

## UHE SANTO ANTÔNIO

### PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE FAUNA

#### SUBPROGRAMA CONSERVAÇÃO DA ENTOMOFAUNA:

#### CUPINS

São Paulo  
Agosto 2012

## ÍNDICE GERAL

1. APRESENTAÇÃO .....	1
2. INTRODUÇÃO .....	1
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	2
3.1. PONTOS DE AMOSTRAGEM .....	2
3.2. MÉTODOS DE AMOSTRAGEM.....	6
3.3. ANÁLISE DOS DADOS .....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4.1. COMPOSIÇÃO FAUNÍSTICA .....	10
4.2. DIVERSIDADE E ESFORÇO AMOSTRAL .....	26
4.3. DISSIMILARIDADE ENTRE MÓDULOS E ESPÉCIES INDICADORAS .....	39
4.4. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS .....	41
4.5. ANÁLISE MOLECULAR DAS POPULAÇÕES DE <i>HETEROTERMES TENUIS</i> E DIVERSIDADE CRÍPTICA DE CUPINS NO ALTO MADEIRA .....	58
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
6. EQUIPE TÉCNICA.....	67
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68

## 1. APRESENTAÇÃO

O Subprograma de “Monitoramento da Entomofauna nas Áreas de Influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO” é parte integrante das condicionantes ambientais exigidas para a instalação do referido empreendimento (Processo IBAMA 02001.000508/2008-99). O presente Subprograma está inserido no Programa de Conservação de Fauna, conforme estabelecido no PBA (Plano Básico Ambiental) da UHE Santo Antônio que subsidiou a solicitação da Licença de Instalação junto ao IBAMA e contempla sete grupos de insetos: abelhas euglossíneas, besouros copronecrófagos, borboletas, cupins, formigas, gafanhotos e insetos aquáticos. De acordo com o PBA, o Monitoramento da Entomofauna, nesta fase teve duração de dois anos e as amostragens foram trimestrais. Aqui são apresentados os dados referentes às oito campanhas de monitoramento de cupins, realizadas entre setembro de 2010 e junho de 2012.

## 2. INTRODUÇÃO

Os cupins (Isoptera) são insetos ortopteróides e hemimetábolos. Todas as espécies de cupins são eusociais, isto é, apresentam divisão reprodutiva do trabalho, sobreposição de gerações e cuidado cooperativo com a prole (Wilson, 1971). Mais conhecidos como pragas de madeira e outros materiais celulósicos, os cupins desempenham importantes papéis no ecossistema, como o de super-decompositores e auxiliares no balanço carbono-nitrogênio (Higashi & Abe, 1997). Além disso, esses insetos participam do processo de ciclagem de nutrientes, formação e aeração do solo, sendo considerados como “engenheiros de ecossistema” (Lavelle *et al.*, 1997; Lawton, 1994).

Os cupins estão entre os artrópodes mais abundantes de solo nos ecossistemas tropicais (Black & Okwakol, 1997; Davies *et al.*, 1999; Okwakol, 2000). Tais insetos representam cerca de 10% da biomassa animal dos trópicos (Eggleton & Bignell, 1995), sendo que há estimativas de que podem corresponder a até 20% da biomassa animal em algumas áreas da Amazônia (Martius, 1994). Das 2.869 espécies conhecidas em todo o mundo, mais de 545 ocorrem na Região Neotropical (Constantino, 2011). Na Amazônia, a fauna de cupins ainda é pouco conhecida e trabalhos nas últimas três décadas mostram que novas espécies estão constantemente sendo encontradas e descritas, a saber: na década de 80, Fontes (1983) registrou um total de 67 espécies para esse bioma; já na década de 90, Constantino & Cancellato (1992) elevaram esse número para 145 e, hoje, já são conhecidas mais de 238 espécies que ocorrem na Amazônia legal brasileira (Constantino & Acioli, 2006).

As espécies de cupins podem responder de diferentes formas aos diversos tipos de impactos humanos causados em áreas naturais. Algumas espécies, por exemplo, são mais suscetíveis a determinados impactos do que outras (Ackerman *et al.*, 2009). Espécies humívoras, por exemplo, são mais suscetíveis a desmatamentos e implantação de culturas agrícolas, tendo uma diminuição tanto em número de espécies quanto em abundância (DeSouza & Brown, 1994; Eggleton *et al.*, 1997, 2002; Bandeira & Vasconcellos, 2002). Por outro lado, quando há implementação de pastagens, espécies xilófagas geralmente são as mais afetadas (Brandão & Sousa, 1998; Carrijo *et al.*, 2009). Outra resposta a distúrbios que pode ocorrer, é que algumas espécies podem passar a ter sua abundância aumentada drasticamente, podendo até ser classificada como praga para os seres humanos (Constantino, 2002).

Diante do exposto, o monitoramento de cupins nas áreas de influência da UHE tem como objetivo principal avaliar as respostas dos possíveis impactos provocados pelo empreendimento, principalmente em função do desmatamento e da formação do lago. Além disso, as informações obtidas nesta primeira fase (setembro de 2010 a junho de 2012) permitem o entendimento da estruturação da taxocenose de cupins, possibilitando a análise das eventuais respostas (inclusive a possibilidade de se tornarem pragas) e, também, a geração de informações biológicas básicas, até então desconhecidas para o grupo na região Amazônica. Nesse sentido, é possível traçar estratégias de gerenciamento e conservação da biodiversidade, de forma a mitigar as perdas ambientais.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Pontos de Amostragem

Nas oito campanhas realizadas foi amostrado um dos dois transectos pertencentes a seis dos sete módulos nas áreas de influência da UHE Santo Antônio Energia, a saber: i) Ilha do Búfalo; ii) Ilha da Pedra; iii) Jirau - ME; iv) Jaci-Paraná – MD; v) Morrinhos e vi) Teotônio, no município de Porto Velho, Rondônia. Tal desenho amostral foi determinado em conjunto pelo IBAMA, SAE e Probiota, conforme proposta de adequação apresentada em fevereiro de 2010 ao IBAMA.

As amostragens de cupins durante a primeira campanha foram realizadas entre os dias 12 e 22 de setembro de 2010, na segunda campanha entre os dias 7 e 20 de janeiro de 2011, na terceira campanha entre os dias 30 de março e 13 de abril de 2011, na quarta campanha entre os dias 1 e 14 de junho de 2011, na quinta entre os dias 2 e 10 de setembro de 2011, na sexta entre os dias 19 e 28 de novembro de 2011, na sétima entre os

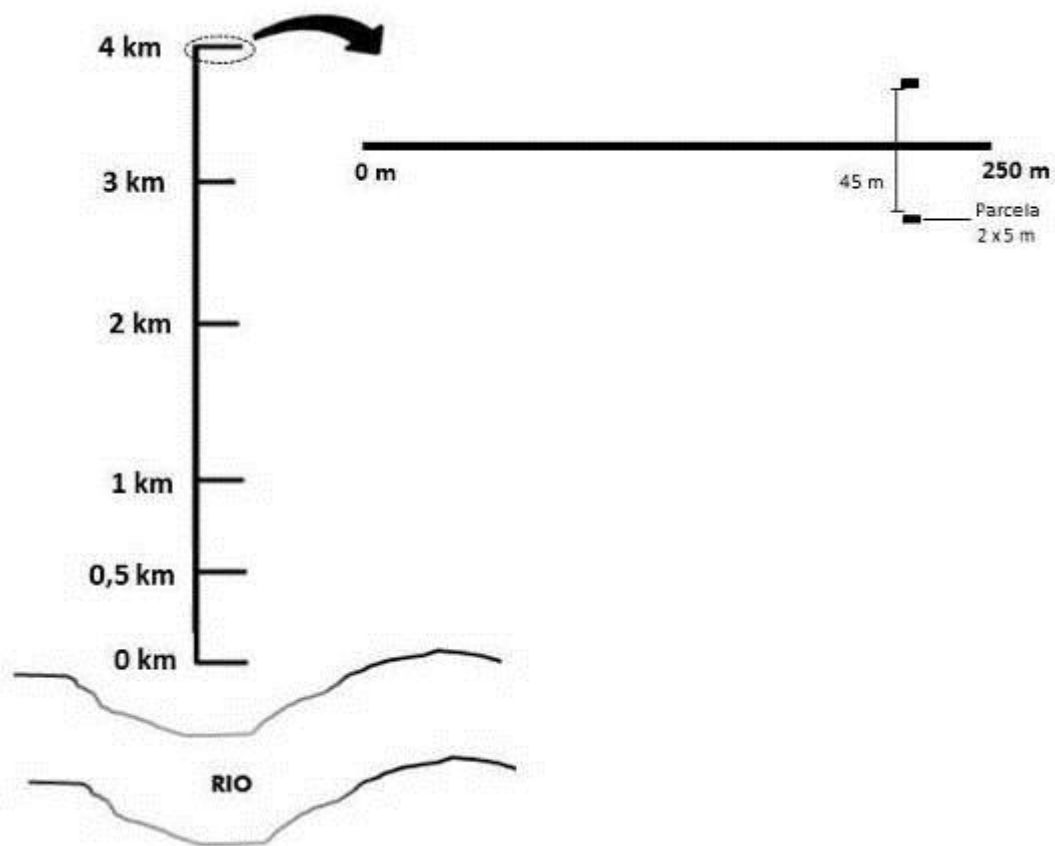
dias 1 e 10 de março de 2012 e, por fim, a oitava entre os dias 1 e 10 de junho de 2012. Cabe salientar que: i) na terceira, sexta, sétima e oitava campanhas não foi possível a realizar de amostragem no módulo Morrinhos em virtude da inundação da área; ii) na quinta campanha, durante etapa de desmatamento não foi possível realizar a amostragem do módulo Teotônio; iii) na quinta, sexta, sétima e oitava campanhas, o módulo Jirau - ME não foi amostrado, uma vez que o mesmo passou a ser de responsabilidade da empresa ESBR – Energia Sustentável do Brasil (empreendimento UHE Jirau).

Cada módulo é formado por dois transectos de 5 km e cada transecto por sete parcelas de 250 x 45 m (0 km, 0,5 km, 1 km, 2 km, 3 km, 4 km e 5 km). Para este estudo foi utilizado um dos dois transectos e as primeiras seis parcelas (Figura 1). Informações sobre o transecto amostrado e localização dos pontos amostrais estão disponíveis na Tabela 1.

**Tabela 1.** Localização dos pontos amostrais de cupins e data em que foram amostrados durante a 1ª campanha (12 a 22 de setembro de 2010), 2ª campanha (7 a 20 de janeiro de 2011), 3ª campanha (30 de março a 13 de abril de 2011), 4ª campanha (1º a 14 de Junho), 5ª campanha (2 a 10 de setembro), 6ª campanha (19 a 28 de novembro), 7ª campanha (1 a 10 de março) e 8ª campanha (1 a 10 de junho) realizadas nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO.

Módulo	Transecto/ Ponto/ Parcela	Coord. UTM (X)	Coord. UTM (Y)	Data 1ª CP	Data 2ª CP	Data 3ª CP	Data 4ª CP	Data 5ª CP	Data 6ª CP	Data 7ª CP	Data 8ª CP
Ilha do Búfalo (IB)	T2/0/P1	334967	8988015	13/09/2010	15/1/2011	02/04/2011	10/06/2011	06/09/2011	20/11/2011	03/03/12	03/06/12
	T2/500/P2	335307	8988404	13/09/2010	14/1/2011	02/04/2011	08/06/2011	06/09/2011	20/11/2011	01/03/12	03/06/12
	T2/1000/P3	335582	8988753	13/09/2010	14/1/2011	01/04/2011	08/06/2011	04/09/2011	19/11/2011	01/03/12	03/06/12
	T2/2000/P4	336332	8989521	12/09/2010	14/1/2011	01/04/2011	08/06/2011	04/09/2011	19/11/2011	01/03/12	02/06/12
	T2/3000/P5	336964	8990336	12/09/2010	14/1/2011	01/04/2011	08/06/2011	04/09/2011	19/11/2011	01/03/12	02/06/12
	T2/4000/P6	337699	8991071	12/09/2010	14/1/2011	01/04/2011	08/06/2011	04/09/2011	19/11/2011	01/03/12	02/06/12
Ilha da Pedra (IP)	T2/0/P1	323016	8985209	15/09/2010	17/1/2011	31/03/2011	10/06/2011	07/09/2011	22/11/2011	-	-
	T2/550/P2	322669	8985636	15/09/2010	16/1/2011	31/03/2011	10/06/2011	07/09/2011	21/11/2011	02/03/12	01/06/12
	T2/990/P3	322373	8985957	14/09/2010	16/1/2011	31/03/2011	10/06/2011	05/09/2011	21/11/2011	02/03/12	01/06/12
	T2/1885/P4	321877	8986754	14/09/2010	16/1/2011	30/03/2011	09/06/2011	05/09/2011	21/11/2011	02/03/12	01/06/12
	T2/3000/P5	321325	8987675	14/09/2010	16/1/2011	30/03/2011	09/06/2011	05/09/2011	21/11/2011	02/03/12	01/06/12
	T2/4000/P6	320818	8988536	14/09/2010	16/1/2011	30/03/2011	09/06/2011	05/09/2011	21/11/2011	02/03/12	01/06/12
Jirau ME (JI)	T2/0/P1	311182	8970098	18/09/2010	10/1/2011	12/04/2011	04/06/2011	-	-	-	-
	T2/500/P2	310831	8970473	18/09/2010	10/1/2011	12/04/2011	04/06/2011	-	-	-	-
	T2/1000/P3	310485	8970820	17/09/2010	10/1/2011	11/04/2011	03/06/2011	-	-	-	-
	T2/2000/P4	309787	8971554	17/09/2010	09/1/2011	11/04/2011	03/06/2011	-	-	-	-
	T2/3000/P5	309067	8972272	17/09/2010	09/1/2011	11/04/2011	03/06/2011	-	-	-	-
	T2/4000/P6	308380	8972955	17/09/2010	09/1/2011	11/04/2011	03/06/2011	-	-	-	-

Módulo	Transecto/ Ponto/ Parcela	Coord. UTM (X)	Coord. UTM (Y)	Data 1ª CP	Data 2ª CP	Data 3ª CP	Data 4ª CP	Data 5ª CP	Data 6ª CP	Data 7ª CP	Data 8ª CP
Jací-Paraná MD (JP)	T2/0/P1	346904	8954694	21/09/2010	13/1/2011	09/04/2011	14/06/2011	10/09/2011	25/11/2011	07/03/12	07/06/12
	T2/500/P2	347396	8954804	20/09/2010	13/1/2011	09/04/2011	14/06/2011	10/09/2011	25/11/2011	07/03/12	06/06/12
	T2/1050/P3	347940	8954868	20/09/2010	12/1/2011	08/04/2011	14/06/2011	09/09/2011	24/11/2011	06/03/12	06/06/12
	T2/2050/P4	348933	8954964	20/09/2010	12/1/2011	08/04/2011	13/06/2011	09/09/2011	24/11/2011	06/03/12	06/06/12
	T2/3000/P5	349875	8955078	20/09/2010	12/1/2011	08/04/2011	13/06/2011	09/09/2011	24/11/2011	06/03/12	06/06/12
	T2/4100/P6	350943	8955206	20/09/2010	12/1/2011	08/04/2011	13/06/2011	09/09/2011	24/11/2011	06/03/12	06/06/12
Morrinhos (MO)	T1/53/P1	362153	9002634	16/09/2010	07/1/2011	-	06/06/2011	03/09/2011	-	-	-
	T1/500/P2	362267	9002200	16/09/2010	07/1/2011	-	06/06/2011	03/09/2011	-	-	-
	T1/950/P3	362372	9001745	16/09/2010	07/1/2011	-	06/06/2011	02/09/2011	-	-	-
	T1/2000/P4	362610	9001664	19/09/2010	07/1/2011	-	05/06/2011	02/09/2011	-	-	-
	T1/3000/P5	362810	8999736	19/09/2010	08/1/2011	-	05/06/2011	02/09/2011	-	-	-
	T1/4000/P6	363064	8998750	19/09/2010	08/1/2011	-	05/06/2011	02/09/2011	-	-	-
Teotônio (TE)	T2/10/P1	383193	9022531	22/09/2010	20/1/2011	06/04/2011	01/06/2011	-	28/11/2011	09/03/12	09/06/12
	T2/500/P2	382824	9022865	22/09/2010	19/1/2011	06/04/2011	01/06/2011	-	28/11/2011	09/03/12	09/06/12
	T2/1000/P3	382471	9023187	22/09/2010	19/1/2011	05/04/2011	02/06/2011	-	-	-	-
	T2/2000/P4	381719	9023885	22/09/2010	19/1/2011	05/04/2011	01/06/2011	-	27/11/2011	10/03/12	10/06/12
	T2/3000/P5	380983	9024570	22/09/2010	19/1/2011	05/04/2011	01/06/2011	-	27/11/2011	10/03/12	10/06/12
	T2/4000/P6	380252	9025236	-	19/1/2011	05/04/2011	01/06/2011	-	-	09/03/12	09/06/12
	T2/5000/P7	379516	9025906	22/09/2010	-	-	-	-	-	-	-



**Figura 1.** Desenho amostral de um módulo para amostragem de cupins nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO.



### 3.2. Métodos de Amostragem

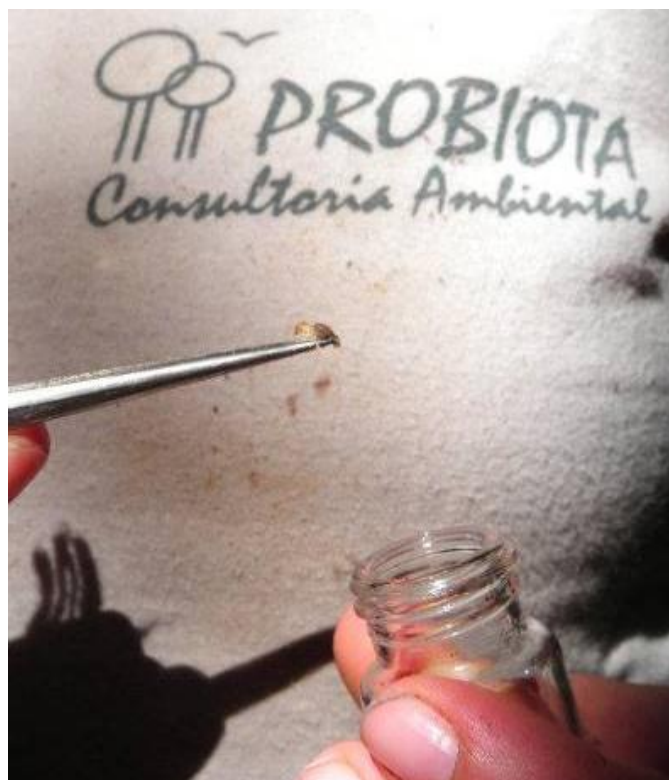
Foi adotado para cupins o protocolo de coleta por tempo em parcelas (neste relatório chamadas de subparcelas) por sua eficiência já avaliada em diversos levantamentos e, também, para permitir comparações com outros trabalhos que estão aplicando a mesma metodologia no mundo (Jones & Eggleton, 2000; Roisin & Leponce, 2004), outras regiões do Brasil, como o Cerrado (Carrijo *et al.*, 2009; Cunha, 2006; Cunha *et al.*, 2006), Mata Atlântica (Reis & Cancellato, 2007) e Amazônia (Ackerman *et al.*, 2009; De Souza & Brown, 1994), além das áreas de influência da UHE de Jirau, também no rio Madeira (T. Carrijo com. pes.).

Em cada parcela do transecto foram feitas duas subparcelas de 2 x 5 m, distantes 45 m uma da outra (Figura 1). Na primeira, segunda e quarta campanhas foram amostradas 216 subparcelas, 72 em cada campanha e 12 por módulo por campanha; na terceira foram 60 subparcelas, também 12 por módulo, mas não houve amostragem do módulo Morrinhos, pois este encontrava-se alagado; na quinta campanha os módulos Jirau - ME e Teotônio não foram amostrados, totalizando 48 subparcelas. Jirau - ME pelo fato de ter sido “entregue” ao outro empreendimento e Teotônio em função do desmatamento. Na sexta, sétima e oitava campanhas os módulos de Jirau – ME (entregue ao outro empreendimento) e Morrinhos (por causa do alagamento promovido pelo lago) não foram mais amostrados, fato que ocorreu também com a parcela três (P3) de Teotônio, a parcela seis (P6) do mesmo módulo na sexta campanha e a parcela um (P1) de Ilha da Pedra na sétima e oitava campanha, totalizando, assim, 44 subparcelas em cada uma das campanhas (Tabela 1).

Cada subparcela foi examinada durante uma hora/coletor, sendo feita a procura pelos cupins em todos os micro-habitats onde podem ser encontrados, como: cupinzeiros epígeos e arborícolas, dentro de troncos caídos (madeira seca ou em decomposição), em galerias nas árvores, troncos mortos em pé e galhos mortos das árvores, em meio à serapilheira, na superfície do solo. Adicionalmente, ainda foram escavadas trincheiras, de aproximadamente 15 cm de profundidade, buscando detectar a presença de cupins abaixo do solo. Amostras de todas as espécies de cupins encontradas foram coletadas e conservadas em álcool 92%, para posterior identificação em laboratório (Figura 2 e 3).



**Figura 2.** Pesquisadores explorando a subparcela de 2 x 5 m nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.



**Figura 3.** Manuseio e preservação dos espécimes de cupins em frasco com álcool 92% coletado nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.

Após as coletas, as amostras foram levadas ao Laboratório de Isoptera do Museu de Zoologia da USP, onde foram limpas, triadas e identificadas, tanto com auxílio da bibliografia disponível quanto por comparação direta com exemplares já identificados da coleção. A lista das espécies encontradas durante as oito campanhas, assim como os pontos onde foram coletadas estão listados na Tabela 2.

### 3.3. Análise dos Dados

Com o intuito de verificar a efetividade do método utilizado para amostrar a riqueza de cupins foram feitas curvas de rarefação de espécies. Para tal, foi utilizado o método de randomização com 500 permutações pelo *programa R* (R Development Core Team, 2010), pacote *vegan*. Assim, foram geradas 500 curvas de acumulação de espécies, aleatorizadas em função da ordem das amostras, sem repetição. Cada ponto da curva corresponde à média deste nas 500 curvas e está associado a um desvio-padrão.

A abundância de cupins foi mensurada de forma indireta, analisando o número de colônias (encontros) de cada espécie, sendo um encontro considerado como a presença de determinada espécie em uma subparcela e, desta forma, cada espécie tem abundância máxima de uma colônia para cada subparcela (Carrizo *et al.*, 2009). Foram calculados os estimadores de riqueza de *Chao*, *Jackknife I*, *Jackknife II* e *Bootstrap* (Colwell, 2009) e o índice de diversidade de *Simpson* (Hurlbert, 1971), de equitabilidade de *Shannon* (Peet, 1974) e de dominância de *Berger-Parker* (Magurran, 1988). Todos os índices foram calculados utilizando o *programa R* (R Development Core Team, 2010) com o pacote *vegan*, com exceção do índice de dominância, que foi utilizado o pacote *BiodiversityR*.

Para comparações entre os módulos, foi construída uma matriz de dissimilaridade utilizando-se o coeficiente de *Jaccard* e, com essa matriz, foi elaborado um dendrograma para observar quais módulos são mais similares em relação às suas faunas de cupins (Jost, 2007). A análise de dissimilaridade foi realizada utilizando o *programa R* (R Development Core Team, 2010) com o pacote *vegan*. Foi realizada também uma ordenação da abundância das espécies por meio do método de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (*NMDS*) e calculando o valor de *stress* para tentar verificar algum padrão entre a composição de espécies e as parcelas. Uma outra análise, o *IndVal* (Índice de valoração de espécies: *IndVal.g* da função *multipatt*, do pacote *indicspecies* do R) foi efetuada para testar se as espécies de cupins poderiam indicar algum tipo de preferência por determinada área em cada módulo de amostragem da UHE Santo Antônio (Dufrêne & Legendre, 1997; DeCáceres *et al.*, 2010).

Uma RDA (Análise de Redundância) foi realizada para explorar as variáveis ambientais em relação à riqueza de cupins e regressões múltiplas foram geradas para testar quais variáveis ambientais melhor explicam a riqueza de cupins nas áreas de influência da UHE Santo Antônio. As variáveis utilizadas em ambas as análises foram: concentração no solo de argila, areia, silte, matéria orgânica, Cálcio (Ca), Cálcio + Magnésio (Ca+Mg), Potássio (K), Magnésio (Mg), Nitrogênio (N), Fósforo (P), além da altitude, inclinação do terreno e média do diâmetro dos indivíduos arbóreos (DAP) em cada parcela. Após analisar quais variáveis possuem alguma relação significativa com a riqueza de cupins, foi calculado o modelo que melhor explica a riqueza de cupins, por meio do algoritmo “leaps-and-bound”, pela função *regsubsets* do pacote *StatDA* do *programa R* (Furnival & Wilson, 1971).

Os cálculos de detectabilidade não foram realizados para cupins pela peculiaridade na biologia desses insetos. Esses insetos são sociais e possuem colônias relativamente perenes (Bignell & Eggleton, 2000), desta forma, a dinâmica de populações é mais parecida com dinâmica de plantas do que de animais solitários. Inclusive os métodos de coleta mais amplamente utilizados hoje, incluindo o utilizado nesse trabalho, se baseiam em protocolos de ecologia de plantas para levantamentos faunísticos desse grupo, por meio de parcelas (Bignell & Eggleton, 2000). Assim sendo, a probabilidade de detectabilidade de uma colônia de cupim na mesma área onde ela foi amostrada uma vez é, em tese, sempre 100%. Desta forma, tal cálculo não fornece qualquer significado biológico para esses insetos.

Vale salientar, que as espécies da subfamília Apicotermatinae (Termitidae) não foram utilizadas para esse trabalho e foram excluídas das análises acima referidas pela dificuldade taxonômica e falta de tempo hábil para a identificação segura das morfoespécies. A taxonomia desse grupo é caótica e, na maioria dos casos, a identificação das espécies é impossível (Constantino, 2005). Apenas com estudos específicos de longa duração (e.g. tese de doutorado ou projeto temático) sobre a taxonomia dessa subfamília será possível à comunidade científica conhecer/individualizar as espécies.

Por fim, a espécie *Heterotermes tenuis* foi escolhida para realizar um estudo da estrutura genética de suas populações na região do alto rio Madeira. Para isso, foi extraído o DNA e sequenciado o gene mitocondrial COII de 70 indivíduos dessa região, sendo destes, 24 das áreas de influência da UHE Santo Antônio (cinco de cada um dos módulos: Ilha do Búfalo, Jirau – ME e Morrinhos; e nove do módulo Teotônio). Para as análises também foram utilizadas as sequências de mais três indivíduos de *H. tenuis* retiradas do *GeneBank*, uma de Manaus – AM (AY553139), uma da Guiana Francesa (DQ442139) e a outra do Equador (DQ442136). Como grupo externo foi utilizada uma amostra de *H. longiceps*, também retirada do *GeneBank* (AY553138). Foi construída uma filogenia dos

indivíduos utilizando-se o método de Verossimilhança no programa GARLI 0.96 (Zwickl, 2006) e, após a definição dos grupos pela filogenia, foi realizado um teste de significância das estatísticas  $F_s$ . O  $F_{st}$  varia de 0, quando não há diferenciação entre as populações, a 1, quando há fixação de diferentes alelos em cada população (Frankham *et al.*, 2008).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Composição faunística

Das quatro famílias de cupins conhecidas para o Brasil, três tiveram representantes amostrados nos módulos de monitoramento de fauna da UHE Santo Antônio durante as oito campanhas de campo realizadas (Kalotermitidae, Rhinotermitidae e Termitidae). Considerando-se as oito campanhas, foram amostradas 106 espécies de 46 gêneros, em 1.456 encontros (Tabela 2).

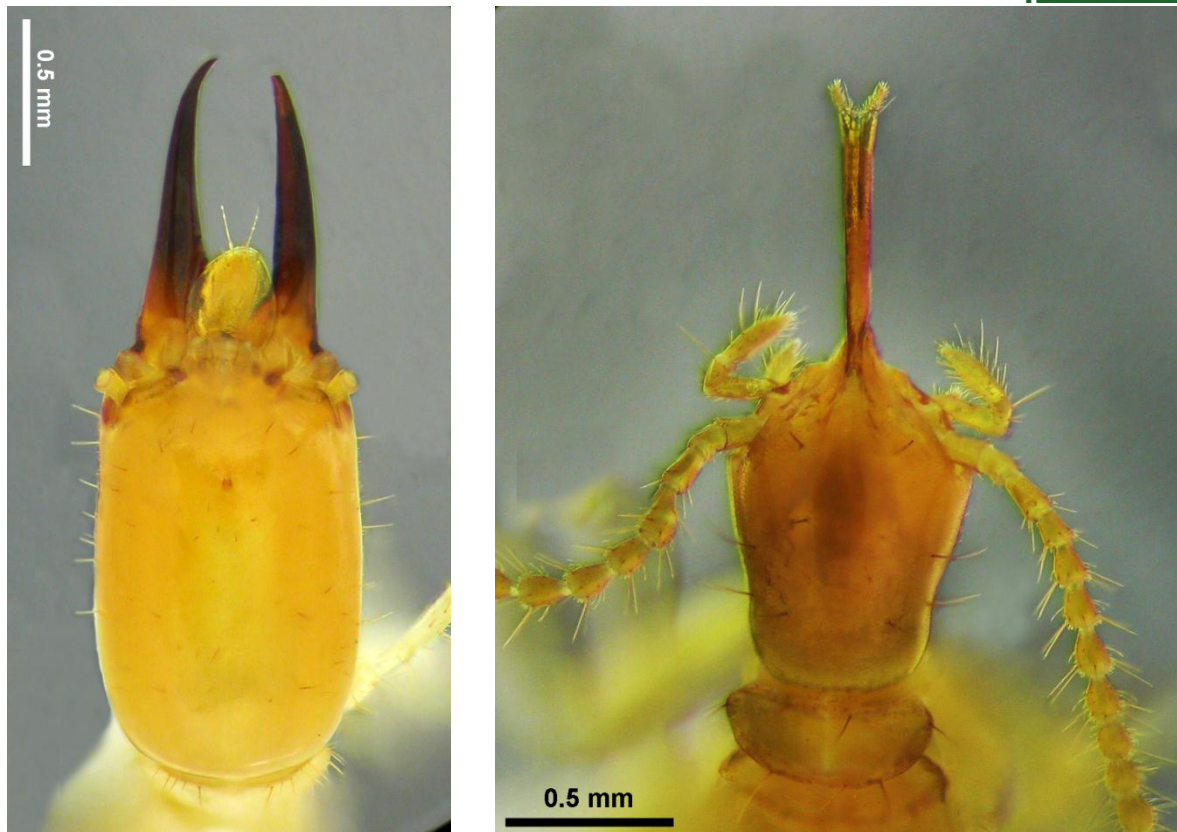
Foram amostradas cinco espécies de quatro gêneros da família Kalotermitidae. Essa família é relativamente grande, com vários gêneros e espécies, mas, apesar disso, já se esperava baixa riqueza e abundância para esse trabalho, pois os Kalotermitidae normalmente são subestimados em protocolos de coleta realizados em solo, como o deste trabalho (Bourguignon *et al.*, 2009; Jones & Eggleton, 2000). As colônias desse grupo vivem dentro de madeira seca e dura, muitas vezes em galhos que ainda não caíram e troncos em pé. Assim, estão praticamente ausentes no chão da mata, mas são parte substancial da fauna das copas das árvores (Roisin *et al.*, 2006) (Figura 4).

MONITORAMENTO DE ENTOMOFAUNA CUPINS	10	SANTO ANTONIO ENERGIA
		Agosto / 2012 – REV 0



**Figura 4.** Cabeça do soldado de *Glyptotermes* sp. 1 (Kalotermitidae), amostrado no módulo IBP4, durante a primeira campanha do monitoramento.

Todos os quatro gêneros de Rhinotermitidae já registrados para o Brasil foram encontrados nos módulos de monitoramento da UHE Santo Antônio: *Coptotermes* e *Heterotermes* com uma espécie cada, *Rhinotermes* e *Dolichorhinotermes* com duas espécies cada. *Heterotermes tenuis* (Figura 5) e *Dolichorhinotermes latilabrum* são duas espécies relativamente frequentes na região. Os Rhinotermitidae são na maioria subterrâneos e se alimentam de madeira, e alguns deles são pragas importantes (Constantino, 1999).



**Figura 5.** Cabeça em vista dorsal do soldado de *Heterotermes tenuis* (esquerda), amostrado em todos os módulos de monitoramento da UHE Santo Antônio e em todas as campanhas; e soldado menor de *Rhinotermes marginalis* (direita), amostrado nos módulos Morrinhos e Teotônio, durante a segunda e sétima campanhas, respectivamente (Rhinotermitidae).

A família Termitidae foi a mais diversa e abundante nos seis módulos de amostragem da UHE de Santo Antônio, tendo sido registradas em 1.325 amostras perfazendo 95 espécies. Essa família, na região Neotropical, é representada pelas subfamílias Apicotermitinae, Nasutitermitinae, Syntermitinae e Termitinae.

As espécies de Apicotermitinae neotropicais não possuem a casta dos soldados e, como a taxonomia de Isoptera é tradicionalmente feita com base em caracteres dessa casta, esse grupo foi historicamente deixado de lado e carece de estudos taxonômicos profundos. Essa subfamília não foi utilizada neste trabalho pelos problemas acima expostos.

A subfamília Nasutitermitinae é o grupo mais representativo nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, com 40 espécies, 15 gêneros e 549 colônias amostradas (Tabela 2). Essa subfamília é reconhecida pelo “nariz” (naso) bem desenvolvido que o soldado apresenta na cabeça, por onde são expelidas substâncias químicas para defesa. É um grupo muito diverso e com biologia muito variada.

*Nasutitermes* é o gênero de cupins com o maior número de espécies no mundo (243), apresentando sua maior diversidade na região neotropical, sendo também o gênero mais diverso na área de estudo (17 espécies) (Tabela 2). A taxonomia das espécies neotropicais desse gênero ainda é bastante confusa e a identificação das espécies tende a ser difícil (Constantino, 1999). As espécies deste grupo são encontrados em diversos habitats, alimentando-se principalmente de madeira. Os ninhos são geralmente arborícolas e cartonados (e.g. *N. corniger*, *N. guayanae*, *N. similis* e *N. surinamensis*), mas podem ser encontrados indivíduos forrageando em madeira, serapilheira e em ninhos de outras espécies. Uma das espécies mais abundantes, *Nasutitermes gaigei*, entretanto, constrói um ninho pequeno e duro na superfície do solo (às vezes em herbáceas) (Figura 6). *Nasutitermes similis* e *Nasutitermes banksi* são a segunda (n=92) e terceira espécies (n=91) mais dominantes nos módulos de monitoramento da UHE Santo Antônio (depois apenas de *Cylindrotermes parvignathus*, n=127) (Tabela 2).



**Figura 6.** Ninho (esquerda) e soldado em vista lateral (direta) de *Nasutitermes gaigei* (Termitidae, Nasutitermitinae); espécie amostrada em todas as campanhas do monitoramento e em todos os módulos, exceto Morrinhos.

Outro grupo de Nasutitermitinae bastante representado nos módulos de monitoramento da UHE Santo Antônio são os micronasutos ou “nasutos geófagos” (*Agnathotermes* sp. 1, *Atlantitermes* spp., *Coatitermes* spp., *Convexitermes convexifrons*, *Ereymatermes* sp. 1, *Paraconvexitermes acangapua* e *Subulitermes* spp.) (Tabela 2). São espécies com indivíduos pequenos, normalmente subterrâneos e com os hábitos pouco conhecidos (Canello & Cuezco, 2007).



Syntermitinae é uma subfamília que foi proposta recentemente, com distribuição exclusivamente neotropical; os gêneros desse grupo pertenciam até recentemente à subfamília Nasutitermitinae (Engel & Krishina, 2004). É composta pelos ditos “nasutos mandibulados”, cupins que possuem a casta dos soldados com defesa mista: tanto química, pela excreção da glândula frontal pelo naso (como os Nasutitermitinae), quanto mecânica, com as mandíbulas. São, geralmente, os cupins mais evidentes nos ambientes pelos ninhos que as espécies de alguns gêneros constroem.

Nos módulos de monitoramento de fauna da UHE Santo Antônio foram amostradas, até o momento, 32 espécies em 10 gêneros de Syntermitinae, sendo a espécie mais conspicua *Embiratermes neotenicus* que, em algumas áreas, possuem alta densidade de ninhos (Tabela 2). O ninho dessa espécie é bem duro e argiloso, muitas vezes contendo inquilinos (Figura 7). A presença de inquilinos, inclusive, é muito comum nos ninhos das espécies de Syntermitinae. *Cornitermes* (Figura 8) e *Syntermes* (Figura 9) são dois gêneros conhecidos por construírem ninhos que abrigam várias outras espécies de cupins (inquilinos) e outros animais (termitófilos e termitariófilos), sendo consideradas espécies-chave (Redford, 1984).

Outro gênero bastante conspicuo de Syntermitinae em nas áreas de monitoramento da UHE Santo Antônio é *Armitermes* (Tabela 2). Os ninhos de *A. holmgreni* (Figura 10) são facilmente reconhecidos por sua estrutura peculiar, com extensões tubulares em forma de estalactite. Algumas espécies com indivíduos maiores também podem ser encontradas com relativa frequência no solo de várias áreas de monitoramento da UHE Santo Antônio, como *A. peruanus* (amostrada em todos os módulos) e *A. teevani* (amostrada nos módulos de Morrinhos, Ilha da Pedra e Jaci-Paraná - MD).



**Figura 7.** Ninho de *Embiratermes neotenicus* (esquerda), amostrado em todos os módulos e em todas as campanhas; e ninho de *Cornitermes ovatus* (Termitidae, Syntermitinae) com larvas de vagalume brilhando (Coleoptera: Elateridae: *Pyrearinus* sp.) (direita), a espécie de cupim foi amostrada em todos os módulos, exceto Morrinhos, e nas campanhas 1, 2, 5, 6, 7 e 8,.



**Figura 8.** Ninho das espécies *Cornitermes pillosus* (esquerda), amostrada nos módulos Ilha da Pedra, Jaci-Paraná - MD, Jirau - ME e Morrinhos, nas campanhas 1, 2, 4 e 6; e *C. pugnax* (direita), amostrada em todas as campanhas e em todos os módulos, exceto Ilha da Pedra (Termitidae, Syntermitinae).



**Figura 9.** Cabeça em vista dorsal de soldado (esquerda) e operários forrageando (direita) de *Syntermes aculeosus* (Termitidae, Syntermitinae), que foi amostrada nos módulos Ilha da Pedra e Teotônio, durante a quinta e sétima campanha, respectivamente.



**Figura 10.** Ninho (esquerda) e soldados (direita) da espécie *Armitermes holmgreni* (Termitidae, Syntermitinae), que foi amostrada em todos os módulos, exceto Morrinhos, e nas campanhas 1, 3, 6 e 8.

A subfamília Termitinae é bastante heterogênea e extremamente diversificada. É a subfamília de cupins que abriga o maior número de espécies (n=615) do mundo. Na Região Neotropical são conhecidos 18 gêneros e 96 espécies (Constantino, 2012). Nos módulos de monitoramento da UHE Santo Antônio foram encontrados 13 gêneros e 23 espécies de Termitinae (e.g. Figura 11) (Tabela 2).



**Figura 11.** Soldados e operários de *Cavitermes rozeni* (esquerda), cabeça em vista dorsal do soldado de *Planicapritermes planiceps* (direita) (Termitidae, Termitinae).

A espécie mais dominante nas áreas de influência da UHE Santo Antônio é *Cylindrotermes parvignathus*, que apresenta o maior número de encontros (n=127). *Cylindrotermes parvignathus* é uma espécie que aparentemente não constrói ninhos, é geralmente encontrada em madeira, principalmente dentro de gravetos e galhos caídos no chão de toda a floresta e possui uma ampla distribuição, ocorrendo em toda a Amazônia (Rocha & Canello, 2007).

**Tabela 2.** Lista de espécies de cupins registradas nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO, durante as oito campanhas de amostragem, com os respectivos módulos e parcelas onde foram encontrados. 1ª campanha (12 a 22 de setembro de 2010), 2ª campanha (7 a 20 de janeiro de 2011), 3ª campanha (30 de março a 13 de abril de 2011), 4ª campanha (1º a 14 de junho), 5ª campanha (2 a 10 de setembro), 6ª campanha (19 a 28 de novembro), 7ª campanha (1 a 10 de março de 2012) e 8ª campanha (1 a 10 de junho de 2012).

Espécies	Pontos de Registro							
	1ª campanha	2ª campanha	3ª campanha	4ª campanha	5ª campanha	6ª campanha	7ª campanha	8ª campanha
<b>KALOTERMITIDAE</b>								
<i>Calcaritermes rioensis</i>								JPP6
<i>Glyptotermes</i> sp. 1	IBP4							
<i>Neotermes</i> sp. 1				IPP3			JPP2	
<i>Rugitermes</i> sp. 1	JIP5							
<i>Rugitermes</i> sp. 2						IPP4	IBP4	
<b>RHINOTERMITIDAE</b>								
<i>Coptotermes testaceus</i>		JPP6	JPP3		JPP4	IBP5	JPP4, TEP5	
<i>Dolichorhinotermes latilabrum</i>	IBP3, JPP5, TEP2, TEP3, TEP5	JIP3, JIP5, MOP3, MOP5, TEP5, TEP6	IBP1, IBP3, JIP1, JIP4, JIP5, TEP2, TEP4, TEP5	IPP3, JIP2, JIP5, JPP3, TEP2, TEP5		JPP3, TEP4	IBP3, IBP4, IBP5, JPP1, JPP4, TEP5	JPP1, TEP5
<i>Dolichorhinotermes</i> sp. 1	JPP2, JPP4, JPP5, TEP7	JPP6, JIP6	IBP1, IBP4, JIP3, TEP3	IBP6, IPP5, IPP6, JIP4, TEP5		IBP6, IPP2	IPP5	IBP5, IPP3, IPP5
<i>Heterotermes tenuis</i>	IBP1, IBP2, JPP5, JIP4, JIP6, MOP3, MOP6, IPP4, TEP2, TEP4, TEP5, TEP7	IBP3, JIP2, JIP4, JIP6, MOP1, MOP3, MOP5, TEP2	IBP1, IBP4, TEP2, TEP4, TEP6	JIP1, JIP2, JIP6, JPP4, MOP2, MOP6, TEP2, TEP3, TEP4	IBP1	IPP1, JPP6, TEP1, TEP4	IBP1, IBP3, IBP4, JPP2, TEP5	IPP3, JPP2, TEP1
<i>Rhinotermes hispidus</i>							IBP3	
<i>Rhinotermes marginalis</i>		MOP2					TEP5	

Espécies	Pontos de Registro							
	1ª campanha	2ª campanha	3ª campanha	4ª campanha	5ª campanha	6ª campanha	7ª campanha	8ª campanha
<b>TERMITIDAE / NASUTITERMITINAE</b>								
<i>Agnathotermes</i> sp. 1		IBP4						IBP4
<i>Angularitermes coninasus</i>						TEP4	IBP1	
<i>Angularitermes nasutissimus</i>		TEP2						
<i>Atlantitermes oculatissimus</i>	JIP3; JIP5, IPP6	IBP5, TEP2	JIP1					TEP2, TEP5
<i>Atlantitermes snyderi</i>		IBP4, JPP6, TEP2		IBP4, JIP5, JPP2		TEP1, IPP2	IBP4, IPP2	IBP1, IPP2
<i>Atlantitermes</i> sp. 2	JPP3; JPP5; JPP6, TEP2	IBP5	TEP2, JIP4, JPP3	JPP5	IPP5	TEP1		
<i>Atlantitermes</i> sp. 4		TEP5			IBP5, JPP1		IBP5	
<i>Atlantitermes</i> sp. 5	TEP5							
<i>Caetetermes</i> sp. 1							TEP2	
<i>Caetetermes taquarussu</i>	IBP5, JIP6						JPP6	
<i>Coatitermes clevelandi</i>	JPP3; JPP4, IPP5		JIP4, JIP5, TEP2	JIP6, TEP2	IBP6		IBP5	
<i>Coatitermes kartaboensis</i>	IPP3, TEP5		JPP5				JPP3	IBP4
<i>Constrictotermes cavifrons</i>		JIP3		JIP3				
<i>Convexitermes convexifrons</i>	IBP1					JPP3		
<i>Cyranotermes karipuna</i>	IPP5; IPP6	JIP6		JPP1, TEP2		JPP3	JPP1, TEP2	
<i>Ereymatermes</i> sp. 1				IBP3	MOP6			
<i>Nasutitermes acangussu</i>					IPP2			TEP2
<i>Nasutitermes banksi</i>	JPP2, JPP4, JIP2, JIP3, JIP4, JIP5, JIP6, IPP6, TEP3, TEP5	IBP6, JPP3, JIP3, JIP4, JIP6, IP3, IP5, TEP5, TEP6, TEP7	IBP2, IBP4, IBP6, IPP3, IPP4, IPP5, JIP3, JIP4, JPP5, JPP6,	IBP5, IBP6, IPP2, IPP3, IPP4, IPP6, JIP4, JIP5, JIP6, JPP1, TEP2, TEP6	IBP6, IPP3, JPP1, JPP4	IBP4, IBP5, IBP6, IPP3, IPP6, JPP1, JPP6, TEP2, TEP5	IBP4, IBP5, IBP6, IPP5, JPP6, TEP2, TEP5, TEP6	IBP5, IPP2, IPP3, IPP4, IPP5, IPP6, TEP2, TEP4, TEP5, TEP6

Espécies	Pontos de Registro							
	1ª campanha	2ª campanha	3ª campanha	4ª campanha	5ª campanha	6ª campanha	7ª campanha	8ª campanha
			TEP6					
<i>Nasutitermes bivalens</i>	JPP5, JIP2, MOP3, IPP3, IPP4, TEP2	JIP1, MOP1, MOP4	IBP2, TEP2, JPP5	JIP1, JIP5, JPP1, JPP2, JPP4, JPP5	IBP1, IBP5, IPP6, JPP1, JPP3, MOP1, MOP2, MOP6		IBP3	IPP3, JPP5
<i>Nasutitermes corniger</i>		MOP1	TEP1		MOP1			
<i>Nasutitermes ephratae</i>	JIP1, MOP3, IPP4	JIP2	JIP2	JPP5				JPP5
<i>Nasutitermes gaigei</i>	IBP5, JPP3, JIP4, IPP3, TEP3, TEP7	IBP4, JPP6, JIP5	IBP1, IBP3, IBP5, IPP4, IPP6, JPP4, TEP3	IPP2, IPP4, JPP3, TEP5	IBP5, IBP6, IPP3	IBP5, IBP6, JPP3, TEP2	IBP1, IBP5, IBP6	IBP4, TEP4
<i>Nasutitermes guayanae</i>	IBP1, IBP3, IBP4, JPP3, JIP2	TEP4		IBP3, IBP5, IPP3, IPP4, JIP4, JPP4, TEP2	JPP2, JPP4	TEP2	JPP3, JPP5	JPP1
<i>Nasutitermes similis</i>	JPP4, JPP6, JIP3, JIP4, JIP5, JIP6, IPP1, IPP3, IPP6, TEP3, TEP4, TEP5	IBP4, JPP4, JIP3, JIP5, IPP3, TEP2	IPP5, IPP6, JIP3, JIP5, JIP6, JPP1, JPP3, JPP4, JPP5, JPP6, TEP4	IBP5, IPP3, IPP5, IPP6, JIP3, JIP5, JPP1, JPP4, JPP5, JPP6, TEP4	IBP5, IPP3, JPP1, JPP3, JPP5, JPP6	IPP3, IPP6, JPP1, JPP3, JPP4, JPP5, JPP6	IBP3, IBP4, IBP5, IPP5, IPP6, JPP1, JPP2, JPP3, JPP4, JPP5, JPP6, TEP5	IBP3, IBP4, JPP1, JPP3, JPP6, TEP2
<i>Nasutitermes</i> sp. 01	IBP1, TEP1, TEP2	IP4, TEP1		JPP3, TEP1		TEP2	JPP6, TEP1	JPP2, JPP4, JPP5, TEP1
<i>Nasutitermes</i> sp. 02	TEP2		JPP3					
<i>Nasutitermes</i> sp. 03	TEP5	TEP3						IBP3
<i>Nasutitermes</i> sp. 06	IBP2, IBP3, JPP2, IPP1				IBP1		TEP6	
<i>Nasutitermes</i> sp. 07	JPP1, JPP2, MOP1, MOP2, MOP4,	MOP3, MOP6	IBP4, IPP1, IPP2	IBP4, IPP1, IPP2, JIP5, MOP1, MOP4,	IBP4, IPP1, IPP2, MOP2, MOP4, MOP6	IBP4, IPP1, IPP2, TEP1	IBP4, IPP2	IBP4, IPP2

Espécies	Pontos de Registro							
	1ª campanha	2ª campanha	3ª campanha	4ª campanha	5ª campanha	6ª campanha	7ª campanha	8ª campanha
	MOP5, MOP6			MOP5, MOP6				
<i>Nasutitermes</i> sp. 09	IPP2	TEP3		IBP6, JIP1	IBP3, JPP1			
<i>Nasutitermes</i> sp. 10		JPP6						
<i>Nasutitermes</i> sp. 13			IPP4, JPP6					
<i>Nasutitermes surinamensis</i>				JPP1				
<i>Paraconvexitermes acangapua</i>							JPP6	JPP6
<i>Rotunditermes</i> sp. 1	TEP4					IBP6		
<i>Subulitermes baileyi</i>	JPP3, JPP5, JIP4, JIP5, JIP6, IPP6	JIP6, IP1	JIP5, JPP3		IPP4	IBP6, IPP5, JPP5	IBP5, IPP6, JPP1, TEP6	IPP4, IPP6, TEP5
<i>Subulitermes microsoma</i>	IPP3							
<i>Triangularitermes triangulariceps</i>	IBP4, JPP2, JPP4, JPP6, JIP6	IBP6, MOP2, TEP2, TEP3	IBP1, IBP4, IPP5, JIP4, JIP6, JPP1, JPP4, JPP5, TEP3, TEP4, TEP5	IBP5, JIP2, MOP3, TEP2, TEP5, TEP6	IBP5, JPP3, JPP4, MOP3, MOP6	IBP3, IBP5, IPP3, JPP4, TEP2	IBP1, IBP3, IBP4, IBP5, IPP3, IPP5, IPP6, TEP5, TEP6	IBP3, IPP5, JPP2, TEP2, TEP4, TEP5, TEP6
<i>Velocitermes</i> sp.1			JIP6				IPP5	TEP5
<i>Velocitermes</i> sp. 2	IBP1, IBP2, IPP4	MOP4			JPP4	IPP5	TEP6	
<b>TERMITIDAE / SYNTERMITINAE</b>								
<i>Acangaobitermes krishinae</i>	TEP2							
<i>Armitermes euamignathus</i>	JPP2	IBP6	JIP3	JPP4				
<i>Armitermes holmgreni</i>	TEP2		IBP5, JIP1			IPP2, JPP3		TEP2
<i>Armitermes minutus</i>	JIP5	IBP4, IBP5	JIP5			IBP5, JPP5	JPP5	IBP4, JPP3, JPP6



Espécies	Pontos de Registro							
	1ª campanha	2ª campanha	3ª campanha	4ª campanha	5ª campanha	6ª campanha	7ª campanha	8ª campanha
<i>Armitermes peruanus</i>	JIP3, IPP2	IBP2, JPP5, IP4, TEP3, TEP5	JIP1	IBP4, MOP3	IPP6, MOP2, MOP3	IPP5	IPP4	
<i>Armitermes sp. 1</i>	JPP6							
<i>Armitermes teevani</i>	MOP1, MOP2			IPP1	MOP4		IPP3, JPP2	
<i>Cornitermes bolivianus</i>		JPP1	IBP1		IPP1	IPP1		IPP5
<i>Cornitermes ovatus</i>	IBP2, IBP4, JPP5, JPP6, JIP3, IPP1, IPP5, TEP2	JPP5, IPP5, IPP6			IPP3, JPP4	IBPP1, JPP2, JPP3, JPP5	IBP3, IPP3, JPP2, TEP2	IPP4, JPP6
<i>Cornitermes pilosus</i>	JIP2, MOP2, IPP2	JPP4, JIP1, MOP4		JPP2, MOP3		IPP2, JPP3		
<i>Cornitermes pugnax</i>	IBP1, JPP1, MOP5, MOP6, TEP4	TEP2, TEP5	IBP5, JIP1, TEP2, TEP4	JIP6, MOP4, TEP4	JPP2, MOP3	JPP4	JPP4, TEP1	JPP1, TEP2, TEP4
<i>Cornitermes sp.1</i>		JPP3						
<i>Cornitermes weberi</i>	IPP4	JIP1, JIP2	IBP2, JIP1, JIP3	JIP1, TEP2	IPP5, IPP6			
<i>Curvitermes odontognathus</i>					MOP4			
<i>Cyrtillitermes angulariceps</i>	JPP4, JIP2, JIP6, IPP6	IBP5, IP4, TEP2, TEP6	JPP5, TEP2	JPP2, JPP3, TEP2	IBP4	IBP2	IBP6, JPP6	IBP4, JPP4
<i>Embiratermes ignotus</i>	JPP4, JPP5, JPP6, JIP1, JIP3, JIP5, MOP4, IPP2, IPP3, IPP4, IPP5, TEP1, TEP2, TEP4	JPP4, JIP5, JIP6, TEP5	JIP5, JPP1, JPP2, JPP5	IPP4, TEP2	JPP1	IPP5, JPP1, JPP3, JPP4, JPP5	JPP2, JPP3, JPP4, TEP2	JPP6
<i>Embiratermes latidens</i>							IPP6	JPP1, JPP6

Espécies	Pontos de Registro							
	1ª campanha	2ª campanha	3ª campanha	4ª campanha	5ª campanha	6ª campanha	7ª campanha	8ª campanha
<i>Embiratermes neotenicus</i>	IBP3, JPP3, JPP4, JIP1, JIP3, JIP4, JIP6, MOP1, MOP4, MOP6, IPP1, IPP2, IPP3, IPP5, TEP2	IBP2, IBP6, JPP2, JPP3, IP1, MOP3, MOP6, TEP2, TEP6	IBP3, IBP5, JIP4, JIP6, JPP1, JPP2, JPP4, JPP5, JPP6, TEP2, TEP5, TEP6	IPP4, JIP6, JPP1, TEP5, TEP6	IBP3, JPP4, JPP5, MOP4	IBP4, IBP5, IBP6, IPP3, IPP5, JPP1, TEP5	IBP5, IBP6, IPP3, IPP4, IPP6, JPP1, JPP2, JPP4, JPP5, TEP2, TEP6	IBP1, IBP5, IBP6, IPP3, JPP1, JPP3, JPP5, TEP2, TEP6
<i>Labiotermes guasu</i>							IBP4	
<i>Labiotermes labralis</i>	TEP2, TEP4	MOP6, TEP2	JPP3			JPP5, TEP2	JPP1, JPP5, TEP2	IBP4
<i>Labiotermes leptothrix</i>						JPP3		
<i>Labiotermes pelliceus</i>	JPP6			JIP2		TEP1	JPP3, JPP5, TEP2	
<i>Labiotermes sp. 1</i>	TEP1							
<i>Paracurvitermes sp. 1</i>							TEP2	
<i>Paracurvitermes manni</i>				TEP4		TEP2		TEP2
<i>Rhynchotermes sp. 1</i>		IP6						
<i>Syntermes aculeatus</i>					IPP6		TEP2	
<i>Syntermes parallelus</i>	IPP6							
<i>Syntermes molestus</i>	IBP1, IBP3, JPP3, MOP2	IBP1, IBP2, IBP3, JPP2, JPP5, JPP6, IP1, IP2, IP3, IP5, IP6, MOP3, TEP4, TEP6	IBP1, IBP6, IPP4, IPP5, IPP6, JIP1, JPP1, JPP2, TEP5, TEP6	IBP2, IBP3, JIP2, JPP5	JPP1, JPP2, JPP6, MOP3	IBP3, IPP3, JPP1, JPP2, JPP4, JPP5, TEP4	IBP1, IBP2, IBP3, JPP2, JPP3, JPP5, TEP5, TEP6	IPP5, JPP4, JPP4, JPP6, TEP4
<i>Syntermes peruanus</i>			TEP2	TEP5		JPP2, TEP2, TEP4, TEP5	TEP2	
<i>Syntermes spinosus</i>	JPP5, TEP2, TEP5	JPP5	TEP4	IBP3, IBP6, TEP1		TEP1	TEP1, TEP2, TEP5	TEP2

Espécies	Pontos de Registro							
	1ª campanha	2ª campanha	3ª campanha	4ª campanha	5ª campanha	6ª campanha	7ª campanha	8ª campanha
<i>Syntermes tanygnathus</i>						IBP3		
<b>TERMITIDAE / TERMITINAE</b>								
<i>Cavitermes roseni</i>				MOP5	MOP4			
<i>Cornicapritermes mucronatus</i>	IPP5	MOP4	JIP2		IBP2		TEP2	IBP1
<i>Crepititermes verruculosus</i>	IBP1, JPP3, JPP6, JIP1, MOP5, TEP4	JIP5, JIP6, TEP2, TEP6	JIP3, TEP2	JIP4, JPP6, TEP5		JPP3, JPP5, JPP6	IPP6, TEP2, TEP4, TEP5	IBP2, IBP6, IPP2, JPP6, TEP5
<i>Cylindrotermes flangiatus</i>	IBP4, IBP5, JPP5, JIP6, IPP6, TEP3, TEP5, TEP7	IBP5, JPP5, JPP6, IP3, TEP2, TEP3	IBP4, IBP6, IPP6, JPP1, JPP3, TEP2, TEP4	IBP6, IPP5, JIP5, JIP6	IBP6, IPP6, JPP6	IBP4, IBP5, IBP6, IPP5, JPP1, JPP4, JPP6	IBP2, IBP4, IBP6, IPP6, JPP6, TEP2, TEP4, TEP5	IBP5, IBP6, IPP3, JPP6, TEP2, TEP5, TEP6
<i>Cylindrotermes parvignathus</i>	IBP4, IBP5, JPP2, JPP4, JPP6, JIP2, JIP3, JIP4, JIP6, MOP4, IPP3, IPP5, TEP3, TEP4, TEP7	IBP3, IBP4, IBP6, JPP2, JPP4, JPP6, JIP1, JIP3, JIP4, JIP5, JIP6, IP6, MOP4, TEP2, TEP3, TEP4, TEP5, TEP6	IBP1, IBP3, IBP4, IPP4, JIP2, JIP3, JIP4, JIP5, JPP1, JPP3, JPP4, JPP6, TEP3, TEP6	IBP5, IPP4, IPP6, JIP2, JIP3, JPP1, JPP4, TEP3, TEP4, TEP5, TEP6	IBP2, IBP4, JPP1, JPP3, JPP5, JPP6	IBP1, IBP2, IPP4, JPP2, JPP4, JPP5, TEP4	IBP1, IBP4, IBP5, IBP6, IPP2, IPP4, IPP5, IPP6, JPP1, JPP3, JPP4, JPP5, TEP2, TEP5, TEP6	IBP1, IBP3, IBP4, IBP5, IPP2, IPP4, IPP5, IPP6, JPP1, JPP3, JPP4, JPP6, TEP2
<i>Dentispicoterme sp. 1</i>	TEP1						TEP1	TEP1
<i>Dihoplotermes sp. 1</i>							JPP2	
<i>Genuotermes spinifer</i>	JIP1		JPP3		JPP5		JPP5	
<i>Microcerotermes sp. 1</i>	JIP4, MOP2, MOP3, IPP2, TEP3	IBP4, IBP6	JPP2, JPP6	JPP6, MOP3		IPP3		JPP2, JPP5
<i>Neocapritermes longinotus</i>							IPP3, JPP2	
<i>Neocapritermes opacus</i>	IBP1, JPP3, MOP4	MOP4	IBP3, JPP1		IBP2, JPP2	IPP5, JPP1, TEP2	JPP5, TEP4, TEP6	

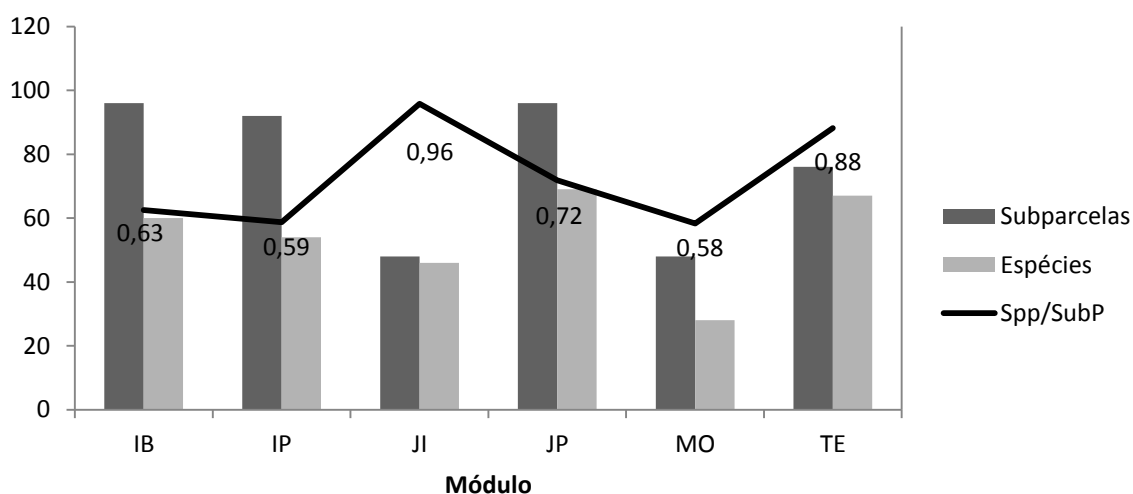
Espécies	Pontos de Registro							
	1ª campanha	2ª campanha	3ª campanha	4ª campanha	5ª campanha	6ª campanha	7ª campanha	8ª campanha
<i>Neocapritermes pumilis</i>	IBP4, JIP4, TEP3, TEP5		TEP4		IBP3, IPP4, JPP6	IBP3, IPP5, IPP6	IBP2, IPP3, IPP4, IPP6, TEP2, TEP4	JPP4, TEP6
<i>Neocapritermes sp. 1</i>				TEP3		IBP6	IBP5	
<i>Neocapritermes talpa</i>	IBP4, JPP4	IP5, MOP4, TEP4			IPP6, JPP2	TEP4	IBPP5	JPP2, JPP6
<i>Neocapritermes talpoides</i>								TEP4
<i>Neocapritermes taracua</i>		MOP2				IPP1, IPP3, JPP3	IPP5	
<i>Neocapritermes unicornis</i>	JIP1, IPP1	IPP3, IPP4	IBP2, JIP4			JPP3		
<i>Neocapritermes utiariti</i>						IPP3		IBP4
<i>Orthognathotermes humilis</i>					JPP5		JPP5	
<i>Planicapritermes longilabrum</i>		TEP5					JPP3	
<i>Planicapritermes planiceps</i>	IBP2, IBP6, JPP2, JPP4, JPP6, JIP1, JIP6, IPP4, TEP5	IBP6, JPP6, JIP4, TEP2, TEP4	IPP2, IPP5, JIP5, JPP1, TEP2	JIP4, JIP6, JPP6, TEP2	IBP3, IPP2, IPP3, IPP5, JPP2	IBPP2, IBP5, IBP6, IPP2, IPP3, IPP5	IBP6, IPP2, IPP3, IPP4, IPP6, JPP3, TEP4	IBP2, IBP4, IBP6, IPP3, JPP6, TEP4, TEP6
<i>Spinitermes longiceps</i>	JIP4, TEP5					JPP3	JPP1	TEP2
<i>Termes sp. 1</i>	JIP5, TEP4	JIP4, MOP2	IPP2, TEP2		IPP1	JPP3, TEP1	IBP4, JPP2, TEP1	IBP3

**Módulos:** IB – Ilha do Búfalo; IP – Ilha da Pedra; JI – Jirau - ME; JP – Jaci-Paraná - MD; TE – Teotônio.

**Parcelas:** P1 – 0 km; P2 – 0,5 km; P3 – 1 km; P4 – 2 km; P5 – 3 km; P6 – 4 km e P7 – 5 km.

#### 4.2. Diversidade nos módulos de monitoramento

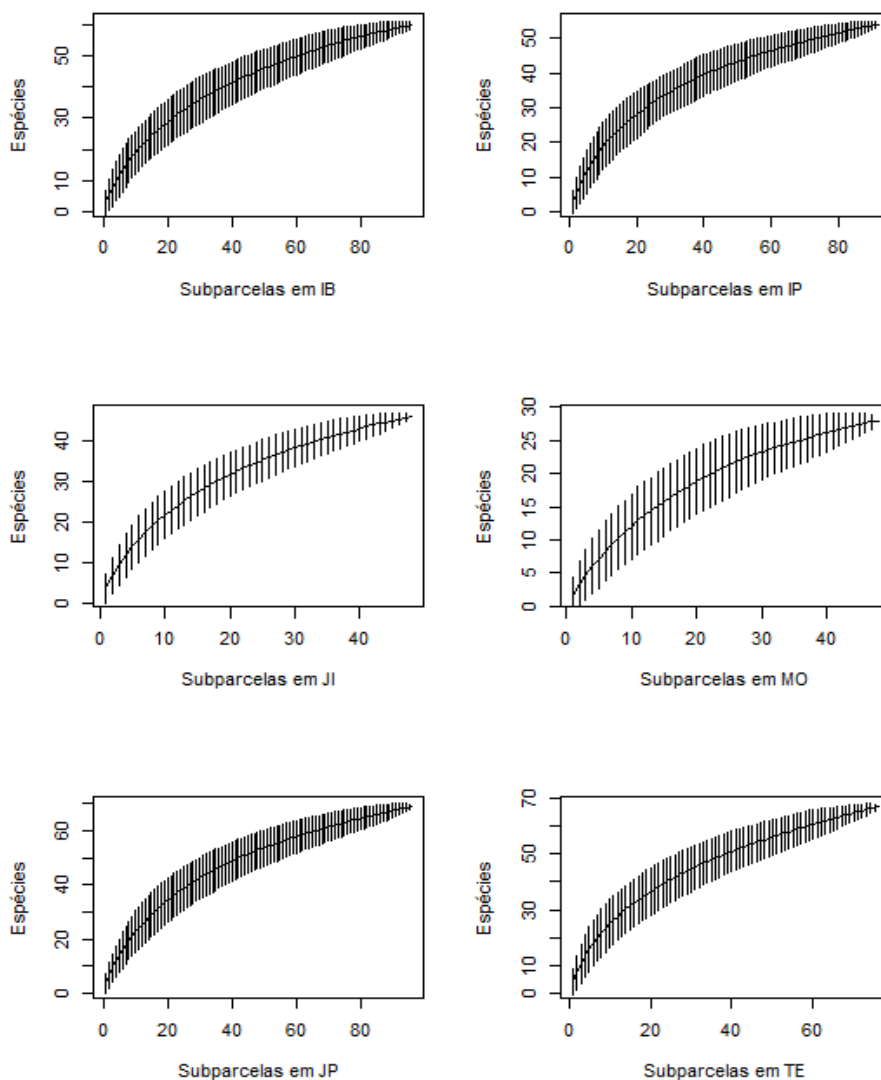
O módulo onde foi registrado o maior número de espécies foi Jaci-Paraná - MD, com 69 espécies, enquanto no módulo de Morrinhos foi o que apresentou menor número de espécies (n=28). No entanto, cabe resaltar que o módulo de Morrinhos foi o menos amostrado, juntamente com Jirau – ME (48 subparcelas), e mesmo com um menor esforço amostral, foi o que obteve a menor média de espécies por subparcela (0,58). Em comparação, Jirau – ME teve a maior média de espécies por subparcela, provavelmente por causa do baixo esforço amostral. Dos módulos com maior esforço, Jaci-Paraná – MD foi o que obteve a maior média de espécies por subparcela (0,72) (Figura 12).



**Figura 12.** Número de subparcelas amostradas, número de espécies e média de espécies por subparcela (Spp/SubP) em cada um dos módulos de monitoramento das áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO. IB – Ilha do Búfalo; IP – Ilha da Pedra; JI – Jirau - ME; JP – Jaci-Paraná - MD; MO – Morrinhos; TE – Teotônio.

As curvas do coletor, construídas para cada módulo separadamente, não obtiveram qualquer sinal de estabilização, mostrando que provavelmente ainda existem várias espécies que não foram amostradas em cada um dos módulos (Figura 13). Isso também é evidente quando se olha os números observados de espécies comparados com os valores esperados, calculados pelos estimadores de riqueza (Tabela 3). Fazendo-se uma média dos quatro estimadores (*Chao*, *Jackknife I*, *Jackknife II* e *Bootstrap*), espera-se que o módulo Teotônio seja aquele com o maior número de espécies de cupins (média dos estimadores = 99,31). Jaci-Paraná - MD, que foi o módulo com o maior número de espécies observadas durante as oito campanhas, obteve o segundo maior valor da média dos estimadores

(94,67). Provavelmente, é esperado que hajam mais espécies em Teotônio do que em Jaci-Paraná - MD, mesmo o último tendo mais espécies observadas, porque o primeiro foi menos amostrado, e foram amostradas apenas duas espécies a menos que no segundo. O menor esforço amostral em Morrinhos refletiu diretamente nas estimativas de riqueza, fazendo com que fosse a menor média (37,7) dentre todos os módulos amostrados. Mesmo com o viés de amostragem, por ser uma área que sofria com efeitos diretos de inundação do rio Madeira, este muito provavelmente é o módulo com menor número de espécies.



**Figura 13.** Curva de acumulação de espécies para cupins com a somatória da primeira (setembro de 2010), segunda (janeiro de 2011), terceira (março/abril de 2011), quarta (junho de 2011), quinta (setembro de 2011), sexta (novembro de 2011), sétima (março de 2012) e oitava (junho de 2012) campanhas de campo, em cada um dos seis módulos amostrados nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. Total de 96 subparcelas nos módulos Ilha do Búfalo e Jaci-Paraná - MD, 92 em Ilha da Pedra, 76 em Teotônio e 48 nos módulos Morrinhos e Jirau - ME.

**Tabela 3.** Número de espécies (spp.) e encontros (abundância relativa) de cupins, estimativas de riqueza *Chao*, *Jackknife I* e *II* e *Bootstrap*, índices de diversidade de *Simpson*, equitabilidade de *Shannon* e dominância de *Berger-Parker* por módulo e para as áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO, para os dados da 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª, 6ª, 7ª e 8ª campanhas e a somatória de todas as campanhas (STO).

Campanha	Indicadores	IB	IP	JI	JP	MO	TE	STO
Camp. 1	<b>Spp.</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>15</b>	<b>32</b>	<b>65</b>
	<b>Encontros</b>	<b>38</b>	<b>55</b>	<b>57</b>	<b>50</b>	<b>26</b>	<b>55</b>	<b>281</b>
	<i>Chao</i>	36,40	39,56	50,33	78,40	25,13	69,75	88,00
	<i>Jackknife I</i>	33,00	40,92	43,67	50,17	23,25	52,25	87,69
	<i>Jackknife II</i>	39,21	45,69	52,45	64,71	27,72	65,20	98,54
	<i>Bootstrap</i>	26,92	34,70	35,39	38,31	18,65	41,15	75,89
	<i>Simpson</i>	0,94	0,96	0,95	0,94	0,90	0,96	0,97
	<i>Shannon</i>	0,96	0,96	0,94	0,92	0,92	0,95	0,90
	<i>Berger-Parker</i>	0,10	0,09	0,08	0,14	0,23	0,08	0,07
Camp. 2	<b>Spp.</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	<b>56</b>
	<b>Encontros</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>53</b>	<b>197</b>
	<i>Chao</i>	29,08	46,16	34,66	27,50	46,16	42,90	80,04
	<i>Jackknife I</i>	29,08	29,91	27,16	24,16	29,91	37,91	78,68
	<i>Jackknife II</i>	30,70	38,49	33,22	29,46	38,47	44,96	90,49
	<i>Bootstrap</i>	23,58	22,95	21,90	18,96	22,97	31,35	66,21
	<i>Simpson</i>	0,93	0,92	0,91	0,88	0,93	0,93	0,95
	<i>Shannon</i>	0,96	0,95	0,92	0,90	0,96	0,93	0,88
	<i>Berger-Parker</i>	0,13	0,15	0,13	0,28	0,12	0,16	0,12
Camp. 3	<b>Spp.</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	-	<b>23</b>	<b>45</b>
	<b>Encontros</b>	<b>34</b>	<b>21</b>	<b>43</b>	<b>45</b>	-	<b>39</b>	<b>182</b>
	<i>Chao</i>	24,78	13	61,12	50,16	-	47,50	68
	<i>Jackknife I</i>	27,25	14,66	40,58	23,16	-	35,83	67,66
	<i>Jackknife II</i>	29,44	29,44	51,71	33,91	-	44,46	77,49
	<i>Bootstrap</i>	23,00	23,00	31,47	42,47	-	28,48	56,81
	<i>Simpson</i>	0,93	0,89	0,93	0,92	-	0,94	0,95
	<i>Shannon</i>	0,95	0,96	0,92	0,92	-	0,95	0,87
	<i>Berger-Parker</i>	0,12	0,14	0,16	0,13	-	0,10	0,11

Campanha	Indicadores	IB	IP	JI	JP	MO	TE	STO
Camp. 4	<b>Spp.</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>43</b>
	<b>Encontros</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>15</b>	<b>39</b>	<b>180</b>
	<i>Chao</i>	18,08	16,13	34,00	41,60	14,25	54,67	47,72
	<i>Jackknife I</i>	20,42	17,58	33,00	34,83	12,58	34,83	51,85
	<i>Jackknife II</i>	21,70	18,72	38,45	42,71	15,23	44,23	53,91
	<i>Bootstrap</i>	17,17	15,31	26,98	27,52	9,98	27,37	46,46
	<i>Simpson</i>	0,92	0,90	0,94	0,93	0,78	0,93	0,95
	<i>Shannon</i>	0,97	0,95	0,96	0,93	0,87	0,93	0,90
	<i>Berger-Parker</i>	0,14	0,19	0,11	0,16	0,40	0,15	0,09
Camp. 5	<b>Spp.</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	-	<b>23</b>	<b>13</b>	-	<b>44</b>
	<b>Encontros</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	-	<b>39</b>	<b>22</b>	-	<b>113</b>
	<i>Chao</i>	56,5	30,1	-	41,6	20,17	-	54,14
	<i>Jackknife I</i>	29,69	28,08	-	34,83	18,42	-	57,65
	<i>Jackknife II</i>	32,75	33,46	-	42,71	21,98	-	63,62
	<i>Bootstrap</i>	42,98	22,5	-	27,5	14,81	-	48,76
	<i>Simpson</i>	0,93	0,93	-	0,93	0,88	-	0,96
	<i>Shannon</i>	0,96	0,97	-	0,93	0,92	-	0,92
	<i>Berger-Parker</i>	0,16	0,11	-	0,15	0,23	-	0,09
Camp. 6	<b>Spp.</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	-	<b>30</b>	-	<b>23</b>	<b>55</b>
	<b>Encontros</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	-	<b>54</b>	-	<b>31</b>	<b>163</b>
	<i>Chao</i>	30,00	47,64	-	249,50	-	203,50	71,38
	<i>Jackknife I</i>	29,17	42,58	-	48,25	-	39,63	73,52
	<i>Jackknife II</i>	33,71	51,45	-	64,99	-	53,23	82,38
	<i>Bootstrap</i>	24,19	33,86	-	36,61	-	29,68	62,42
	<i>Simpson</i>	0,93	0,96	-	0,94	-	0,94	0,97
	<i>Shannon</i>	0,95	0,97	-	0,92	-	0,96	0,92
	<i>Berger-Parker</i>	0,13	0,08	-	0,13	-	0,13	0,08
Camp. 7	<b>Spp.</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	-	<b>35</b>	-	<b>32</b>	<b>64</b>
	<b>Encontros</b>	<b>51</b>	<b>40</b>	-	<b>58</b>	-	<b>47</b>	<b>196</b>
	<i>Chao</i>	137,50	60,50	-	97,50	-	63,50	104,04
	<i>Jackknife I</i>	38,75	36,50	-	57,92	-	50,90	94,30
	<i>Jackknife II</i>	50,49	46,37	-	74,96	-	62,72	112,70
	<i>Bootstrap</i>	30,53	28,60	-	44,43	-	40,19	77,14
	<i>Simpson</i>	0,94	0,94	-	0,95	-	0,96	0,97
	<i>Shannon</i>	0,93	0,94	-	0,93	-	0,97	0,89

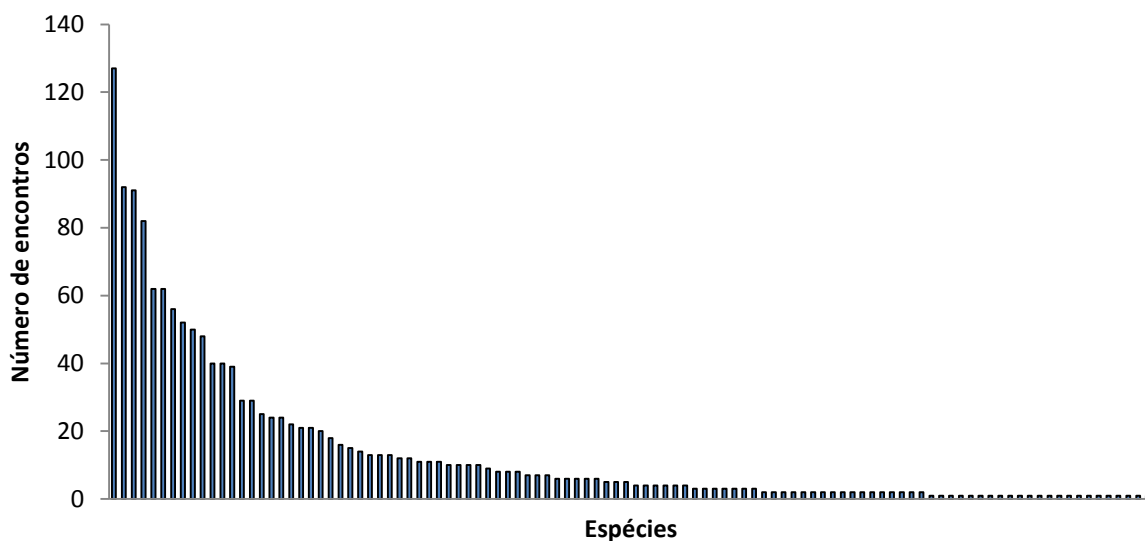


Campanha	Indicadores	IB	IP	JI	JP	MO	TE	STO
	<i>Berger-Parker</i>	0,10	0,10	-	0,14	-	0,06	0,09
Camp. 8	<b>Spp.</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	-	<b>25</b>	-	<b>24</b>	<b>47</b>
	<b>Encontros</b>	<b>34</b>	<b>28</b>	-	<b>43</b>	-	<b>39</b>	<b>144</b>
	<i>Chao</i>	53,67	36,17	-	67,67	-	42,75	69,22
	<i>Jackknife I</i>	33,83	25,90	-	39,67	-	37,50	66,55
	<i>Jackknife II</i>	43,23	32,57	-	50,73	-	45,23	77,25
	<i>Bootstrap</i>	26,36	20,16	-	31,13	-	29,91	55,81
	<i>Simpson</i>	0,93	0,89	-	0,94	-	0,94	0,96
	<i>Shannon</i>	0,94	0,91	-	0,94	-	0,95	0,90
	<i>Berger-Parker</i>	0,15	0,21	-	0,14	-	0,13	0,12
Somatório de todas as campanhas	<b>Spp.</b>	<b>60</b>	<b>54</b>	<b>46</b>	<b>69</b>	<b>28</b>	<b>67</b>	<b>106</b>
	<b>Encontros</b>	<b>272</b>	<b>264</b>	<b>177</b>	<b>352</b>	<b>88</b>	<b>303</b>	<b>1456</b>
	<i>Chao</i>	71,76	68,73	60,45	97,41	38,00	110,56	121,56
	<i>Jackknife I</i>	79,79	71,80	62,65	93,74	37,79	94,63	128,95
	<i>Jackknife II</i>	82,90	78,77	69,56	107,56	42,69	113,25	134,96
	<i>Bootstrap</i>	69,79	62,27	53,72	79,96	32,63	78,81	117,23
	<i>Simpson</i>	0,96	0,96	0,95	0,95	0,92	0,96	0,97
	<i>Shannon</i>	0,87	0,87	0,88	0,85	0,88	0,87	0,82
	<i>Berger-Parker</i>	0,09	0,09	0,11	0,12	0,23	0,08	0,09

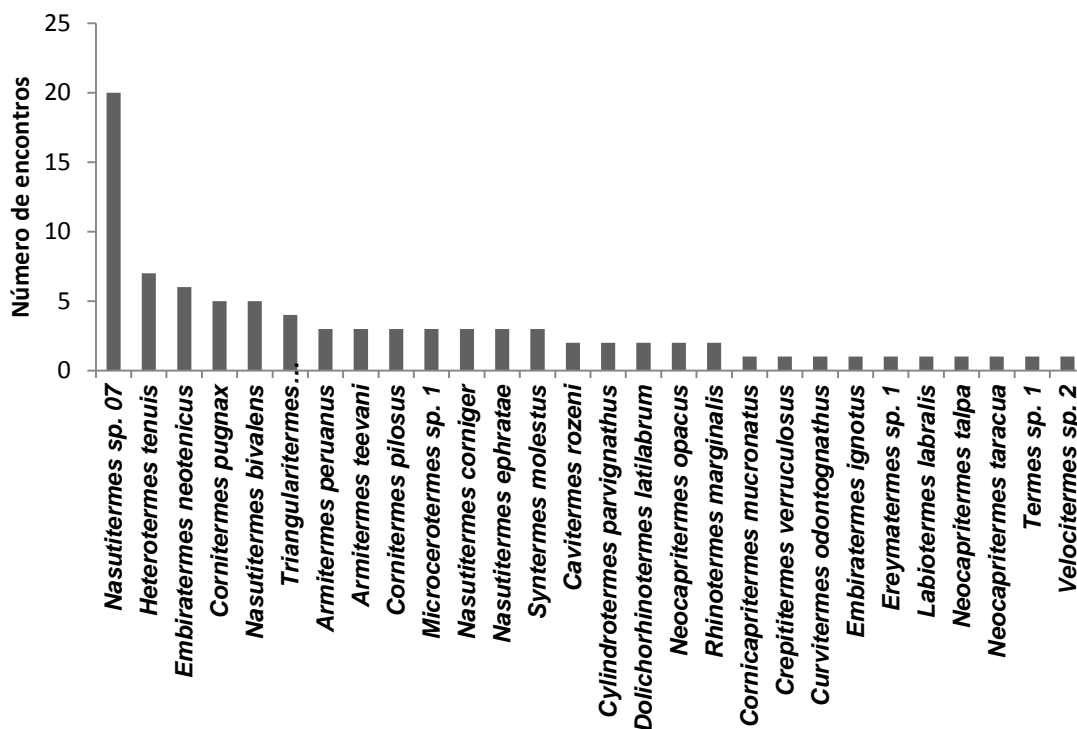
**Módulos:** IB – Ilha do Búfalo; IP – Ilha da Pedra; JI – Jirau - ME; JP – Jaci-Paraná - MD; MO – Morrinhos; TE – Teotônio e STO – Todos os módulos somados.

O padrão de dominância ao longo do monitoramento se manteve relativamente constante, sendo observado um grande número de espécies com apenas um encontro ( $n=23$ ) e poucas espécies ( $n=13$ ) acima de 30 (Figura 14). Tal padrão é esperado e observado para diversos grupos animais, nos mais variados ambientes do globo (Magurran, 2003). O índice de dominância foi maior para o módulo de Morrinhos (*Berger-Parker* = 0,23), praticamente o dobro do segundo maior (Jaci-Paraná - MD, *Berger-Parker* = 0,12). Essa alta dominância em Morrinhos se dá pela alta abundância de uma única espécie em relação às demais (*Nasutitermes* sp. 7, Figura 15).

Morrinhos também foi o módulo que obteve a menor diversidade (*Simpson* = 0,92), divergindo dos demais módulos, onde a diversidade de *Simpson* variou entre 0,95 e 0,96. O índice de equitabilidade de *Shannon* teve pouca variação entre os módulos, sendo o módulo de Jaci-Paraná - MD o que apresentou o menor valor para o índice (0,85).



**Figura 14.** Abundância relativa (número de colônias/encontros) das espécies de cupins nos seis módulos de amostragens durante as oito campanhas de campo (setembro de 2010 a junho de 2012) nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.

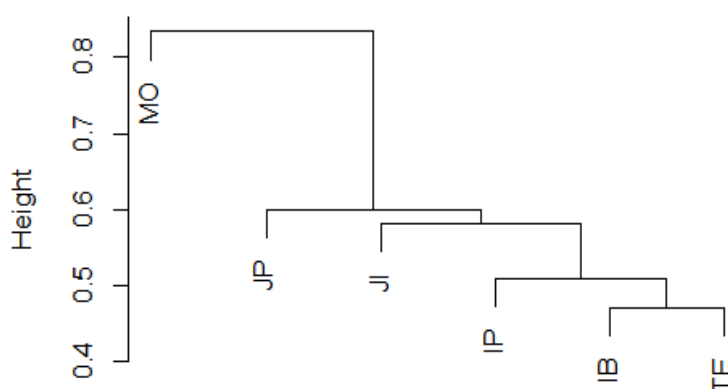


**Figura 15.** Abundância relativa (número de colônias/encontros) das espécies de cupins no módulo de Morrinhos da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO, durante as quatro campanhas de campo em que foi amostrado.

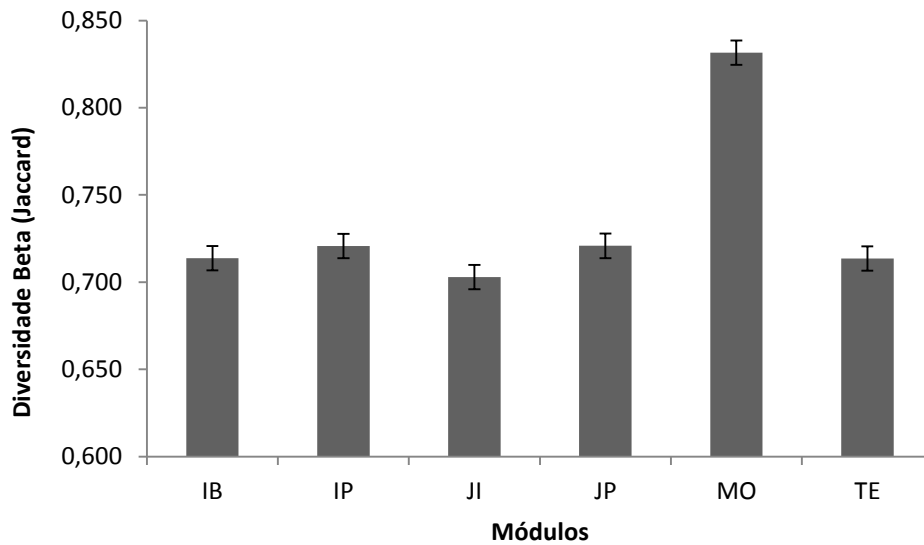
Somando-se as oito campanhas, observa-se que a composição de espécies do módulo de Morrinhos é mais distinta daquelas dos demais módulos. Os módulos mais similares em relação à diversidade de cupins são Teotônio e Ilha do Búfalo, e Ilha da Pedra e Ilha do Búfalo (Tabela 4). Depois de Morrinhos, o módulo mais singular é Jaci-Paraná – MD (Figura 16), apesar da diversidade beta deste último ser mais próxima com a dos demais módulos do que do módulos de Morrinhos (Figura 17). É possível notar no dendrograma a formação de um agrupamento entre os módulos Ilha do Búfalo, Ilha da Pedra e Teotônio e Jirau – ME. Dentro dessa mesma óptica é interessante destacar que os quatro módulos agrupados estão na margem esquerda do rio Madeira, enquanto os outros dois módulos mais distintos (Jaci-Paraná – MD e Morrinhos) estão na margem direita do rio Madeira.

**Tabela 4.** Matriz de dissimilaridade (distância de *Jaccard*) entre os seis módulos amostrados, somando-se as oito campanhas de monitoramento da entomofauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. Módulos: IB - Ilha do Búfalo; IP - Ilha da Pedra; JI - Jirau - ME; JP - Jaci-Paraná - MD; MO - Morrinhos; TE - Teotônio.

	IB	IP	JI	JP	MO
IP	0,47				
JI	0,58	0,57			
JP	0,59	0,60	0,62		
MO	0,83	0,81	0,80	0,86	
TE	0,47	0,55	0,58	0,59	0,86



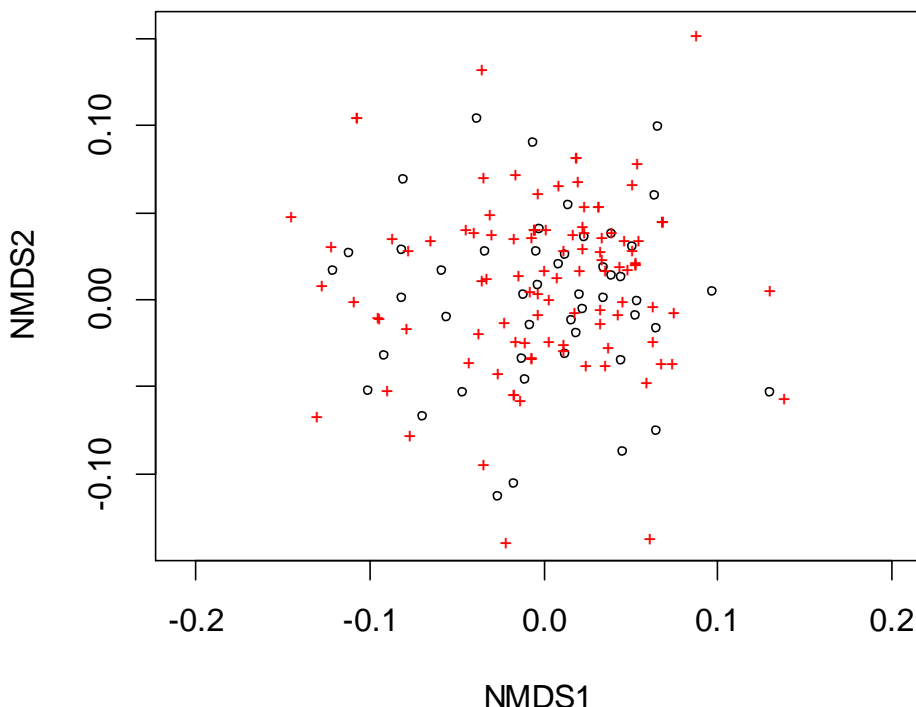
**Figura 16.** Dendrograma com a dissimilaridade entre os seis módulos considerando a soma dos resultados por módulo das oito campanhas amostradas da UHE Santo Antônio. Módulos: IB – Ilha do Búfalo; IP – Ilha da Pedra; JI – Jirau - ME; JP – Jaci-Paraná - MD; MO – Morrinhos; TE – Teotônio.



**Figura 17.** Média da diversidade beta de cada um dos seis módulos amostrados, considerando a soma dos resultados por módulo das oito campanhas de monitoramento de fauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. Módulos: IB – Ilha do Búfalo; IP – Ilha da Pedra; JI – Jirau - ME; JP – Jaci-Paraná - MD; MO – Morrinhos; TE – Teotônio.

Observando-se a ordenação realizada com a distância de *Bray-Curtis* (Figura 18), não foi possível encontrar qualquer padrão. O valor de *stress* encontrado (0.24) é um valor muito alto. O *stress* indica quanto a ordenação explica as distâncias (nesse caso diversidade Beta) entre as amostras. Quanto menor o valor de *stress*, melhor é a explicação por parte da ordenação (Legendre & Legendre, 1998).

**NMDS/Bray - Stress = 0.246**



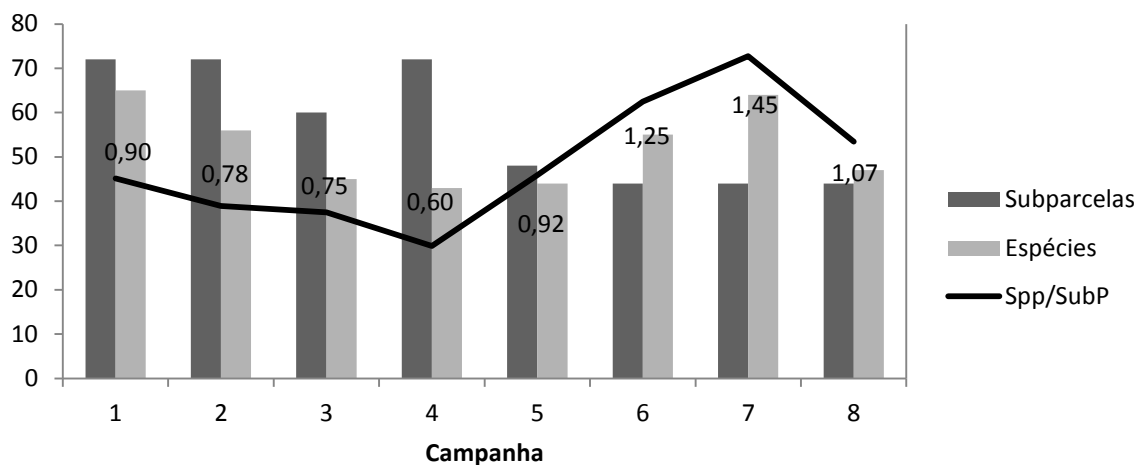
**Figura 18.** Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) com a abundância das espécies de cupins por parcela amostrada em cada um dos seis módulos das oito campanhas de monitoramento de fauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO.

**4.3. Diversidade ao longo das campanhas**

Na primeira campanha de monitoramento foram amostradas 65 espécies de cupins em 281 encontros. Já na segunda campanha foram registradas 56 espécies em 197 encontros, na terceira 45 espécies em 182 encontros, na quarta 43 espécies em 180 encontros; na quinta 44 espécies em 113 encontros, na sexta 55 espécies em 163 encontros; na sétima 64 espécies em 196 encontros e, por fim, na oitava campanha 47 espécies em 144 encontros.

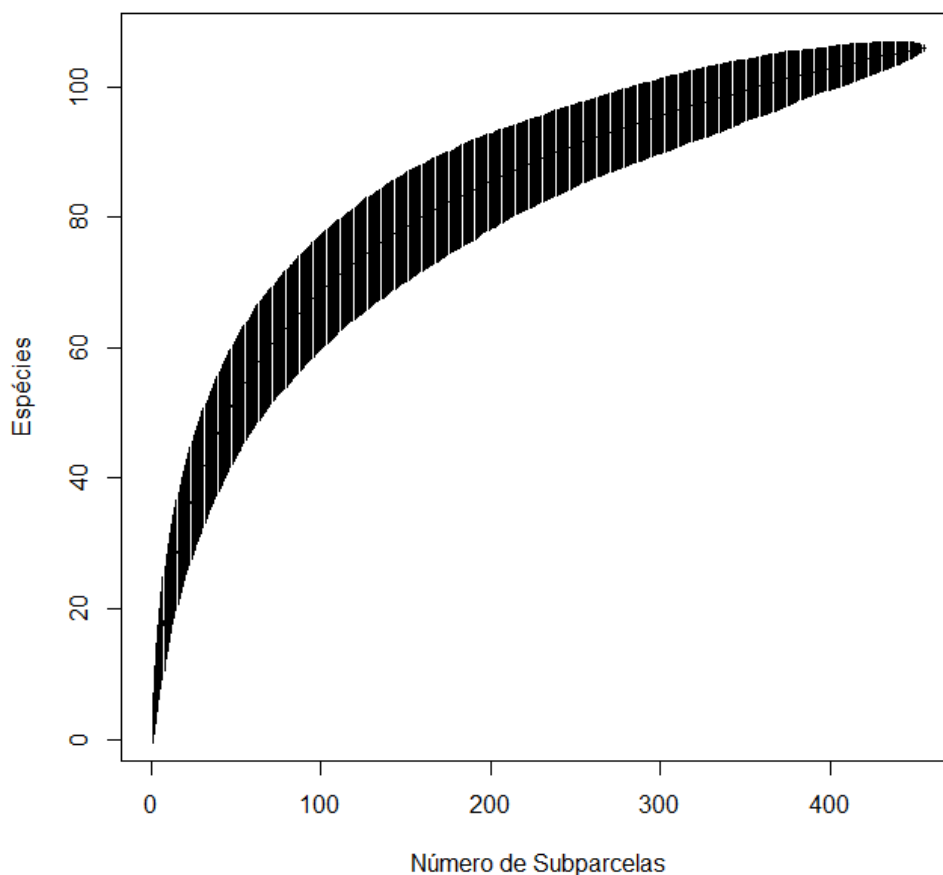
A campanha com o maior número de espécies foi a primeira (n=65), e a com o menor número foi a quarta (n=43). Entretanto, a campanha com a maior média de espécies em relação ao número de subparcelas amostradas (esforço amostral) foi a sétima (1,45 espécies por subparcela), e a quarta campanha foi a que teve a menor média de espécies por subparcela (0,6) (Figura 19). As três últimas campanhas foram as únicas em que a média de espécies por subparcela foi acima de 1 (um). Isso pode ser explicado porque

essas campanhas tiveram um menor esforço amostral (alguns módulos não amostrados, como justificado acima) e, quanto maior o esforço amostral, menos novas espécies são encontradas por subparcela amostrada.



**Figura 19.** Número de subparcelas amostradas, número de espécies e média de espécies por subparcela (Spp/SubP) na primeira (setembro de 2010), segunda (janeiro de 2011), terceira (março/abril de 2011), quarta (junho de 2011), quinta (setembro de 2011), sexta (novembro de 2011), sétima (março de 2012) e oitava (junho de 2012) campanhas de campo, nos módulos de monitoramento da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.

Em todas as campanhas foram amostradas espécies ainda não amostradas nas campanhas anteriores nas áreas de influência da UHE Santo Antônio. Da primeira campanha para a segunda houve um acréscimo de 13 espécies; da segunda para a terceira, três espécies, da terceira para quarta, seis; da quarta para quinta, quatro; da quinta para a sexta, seis espécies; da sexta para sétima, sete; e da sétima para a oitava, duas espécies ainda não registradas. Esse crescente número de novos registros reforça o que é evidente na curva de acumulação de espécies, que ainda permanece em ascendência, com apenas uma pequena inflexão (Figura 20).

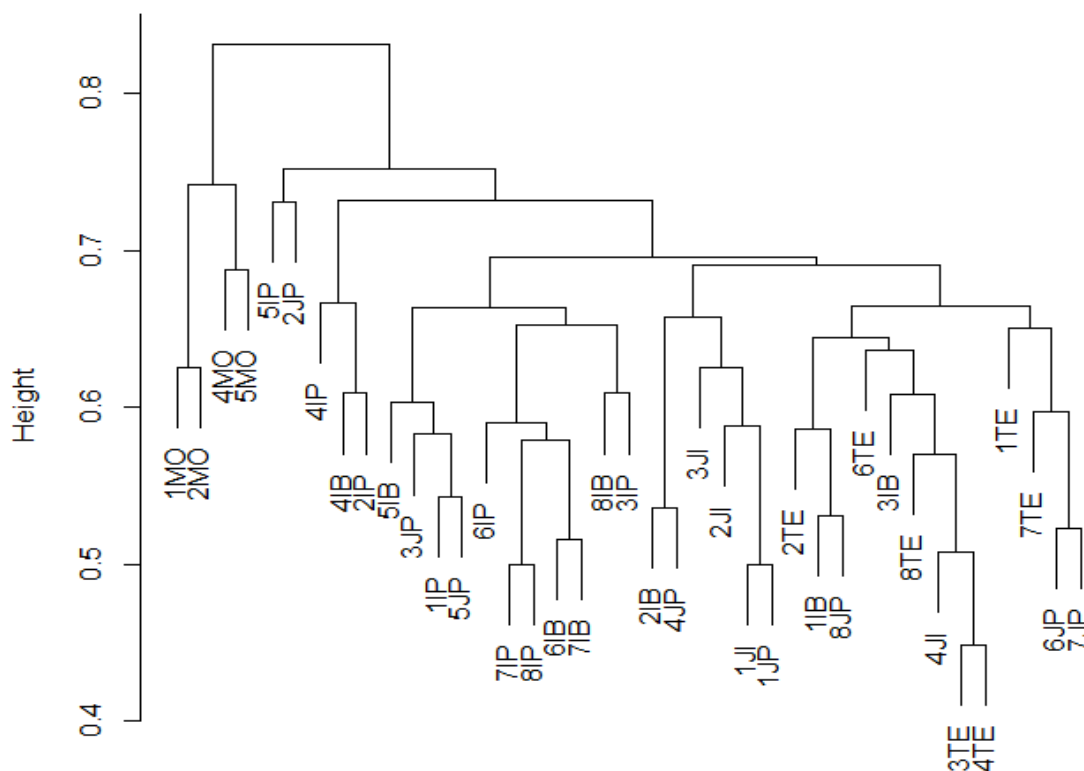


**Figura 20.** Curva de acumulação de espécies para cupins com a somatória dos resultados da primeira (setembro de 2010), segunda (janeiro de 2011), terceira (março/abril de 2011), quarta (junho de 2011), quinta (setembro de 2011), sexta (novembro de 2011), sétima (março de 2012) e oitava (junho de 2012) campanhas de campo, nos módulos de monitoramento da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. Total de 456 subparcelas e 106 espécies.

O número de espécies encontradas durante as oito campanhas (106) só não foi superior ao que foi estimado pelo estimador *Jackknife II* com os dados da sétima campanha (112 espécies). Todas as demais estimativas utilizando-se os dados de apenas uma campanha se mostraram conservadoras. Observando-se os dados das oito campanhas o estimador mais conservador (*Bootstrap*) estima uma riqueza de 117 espécies; enquanto o mais otimista (*Jackknife II*) estima 135 espécies. Considerando o erro apresentado pelos estimadores quando foram utilizados os dados de cada campanha separadamente e, também, o conhecimento sobre áreas adjacentes às do presente estudo (*i.e.* áreas de influência da UHE Jirau - T. Carrijo com. pes.), é provável que o estimador que mais se

aproxime do real número de espécies nas áreas de influência da UHE Santo Antônio seja *Jackknife II* (135 espécies, Tabela 3).

Ao se comparar a composição de espécies de cupins de cada módulo em cada campanha separadamente, o módulo de Morrinhos é o que se mostra mais singular, sendo agrupadas todas as campanhas em que foram realizadas amostragens nele – primeira, segunda, quarta e quinta – (Figura 21, Tabela 5). Nenhum outro padrão geral pode ser observado ao se analisar o cluster com cada módulo por campanha.



**Figura 21.** Dendrograma com dissimilaridade entre os seis módulos amostrados em cada uma das oito campanhas de monitoramento nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO. Módulos: IB – Ilha do Búfalo; IP – Ilha da Pedra; JI – Jirau - ME; JP – Jaci-Paraná - MD; MO – Morrinhos; TE – Teotônio. Primeira campanha (setembro de 2010), segunda (janeiro de 2011), terceira (março/abril de 2011), quarta (junho de 2011), quinta (setembro de 2011), sexta (novembro de 2011), sétima (março de 2012) e oitava (junho de 2012).





#### 4.4. Espécies indicadoras

Por meio do cálculo do Índice de Valoração (*IndVal*) das espécies presentes nos módulos de monitoramento da UHE Santo Antônio, foi possível observar que várias espécies podem ser consideradas boas indicadoras de algum módulo ou conjunto de módulos (Tabela 6). Uma espécie com alto *IndVal* é aquela que possui uma abundância relativamente alta em alguma área e baixa em outras, sendo então considerado um bom indicador da primeira (Dufrene & Legendre, 1997).

De todas as espécies consideradas boas indicadoras para um módulo ou mais, duas merecem um maior destaque: *Cyranotermes karipuna* e *Nasutitermes* sp. 7. A primeira é uma espécie descrita recentemente (Rocha *et al.*, 2011) e aparentemente é restrita para as áreas de influência da UHE Santo Antônio e, foi registrada apenas nos módulos Jaci-Paraná - MD, Jirau – ME e Teotônio. Já a segunda, *Nasutitermes* sp. 7, teve sua abundância muito alta no módulo Morrinhos (20 encontros em 4 campanhas de amostragem), abundância média no módulo Ilha da Pedra (17 encontros em 8 campanhas) e baixa nos módulos Ilha do Búfalo (9 encontros em 8 campanhas), Teotônio e Jirau – ME (1 encontro). A população de *Nasutitermes* sp. 7 nas áreas de influência da UHE Santo Antônio provavelmente foi bastante impactada pelo alagamento do módulo Morrinhos. Essas duas espécies provavelmente possuem suas distribuições relativamente restritas, uma vez que aparentemente estão ausentes em áreas próximas, também na região do rio Madeira, como nas áreas de influência da UHE Jirau (T. Carrijo com. pes.).

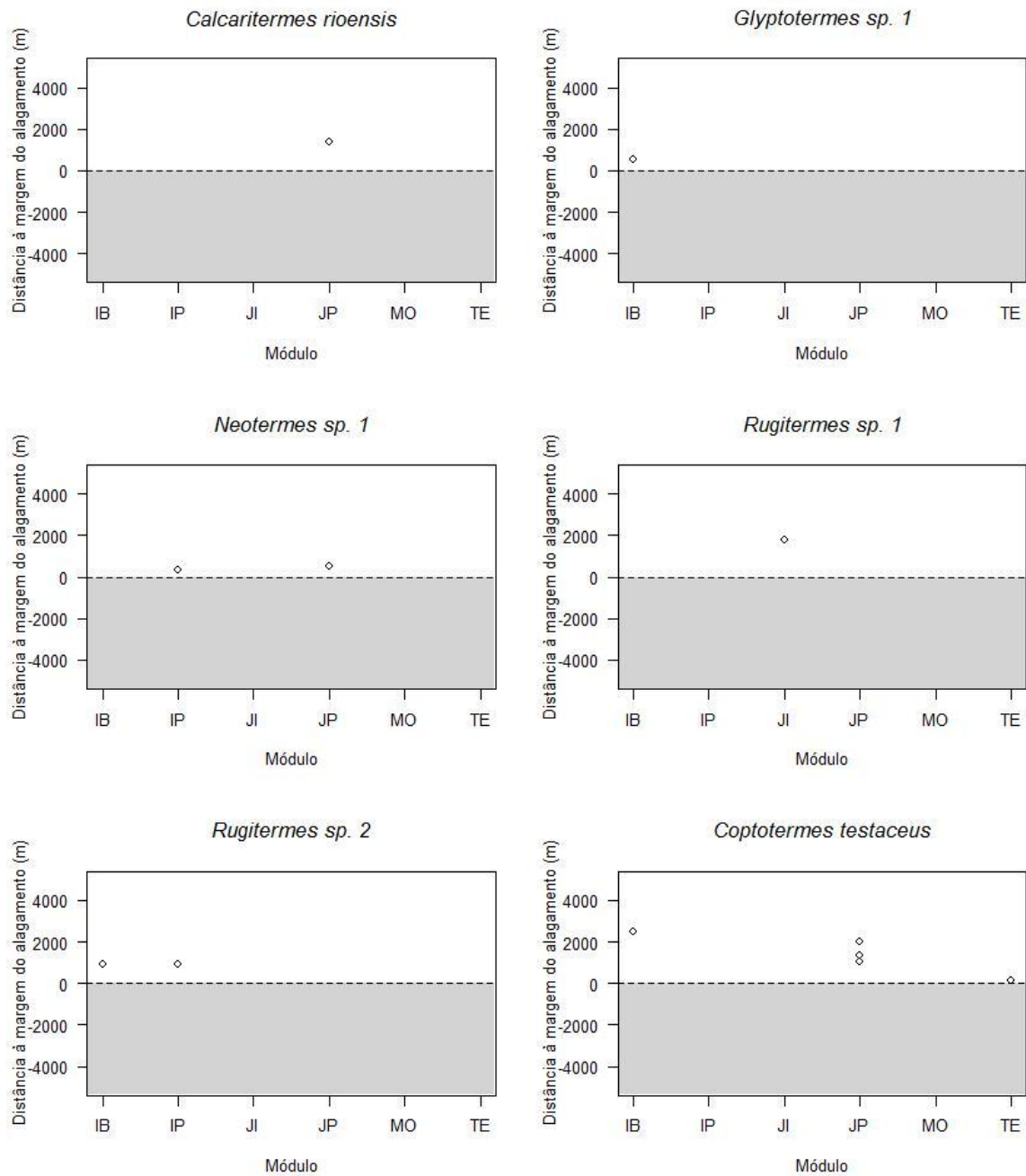
**Tabela 6.** Índice de Valoração (*IndVal*) para as espécies amostradas nos seis módulos amostrados, somando-se as oito campanhas de monitoramento da fauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. Módulos: IB - Ilha do Búfalo; IP - Ilha da Pedra; JI - Jirau - ME; JP - Jaci-Paraná - MD; MO - Morrinhos; TE - Teotônio. Significância: \*\*\* 0; \*\* 0,001 e \* 0,01.

Módulo(s)	Espécie indicadora	<i>IndVal</i>	Valor de <i>p</i>	Significância
IP	<i>Dolichorhinotermes</i> sp. 1	0,709	0,004	**
JP	<i>Cyranotermes karipuna</i>	0,680	0,003	**
TE	<i>Syntermes spinosus</i>	0,641	0,006	**
IP+JP	<i>Cornitermes ovatus</i>	0,808	0,001	***
IP+MO	<i>Nasutitermes</i> sp. 7	0,759	0,002	**
IP+TE	<i>Neocapritermes pumilis</i>	0,711	0,004	**
IP+JP+TE	<i>Embiratermes ignotus</i>	0,773	0,002	**
	<i>Cylindrotermes flangiatus</i>	0,766	0,003	**
	<i>Nasutitermes gagei</i>	0,749	0,005	**
IP+JI+JP+TE	<i>Nasutitermes banksi</i>	0,839	0,007	**
	<i>Nasutitermes similis</i>	0,796	0,003	**
IB+IP+JI+JP+TE	<i>Cylindrotermes parvignathus</i>	0,880	0,010	**

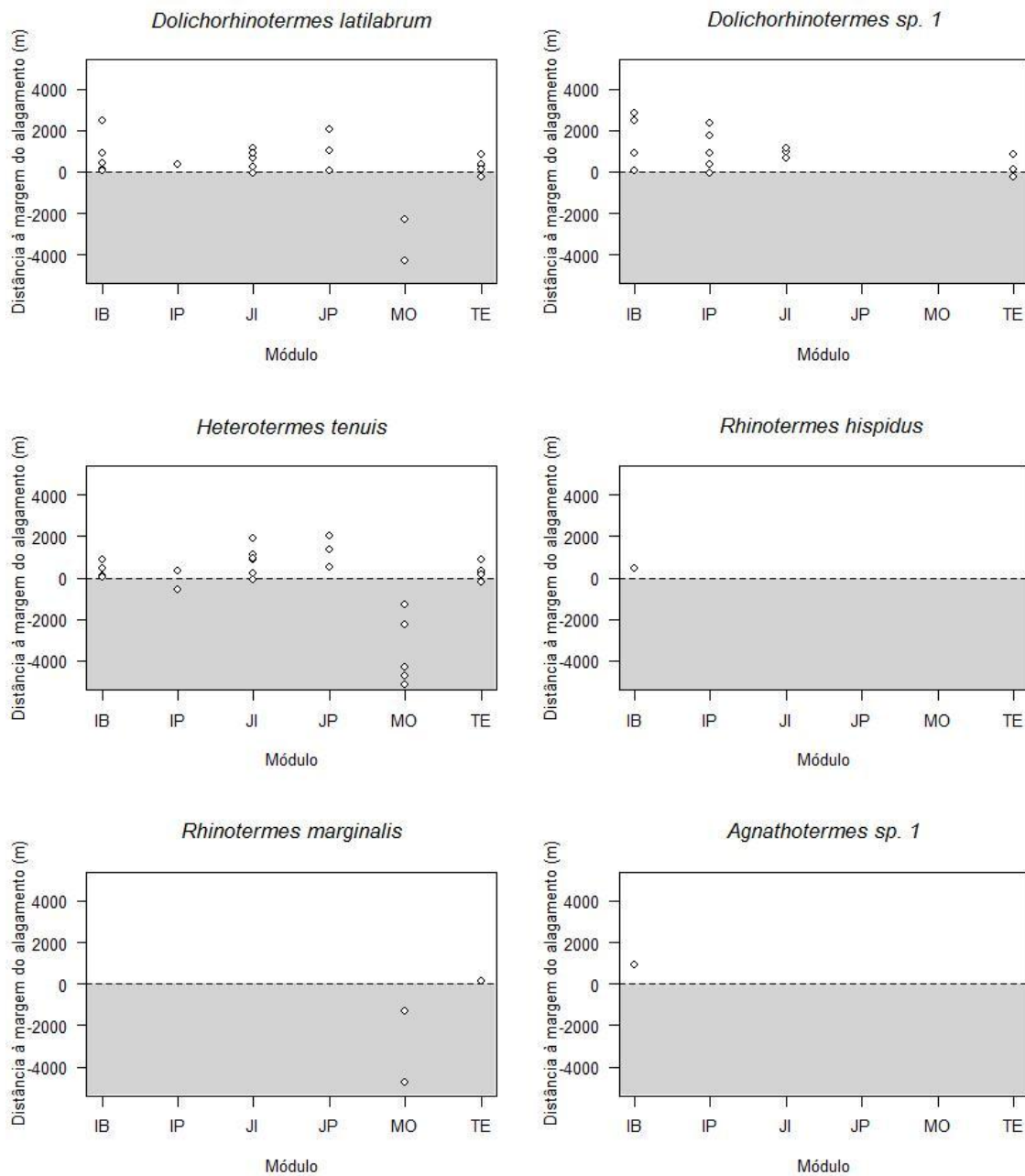
Duas espécies foram coletadas apenas em áreas abaixo da cota de inundação (Figuras 22 a 39): *Curvitermes odontognathus* e *Cavitermes rozeni*. A primeira tem uma ampla distribuição, que compreende grande parte dos biomas Amazônicos e do Cerrado (Carvalho & Constantino, 2011). Já a segunda espécie, foi descrita de uma amostra de Manaus, AM e, apesar de ter sido coletada apenas em áreas que serão inundadas nas áreas de influencia da UHE Santo Antônio, essa espécie já foi bastante amostrada em áreas subjacentes às desse trabalho (área de influência da UHE Jirau, T. Carrijo com. pes.). Desta forma, os impactos gerados pela construção da UHE Santo Antônio, provavelmente ocorrerá nas populações locais destas duas espécies e, não nas espécies de forma geral.

Das 106 espécies amostradas durante as oito campanhas de monitoramento, 23 não foram mais amostradas depois da campanha 5 (setembro de 2011), quando ocorreu o início do processo de formação do lago. Das 23 espécies, 14 foram amostras apenas uma vez durante as cinco primeiras campanhas, cinco espécies foram amostradas apenas duas vezes, duas foram amostradas quatro vezes, uma foi amostrada seis vezes (*Nasutitermes* sp. 09) e uma foi amostrada 12 vezes antes do começo do começo da formação do lago (*Cornitermes weberi*). A maioria dessas espécies são relativamente raras de se encontrar, e a chance de não serem amostradas depois da quinta campanha, pode ter sido por simples acaso, ou até mesmo porque foram apenas três campanhas após a formação do lago, enquanto foram cinco antes, uma considerável diferença no esforço amostral.

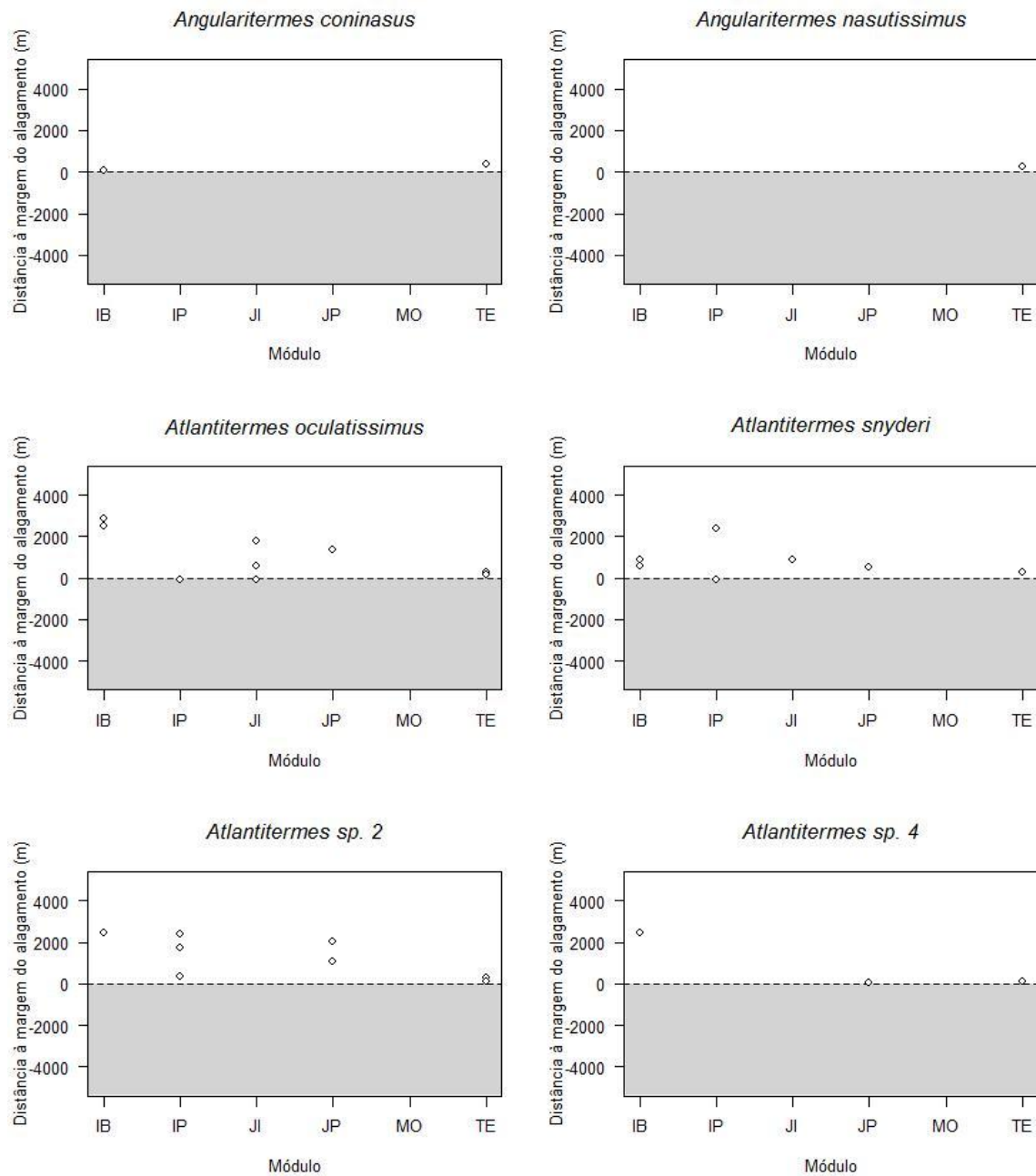
Duas espécies relativamente abundantes até o enchimento deixaram de ser amostradas após o enchimento, entretanto, ambas são espécies que já foram amostradas em outros lugares e as distribuições delas são consideravelmente maiores (módulos de monitoramento da UHE Jirau para ambas, e outras localidades da Amazônia para *C. weberi*). O fato de poucas espécies sofrerem influência pela formação do lago, já se era esperado, uma vez que os cupins são animais sociais, e as colônias podem durar vários anos. Sendo assim, os impactos na comunidade de cupins devem ser mais evidentes depois de cinco a 10 anos da implementação da UHE, como já mostrado por outros estudos (Eggleton *et al.*, 1995, 1996, 1997; Davies *et al.*, 2003).



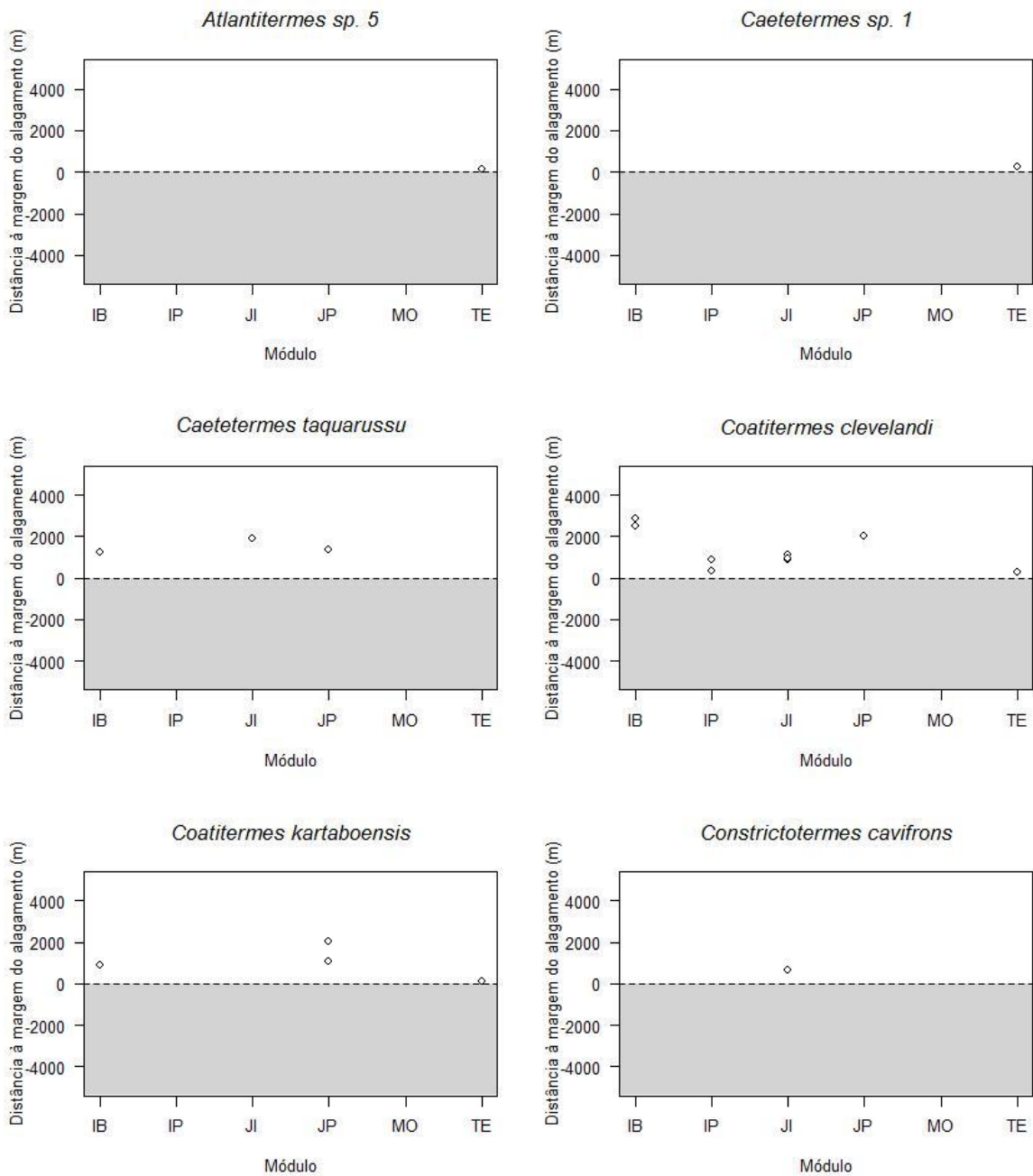
**Figura 22.** Distribuição das espécies *Calcaritermes rioensis*, *Neotermes* sp 1., *Glyptotermes* sp. 1, *Rugitermes* spp. (Kalotermitidae) e *Coptotermes testaceus* (Rhinotermitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



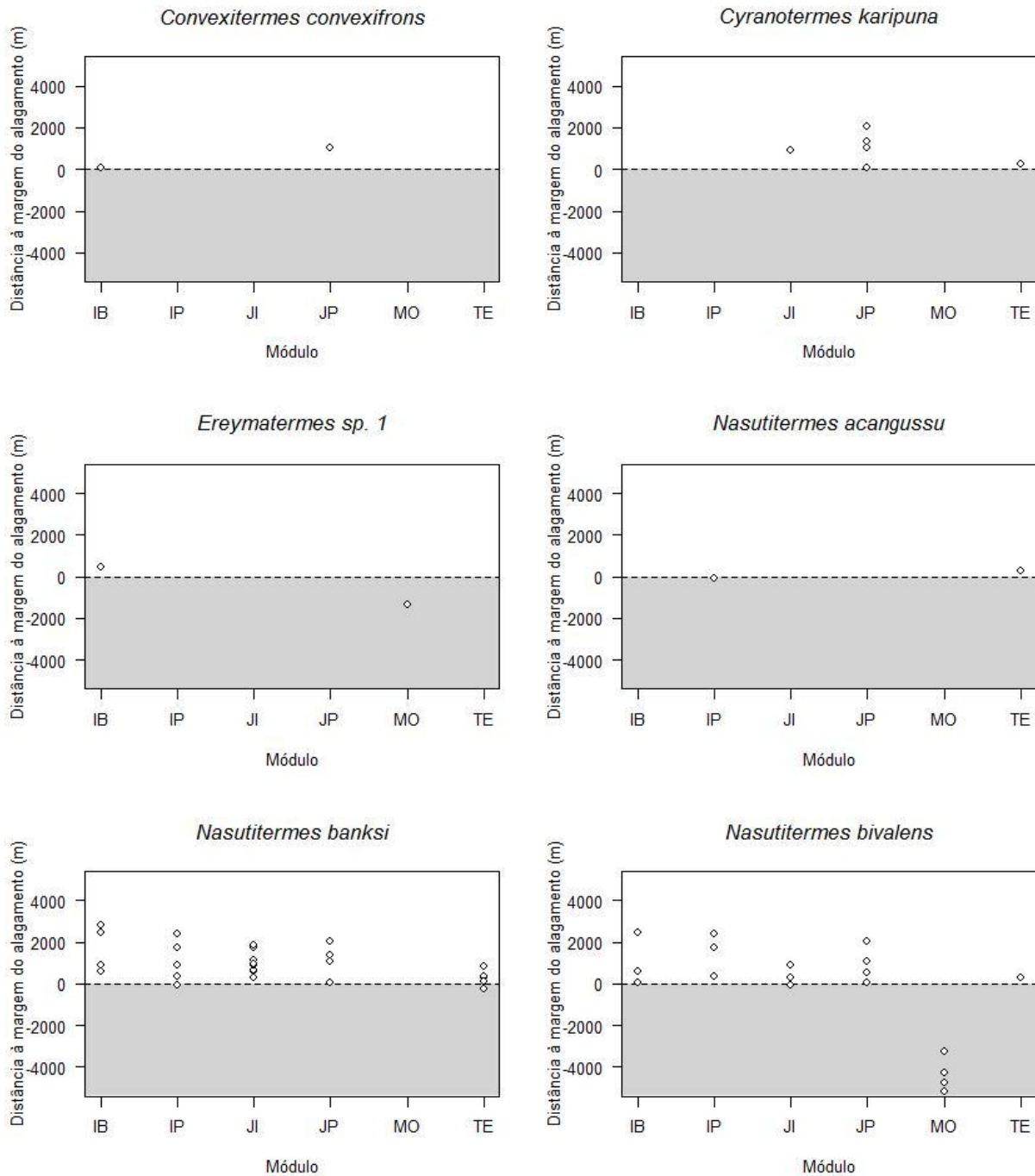
**Figura 23.** Distribuição das espécies *Dolichorhinotermes latilabrum*, *D. sp. 1*, *Heterotermes tenuis*, *Rhinotermes hispidus*, *R. marginalis* (Rhinotermitidae) e *Agnathotermes sp. 1* (Nasutitermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



**Figura 24.** Distribuição das espécies dos gêneros *Angularitermes* e *Atlantitermes* (Nasutitermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.

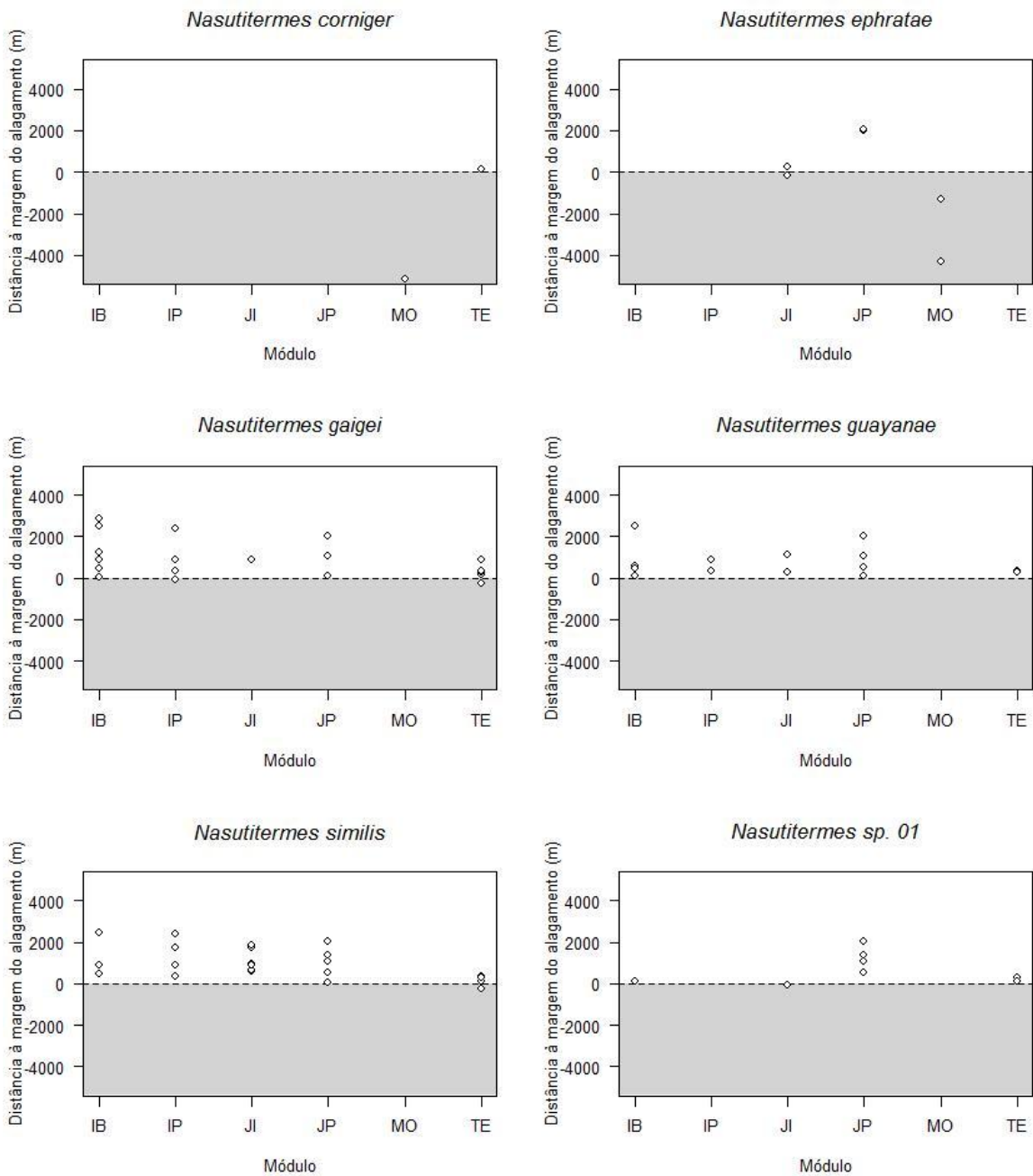


**Figura 25.** Distribuição das espécies *Atlantitermes* sp. 5, *Caetetermes* spp., *Coatitermes* spp. e *Constrictotermes cavifrons* (Nasutitermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.

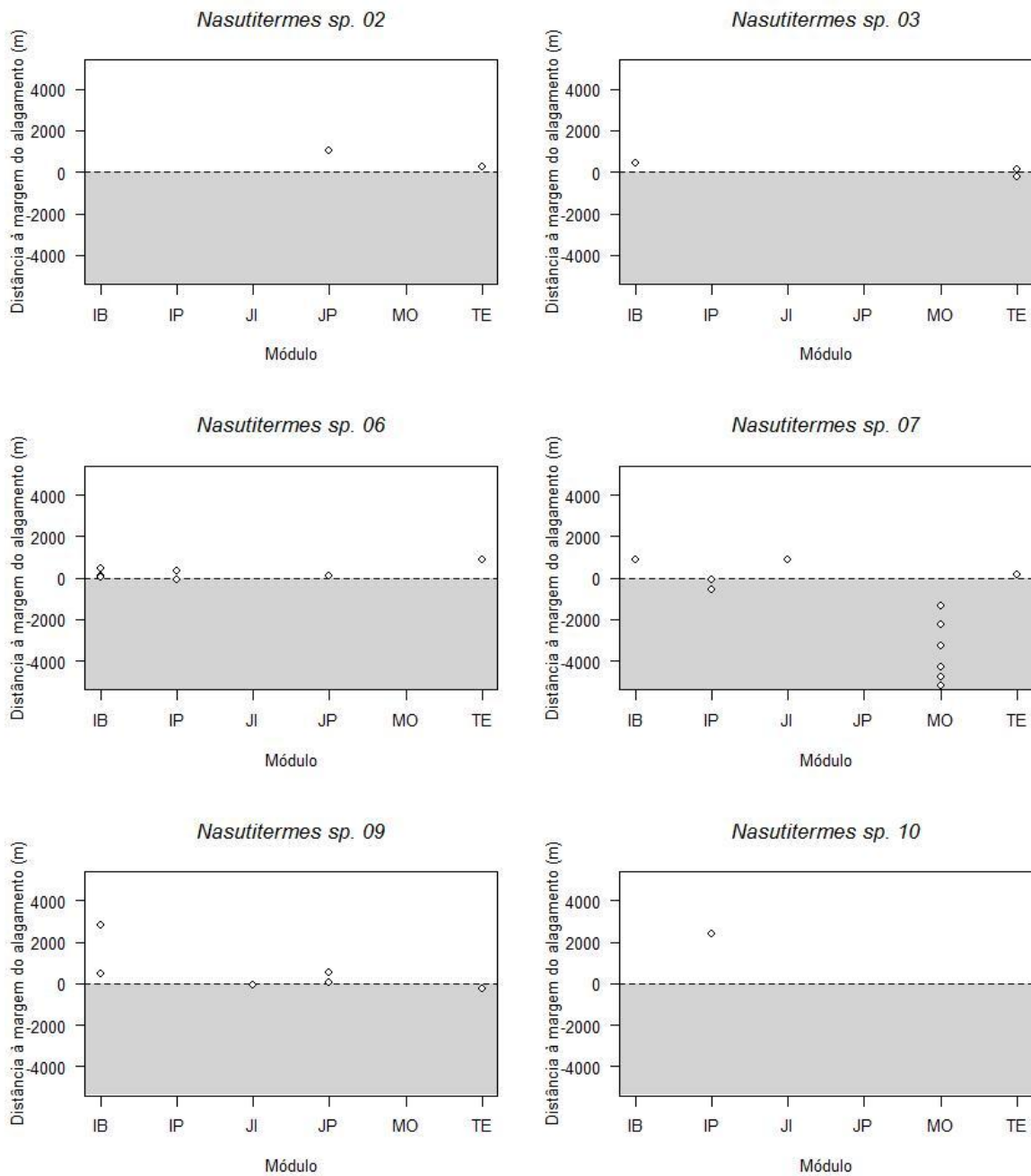


**Figura 26.** Distribuição das espécies *Convexitermes convexifrons*, *Cyranotermes karipuna*, *Ereymatermes sp. 1*, *Nasutitermes acangussu*, *N. banksi* e *N. bivalens* (Nasutitermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.

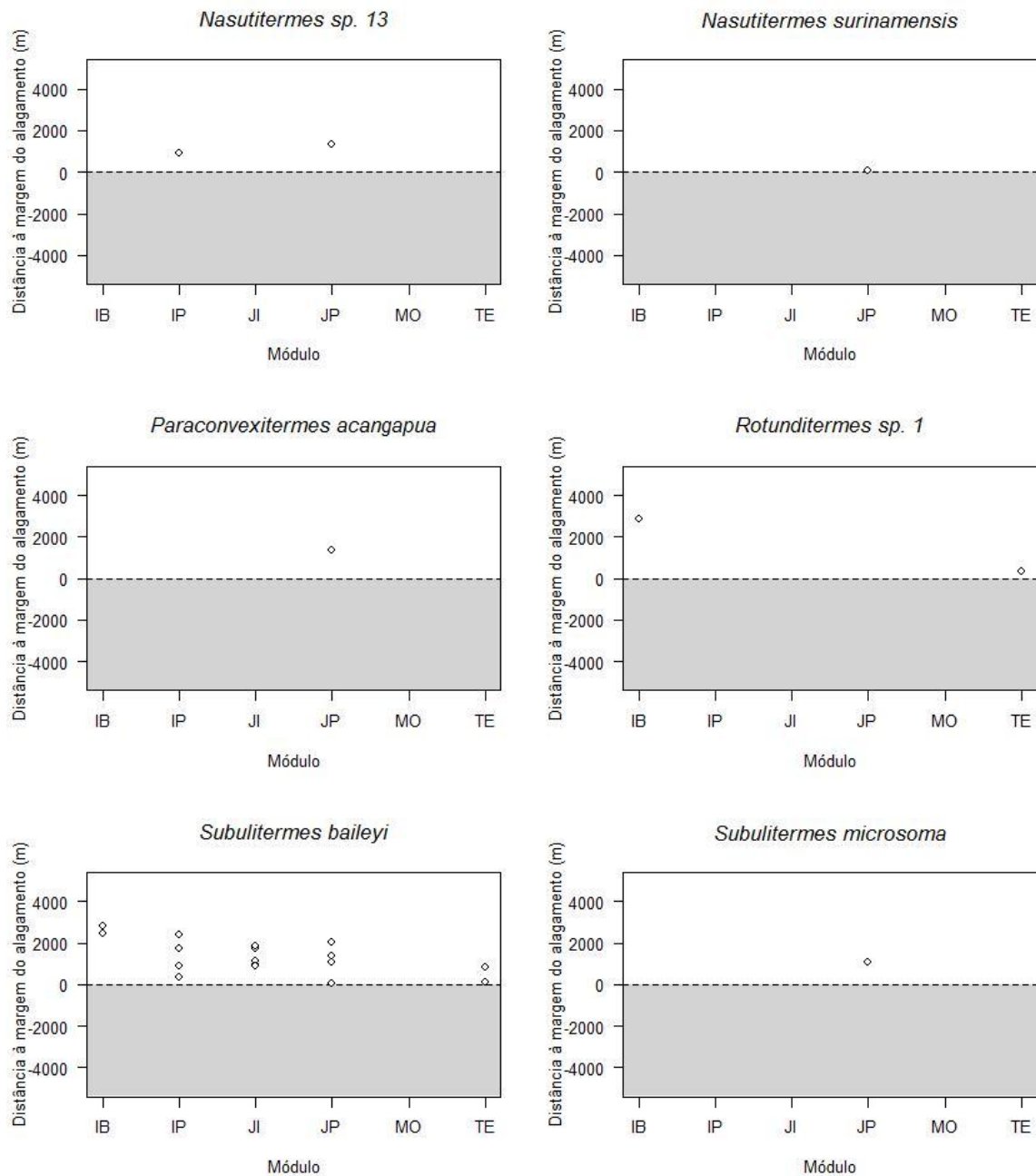




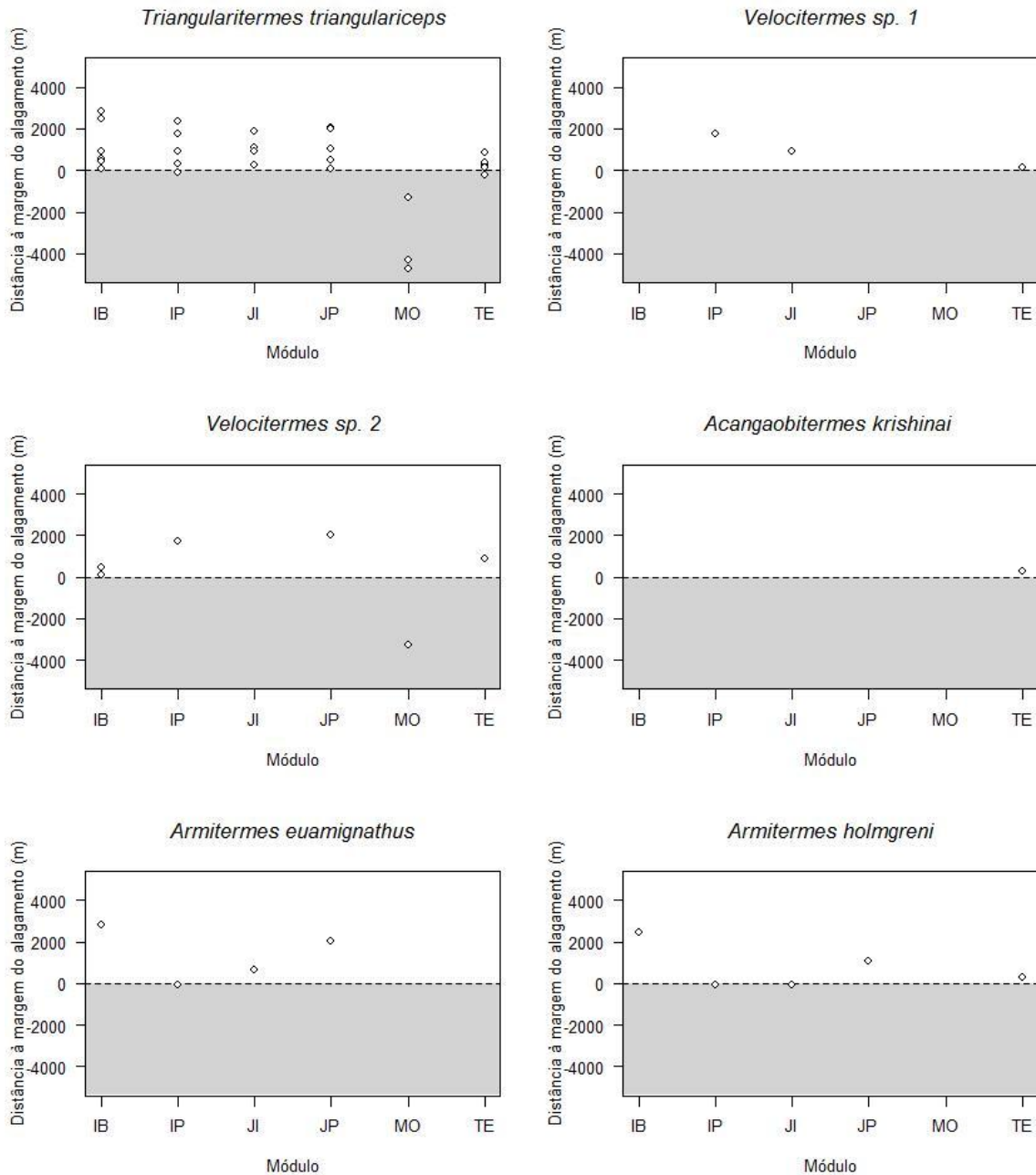
**Figura 27.** Distribuição de espécies do gênero *Nasutitermes* (Nasutitermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



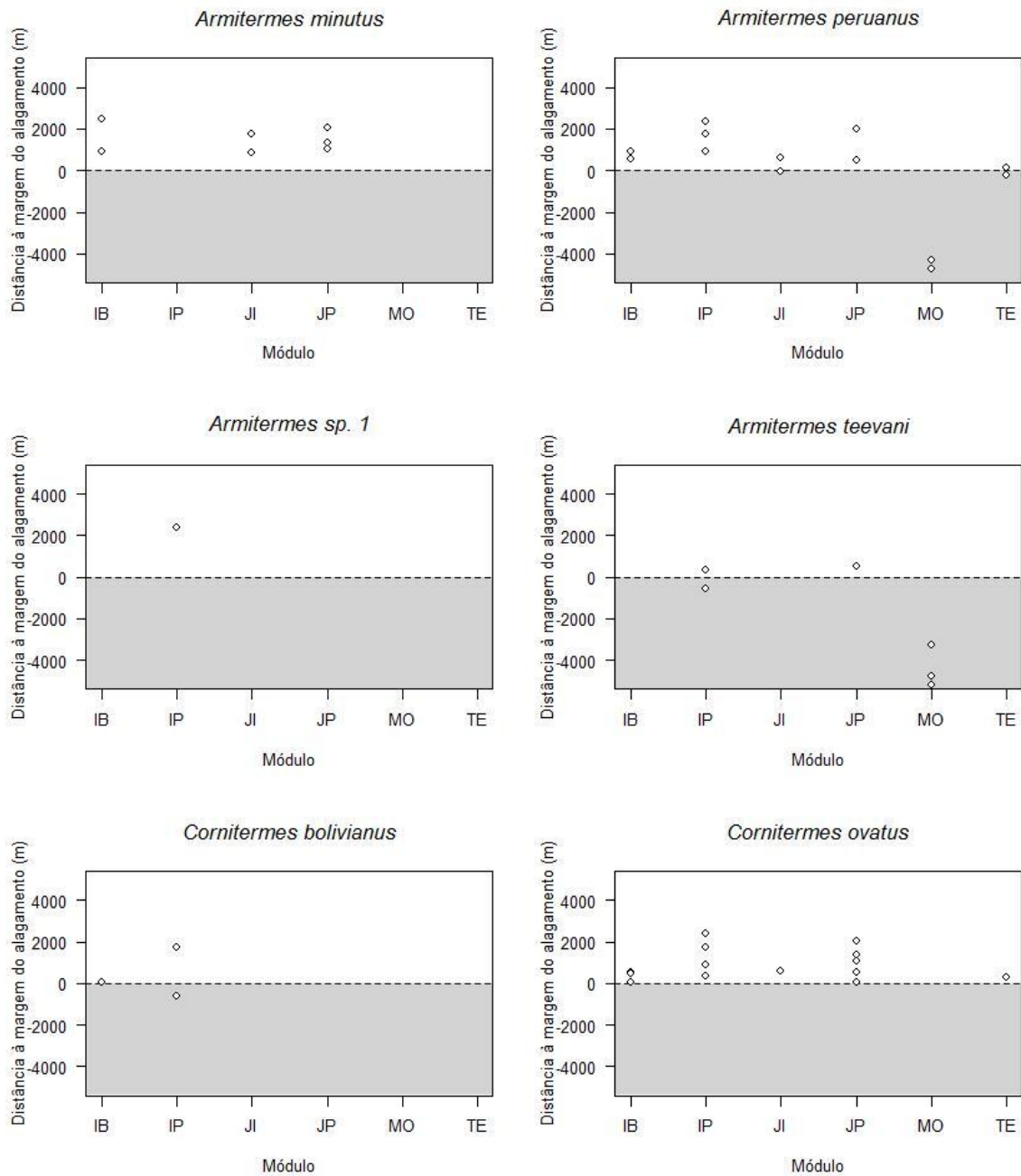
**Figura 28.** Distribuição de espécies do gênero *Nasutitermes* (Nasutitermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



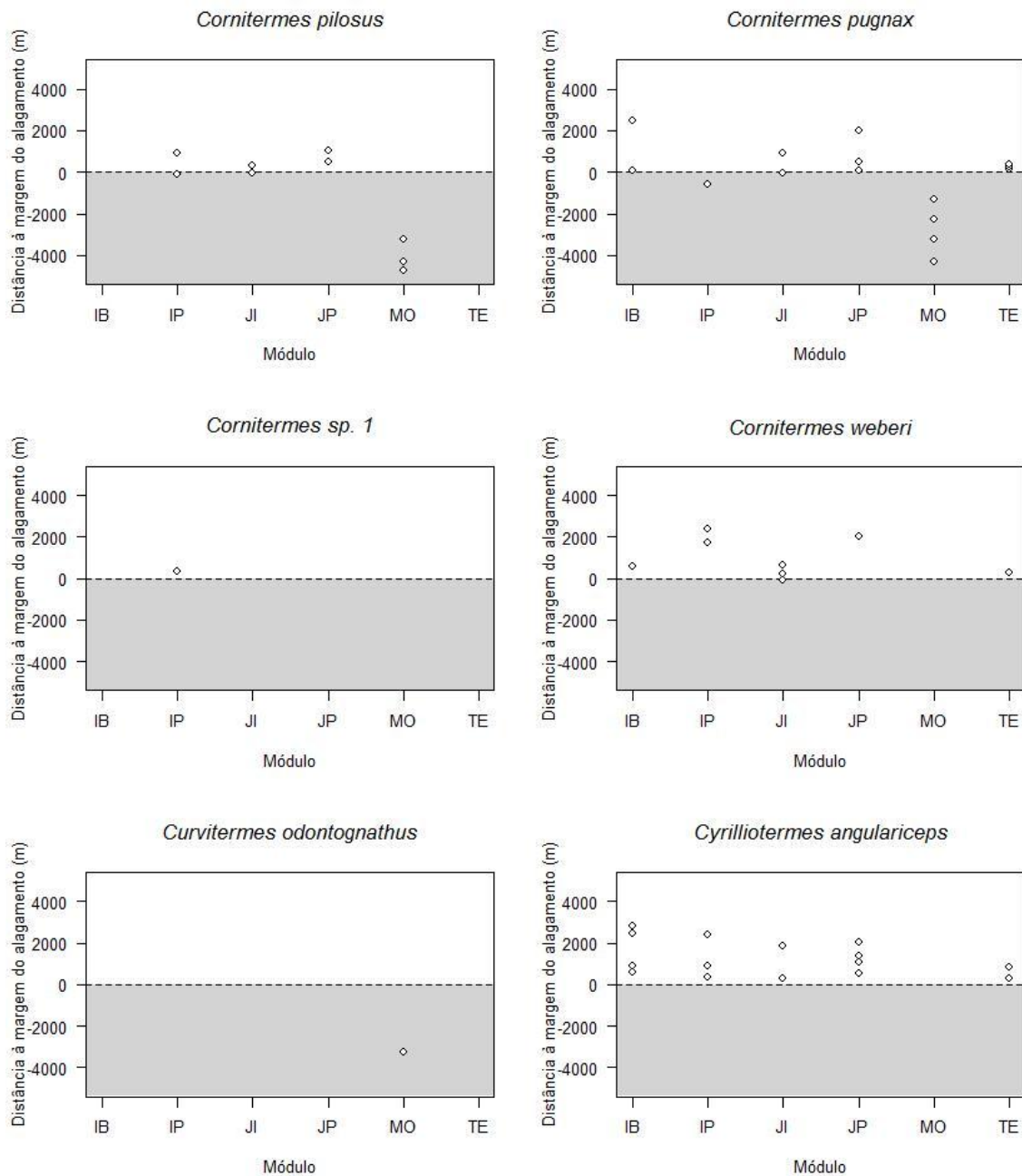
**Figura 29.** Distribuição das espécies *Nasutitermes* sp. 13, *N. surinamensis*, *Paraconvexitermes acangapua*, *Rotunditermes* sp. 1, *Subulitermes baileyi* e *S. microsoma* (Nasutitermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



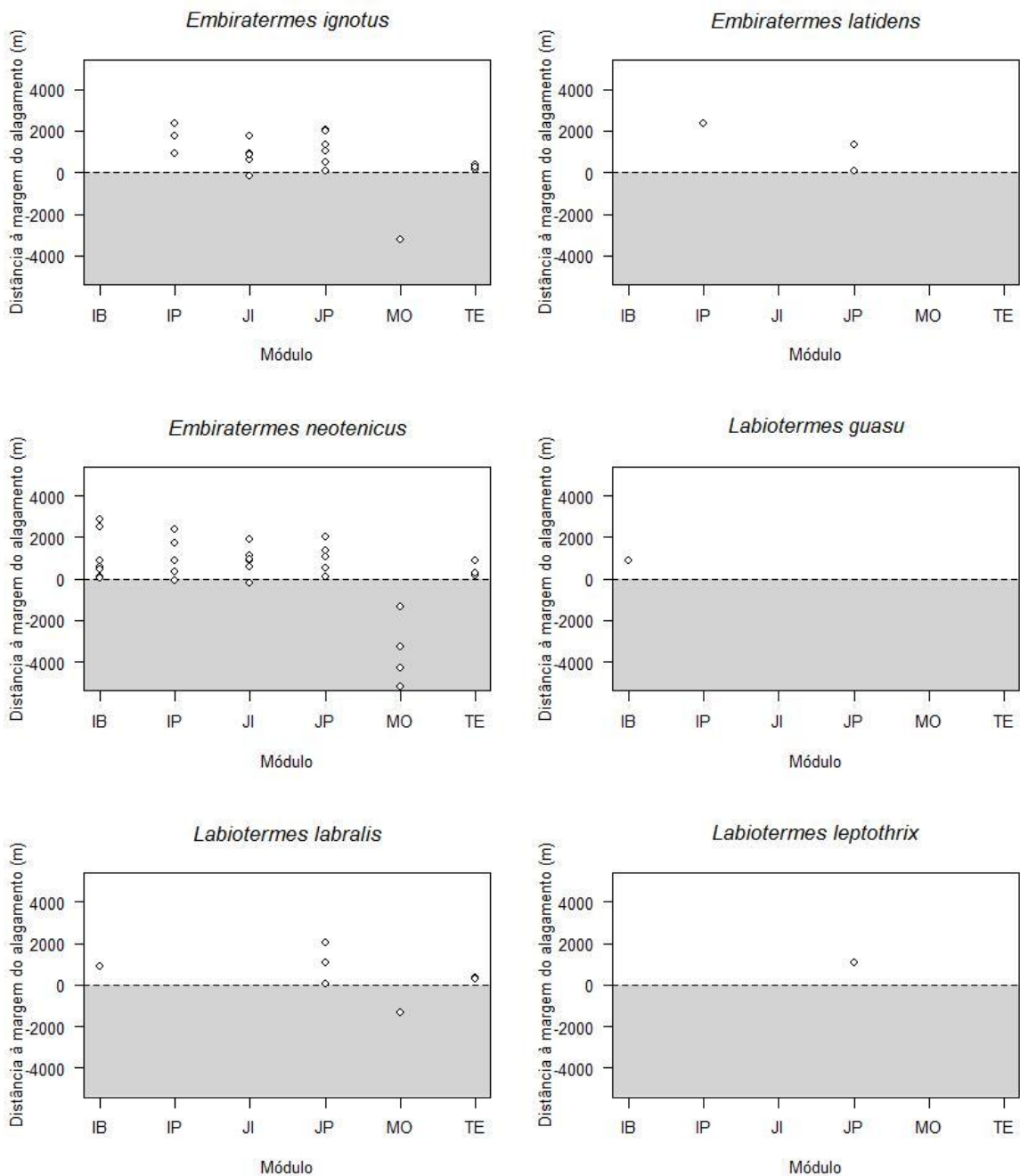
**Figura 30.** Distribuição das espécies *Triangularitermes triangulariceps*, *Velocitermes* spp. (*Nasutitermitinae*, *Termitidae*), *Acangaobitermes krishinai*, *Armitermes euamignathus* e *Armitermes holmgreni* (*Syntermitinae*, *Termitidae*) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



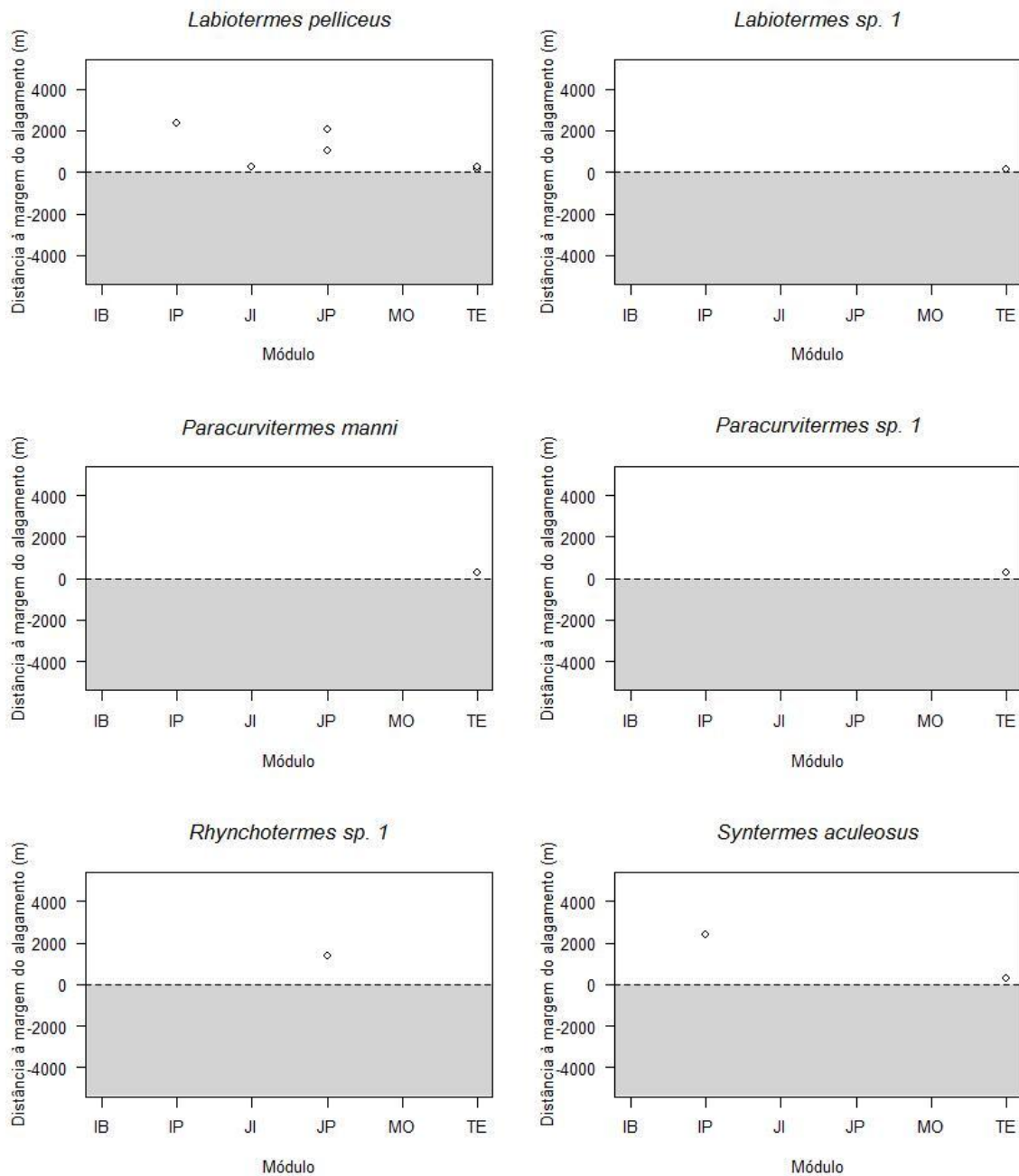
**Figura 31.** Distribuição das espécies *Armitermes minutus*, *A. peruanus*, *A. sp. 1*, *A. teevani*, *Cornitermes bolivianus* e *Cornitermes ovatus* (Syntermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



**Figura 32.** Distribuição das espécies *Cornitermes pilosus*, *C. pugnax*, *C. sp. 1*, *C. weberi*, *Curvitermes odontognathus* e *Cyrilloterme angulariceps* (Syntermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.

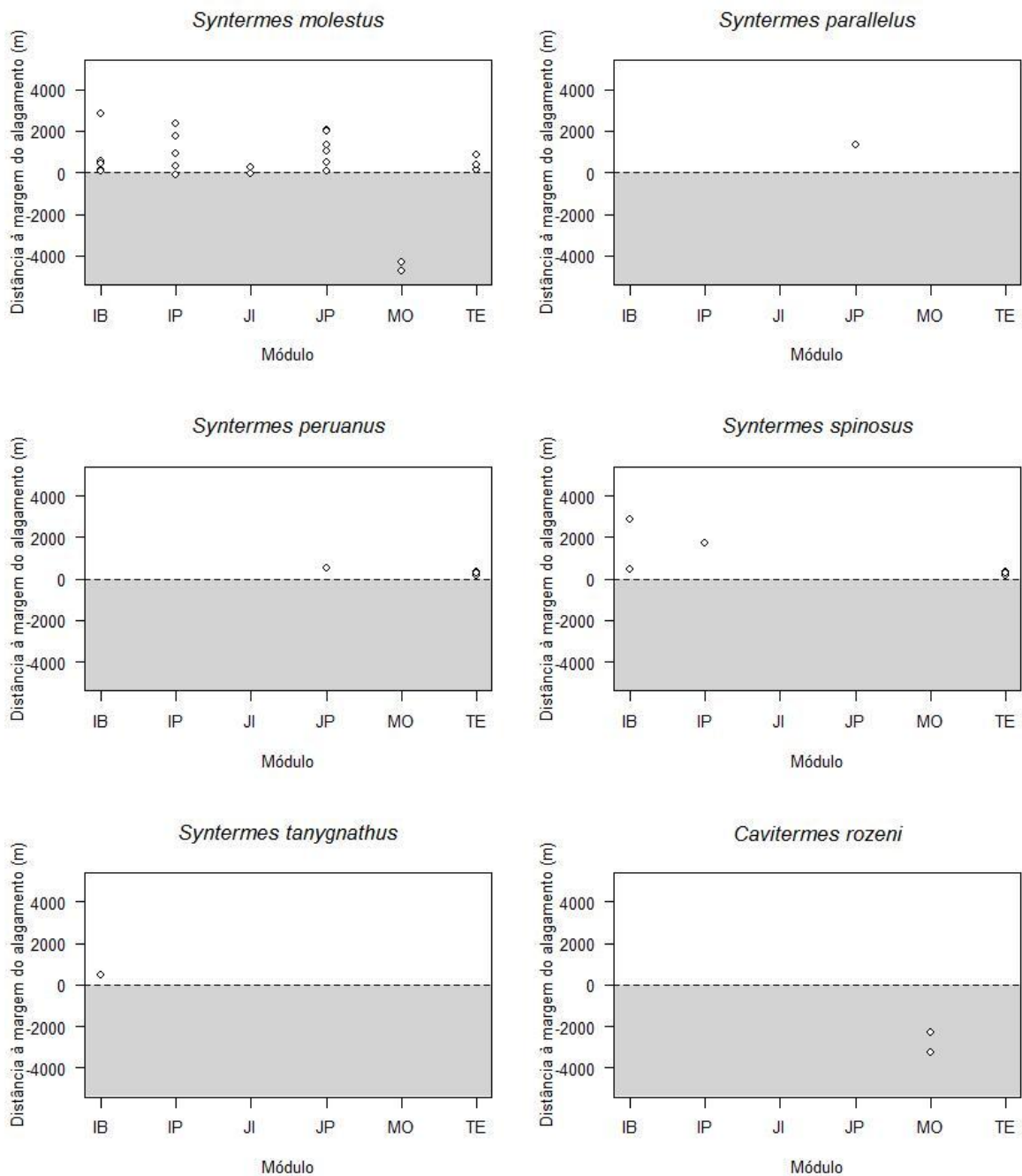


**Figura 33.** Distribuição das espécies *Embiratermes ignotus*, *E. latidens*, *E. neotenicus*, *Labiatermes guasu*, *L. labralis* e *L. leptothrix* (Syntermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.

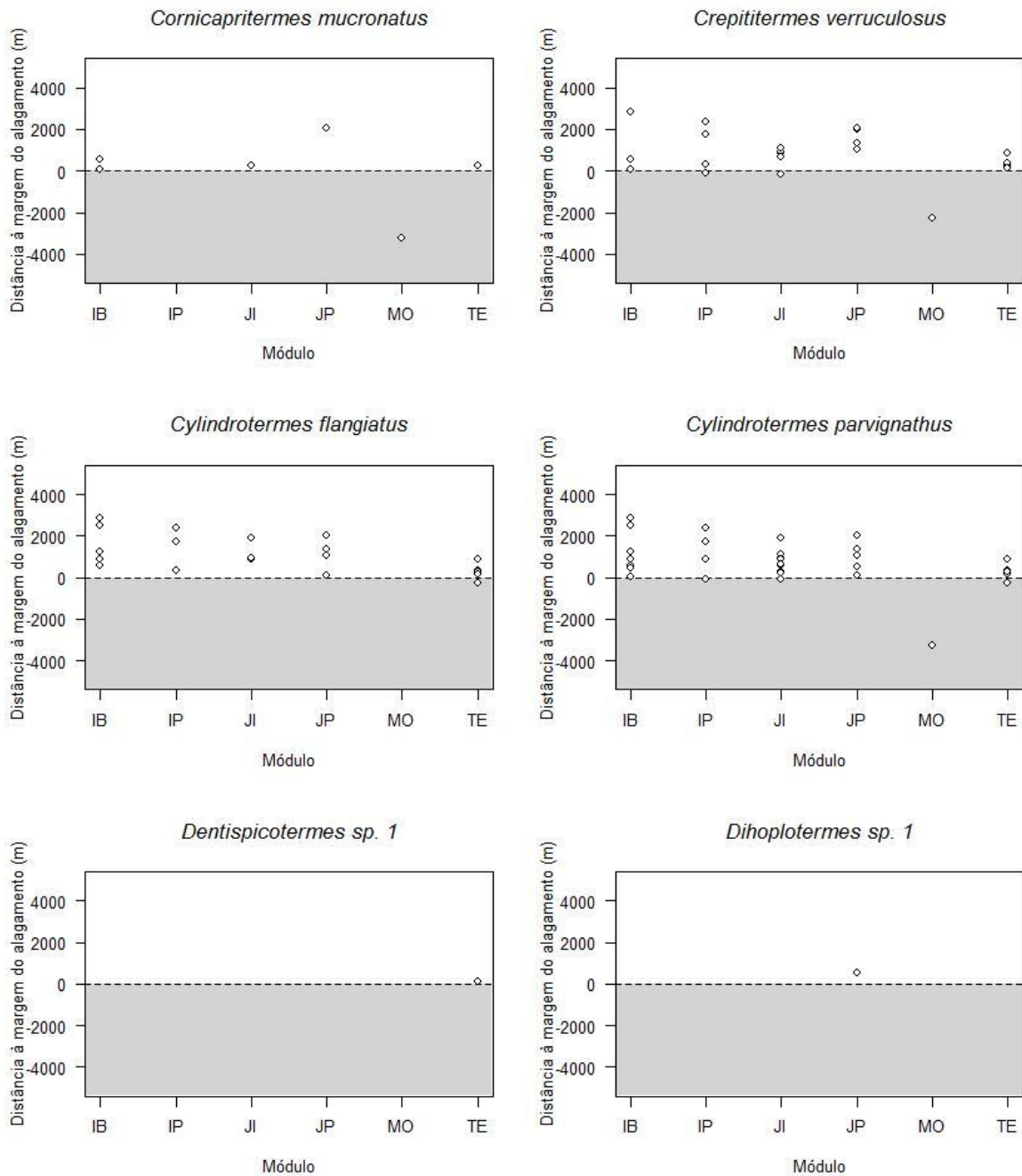


**Figura 34.** Distribuição das espécies *Labiotermes pelliceus*, *L. sp. 1*, *Paracurvitermes manni*, *Paracurvitermes sp. 1*, *Rhynchotermes sp. 1* e *Syntermes aculeosus* (Syntermitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.

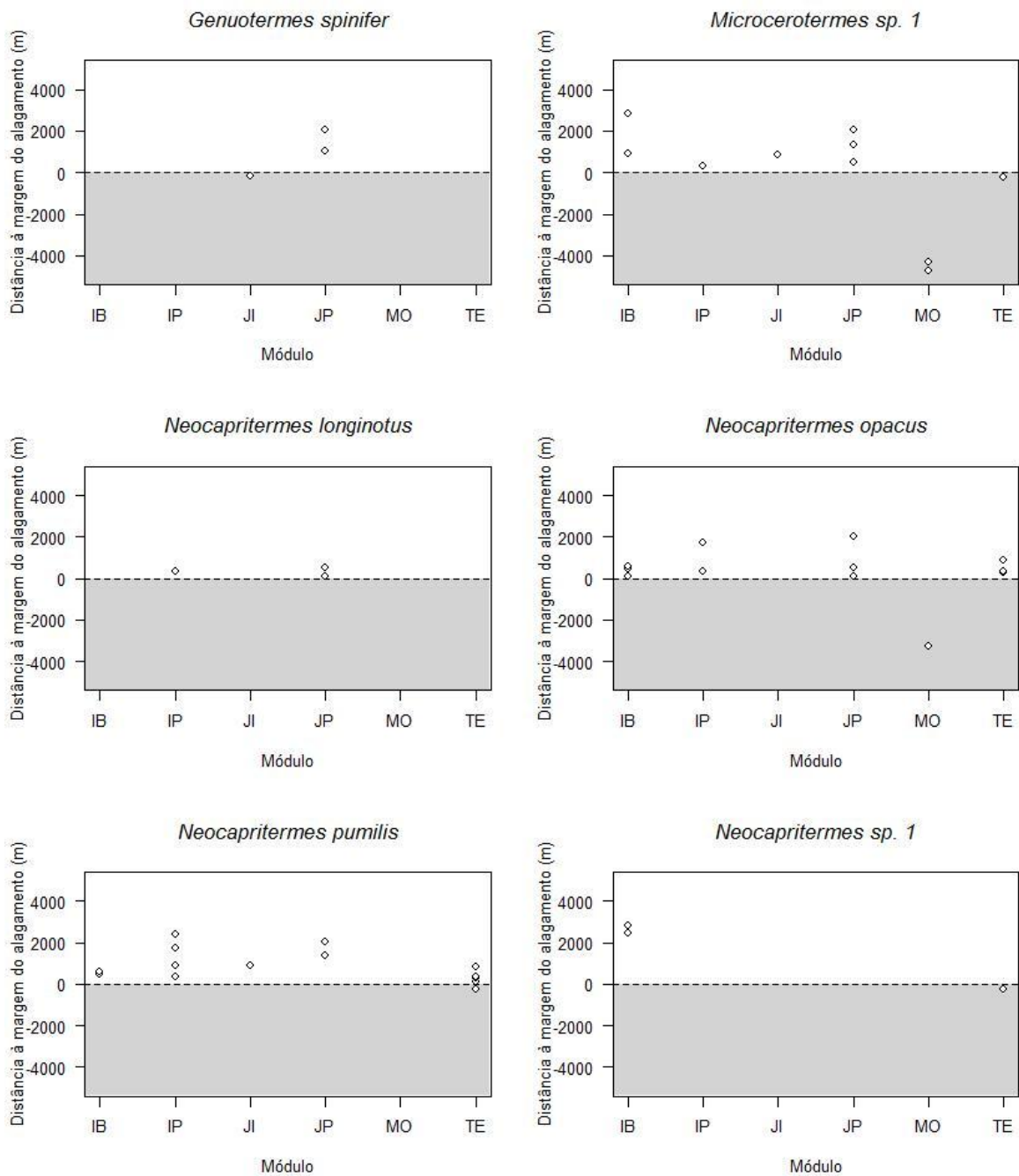




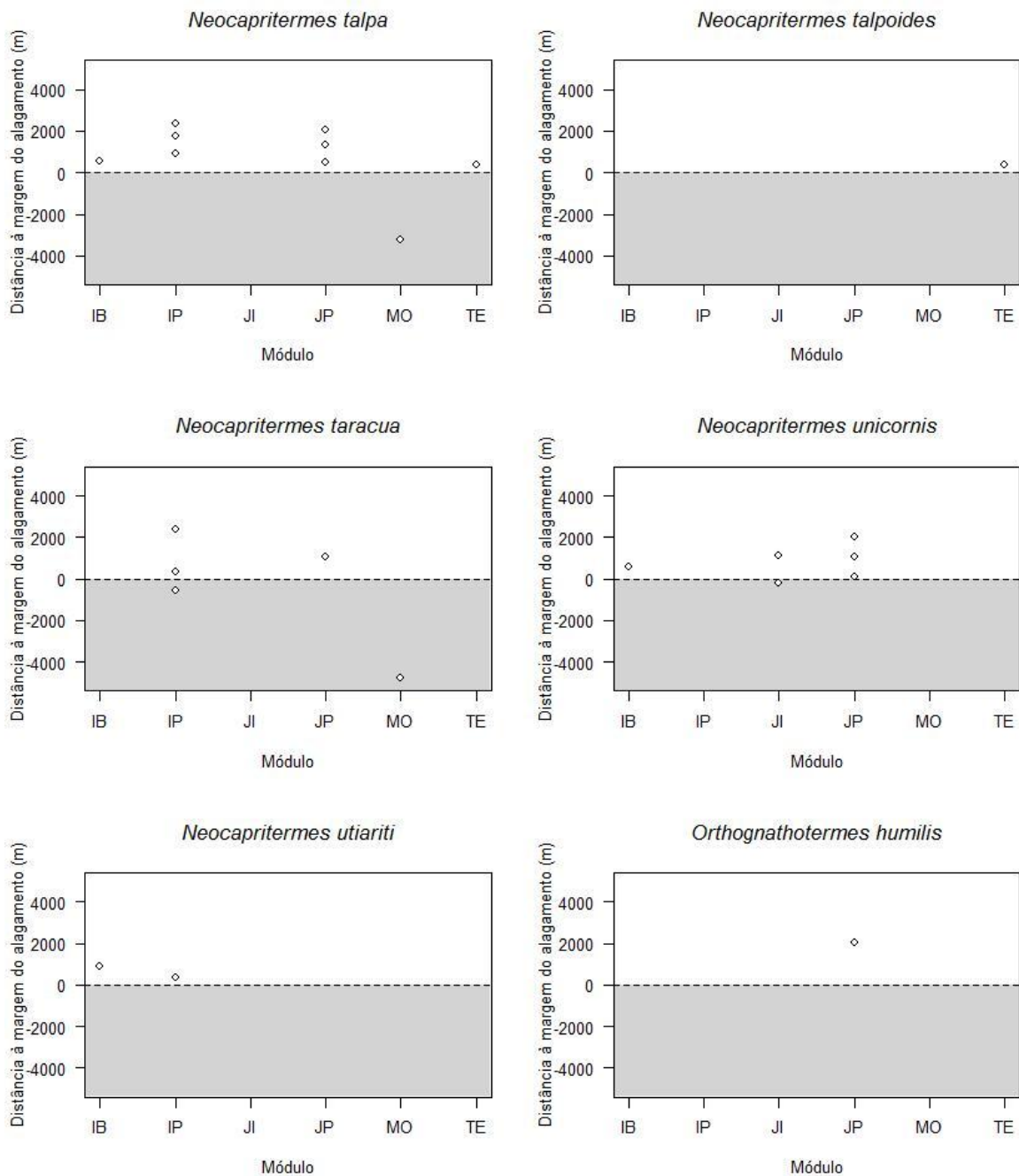
**Figura 35.** Distribuição das espécies *Syntermes molestus*, *S. parallelus*, *S. peruanus*, *S. spinosus*, *S. tanygnathus* (Syntermitinae, Termitidae) e *Cavitermes rozeni* (Termitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



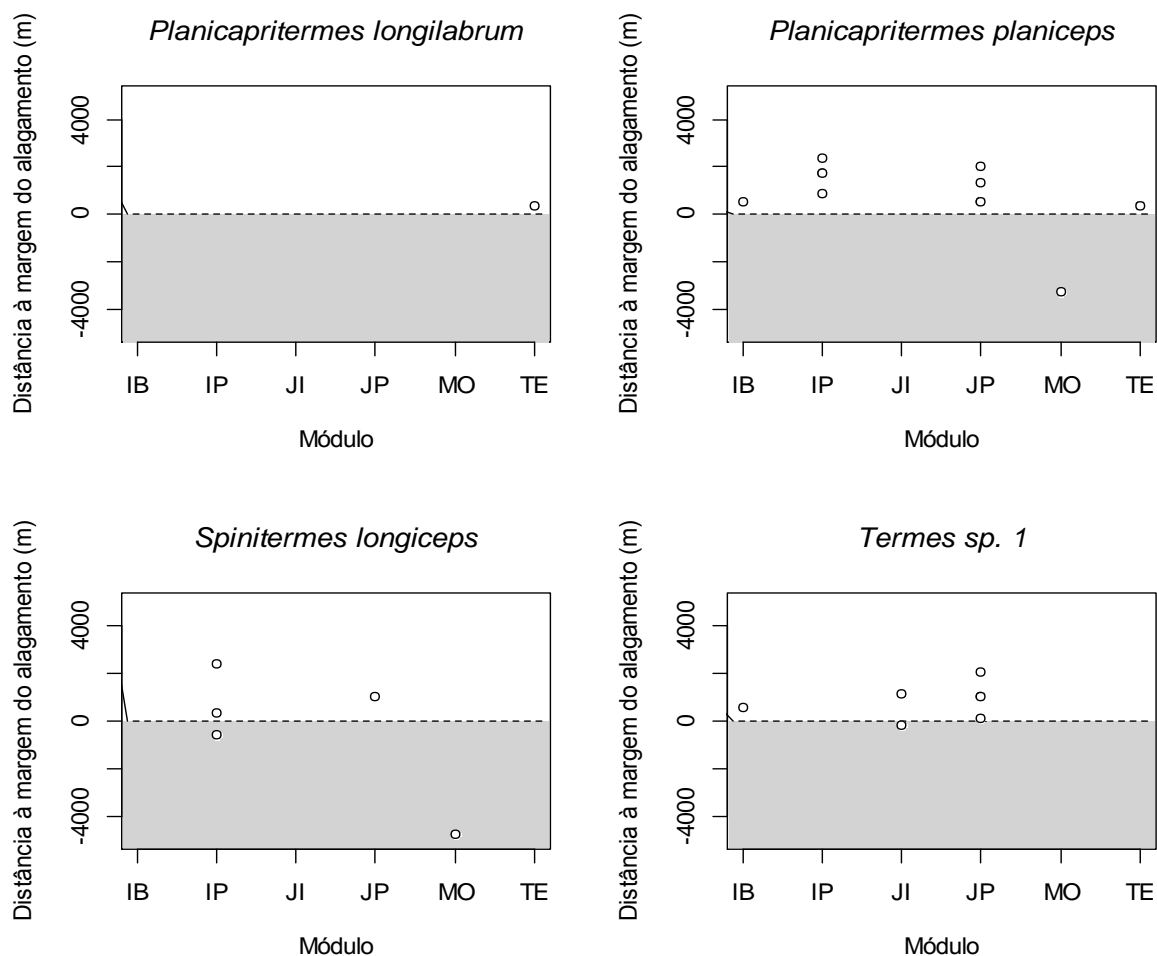
**Figura 36.** Distribuição das espécies *Cornicapritermes mucronatus*, *Crepititermes verruculosus*, *Cylindrotermes flangiatus*, *C. parvignathus*, *Dentispicotermes* sp. 1 e *Dihoplotermes* sp. 1 (Termitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



**Figura 37.** Distribuição das espécies *Genuotermes spinifer*, *Microcerotermes sp. 1*, *Neocapritermes longinotus*, *N. opacus*, *N. pumilis* e *N. sp. 1* (Termitidae, Termitinae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



**Figura 38.** Distribuição das espécies *Neocapritermes talpa*, *N. talpoides*, *N. taracua*, *N. unicornis*, *N. utiariti* e *Orthognathotermes humilis* (Termitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.



**Figura 39.** Distribuição das espécies *Planicapritermes longilabrum*, *P. planiceps*, *Spinitermes longiceps* e *Termes sp. 1* (Termitinae, Termitidae) amostradas nos módulos e nas parcelas em relação à cota de inundação com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO.

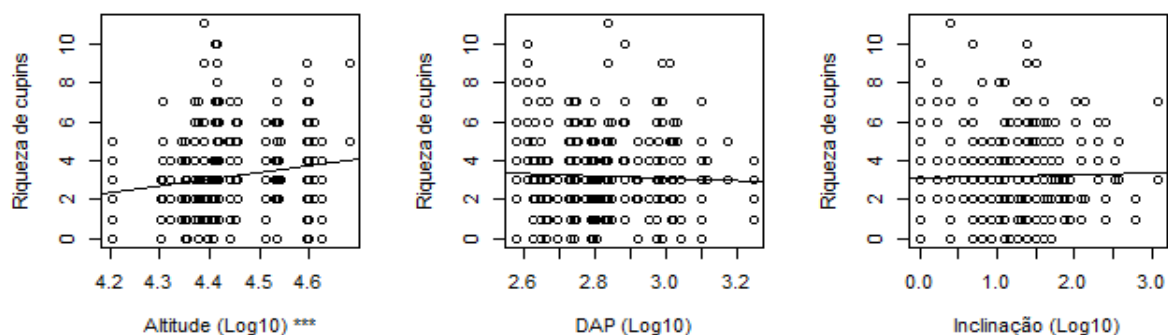
#### 4.5. Análise das variáveis ambientais

A Análise de Redundância RDA realizada com três fatores (variáveis ambientais, riqueza de cupins e coordenadas geográficas), mostrou que 11% da riqueza de cupins pode ser explicada pelas variáveis ambientais amostradas, desta forma, 88% da riqueza de cupins não pode ser explicada pelas variáveis analisadas. Provavelmente, muitas espécies de cupins possuem poucas especificidades de habitat, e possuem um padrão de distribuição aleatório em relação a muitas variáveis ambientais. Também não foi encontrada nenhuma relação espacial entre a diversidade de cupins nas áreas de influência da UHE Santo Antônio. A riqueza pôde ser explicada com alta significância pelas variáveis de solo quando se exclui o fator espacial ( $p < 0,001$ ) (Tabela 7).

**Tabela 7.** Tabela das frações individuais de uma RDA por riqueza de cupins com as coordenadas geográficas (espaço) e variáveis ambientais de solo nos módulos amostrados durante o monitoramento da fauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO.

Frações individuais	Graus de liberdade	R quadrado ajustado	Pr(>F)
[a] = Riqueza + Solo - Espaço	10	0.09457	1e-04 ***
[c] = Riqueza + Espaço - Solo	2	0.00795	0.1874
[d] = Resíduos		0.88673	

Das 12 variáveis ambientais medidas, seis se mostraram correlacionadas com a riqueza de cupins (Figuras 40 e 41): concentração de areia, argila, matéria orgânica, potássio e magnésio no solo e altitude. Uma possível explicação para a relação positiva da altitude com a riqueza de cupins (Figura 40), é que as áreas mais próximas do rio Madeira, geralmente mais baixas, sofrem alagamentos anuais. Muitas espécies de cupins, subterrâneas não conseguem se estabelecer em áreas com alagamentos periódicos, o que pode explicar a menor riqueza de cupins nessas áreas.



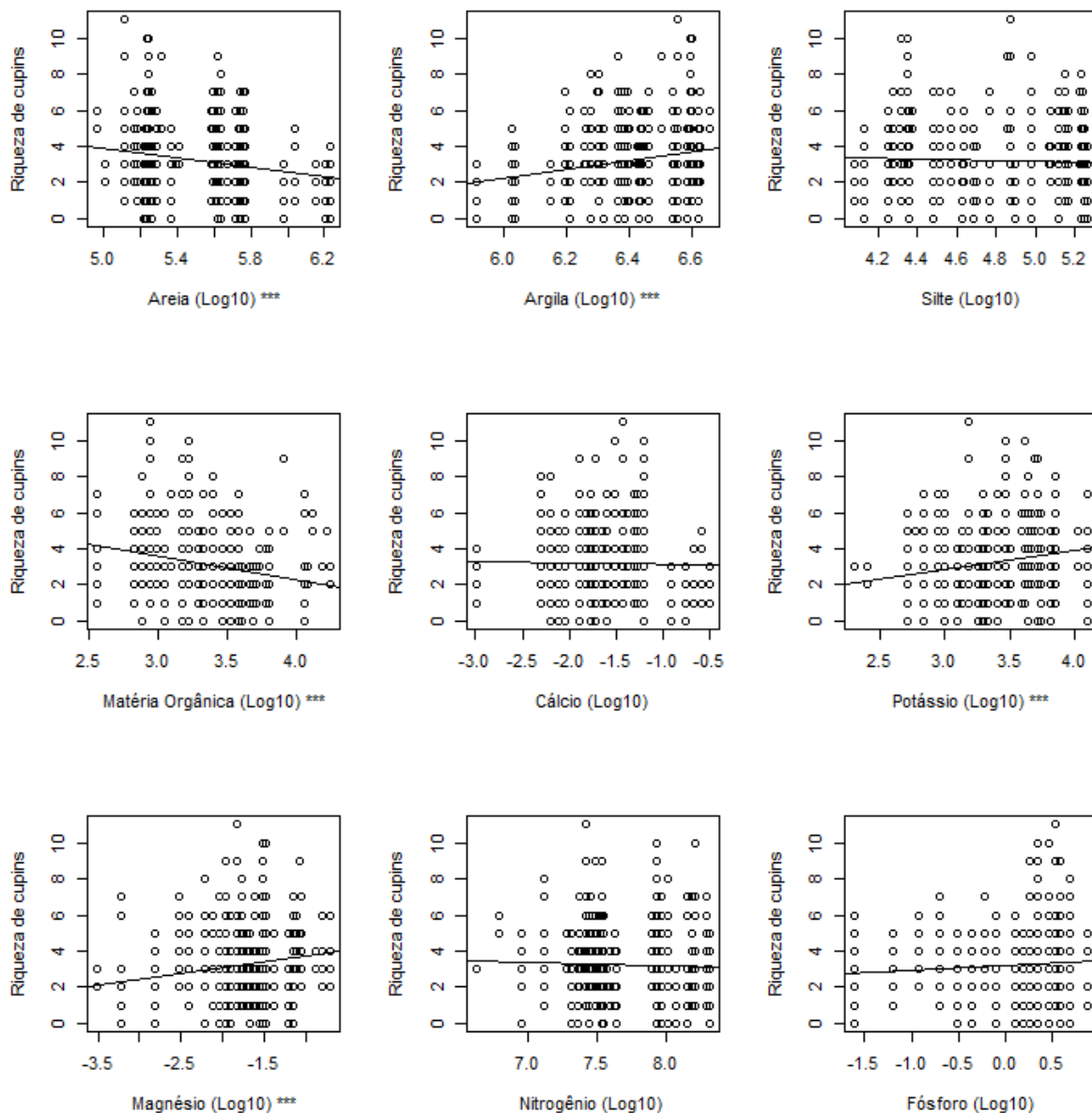
**Figura 40.** Regressões lineares das variáveis: altitude, DAP (diâmetro médio da vegetação à altura do peito) e inclinação do terreno nos módulos amostrados durante o monitoramento da fauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. Significância: \*\*\* 0; \*\* 0,001 e \* 0,01.

Em relação às variáveis de solo (Figura 41), já se era esperado que houvesse algum tipo de relação, uma vez que, com poucas exceções, os cupins são animais que possuem forte relação com esse ambiente, por exemplo, para nidificação, ou até mesmo para alimentação (no caso de cupins húmívoros). Foi encontrada uma relação positiva da riqueza de cupins com a proporção de argila, potássio e magnésio. Enquanto que uma relação negativa foi encontrada com a proporção de areia e matéria orgânica.

Os cupins que vivem no solo utilizam a argila como fonte de matéria prima para suas construções (túneis e ninhos) (Holt & Lepage, 2000). Sabendo-se que a concentração de

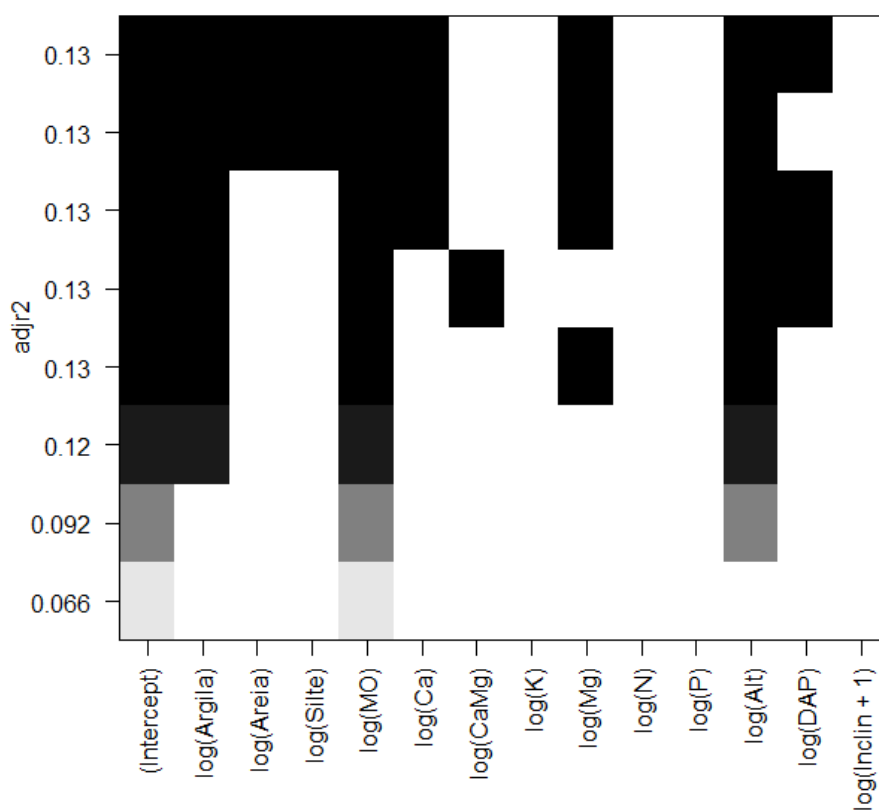
areia e argila no solo possuem uma forte correlação negativa, é possível entender a relação negativa da riqueza de cupins com a areia e positiva com argila.

A relação negativa entre a riqueza de espécies de cupins com a concentração de matéria orgânica não era esperada. Sendo muitos cupins humívoros, ou seja, se alimentam de material lignocelulósico presente no solo, já em elevado nível de decomposição, esperava-se que o aumento da matéria orgânica fosse levar a um aumento no número de cupins.



**Figura 41.** Regressões lineares das variáveis de solo pela riqueza de cupins nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. Significância: \*\*\* 0; \*\* 0,001 e \* 0,01.

Para selecionar o melhor modelo para riqueza de cupins por meio das variáveis ambientais utilizadas, foi realizada uma regressão múltipla com o algoritmo “leaps-and-bound” (Furnival & Wilson, 1974). O resultado da procura pelo melhor modelo é apresentado na Figura 42. As variáveis foram dispostas no eixo x e, no eixo y, são apresentados os valores de R-quadrado, que é uma medida da qualidade de ajuste ao modelo. O gráfico deve ser lido de baixo para cima, com as variáveis sendo incluídas no modelo. A escala de cinza indica a medida do R-quadrado ajustado. Os valores mais escuros indicam valores altos de R-quadrado.



**Figura 42.** Resultado da regressão utilizando o algoritmo “leaps-and-bound” com variáveis ambientais que explicam a riqueza de cupins nas áreas de influência da UHE Santo Antônio em Porto Velho - RO. Escala em cinza indica a media (R-quadrado) de qualidade de ajuste do modelo.  $adjr2$  = R-quadrado ajustado. Eixo y: (Intercept) = Intercepto; variáveis transformadas em escala logarítmica; MO = Matéria Orgânica; Alt = Altitude; DAP = Diâmetro à Altura do Peito; Incl + 1 = Inclinação do terreno.



O melhor modelo com apenas uma variável é o que utiliza matéria orgânica somada com o intercepto. Entretanto, o R-quadrado ajustado é apenas de 0,066 (o que indica um modelo explicando apenas 6,6% da variação encontrada na riqueza de cupins). O modelo satisfatório (em preto) que utiliza o menor número de variáveis é composto pelas variáveis: argila, matéria orgânica, magnésio e altitude, mais o intercepto, que possui um R-quadrado ajustado de 0,13 (13% da variação explicada).

Realizando uma regressão linear robusta com as quatro variáveis sugeridas pelo algoritmo “leaps-and-bound” (Figura 42), tem-se um R-quadrado ajustado de 0,16 (Tabela 8). Desta forma, o melhor modelo que pode ser obtido pelas variáveis ambientais medidas, explica apenas 16% da riqueza de cupins.

**Tabela 8.** Tabela com os coeficientes de regressão linear robusta e estatísticas de inferência para o melhor modelo que explica a riqueza de cupins com as variáveis ambientais disponíveis. Significância: \*\*\* 0; \*\* 0,001 e \* 0,01.

	Estimado	Erro padrão	Valor-t	Pr(> t )	Significância
Intercepto	-4,03006	1,35029	-2,985	0,003003	**
log(Argila)	0,46713	0,12647	3,694	0,00025	***
log(Alt)	0,78266	0,19492	4,015	7,02e <sup>-05</sup>	***
log(MO)	-0,21068	0,06257	-3,367	0,000829	***
log(Mg)	0,19969	0,04128	4,838	1,84e <sup>-06</sup>	***

Erro padrão residual: 0,4212 em 426 graus de liberdade

Múltiplo R-quadrado: 0,1735, R-quadrado ajustado: 0,1657

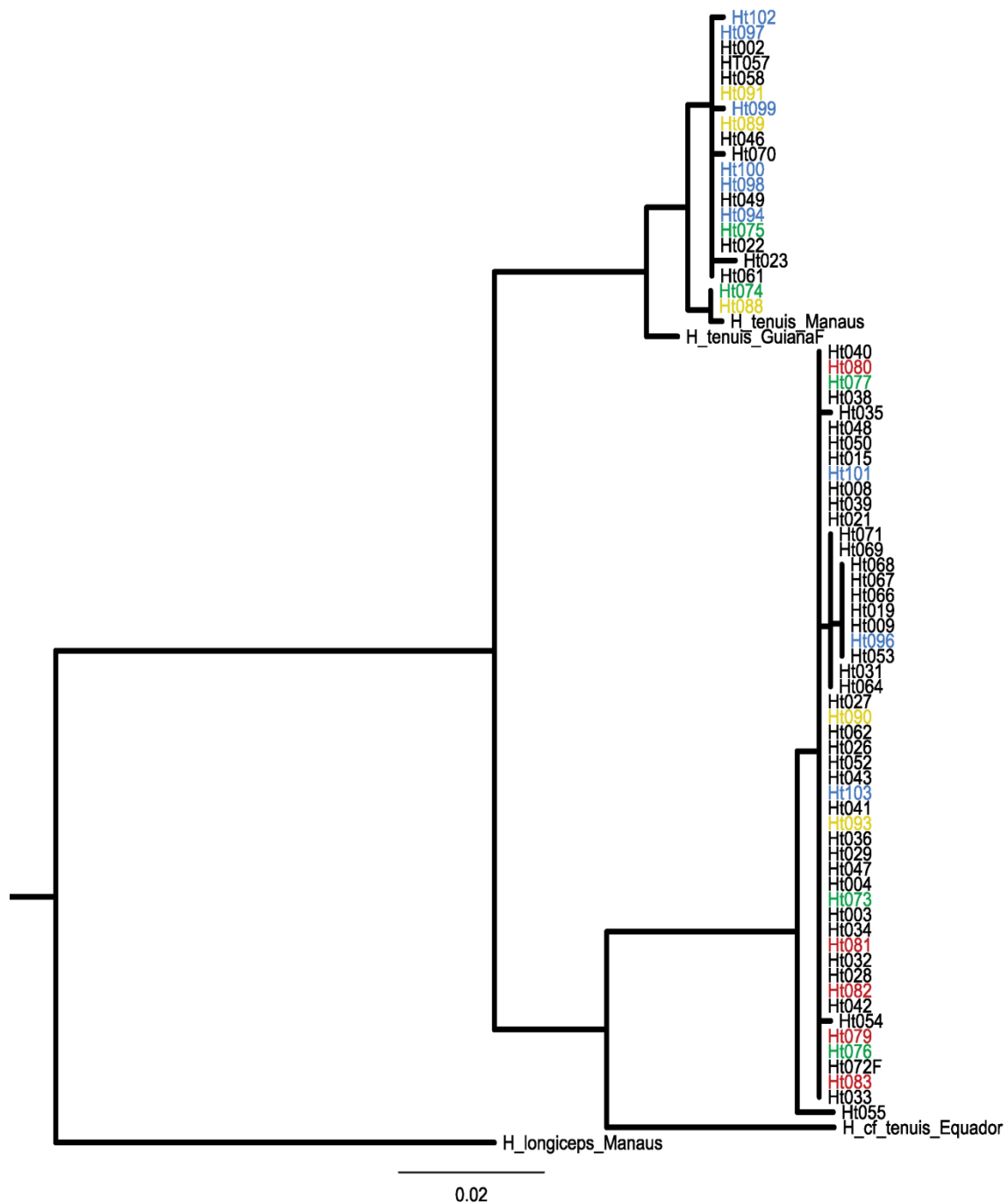
Estatística-F: 22,36 em 4 e 426 graus de liberdade, valor de p: < 2,2e<sup>-16</sup>

#### 4.6. Análise molecular das populações de *Heterotermes tenuis* e diversidade críptica de cupins no alto Madeira

O gênero *Heterotermes* possui aproximadamente 50 espécies descritas no mundo, sendo que 10 delas ocorrem na região Neotropical (Constantino 2000). *Heterotermes tenuis* é a espécie mais amplamente distribuída, ocorrendo desde o sul do México até o norte da Argentina, além das Bahamas e Antilhas (Constantino 1998). Constantino (2000) frisa que, antes de Snyder (1924), todas as espécies de *Heterotermes* da América do Sul eram consideradas *H. tenuis*, e que essa espécie possivelmente seja um complexo de espécies.

A análise filogenética do gene COII realizada com os 70 indivíduos de *H. tenuis* da região do alto Madeira (sendo 24 deles das áreas de influência da UHE Santo Antônio), juntamente com mais um indivíduo da Guiana Francesa, um do Equador e um de Manaus – AM, mostra dois clados bastante distintos (Figura 43). Essa filogenia não corrobora uma possível hipótese a priori de que as populações poderiam estar isoladas geograficamente (e.g. isolamento por distância, ou isoladas pelo rio Madeira), pois ambas as populações

ocorrem em três dos módulos que tiveram indivíduos utilizados para análise, inclusive dos dois lados do rio (Ilha do Búfalo, Morrinhos e Teotônio). Além disso, os indivíduos da Guiana Francesa e de Manaus se mostraram mais próximos de um grupo de indivíduos da região do alto Madeira, enquanto o indivíduo do Equador se mostrou mais relacionado com o outro grupo, fortalecendo uma hipótese a posterior de que os indivíduos estão estruturados sem qualquer relação espacial (Figura 43).



**Figura 43.** Análise filogenética com 70 indivíduos de *Heterotermes tenuis* da região do alto Madeira, um indivíduo de Manaus, um da Guiana Francesa e um do Equador, e um indivíduo de *H. longiceps*, construída pelo método de Verossimilhança, utilizando-se o gene mitocondrial COII. Foram utilizados 24 indivíduos das áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO: indivíduos marcados de verde foram amostrados no módulo Ilha do Búfalo; de amarelo, em Morrinhos; de vermelho em Jirau – ME; e de azul em Teotônio.

Após observar claramente a existência de duas populações bastante estruturadas na filogenia da Figura 43, foi feito um teste estatístico para testar o grau de isolamento destas populações. A estatística  $F$ , testando essas duas populações, foi de  $F_{st} = 0,97$ , o que sugere que as populações estão de fato isoladas e possuem duas histórias evolutivas independentes. Isso já era suspeitado após a análise genealógica (filogenia) entre os indivíduos, e apenas reforça a suspeita que existem, na verdade, duas espécies (linhagens), e não uma como havia sido previamente identificada pela morfologia.

Após as evidências moleculares do isolamento destas duas populações, as amostras de cada uma delas foram reanalisadas morfologicamente. Entretanto, mesmo após um exame extremamente minucioso, não foi possível separar as duas espécies por meio de caracteres morfológicos tradicionalmente utilizados na taxonomia de cupins (e.g. pilosidade e forma da cabeça, mandíbulas, coxas, tíbias, pronoto, tergitos, etc.).

Com as evidências genéticas da existência de duas unidades evolutivas que veem sendo identificadas como *Heterotermes tenuis*, abre uma nova perspectiva para diversidade de cupins nas áreas de influência da UHE Santo Antônio e para toda a Amazônia. Provavelmente a diversidade de cupins é bem maior que o que se vem sendo identificado apenas com ferramentas morfológicas. Essa diversidade críptica (espécies crípticas) é bastante comum na natureza e o seu reconhecimento é fundamental para proteção destes organismos (Frankham *et al.*, 2008).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas de influência da UHE Santo Antônio possuem provavelmente uma das faunas de cupins mais ricas do mundo, uma vez que o trabalho que registrou o segundo maior número de espécies de cupins no Mundo (foi na Amazônia, Guiana Francesa), registrou 100 espécies, com um esforço amostral de 260 parcelas de 5x2 m (subparcelas no presente trabalho) (Davies *et al.* 2003). Enquanto nas áreas de monitoramento da UHE Santo Antônio foram amostradas 106 espécies em 456 subparcelas, entretanto, excluindo-se todos os Apicotermatinae. Considerando essa subfamília, estima-se que haja mais de 150 espécies de cupins na área monitorada (no trabalho de Davies e colaboradores, das 100 espécies, 34 eram Apicotermatinae).

Além disso, os indicadores de diversidade e as curvas do coletor, mesmo após todas as oito campanhas, indicam que ainda são necessárias mais amostragens para se obter uma lista suficientemente próxima ou satisfatória do total de espécies de cupins que devem ocorrer nas áreas de influência da UHE Santo Antônio. O total de espécies registrado chega a 106 e as análises indicam fortemente que ainda existem várias espécies não amostradas. Das 106 espécies, 23 foram encontradas apenas uma vez (*uniques*). Esse alto número de

espécies 'únicas' também leva à inferência, e reforça ainda mais a indicação, de que existem espécies nas áreas de influência da UHE Santo Antônio que não foram registradas. Muitas das espécies de cupins amostradas nas áreas de influência da UHE Santo Antônio foram classificadas apenas como morfoespécies, algumas dessas pela dificuldade taxonômica do grupo e/ou falta de amostras com identificações confiáveis na coleção de referência do Museu de Zoologia da USP. Entretanto, vale mencionar que algumas das espécies não identificadas são espécies novas para ciência, como por exemplo, *Angularitermes coninasus* e *Cyranotermes karipuna*, recentemente descritas pelo grupo de pesquisa no Museu de Zoologia (Carrizo *et al.*, 2011; Rocha *et al.*, 2012).

Além disso, diversas espécies, e até mesmo gêneros inteiros pouco amostrados, agora estão sendo mais bem representados nas coleções, e isto permite o avanço de estudos taxonômicos, requisito primordial para trabalhos com biodiversidade e conservação. Os dados provindos do monitoramento também são base direta para responder às questões maiores da biologia das espécies deste grupo, especialmente ligadas à evolução, como por exemplo, o estudo de eventos de vicariância, ou especiação, como no caso da espécie *Heterotermes tenuis*, que, provavelmente, seja na realidade duas espécies morfologicamente crípticas.

Como já exposto no corpo do relatório, é importante a destacar que as espécies *Cyranotermes karipuna* e *Nasutitermes* sp. 7 merecem um acompanhamento especial e mais rigoroso. Aparentemente essas duas espécies são restritas para as áreas de influência da UHE Santo Antônio e, provavelmente, terão suas populações bastante impactadas pelo alagamento, principalmente *N.* sp. 7, pelo alagamento de todo o módulo Morrinhos, onde era bastante abundante. Porém, nenhuma das duas espécies foi registrada unicamente em áreas que seriam afetadas pelo reservatório.

Além disso, colônias das espécies *Nasutitermes* sp. 09 e *Corntiermes weberi* também devem ser procuradas ao longo da continuidade do monitoramento e devidamente monitoradas. Essas duas espécies eram relativamente abundantes antes da formação do lago, e não foram mais encontradas após o enchimento, e isso deve ser melhor verificado.

O aporte de dados provindos do monitoramento é inédito para Isoptera, principalmente em termos de amostragem e amplitude. Apesar de não ter sido possível notar qualquer variação na dominância de espécies ou composição ao longo do tempo, é possível fazer algumas ressalvas em relação ao padrão de distribuição de cupins nas áreas de monitoramento da UHE Santo Antônio. Uma das variáveis ambientais que mais explicaram a diversidade de cupins foi a altitude, muito provavelmente pelo fato de que as áreas com baixas altitudes são alagadas periodicamente, e os cupins não conseguem se estabelecer nesses locais. Desta forma, é importante que seja continuado o monitoramento

em áreas próximas ao lago e observar se em áreas que antes não eram alagadas, e passarão a ser depois do alagamento total oriunda da construção da UHE, terão suas composições e diversidade de cupins alteradas.

Os módulos de Jaci-Paraná - MD e Teotônio foram extremamente ricos para cupins, e merecem especial atenção em relação à escolha de áreas de preservação. Teotônio, principalmente, que está sofrendo influência direta pela construção do lago da UHE (já possui algumas parcelas alagadas devido ao enchimento), deve ser continuamente monitorado para observar se haverá influência na fauna de cupins, e as suas áreas adjacentes devem ser preservadas. Em contraste, apesar de ter sido o menos diverso, o módulo Morrinhos foi o com maior diversidade beta, o que destaca que sua composição faunística era a mais singular e também mereceria uma atenção maior. Como ele já foi completamente alagado, recomenda-se que sejam procuradas áreas similares, com o mesmo tipo de influência do rio Madeira, para que sejam protegidas.

Estudos mostram que os cupins são bastante sensíveis a distúrbios, mas que há uma resposta de médio e longo prazo (mais de 5-10 anos após a perturbação; Eggleton *et al.*, 1995, 1996, 1997; Davies *et al.*, 2003), pois as colônias das espécies sensíveis tendem a perdurar a curto prazo (menos de 5 anos após a perturbação). Desta forma, se propõem que haja uma continuidade do monitoramento de cupins nas áreas de influência da UHE Santo Antônio e que haja a manutenção do esforço amostral (12 subparcelas por módulo). Além disso, é importante salientar a relevância destas informações para a criação de módulos de preservação (em escala regional), para compensar os impactos previstos e a perda de áreas preservadas.

## 6. EQUIPE TÉCNICA

- **Coordenação Técnica Geral**

Dr. Marco Antonio Monteiro Granzinolli, Biólogo  
CRBio 39191/01-D, CTF IBAMA 324629

- **Subcoordenação**

Dra. Marianna Dixo, Bióloga  
CRBio 33455/01-D, CTF IBAMA 474177

- **Responsável Técnico:**

Msc. Tiago Fernandes Carrijo, Biólogo  
CRBio 64863/01-D, CTF IBAMA 2805405

- **Técnico Assistente**

Rafaella Gregorio Santos, Bióloga

CRBio 74237/01-P, CTF IBAMA 4922433

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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(2): 226–233. doi: 10.1111/j.1744-7429.2008.00479.x
- BANDEIRA, A.G. & VASCONCELLOS, A. 2002. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in northeastern Brazil (Isoptera). *Sociobiology* 39: 429–439.
- BLACK, H.I.J. & OKWAKOL, M.J.N. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of termites. *Applied Soil Ecology* 6: 37-53. doi:10.1016/S0929-1393(96)00153-9
- BOURGUIGNON, T.; LEPONCE, M. & ROISIN, Y. 2009. Insights into the termite assemblage of a neotropical rainforest from the spatio-temporal distribution of flying alates. *Insect Conservation and Diversity* 2: 153–162.
- BRANDÃO, D. & SOUZA, R.F. 1998. Effects of deforestation and implantation of pastures on the termite fauna in the Brazilian 'cerrado' region. *Tropical Ecology* 39: 175–178.
- CANCELLO, E.M. & CUEZZO, C. 2007. A new species of *Ereymatermes* Constantino (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) from the northeastern Atlantic Forest, Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 47(23): 283-288.
- CARRIJO, T.F.; BRANDÃO, D.; OLIVEIRA, D.E. DE; 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* 3: 575–581. doi: 10.1007/s10841-008-9205-y
- CARRIJO, T.F.; ROCHA, M.M.; CUEZZO, C. & CANCELLO, E.M. 2011. Key to the soldiers of *Angularitermes* Emerson with a new species from Brazilian Amazonia (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae). *Zootaxa* 2967: 61–68.
- CARVALHO, S.H.C & CONSTANTINO, R. 2011. Taxonomic Revision of the Neotropical Termite Genus *Curvitermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae: Syntermitinae). *Sociobiology* 57(3): 643-657.
- COLWELL, R. K. 2009. *EstimateS*, Version 8.2: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide).

- CONSTANTINO, R. 1998. Catalog of the living termites of the New World (Insecta: Isoptera). *Arquivos de Zoologia*, 35, 135-231.
- CONSTANTINO, R. 1999. Chave ilustrada para a identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 40(25): 387-448.
- CONSTANTINO, R. 2000. Key to the soldiers of South American *Heterotermes* with a new species from Brazil (Isoptera: Rhinotermitidae). *Insect Systematics and Evolution*, 31, 463-472.
- CONSTANTINO, R. 2002. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *Journal of Applied Entomology* 126(7-8): 355-365.
- CONSTANTINO, R. 2005. Padrões de diversidade e endemismo de térmitas no bioma cerrado. In: A. O. Scariot, J.C.S. Silva, & J.M. Felfili (eds.). *Biodiversidade, Ecologia e Conservação do Cerrado*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p. 319-333.
- CONSTANTINO, R. 2012. Catálogo on-line. Disponível em: <http://www.unb.br/ib/zoo/catalog.html>. Acessado em 20 de julho de 2012.
- CONSTANTINO, R. & ACIOLI, A.N.S. 2006. Termite diversity in Brazil (Insecta: Isoptera). In: Moreira, F.; Siqueira, J.O. & Brussaard, L. (eds.). *Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems*. CAB International, Wallingford, UK. p. 117-128.
- CONSTANTINO, R. & CANCELLO, E.M. 1992. Cupins (Insecta, Isoptera) da Amazônia Brasileira: distribuição geográfica e esforço de coleta. *Revista Brasileira de Biologia* 52(3): 401-413.
- CUNHA H.F. 2006. Termites (Isoptera) bioindicators to conservation at Cerrado in Goiás. *PhD Thesis*, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- CUNHA H.F.; COSTA, D.A. & BRANDÃO, D. 2006. Termite (Isoptera) assemblages in some regions of the Goiás State, Brazil. *Sociobiology* 47: 505-517.
- DAVIES, R.G.; EGGLETON, P.; DIBOG, L.; LAWTON, L.H.; BIGNELL, D.E.; BRAUMAN, C.H.; NUNES, L.; HOLT, J. & ROULAND, C. 1999. Successional response of a tropical forest termite assemblage to experimental habitat perturbation. *Journal of Applied Ecology* 36: 946-962. doi: 10.1046/j.1365-2664.1999.00450.x
- DAVIES, R.G.; HERNÁNDEZ, L.M.; EGGLETON, P.; DIDHAM, R.K.; FAGAN, L.L. & WINCHESTER, N.N. 2003. Environmental and spacial influences upon species composition of termite assemblage across neotropical forest islands. *Journal of Tropical Ecology* 19: 509-524.
- DECÁCERES, M., LEGENDRE, P. & MORETTI, M. 2010. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119(10): 1674-1684.
- DESOUZA, O.F.F. & BROWN, V.K. 1994. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. *Journal of Tropical Ecology* 10: 197-206.



- DUFRENE, M. & P. LEGENDRE. 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- EGGLETON, P. & BIGNELL, D.E. 1995. Monitoring the response of tropical insects to changes in the environment: troubles with termites. In: Harrington, R. & Stork, N. (eds.). *Insects in a changing environment*. London: Academic Press. p. 473-497.
- EGGLETON, P.; BIGNELL, D.E.; SANDS, W.A.; WAITE, B.; WOOD, T.G. & LAWTON, J.H. 1995. The species richness of termites (Isoptera) under differing levels of forest disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology* 11: 85–98.
- EGGLETON, P.; BIGNELL, D.E.; SANDS, W.A.; MAWDSLEY, N.A.; LAWTON, J.H.; WOOD, T.G. & BIGNELL, N.C. 1996. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B* 351: 51–68.
- EGGLETON, P.; HOMATHEVI, R.; JEEVA, D.; JONES, D.T.; DAVIES, R.G. & MARYATI, M. 1997. The species richness of termites (Isoptera) in primary and regenerating lowland dipterocarp forest in Sabah, east Malaysia. *Ecotropica* 3: 119–128.
- 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.
- ENGEL, M. & KRISHNA, K. 2004. Family-group names for térmites. *American Museum Novitates* 3432: 1-9.
- FONTES, L.R. 1983. Acréscimos e correções ao “Catálogo dos Isoptera do Novo Mundo”. *Revista Brasileira de Entomologia* 29(1): 135-138.
- FRANKHAM, R., BALLOU, J. D., & BRISCOE, D. A. 2008. *Fundamentos de genética da conservação*. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética.
- FURNIVAL, G.M. & WILSON, R.W. 1971. Regressions by leaps and bounds. *Technometrics*, 16: 499-512.
- HIGASHI, M. & ABE. T. 1997. Global diversification of termites driven by the evolution of symbiosis and sociality. In: Abe, T., Levin. S.A. & Higashi. M. (eds.). *Biodiversity- An Ecological Perspective*. Springer - Verlag New York. p. 83-112.
- HOLT, J.A. & LEPAGE, M. 2000. Termites and soil properties. In: Abe, T.; Bignell, D.E. & Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 389-407.
- HURLBERT, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52: 577–586.

- JONES, D.T. & EGGLETON, P. 2000. Sampling termite assemblages in tropical forests: Testing a rapid biodiversity assessment protocol. *The Journal of Applied Ecology* 37: 191–203.
- JOST, L. 2007. Partitioning diversity into independent Alpha and Beta components. *Ecology* 88(10): 2427-2439.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O.W. & DHILLION, S. 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* 33: 159-193.
- LAWTON, J.H. 1994. What do species do in ecosystems?. *Oikos* 71: 367-374.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. *Numerical Ecology*. 2nd ed. Elsevier. 853p.
- MARTIUS, C. 1994. Diversity and ecology of termites (Isoptera) in Amazonian forests. *Pedobiologia* 38: 407-428.
- MAGURRAN, A.E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press. 179 pp.
- MAGURRAN, A.E. 2003. *Measuring Biological Diversity*. Oxford, Blackwell Publishing.
- OKWAKOL, M.J.N. 2000. Changes in termite (Isoptera) communities due to the clearance and cultivation of tropical forest in Uganda. *African Journal of Ecology* 38: 1-7. doi: 10.1046/j.1365-2028.2000.00189.x
- PEET, R.K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5:285–307. doi:10.1146/annurev.es.05.110174.001441
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2010. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- REDFORD, K.H. 1984. The termitaria of *Cornitermes cumulans* (Isoptera, Termitidae) and their role in determining a potential keystone species. *Biotropica* 16(2): 112-119.
- REIS, Y.T. & CANCELLO, E.M. 2007. Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. *Iheringia, Série Zoológica* 97(3): 229-234.
- ROCHA, M.M. & CANCELLO, E.M. 2007. Estudo taxonômico de *Cylindrotermes* Holmgren (Isoptera, Termitidae Termitinae). *Papéis Avulsos de Zoologia*. 47(10):137-152.
- ROCHA, M.M.; CANCELLO, E.M. & CUEZZO, C. A new genus and species of mandibulate nasute termite (Isoptera: Termitidae, Syntermitinae) from Brazil. *Zookeys* 148: 125–134.
- ROCHA, M.M.; CARRIJO, T.F. & CANCELLO, E.M. 2012. An illustrated key to the soldiers of *Cyranotermes* Araujo with a new species from Amazonia (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae). *Zootaxa* 3196: 50–57

- ROISIN, Y. & LEPONCE, M. 2004. Characterizing termite assemblages in fragmented forests: A test case in the Argentinian Chaco. *Austral Ecology* 29: 637–646.
- 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. doi: 10.1007/s00442-006-0449-5
- SCHEFFRAHN, R., KRECEK, J., SZALANSKI, A.L., AUSTIN, J.W. & ROISIN, Y. 2005. Synonymy of two arboreal termites (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae): *Nasutitermes corniger* from the neotropics and *N. Polygynus* from New Guinea. *Florida Entomologist*, 88(1): 28-33.
- SNYDER, T. E. 1924. Descriptions of new species and hitherto unknown castes of termites from America and Hawaii. *Proceedings of the U.S. National Museum*, 64, 1-45.
- WILSON, E.O. 1971. *The insect societies*. Belknap Press, Cambridge. 548p.
- Zwickl, D.J. 2006. Genetic algorithm approaches for the phylogenetic analysis of large biological sequence datasets under the maximum likelihood criterion. Ph.D. dissertation, The University of Texas at Austin.