity and Distributions*, **22**, 111–122.

- Stephens, P.R. & Wiens, J.J. (2003) Explaining Species Richness from Continents to Communities: The Time for Speciation Effect in Emydid Turtles. *The American Naturalist*, **161**, 112–128.
- Sutton, S.L & Collins, N.M (1991) The Conservation of Insects and Their Habitats -.
- Terborgh, J. (1973) On the Notion of Favorableness in Plant Ecology. *The American Naturalist*, **107**, 481–501.
- Trabi, C.S., Soro, S., Yeboue, N.L., Konate, S. & Tano, Y. (2015) Effet de trois légumineuses de couvertures sur l'assemblage de termites (Isoptera: Termitidae) dans les jachères au Centre Ouest de Côte d'Ivoire (Oumé). *Agronomie Africaine*, **27**, 257–268.
- Wright, D.H. (1983) Species-Energy Theory: An Extension of Species-Area Theory. *Oikos*, **41**, 496–506.

Apêndice S1

1. Lista de artigos utilizados na compilação. Todos os artigos utilizaram o protocolo de amostragem padronizado de Jones e Eggleton 2000.

REFERÊNCIA	PAÍS
(NEOH <i>ET AL.</i> , 2015)	Vietnã
(VAN QUANG <i>ET AL.</i> , 2014)	Vietnã
(BELYAEVA & TIUNOV, 2010)	Vietnã
(SALES <i>ET AL.</i> , 2011)	Brasil *
(VIANA-JUNIOR <i>ET AL.</i> , 2014)	Brasil
(DIEHL <i>ET AL.</i> , 2014)	Brasil
(ALMEIDA <i>ET AL.</i> , 2016)	Brasil *
(REIS & CANCELLO, 2007)	Brasil *
(CARRIJO <i>ET AL.</i> , 2009)	Brasil *
(SILVA <i>ET AL.</i> , 2015)	Brasil *
(CANCELLO <i>ET AL.</i> , 2014)	Brasil *
(VASCONCELLOS <i>ET AL.</i> , 2010)	Brasil *
(AMARAL-CASTRO <i>ET AL.</i> , 2004)	Brasil
(DE PAULA <i>ET AL.</i> , 2016)	Brasil
(FLORENCIO & DIEHL, 2006)	Brasil
(ACKERMAN <i>ET AL.</i> , 2009)	Brasil
(PALIN <i>ET AL.</i> , 2011)	Peru
(ROISIN & LEPONCE, 2004)	Panamá
(ROISIN <i>ET AL.</i> , 2006)	Argentina
(RAFAEL LAFFONT & PORCEL, 2007)	Argentina
(GODOY <i>ET AL.</i> , 2012)	Argentina
(DOSSO <i>ET AL.</i> , 2012)	Costa do marfim
(ATTIGNON <i>ET AL.</i> , 2005)	Costa do Marfim
(DOSSO <i>ET AL.</i> , 2017)	Costa do Marfim
(KONATÉ & LINSENMAIR, 2013)	Costa do Marfim
(TÉNON <i>ET AL.</i> , 2013)	Costa do Marfim

(COULIBALY <i>ET AL.</i> , 2016)	Costa do Marfim
(TRABI <i>ET AL.</i> , 2015)	Costa do Marfim *
(N'DRI <i>ET AL.</i> , 2011)	Costa do Marfim
(EGGLETON <i>ET AL.</i> , 2002)	Congo
(BAKONDONGAMA <i>ET AL.</i> , 2016)	Congo
(GATHORNE-HARDY <i>ET AL.</i> , 2001)	Indonésia
(PRIBADI <i>ET AL.</i> , 2011)	Indonésia
(GATHORNE-HARDY <i>ET AL.</i> , 2006)	Indonésia
(NEOH <i>ET AL.</i> , 2017)	Indonésia
(VARMA & SWARAN, 2007)	Índia
(ANANTHARAJU <i>ET AL.</i> , 2014)	Índia
(SHANBHAG & SUNDARARAJ, 2013)	Índia
(INOUE <i>ET AL.</i> , 2006)	Tailândia
(DEBELO & DEGAGA, 2014)	Etiópia
(GBENYEDJI <i>ET AL.</i> , 2011)	Togo
(ISRA <i>ET AL.</i> , 2008)	Camarões
(KON <i>ET AL.</i> , 2012)	Malásia *
(DAVIES T. JONES & MARTIN J. D. BRENDLELL, 1998)	Malásia
(AIMAN HANIS <i>ET AL.</i> , 2014)	Malásia
(TRAORE <i>ET AL.</i> , 2012)	Burkina Faso
(MATERU <i>ET AL.</i> , 2013)	Tanzânia
(LI <i>ET AL.</i> , 2015)	China *
(FLORIAN <i>ET AL.</i> , 2017)	Colômbia
(OLUGBEMI, 2013)	Nigéria
(NDUWARUGIRA <i>ET AL.</i> , 2017)	Burundi
(HEMACHANDRA <i>ET AL.</i> , 2014)	Sri Lanka *
(JONES <i>ET AL.</i> , 2010)	Borneou
(ZEIDLER <i>ET AL.</i> , 2004)	Namíbia *
(DAVIES <i>ET AL.</i>, 2003B)	Guiana Francesa
(MUVENGWI <i>ET AL.</i> , 2017)	Zimbábue
(DAVIES <i>ET AL.</i>, 2003B)	África do sul *

Obs.: * Trabalhos que possuíam modificação no protocolo de coleta.

- Ackerman, I.L., Constantino, R., Gauch Jr., H.G., Lehmann, J., Riha, S.J. & Fernandes, E.C.M. (2009) Termite (Insecta: Isoptera) species composition in a primary rain forest and agroforests in central Amazonia. *Biotropica*, **41**, 226–233.
- Aiman Hanis, J., Abu Hassan, A., Nurita, A.T. & Che Salmah, M.R. (2014) Community structure of termites in a hill dipterocarp forest of Belum–Temengor Forest Complex, Malaysia: emergence of pest species. *Raffles Bulletin of Zoology*, **62**.
- Allen, A.P., Brown, J.H. & Gillooly, J.F. (2002) Global Biodiversity, Biochemical Kinetics, and the Energetic-Equivalence Rule. *Science*, **297**, 1545–1548.
- Allen, A.P. & Gillooly, J.F. (2006) Assessing latitudinal gradients in speciation rates and biodiversity at the global scale. *Ecology Letters*, **9**, 947–954.
- Allen, A.P. & Gillooly, J.F. (2007) The mechanistic basis of the metabolic theory of ecology. *Oikos*, **116**, 1073–1077.
- Almeida, C.S., Cristaldo, P.F., Florencio, D.F., Ribeiro, E.J.M., Cruz, N.G., Silva, E.A., Costa, D.A. & Araújo, A.P.A. (2016) The impact of edge effect on termite community (Blattodea: Isoptera) in fragments of Brazilian Atlantic Rainforest. *Brazilian Journal of Biology*, 0–0.
- Alroy, J., Marshall, C.R., Bambach, R.K., Bezusko, K., Foote, M., Fürsich, F.T., Hansen, T.A., Holland, S.M., Ivany, L.C., Jablonski, D., Jacobs, D.K., Jones, D.C., Kosnik, M.A., Lidgard, S., Low, S., Miller, A.I., Novack-Gottshall, P.M., Olszewski, T.D., Patzkowsky, M.E., Raup, D.M., Roy, K., Sepkoski, J.J., Sommers, M.G., Wagner, P.J. & Webber, A. (2001) Effects of sampling standardization on estimates of Phanerozoic marine diversification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **98**, 6261–6266.
- Amaral-Castro, N.R., Zanetti, R., Moraes, J.C., Zanuncio, J.C., Freitas, G.D. & Santos, M.S. (2004) Species of soil inhabiting termites (Insecta: Isoptera) collected in Eucalyptus plantations in the State of Minas Gerais, Brazil. *Sociobiology*, **44**, 717–725.
- Anantharaju, T., Kaur, G., Gajalakshmi, S. & Abbasi, S.A. (2014) Sampling and identification of termites in Northeastern Puducherry. *J Entomol Zool Studies*, **2**, 225–230.
- Attignon, S.E., Lachat, T., Sinsin, B., Nagel, P. & Peveling, R. (2005) Termite assemblages in a West-African semi-deciduous forest and teak plantations. *Agriculture, ecosystems & environment*, **110**, 318–326.
- Bakondongama, J., Danakibo, B.M., Juakaly, W.J.-L. & Malaisse, M.F. (2016) Biodiversity and abundance of termites in the Yoko Forestry Reserve (Kisangani, Democratic Republic of Congo). *Geo-Eco-Trop*, **40**, 133–144.
- Barnosky, A.D., Carrasco, M.A. & Davis, E.B. (2005) The Impact of the Species–Area Relationship on Estimates of Paleodiversity. *PLOS Biology*, **3**, e266.
- Belyaeva, N.V. & Tiunov, A.V. (2010) Termites (Isoptera) in forest ecosystems of Cat Tien National Park (Southern Vietnam). *Biology Bulletin*, **37**, 374–381.
- Boucher-Lalonde, V., Kerr, J.T. & Currie, D.J. (2014) Does climate limit species richness by limiting individual species' ranges? *Proc. R. Soc. B*, **281**, 20132695.
- Bray, J.R. & Curtis, J.T. (1957) An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, **27**, 325–349.

- Bromham, L. & Cardillo, M. (2003) Testing the link between the latitudinal gradient in species richness and rates of molecular evolution. *Journal of Evolutionary Biology*, **16**, 200–207.
- Brown, J.H., Gillooly, J.F., Allen, A.P., Savage, V.M. & West, G.B. (2004) Toward a Metabolic Theory of Ecology. *Ecology*, **85**, 1771–1789.
- Buckley, L.B., Davies, T.J., Ackerly, D.D., Kraft, N.J.B., Harrison, S.P., Anacker, B.L., Cornell, H.V., Damschen, E.I., Grytnes, J.-A., Hawkins, B.A., McCain, C.M., Stephens, P.R. & Wiens, J.J. (2010) Phylogeny, niche conservatism and the latitudinal diversity gradient in mammals. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **277**, 2131–2138.
- Canavero, A., Arim, M., Pérez, F., Jaksic, F.M. & Marquet, P.A. (2018) A metabolic view of amphibian local community structure: the role of activation energy. *Ecography*, **41**, 388–400.
- Cancello, E.M., Silva, R.R., Vasconcellos, A., Reis, Y.T. & Oliveira, L.M. (2014) Latitudinal variation in termite species richness and abundance along the Brazilian Atlantic forest hotspot. *Biotropica*, **46**, 441–450.
- Carrijo, T.F., Brandão, D., de Oliveira, D.E., Costa, D.A. & Santos, T. (2009) Effects of pasture implantation on the termite (Isoptera) fauna in the Central Brazilian Savanna (Cerrado). *Journal of Insect Conservation*, **13**, 575–581.
- Chown, S.L. & Gaston, K.J. (2000) Areas, cradles and museums: the latitudinal gradient in species richness. *Areas, cradles and museums: the latitudinal gradient in species richness*, **8**.
- Condamine, F.L., Felix A. H. Sperling, Niklas Wahlberg, Jean-Yves Rasplus & Gael J. Kergoat (2012) What causes latitudinal gradients in species diversity? Evolutionary processes and ecological constraints on swallowtail biodiversity. *What causes latitudinal gradients in species diversity? Evolutionary processes and ecological constraints on swallowtail biodiversity*.
- Coulibaly, T., Akpesse, A.A.M., Boga, J.-P., Yapi, A., Kouassi, K.P. & Roisin, Y. (2016) Change in termite communities along a chronosequence of mango tree orchards in the north of Côte d'Ivoire. *Journal of Insect Conservation*, **20**, 1011–1019.
- Crame, J.A. (2000) Evolution of taxonomic diversity gradients in the marine realm: evidence from the composition of Recent bivalve faunas. *Paleobiology*, **26**, 188–214.
- Currie, D.J., Mittelbach, G.G., Cornell, H.V., Field, R., Guégan, J.-F., Hawkins, B.A., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Oberdorff, T., O'Brien, E. & Turner, J.R.G. (2004) Predictions and tests of climate-based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecology Letters*, **7**, 1121–1134.
- Dambros, C.S., Morais, J.W., Azevedo, R.A. & Gotelli, N.J. (2017) Isolation by distance, not rivers, control the distribution of termite species in the Amazonian rain forest. *Ecography*, **40**, 1242–1250.
- David Storch (2012) Biodiversity and Its Energetic and Thermal Controls.
- Davies, R.G., Eggleton, P., Jones, D.T., Gathorne-Hardy, F.J. & Hernández, L.M. (2003a) Evolution of termite functional diversity: Analysis and synthesis of local ecological and regional influences on local species richness. *Journal of Biogeography*, **30**, 847–877.
- Davies, R.G., Hernández, L.M., Eggleton, P., Didham, R.K., Fagan, L.L. & Winchester, N.N. (2003b) Environmental and spatial influences upon species composition of a termite assemblage across neotropical forest islands. *Journal of Tropical Ecology*, **19**, 509–524.

- Davies T. Jones & Martin J. D. Brendell (1998) The termite (Insecta: Isoptera) fauna of Pasoh Forest Reserve, Malaysia. *ResearchGate*.
- Debelo, D.G. & Degaga, E.G. (2014) Termite species composition in the central rift valley of Ethiopia. *Agriculture and Biology Journal of North America*, **5**, 123–134.
- Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Huey, R.B., Sheldon, K.S., Ghalambor, C.K., Haak, D.C. & Martin, P.R. (2008) Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **105**, 6668–6672.
- Diehl, E., Diehl-Fleig, E., de Albuquerque, E.Z. & Junqueira, L.K. (2014) Richness of termites and ants in the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Sociobiology*, **61**, 145–154.
- Dosso, K., Roisin, Y., Tiho, S., Konaté, S. & Yéo, K. (2017) Short-term changes in the structure of termite assemblages associated with slash-and-burn agriculture in Côte d'Ivoire. *Biotropica*.
- Dosso, K., Yéo, K., Konaté, S. & Linsenmair, K.E. (2012) Importance of protected areas for biodiversity conservation in central Côte d'Ivoire: Comparison of termite assemblages between two neighboring areas under differing levels of disturbance. *Journal of insect science*, **12**, 131.
- Eggleton, P. (1994) Termites live in a pear-shaped world: a response to Platnick. *Journal of Natural History*, **28**, 1209–1212.
- Eggleton, P., Davies, R.G., Connetable, S., Bignell, D.E. & Rouland, C. (2002) The termites of the Mayombe Forest Reserve, Congo (Brazzaville): transect sampling reveals an extremely high diversity of ground-nesting soil feeders. *Journal of Natural History*, **36**, 1239–1246.
- Evans, K.L., Warren, P.H. & Gaston, K.J. (2005) Species-energy relationships at the macroecological scale: a review of the mechanisms. *Biological Reviews*, **80**, 1–25.
- Fine, P.V.A. (2015) Ecological and Evolutionary Drivers of Geographic Variation in Species Diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **46**, 369–392.
- Florencio, D.F. & Diehl, E. (2006) Termitofauna (Insecta, Isoptera) em Remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, **50**, 505–511.
- Florian, O.P.P., Baquero, L. & Beltran, M. (2017) Termite (Isoptera) Diversity in a Gallery Forests Relict in the Colombian Eastern Plains. *Sociobiology*, **64**, 92–100.
- Forrester, D.I. & Bauhus, J. (2016) A Review of Processes Behind Diversity—Productivity Relationships in Forests. *Current Forestry Reports*, **2**, 45–61.
- Francis, A.P. & Currie, D.J. (2003) A globally consistent richness-climate relationship for angiosperms. *The American Naturalist*, **161**, 523–536.
- Gaston, K. & Blackburn, T. (2008) *Pattern and Process in Macroecology*, John Wiley & Sons.
- GATHORNE-HARDY, F., Eggleton, P. & others (2001) The effects of altitude and rainfall on the composition of the termites (Isoptera) of the Leuser Ecosystem (Sumatra, Indonesia). *Journal of Tropical Ecology*, **17**, 379–393.
- Gathorne-Hardy, F.J., Syaukani & Inward, D.J.G. (2006) Recovery of termite (Isoptera) assemblage structure from shifting cultivation in Barito Ulu, Kalimantan, Indonesia. *Journal of Tropical Ecology*, **22**, 605–608.
- Gbenyedji, J.N.B.K., Kotoklo, E.A., Amevoin, K. & Glitho, I.A. (2011) Diversité spécifique des termites (Isoptera) dans deux plantations de tecks (*Tectona grandis* L.) au sud du Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **5**.

- Gillooly, J.F., McCoy, M.W. & Allen, A.P. (2007) Effects of metabolic rate on protein evolution. *Biology Letters*, **3**, 655–660.
- Godoy, M.C., Laffont, E.R., Coronel, J.M. & Etcheverry, C. (2012) Termite (Insecta, Isoptera) assemblage of a gallery forest relic from the Chaco province (Argentina): taxonomic and functional groups. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, **10**, 55–67.
- Goslee, S.C. & Urban, D.L. (2007) the ecodist package for dissimilarity-based analysis of ecological data. *Journal of Statistical*.
- Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, **4**, 379–391.
- Grace, J.B., Anderson, T.M., Seabloom, E.W., Borer, E.T., Adler, P.B., Harpole, W.S., Hautier, Y., Hillebrand, H., Lind, E.M., Pärtel, M., Bakker, J.D., Buckley, Y.M., Crawley, M.J., Damschen, E.I., Davies, K.F., Fay, P.A., Firn, J., Gruner, D.S., Hector, A., Knops, J.M.H., MacDougall, A.S., Melbourne, B.A., Morgan, J.W., Orrock, J.L., Prober, S.M. & Smith, M.D. (2016) Integrative modelling reveals mechanisms linking productivity and plant species richness. *Nature*, **529**, 390–393.
- Hawkins, B.A. & Felizola Diniz-Filho, J.A. (2004) ‘Latitude’ and geographic patterns in species richness. *Ecography*, **27**, 268–272.
- Hawkins, B.A., Field, R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guégan, J.-F., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Mittelbach, G.G., Oberdorff, T., O’Brien, E.M., Porter, E.E. & Turner, J.R.G. (2003) Energy, Water, and Broad-Scale Geographic Patterns of Species Richness. *Ecology*, **84**, 3105–3117.
- Hemachandra, I.I., Edirisinghe, J.P., Karunaratne, W.A.I.P., Gunatilleke, C.V.S. & Fernando, R.H.S.S. (2014) Diversity and distribution of termite assemblages in montane forests in the Knuckles Region, Sri Lanka. *International Journal of Tropical Insect Science*, **34**, 41–52.
- Hubbell, S.P. (2005) Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional Ecology*, **19**, 166–172.
- Inoue, T., Takematsu, Y., Yamada, A., Hongoh, Y., Johjima, T., Moriya, S., Sornnuwat, Y., Vongkaluang, C., Ohkuma, M. & Kudo, T. (2006) Diversity and abundance of termites along an altitudinal gradient in Khao Kitchagoot National Park, Thailand. *Journal of Tropical Ecology*, **22**, 609–612.
- Isra, D., Luc, D., Missoup, A.D., Jef, D., Linda, V.E., Wouter, D., Dries, B. & Frederik, H. (2008) Spatial scales affecting termite diversity in tropical lowland rainforest: a case study in southeast Cameroon. *African journal of ecology*, **46**, 5–18.
- Jari Oksanen, F. Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan McGlinn, Peter R. Minchin, R. B. O’Hara, Gavin L. Simpson, Peter Solymos, M. Henry H. Stevens, Eduard Szoecs & Helene Wagner (2017) vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-3.
- Jones, D.T. & Eggleton, P. (2011) *Global biogeography of termites: A compilation of sources. Biology of Termites: A Modern Synthesis*, pp. 477–498.
- Jones, D.T. & Eggleton, P. (2000) Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 191–203.
- Jones, D.T., Rahman, H., Bignell, D.E. & Prasetyo, A.H. (2010) Forests on ultramafic-derived soils in Borneo have very depauperate termite assemblages. *Journal of Tropical Ecology*, **26**, 103–114.
- K. W. Flessa & D. Jablonski (1995) Biogeography of recent marine bivalve molluscs and its implications for paleobiogeography and the geography of extinction: a progress report — University of Arizona.

- Kon, T.-W., Bong, C.F., King, J.H. & Leong, C.T. (2012) Biodiversity of termite (Insecta: Isoptera) in tropical peat land cultivated with oil palms. *Pakistan journal of biological sciences: PJBBS*, **15**, 108–120.
- Konaté, S. & Linsenmair, K.E. (2013) Changes in the termite assemblage across a sequence of land-use systems in the rural area around Lamto Reserve in central Côte d'Ivoire. *J Insect Conserv*, **17**, 1047–1057.
- Kozak, K.H. & Wiens, J.J. (2007) Climatic zonation drives latitudinal variation in speciation mechanisms. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **274**, 2995–3003.
- Li, Z.-Q., Ke, Y.-L., Zeng, W.-H., Zhang, S.-J. & Wu, W.-J. (2015) Response of Termite (Blattodea: Termitoidae) Assemblages to Lower Subtropical Forest Succession: A Case Study in Dinghushan Biosphere Reserve, China. *Environmental entomology*, **45**, 39–45.
- Lichstein, J.W. (2007) Multiple regression on distance matrices: a multivariate spatial analysis tool. *Plant Ecology*, **188**, 117–131.
- Mannion, P.D., Upchurch, P., Benson, R.B.J. & Goswami, A. (2014) The latitudinal biodiversity gradient through deep time. *Trends in Ecology & Evolution*, **29**, 42–50.
- Materu, C., Yarro, J., Nyundo, B. & Salaam, D.E. (2013) Termite (Isoptera) Assemblages in Rufiji District Tanzania. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*.
- McClain, C.R., Barry, J.P., Eernisse, D., Horton, T., Judge, J., Kakui, K., Mah, C. & Warén, A. (2016) Multiple processes generate productivity–diversity relationships in experimental wood-fall communities. *Ecology*, **97**, 885–898.
- Mittelbach, G.G., Schemske, D.W., Cornell, H.V., Allen, A.P., Brown, J.M., Bush, M.B., Harrison, S.P., Hurlbert, A.H., Knowlton, N., Lessios, H.A., McCain, C.M., McCune, A.R., McDade, L.A., McPeck, M.A., Near, T.J., Price, T.D., Ricklefs, R.E., Roy, K., Sax, D.F., Schluter, D., Sobel, J.M. & Turelli, M. (2007) Evolution and the latitudinal diversity gradient: speciation, extinction and biogeography. *Ecology Letters*, **10**, 315–331.
- Muvengwi, J., Mbiba, M., Ndagurwa, H.G.T., Nyamadzawo, G. & Nhokovedzo, P. (2017) Termite diversity along a land use intensification gradient in a semi-arid savanna. *Journal of Insect Conservation*, 1–12.
- N'Dri, A.B., Gignoux, J., Konaté, S., Dembélé, A. & Aïdara, D. (2011) Origin of trunk damage in West African savanna trees: the interaction of fire and termites. *Journal of tropical Ecology*, **27**, 269–278.
- Nduwarugira, D., Mpawenayo, B. & Roisin, Y. (2017) The role of high termitaria in the composition and structure of the termite assemblage in Miombo woodlands of southern Burundi. *Insect Conservation and Diversity*, **10**, 120–128.
- Neoh, K.-B., Bong, L.-J., Muhammad, A., Itoh, M., Kozan, O., Takematsu, Y. & Yoshimura, T. (2017) The effect of remnant forest on insect successional response in tropical fire-impacted peatland: A bi-taxa comparison. *PloS one*, **12**, e0174388.
- Neoh, K.-B., Bong, L.-J., Nguyen, M.T., Nguyen, V.T., Nguyen, H.Q., Itoh, M., Kozan, O. & Yoshimura, T. (2015) Termite diversity and complexity in Vietnamese agroecosystems along a gradient of increasing disturbance. *Journal of insect conservation*, **19**, 1129–1139.
- Olugbemi, B.O. (2013) TERMITE ASSEMBLAGES AND DECOMPOSITION OF TISSUE PAPER BAITS ALONG A GRADIENT OF LAND USE INTENSIFICATION IN OWENA, SOUTHWEST NIGERIA. *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH*, **11**, 223–235.

- Palin, O.F., Eggleton, P., Malhi, Y., Girardin, C.A., Rozas-Dávila, A. & Parr, C.L. (2011) Termite diversity along an Amazon–Andes elevation gradient, Peru. *Biotropica*, **43**, 100–107.
- de Paula, R.C., de Moraes Lima Silveira, R., da Rocha, M.M. & Izzo, T.J. (2016) The restoration of termite diversity in different reforested forests. *Agroforestry Systems*, **90**, 395–404.
- Pequeno, P. a. C.L., Baccaro, F.B., Souza, J.L.P. & Franklin, E. (2017) Ecology shapes metabolic and life history scalings in termites. *Ecological Entomology*, **42**, 115–124.
- PRIBADI, T., RAFFIUDIN, R. & Harahap, I.S. (2011) Termites community as environmental bioindicators in highlands: a case study in eastern slopes of Mount Slamet, Central Java. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, **12**.
- R Core Team (2017) A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rafael Laffont, E. & PORCEL, E.A. (2007) Termite (Isoptera) diversity in pastures from the northeast of the province Corrientes, Argentina. *Revista Colombiana de Entomología*, **33**, 82–85.
- Reginaldo Constantino (2009) Laboratório de termitologia. *Laboratório de termitologia*.
- Reis, Y.T. & Canello, E.M. (2007) Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. *Iheringia. Série Zoologia*, **97**, 229–234.
- Robert J. Hijmans (2016) Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.5-8.
- Roger Bivand & Nicholas Lewin-Koh (2017) maptools: Tools for Reading and Handling Spatial Objects. R package version 0.9-2.
- Rohde, K. (1992) Latitudinal Gradients in Species Diversity: The Search for the Primary Cause. *Oikos*, **65**, 514–527.
- Roisin, Y., Dejean, A., Corbara, B., Orivel, J., Samaniego, M. & Leponce, M. (2006) Vertical stratification of the termite assemblage in a neotropical rainforest. *Oecologia*, **149**, 301–311.
- Roisin, Y. & Leponce, M. (2004) Characterizing termite assemblages in fragmented forests: A test case in the Argentinian Chaco. *Austral Ecology*, **29**, 637–646.
- Rosenzweig, M.L., Buzzard, V., Ii, J.D., Lehr, G., Mazumdar, N., Rasmussen, H.M., Simova, I., Trageser, S., Wernett, H. & Xu, J. (2013) Patterns in the diversity of the world's land vertebrate genera. *Evolutionary Ecology Research*, **15**, 869–882.
- Sales, M.J.D., Matos, W.C., dos Reis, Y.T. & Ribeiro, G.T. (2011) Frequência e riqueza de cupins em áreas de plantio de eucalipto no litoral norte da Bahia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **45**, 1351–1356.
- Shanbhag, R.R. & Sundararaj, R. (2013) Assemblages and species diversity of wood destroying termites in different land use systems in Western Ghat, India. *Journal of forestry research*, **24**, 361–364.
- Silva, A.P.T. da, Cunha, H.F. da, Ricardo, J.A.D.D. & Abot, A.R. (2015) TERMITE SPECIES (ISOPTERA) IN EUCALYPTUS CULTURE UNDER DIFFERENT IRRIGATION MANAGEMENT SYSTEMS, IN A REGION OF TRANSITION FROM CERRADO TO PANTANAL IN MATO GROSSO DO SUL, BRAZIL. *Revista Árvore*, **39**, 137–146.
- Šímová, I. & Storch, D. (2017) The enigma of terrestrial primary productivity: measurements, models, scales and the diversity–productivity relationship - Šímová - 2016 - Ecography - Wiley Online Library.

- Šímová, I., Storch, D., Keil, P., Boyle, B., Phillips, O.L. & Enquist, B.J. (2011) Global species–energy relationship in forest plots: role of abundance, temperature and species climatic tolerances. *Global Ecology and Biogeography*, **20**, 842–856.
- Souza, J.L.P., Baccaro, F.B., Landeiro, V.L., Franklin, E., Magnusson, W.E., Pequeno, P.A.C.L. & Fernandes, I.O. (2016) Taxonomic sufficiency and indicator taxa reduce sampling costs and increase monitoring effectiveness for ants. *Diversity and Distributions*, **22**, 111–122.
- Storch, D. (2016) The theory of the nested species–area relationship: geometric foundations of biodiversity scaling. *Journal of Vegetation Science*, **27**, 880–891.
- Sunday, J.M., Pecl, G.T., Frusher, S., Hobday, A.J., Hill, N., Holbrook, N.J., Edgar, G.J., Stuart-Smith, R., Barrett, N., Wernberg, T., Watson, R.A., Smale, D.A., Fulton, E.A., Slawinski, D., Feng, M., Radford, B.T., Thompson, P.A. & Bates, A.E. (2015) Species traits and climate velocity explain geographic range shifts in an ocean-warming hotspot. *Ecology Letters*, **18**, 944–953.
- Sutton, S.L & Collins, N.M (1991) The Conservation of Insects and Their Habitats -.
- Ténon, C., Jean-Pierre, B., Ahoua, Y. & Philippe, K.K. (2013) Asian Journal of Agriculture and Rural Development. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, **3**, 632–649.
- Terborgh, J. (1973) On the Notion of Favorableness in Plant Ecology. *The American Naturalist*, **107**, 481–501.
- Tilman, D. (1994) Competition and Biodiversity in Spatially Structured Habitats. *Ecology*, **75**, 2–16.
- Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T. & Lehman, C. (2001) Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science (New York, N.Y.)*, **294**, 843–845.
- Trabi, C.S., Soro, S., Yeboue, N.L., Konate, S. & Tano, Y. (2015) Effet de trois légumineuses de couverture sur l’assemblage des termites (Isoptera: Termitidae) dans les jachères au Centre Ouest de Côte d’Ivoire (Oumé). *Agronomie Africaine*, **27**, 257–268.
- Traore, M., Lompo, F., Ayuke, F., Ouattara, B., Ouattara, K. & Sedogo, M. (2012) Influence des pratiques agricoles sur la macrofaune du sol: cas de l’enfouissement de la paille et du fumier. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6**, 1761–1773.
- Turner, J.R.G., Gatehouse, C.M. & Corey, C.A. (1987) Does Solar Energy Control Organic Diversity? Butterflies, Moths and the British Climate. *Oikos*, **48**, 195–205.
- Van Quang, N., Huyen, N.H., Duyen, T.T.M., Van Hoan, N. & Van Hanh, T. (2014) *Data on species composition and distribution of termites (Insecta: Isoptera) in different habitats of Xuan Mai area, Hanoi. Proceedings of the 10th Pacific-Termite Research Group Conference.*
- Varma, R.V. & Swaran, P.R. (2007) Diversity of termites in a young eucalypt plantation in the tropical forests of Kerala, India. *International Journal of Tropical Insect Science*, **27**, 95–101.
- Vasconcellos, A., Bandeira, A.G., Moura, F.M.S., Araújo, V.F.P., Gusmão, M.A.B. & Constantino, R. (2010) Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. *Journal of Arid Environments*, **74**, 298–302.
- Viana-Junior, A.B., Reis, Y.T., Costa, A.P.M. & Souza, V.B. (2014) Termite assemblages in dry tropical forests of Northeastern Brazil: Are termites bioindicators of environmental disturbances? *Sociobiology*, **61**, 324–331.
- Wallace, A.R. (1878) *Tropical nature, and other essays*, London, Macmillan and co.

- Weber, M.G., Mitko, L., Thomas Eltz & Ramírez, S. (2016) Macroevolution of perfume signalling in orchid bees. *Macroevolution of perfume signalling in orchid bees*.
- Wright, D.H. (1983) Species-Energy Theory: An Extension of Species-Area Theory. *Oikos*, **41**, 496–506.
- Zeidler, J., Hanrahan, S. & Scholes, M. (2004) Determining termite diversity in arid Namibian rangelands—a comparison of sampling methods. *African Zoology*, **39**, 285–292.
- Zhang, Y., Chen, H.Y.H. & Reich, P.B. (2012) Forest productivity increases with evenness, species richness and trait variation: a global meta-analysis. *Journal of Ecology*, **100**, 742–749.

2. Lista de espécies e os 458 sítios de coleta utilizados na compilação.

Disponível em <https://figshare.com/s/c61fabde9bcd3d6039dd>, sob o nome “Tabela de compilação global dos artigos que utilizaram o protocolo de Jones e Eggleton” e licença CC-BY 3.0 (livre para uso, modificação e distribuição).

2.1. Abreviações

X.12 até X.1 = Identificador único de cada espécie para as análises.

Id = Identificador para cada espécie.

Family = Família zoológica.

Subfamily = Subfamilias zoológicas.

Genus = Gênero zoológico.

Sp = Espécie zoológica.

Abundance = Abundância de cupins encontrada em cada colônia (quando disponível)

Occ = Dados de ocorrência de cada espécie em cada seção

Site = Sítios de coleta totalizando 458.

Country = País

City = Cidade