



15º RELATÓRIO CONSOLIDADO DE ANDAMENTO DO PBA E DO ATENDIMENTO DE
CONDICIONANTES

CAPÍTULO 2 – ANDAMENTO DO PROJETO BÁSICO AMBIENTAL

Anexo 13.3.4 - 7 – Resultados de Diversidade Funcional para cada setor amostrado no rio Xingu e tributários no âmbito do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Belo Monte (2012 a 2018)

Anexo 13.3.4 - 7 – Resultados de Diversidade Funcional para cada setor amostrado no rio Xingu e tributários no âmbito do Projeto de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Belo Monte (2012 a 2018)

1. DIVERSIDADE FUNCIONAL

1.1. ANÁLISES DE DIVERSIDADE FUNCIONAL

Alterações nas diferentes componentes da estrutura funcional ao longo do gradiente espaço-temporal do rio Xingu foram avaliadas a partir de traços funcionais das espécies de peixe. As influências do espaço (diferentes setores) e tempo (dados pluri- anuais de pré e pós-barragem) sobre a estrutura funcional das comunidades foram sumarizadas de acordo com metodologia descrita em Mouillot *et al.* (2013). Modificações na estrutura funcional das comunidades ao longo dos seis setores foram ilustradas através de métricas de Diversidade Funcional (FD) de acordo com Villéger *et al.* (2008), onde:

1. Alterações na composição das espécies das comunidades podem modificar a Riqueza Funcional (FRic, *functional richness*). A FRic compreende a totalidade do espaço funcional (equivalente ao nicho das espécies) que é preenchida pela comunidade de espécies. FRic é traduzida como o número de atributos ou traços funcionais que é apresentado por uma determinada comunidade. Por exemplo, baixo FRic pode estar indicando que alguns traços funcionais, potencialmente disponíveis para a comunidade, não estão sendo utilizados ou mesmo não estão presentes, indicando redução de produtividade (o contrário é válido);
2. A medida da Equitabilidade Funcional (FEve, *functional evenness*) pondera as variações na regularidade e nas abundâncias dos atributos das espécies no espaço funcional, tendo em vista a menor distância de ligação entre as espécies. Neste sentido, após um distúrbio de um ambiente a FEve tende a diminuir, pois um alto FEve reflete em irregularidade na uniformidade com a biomassa é distribuída entre os atributos das espécies que preenchem o espaço funcional ocupado por uma dada comunidade;
3. Mudanças na Dispersão Funcional (FDis, *functional dispersion*) representam as mudanças nas distâncias médias do espaço funcional da comunidade baseada nos atributos funcionais ponderados pela abundância de cada espécie. Normalmente, a dispersão funcional é correlacionada com o número de espécies ponderado pela abundância, ou seja, com o aumento no número de espécies há também o aumento no valor médio de FDis;
4. Mudanças na Divergência Funcional (FDiv, *functional divergence*) refletem mudanças na proporção da abundância total que é suportada pelas espécies com traços funcionais mais extremos dentro do espaço funcional, i.e. aquelas espécies posicionadas nas extremidades do espaço funcional preenchido pela comunidade e, conseqüentemente, mais distantes da FDiv média. Tendo em vista que o espaço funcional representa o nicho das assembleias, a FDiv tende a diminuir após um distúrbio ambiental, pois tende a remover as componentes mais extremos, reduzindo o nicho e, portanto, aumentando a pressão por recursos.

As medidas de FD, bem como análises das mudanças na estrutura funcional das comunidades ao longo do gradiente de perturbação foram calculadas com o uso do pacote *FD* (Laliberté *et al.*, 2015) em R versão 3.5.1 (R Development Core Team, 2018).

Análises de variância dos índices, gerados a partir de 999 permutações, entre: 1 diversidade de peixes e abundâncias nas coletas no ambiente de remanso, 2 entre as campanhas nos períodos de seca enchente, cheia e vazante e 3 entre os anos pré-enchimento (2012-2015) e pós-enchimento (2016-2018), foram geradas por período para apresentar a variação desses índices, bem como suas respectivas interpretações para as comunidades de peixes, em seis setores de coleta. Para o setor Reservatório Intermediário foi possível apenas os testes entre os anos do pós-enchimento.

Para uma validação das análises, as amostras foram testadas com o uso do modelo nulo dos tamanhos dos efeitos padronizados (*standardized effect sizes*, SES) para averiguar se os atributos funcionais das espécies estão ocorrendo mais ou menos do que o esperado ao acaso. O SES leva em consideração a FRic observada ($FRic_{obs}$), FRic esperada ($FRic_{esp}$) e o desvio padrão da distribuição nula (DP_{dist_nula}). O mesmo é obtido a partir de: $SES = \frac{FRic_{obs} - FRic_{esp}}{DP_{dist_nula}}$. Valores positivos de SES representam $FRic_{obs}$ maior que $FRic_{esp}$, que significa espécies muito dispersas no espaço funcional, já valores negativos representam maior aninhamento das espécies no espaço funcional.

1.2. TRAÇOS FUNCIONAIS

Para as análises de Diversidade Funcional foram elencados seis traços funcionais baseados na história de vida das espécies, morfologia, biologia e uso do hábitat. As espécies foram classificadas quanto:

1. Comprimento total máximo (baseado nas capturas do monitoramento ou literatura): < 15 cm; 15,1-30 cm; 30,1-40 cm; 40,1-50 cm; 50 cm >;
2. Formato do corpo: anguiliforme, alongado, fusiforme/cilíndrico, comprimido dorso-ventral, comprimido dorso-ventral arredondado, comprimido lateral, comprimido lateral arredondado;
3. Quanto ao comportamento reprodutivo (de acordo com literatura): fertilização externa/cuidado parental; fertilização externa/sem cuidado parental; fertilização interna/desenvolvimento interno; fertilização interna/desenvolvimento externo e migradora;
4. Quanto ao uso de hábitat: associado a estruturas, espécies bentônicas e associado a coluna d'água;
5. Tipo de natação: anguiliforme, carangiforme, labriforme, rajiforme e gymnotiforme;
6. Dieta: herbívora, detritívora, omnívora, invertívora, planctívora, lepdófaga e piscívora.

1.3. COMPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a avaliação das variações na diversidade funcional das assembleias de peixes, as amostras foram compostas pelas assembleias separadas por cada um dos setores de coleta. As análises temporais, i.e. interanual, foram feitas com base nas campanhas de seca, enchente, cheia e vazante (analisadas separadamente) entre os anos 2012 até 2018. Uma padronização do esforço de coleta foi necessária para evitar ruídos nas análises, para isso, foram levadas em consideração para as análises apenas coletas do ambiente de remanso, e apenas espécies e morfoespécies bem definidas. Desse modo, um total de 177.478 indivíduos distribuídos em 263 espécies, 9 ordens e 36 famílias. Significâncias das variações entre cada índice de diversidade funcional foram testadas com uma análise de variância não paramétrica (Kruskal-Wallis) devido a distribuição não normal dos dados (Shapiro-Wilk, $p < 0,05$). Cada índice foi gerado a partir de 999 permutações entre diversidade de espécies de peixes e as suas respectivas abundâncias nas coletas por período hidrológico e setor.

1.4. VARIAÇÃO NOS ÍNDICES FUNCIONAIS

1.4.1. MONTANTE

O setor Montante apresentou número de espécies variando entre 19 spp. (68 ind.) para a cheia de 2013 e 87 spp. (843 ind.) para seca de 2012. Do mesmo modo, o setor Montante apresentou maior riqueza funcional (FRic) na seca de 2012 e menor na cheia de 2013. No entanto, a melhor distribuição entre as abundâncias (FEve) dos traços funcionais entre as espécies foi apresentado pela cheia de 2013, e a mais irregularmente distribuída na vazante de 2016 (**Quadro 1 - 1**). Por outro lado, foi a enchente de 2013 que apresentou maior número de espécies com traços funcionais mais extremos (FDiv) e a menor foi apresentada pela enchente de 2014. A cheia de 2018 apresentou maior dispersão dos traços funcionais (FDis) e a menor foi apresentada pela enchente de 2014 (**Quadro 1 - 1**). Baseado no modelo nulo, com exceção da cheia de 2014, todos os demais anos apresentaram FRic maior do que esperado ao acaso para o período de cheia; para a enchente apenas os anos de 2013 e 2015; e vazante de 2014. As demais campanhas apresentaram FRic menor do que a esperada ao acaso (**Quadro 1 - 1**). Por mais que a campanha de seca de 2012 tenha apresentado a maior FRic essa foi menor que a esperada ao acaso e a de cheia de 2013 maior.

No que diz respeito à cronologia, a FRic aumentou para o período de cheia entre as campanhas de 2013 e 2016, caindo em 2017 e 2018. Nas campanhas de enchente e seca, a FRic foi mais elevada em inicialmente, 2012 e 2013, respectivamente, caindo nos anos seguintes. Já para a vazante a FRic diminuiu entre 2012 e 2013, aumentando em 2014 e depois caindo novamente (**Quadro 1 - 1**).

Quadro 1 - 1 – Número de espécies (n. spp.), número de peixes (n. ind.) e índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor Montante utilizados para as análises de diversidade funcional durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre 2012 e 2018 na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu. SES \geq -1 apresentam riqueza funcional (FRic) significativamente maior do que a esperada ao acaso.

Campanha	n. spp.	n. ind.	FRic	FDiv	FEve	FDis	SES	Signif.
C.2013	19	68	0,007	0,910	0,635	0,851	-0,743	*

C.2014	29	173	0,014	0,880	0,486	0,722	-1,621	ns
C.2015	34	273	0,079	0,889	0,557	0,706	-0,770	*
C.2016	49	245	0,223	0,827	0,525	0,808	-0,233	*
C.2017	30	107	0,077	0,900	0,571	0,820	-0,053	*
C.2018	30	82	0,075	0,903	0,614	0,923	-0,198	*
E.2013	54	324	0,232	0,913	0,527	0,900	-0,878	*
E.2014	47	324	0,108	0,688	0,577	0,508	-1,696	ns
E.2015	39	221	0,145	0,910	0,541	0,874	-0,018	*
E.2016	41	306	0,104	0,826	0,491	0,802	-1,075	ns
S.2012	87	843	0,466	0,850	0,433	0,842	-1,368	ns
S.2013	61	585	0,267	0,779	0,440	0,705	-1,025	ns
S.2014	53	386	0,113	0,872	0,487	0,828	-2,311	ns
S.2015	57	450	0,245	0,879	0,468	0,828	-1,010	ns
S.2016	45	230	0,077	0,836	0,565	0,829	-2,294	ns
S.2017	56	401	0,098	0,838	0,464	0,797	-2,522	ns
S.2018	58	368	0,140	0,849	0,530	0,835	-2,444	ns
V.2012	57	276	0,214	0,885	0,536	0,855	-1,388	ns
V.2013	56	382	0,131	0,842	0,500	0,808	-2,307	ns
V.2014	71	467	0,420	0,846	0,451	0,839	-0,250	*
V.2015	57	428	0,163	0,898	0,497	0,852	-1,813	ns
V.2016	62	584	0,140	0,847	0,401	0,820	-2,787	ns

A análise de variância (Kruskal-Wallis) entre o pré-barramento e do pós-barramento revelou diferenças significativas entre a FRic e FDiv de todos os períodos, exceto durante a vazante. A FEve foi diferente entre o pré e o pós para todas os períodos, e a FDis apresentou diferenças apenas na cheia (**Quadro 1 - 2**). Assim, pode-se afirmar que, exceto para o período de vazante no setor de Montante houve diferenças entre o pré e o pós-enchimento, sendo que na cheia a FRic aumentou, enquanto que na enchente e seca diminuiu (**Figura 1 – 1**).

Quadro 1 - 2 – Teste Kruskal-Wallis dos índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor Montante durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre os anos de pré-enchimento e pós-enchimento na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

Índice/comparações	mean.rank.diff	P-value	Signif.
FRic			
C.Pré-C.Pós	-298,695	<0,0001	***
E.Pré-E.Pós	290,584	0,0001	***
S.Pré-S.Pós	336,661	<0,0001	***
V.Pré-V.Pós	-115,582	0,1057	
FEve			
C.Pré-C.Pós	234,456	<0,0001	***
E.Pré-E.Pós	-265,820	0,0003	***
S.Pré-S.Pós	-324,137	<0,0001	***
V.Pré-V.Pós	144,794	0,0453	*
FDiv			
C.Pré-C.Pós	-112,168	0,0478	*
E.Pré-E.Pós	157,680	0,0478	*
S.Pré-S.Pós	172,984	0,0010	***
V.Pré-V.Pós	79,540	0,3169	
FDis			

C.Pré-C.Pós	-175,805	0,0023	**
E.Pré-E.Pós	109,232	0,1982	
S.Pré-S.Pós	87,215	0,1239	
V.Pré-V.Pós	-18,015	0,8487	

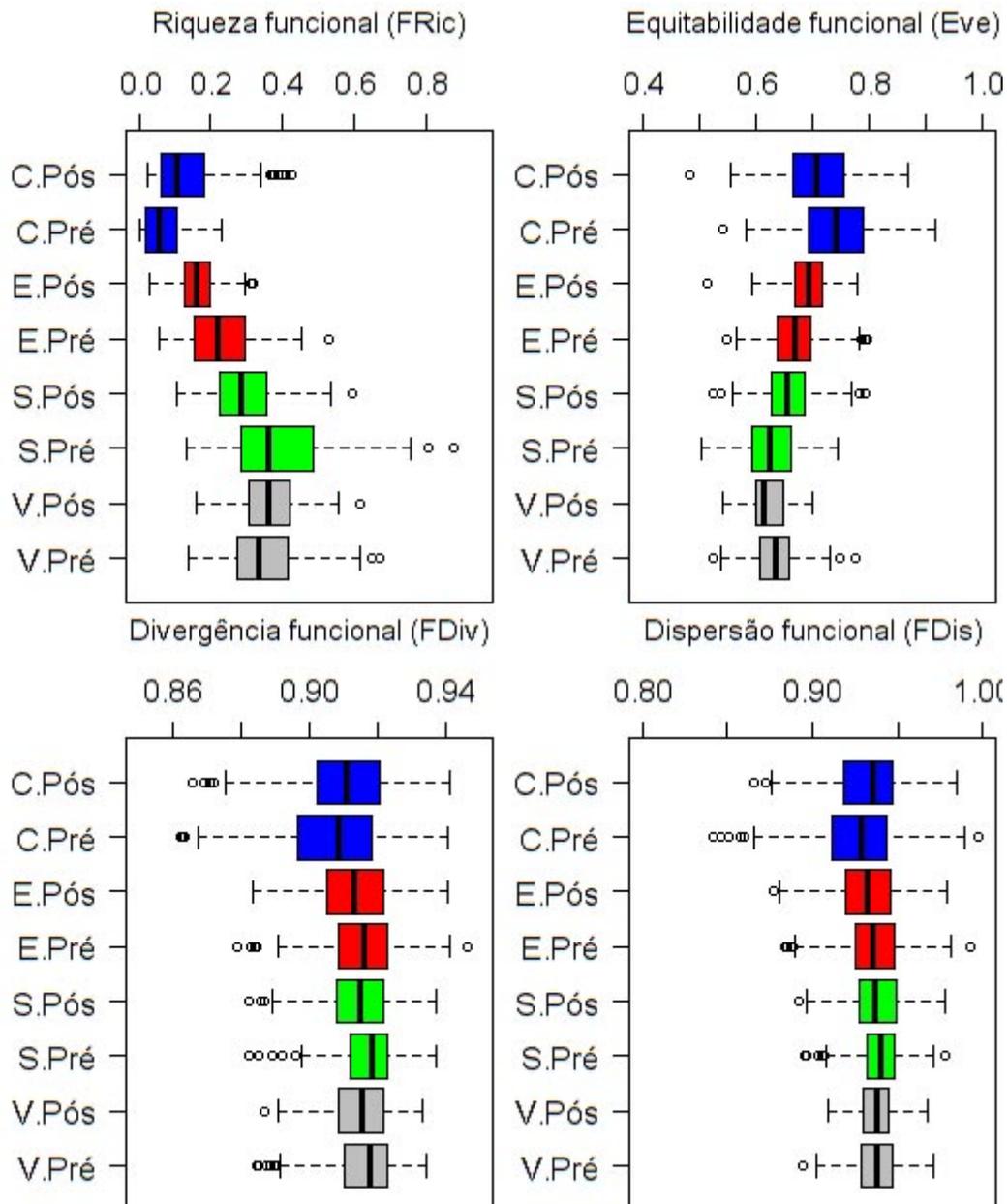


Figura 1 - 1 – Boxplot da variação nos índices de diversidade funcional do setor Montante entre os anos pré-enchimento e pós-enchimento amostrados nas campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

1.4.2. RESERVATÓRIO PRINCIPAL

O setor Reservatório apresentou número de espécies variando entre 23 spp. (169 ind.) para a cheia de 2012 e 82 spp. (1059 ind.) para enchente de 2017. Do mesmo modo, o setor Reservatório apresentou maior riqueza funcional (FRic) na enchente de 2017 e menor na cheia de 2012. Enquanto que a melhor distribuição das abundâncias dos traços funcionais (FEve) entre as espécies foi apresentado pela cheia de 2015, e a mais irregularmente distribuída na seca de 2014 (**Quadro 1 - 3**). Foi a enchente de 2014 que apresentou maior número de espécies com traços funcionais mais extremos (FDiv) e a menor na seca de 2013. A cheia de 2017 apresentou maior dispersão dos traços funcionais (FDis) e a menor foi apresentada pela seca de 2014 (**Quadro 1 - 3**). Baseado no modelo nulo, com exceção da campanha de enchente, todas as demais campanhas apresentaram tanto anos do pré-enchimento quanto do pós-enchimento com FRic maior do que esperado ao acaso. Na enchente só apresentou FRic maior no ano de 2018 (**Quadro 1 - 3**).

No que diz respeito à cronologia, a FRic aumentou para os períodos de cheia, enchente e vazante entre as campanhas de 2012 e 2018. Já na campanha de seca, a FRic foi mais elevada inicialmente do que na final (**Quadro 1 - 3**).

Quadro 1 - 3 – Número de espécies (n. spp.), número de peixes (n. ind.) e índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor Reservatório utilizados para as análises de diversidade funcional durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre 2012 e 2018 na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu. SES \geq -1 apresentam riqueza funcional (FRic) significativamente maior do que a esperada ao acaso.

Campanha	n. spp.	n. ind.	FRic	FDiv	FEve	FDis	SES	Signif.
C.2012	23	169	0,017	0,812	0,487	0,796	-0,539	*
C.2013	42	249	0,079	0,851	0,541	0,773	-1,393	ns
C.2014	43	183	0,101	0,892	0,537	0,839	-0,929	*
C.2015	44	224	0,123	0,872	0,565	0,844	-0,719	*
C.2016	41	183	0,089	0,817	0,559	0,803	-1,067	ns
C.2017	69	563	0,530	0,852	0,490	0,862	2,160	*
C.2018	44	227	0,127	0,844	0,538	0,803	-0,748	*
E.2013	47	318	0,095	0,848	0,486	0,853	-1,421	ns
E.2014	37	212	0,052	0,902	0,551	0,682	-1,364	ns
E.2015	48	449	0,070	0,814	0,495	0,757	-2,007	ns
E.2016	65	516	0,238	0,761	0,490	0,731	-1,125	ns
E.2017	82	1059	0,357	0,858	0,432	0,844	-1,115	ns
E.2018	74	882	0,382	0,845	0,500	0,819	-0,263	*
S.2012	81	646	0,402	0,809	0,467	0,793	-0,717	*
S.2013	52	389	0,092	0,752	0,482	0,618	-1,912	ns
S.2014	61	348	0,145	0,832	0,427	0,828	-1,957	ns
S.2015	60	369	0,161	0,816	0,437	0,788	-1,514	ns
S.2016	54	483	0,168	0,826	0,431	0,805	-0,881	*
S.2017	61	741	0,249	0,824	0,504	0,825	-0,357	*
S.2018	57	491	0,209	0,851	0,485	0,819	-0,479	*
V.2012	46	298	0,098	0,843	0,547	0,777	-1,332	ns
V.2013	58	321	0,181	0,786	0,503	0,737	-1,171	ns
V.2014	60	348	0,227	0,832	0,514	0,811	-0,787	*
V.2015	60	272	0,160	0,856	0,523	0,847	-1,499	ns
V.2016	68	646	0,213	0,793	0,452	0,792	-1,623	ns
V.2017	70	906	0,329	0,818	0,473	0,813	-0,449	*
V.2018	64	490	0,271	0,790	0,484	0,740	-0,569	*

A análise de variância (Kruskal-Wallis) entre o pré-barramento e do pós-barramento revelou diferenças significativas entre a FRic e FEve de todos os períodos. A FDiv não foi diferente entre o pré pós apenas nas campanhas de seca, e a FDis apresentou diferenças apenas nas campanhas de enchente (**Quadro 1 - 4**). Assim, pode-se afirmar que, exceto para o período de seca no setor Reservatório, onde a FRic foi menor no pós-enchimento, todas as demais tiveram FRic maior no pós-enchimento no setor Reservatório (**Figura 1 – 2**).

Quadro 1 - 4 – Teste Kruskal-Wallis dos índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor Reservatório durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre os anos de pré-enchimento e pós-enchimento na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

Índice/comparações	mean.rank.diff	P-value	Signif.
FRic			
C.Pré-C.Pós	-619,6002	<0,0001	***
E.Pré-E.Pós	-1.412,5623	<0,0001	***
S.Pré-S.Pós	323,0547	<0,0001	***
V.Pré-V.Pós	-554,3872	<0,0001	***
FEve			
C.Pré-C.Pós	356,2340	<0,0001	***
E.Pré-E.Pós	1.170,7694	<0,0001	***
S.Pré-S.Pós	-135,8838	0,0235	*
V.Pré-V.Pós	443,0173	<0,0001	***
FDiv			
C.Pré-C.Pós	-184,1583	0,0035	**
E.Pré-E.Pós	-358,1330	<0,0001	***
S.Pré-S.Pós	15,2736	0,8160	
V.Pré-V.Pós	-147,7559	0,0208	*
FDis			
C.Pré-C.Pós	-129,7155	0,0666	.
E.Pré-E.Pós	-244,2559	0,0008	***
S.Pré-S.Pós	105,8333	0,1382	
V.Pré-V.Pós	-87,7399	0,2156	

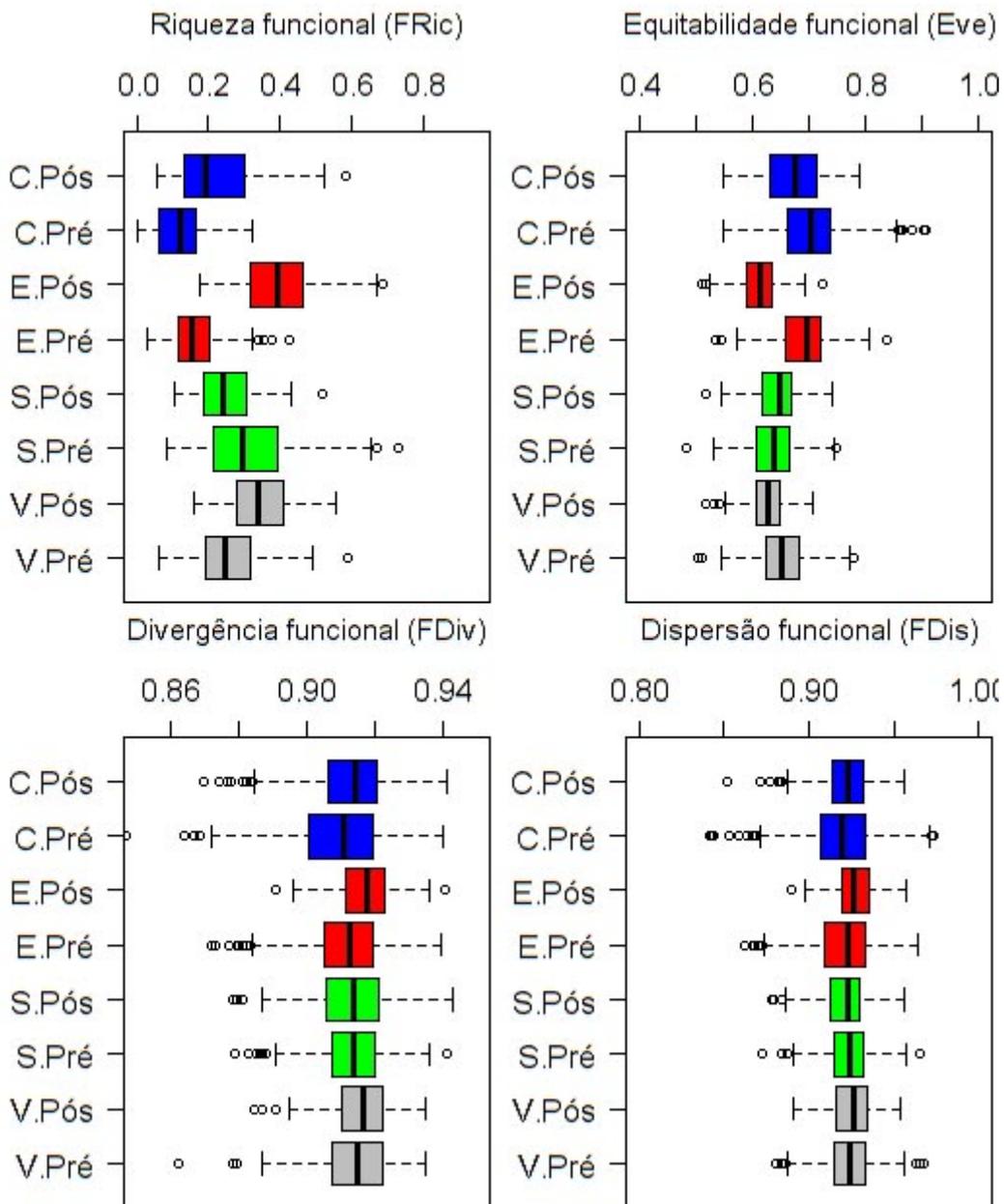


Figura 1 - 2 – Boxplot da variação nos índices de diversidade funcional do setor Reservatório entre os anos pré-enchimento e pós-enchimento amostrados nas campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

1.4.3. TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

O setor TVR apresentou número de espécies variando entre 29 spp. (73 ind.) para a enchente de 2014 e 83 spp. (615 ind.) para vazante de 2016. O setor TVR apresentou maior riqueza funcional (FRic) na enchente de 2017 e a menor na enchente de 2014. Enquanto que a melhor distribuição das abundâncias dos traços funcionais (FEve) entre as espécies foi apresentado pela cheia de 2012, e a mais irregularmente distribuída na seca de 2014 (**Quadro 1 - 5**). Foi a enchente de 2016 que apresentou

maior número de espécies com traços funcionais mais extremos (FDiv) e a menor na cheia de 2012. A enchente de 2016 apresentou maior dispersão dos traços funcionais (FDis) e a menor foi apresentada pela cheia de 2014 (**Quadro 1 - 5**). Baseado no modelo nulo, com exceção das campanhas de seca, todas as demais campanhas apresentaram tanto nos anos do pré-enchimento quanto do pós-enchimento com FRic maior do que esperado ao acaso. Nas campanhas de seca a FRic foi maior apenas nos anos do pré-enchimento (**Quadro 1 - 5**).

No que diz respeito à cronologia, a FRic aumentou para os períodos de cheia, enchente e vazante entre as campanhas de 2012 e 2018. Já nas campanhas de seca, a FRic foi mais elevada inicialmente, depois reduzindo, aumentando novamente no final (**Quadro 1 - 5**).

Quadro 1 - 5 – Número de espécies (n. spp.), número de peixes (n. ind.) e índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor TVR utilizados para as análises de diversidade funcional durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre 2012 e 2018 na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu. SES \geq -1 apresentam riqueza funcional (FRic) significativamente maior do que a esperada ao acaso.

Campanha	n. spp.	n. ind.	FRic	FDiv	FEve	FDis	SES	Signif.
C.2012	47	224	0,141	0,786	0,622	0,782	-0,740	*
C.2013	42	234	0,087	0,871	0,520	0,849	-0,921	*
C.2014	54	337	0,097	0,826	0,466	0,651	-2,458	ns
C.2015	46	268	0,151	0,854	0,514	0,825	-0,303	*
C.2016	70	489	0,341	0,867	0,495	0,872	-0,052	*
C.2017	71	468	0,243	0,830	0,483	0,829	-1,493	ns
C.2018	53	333	0,237	0,877	0,516	0,845	0,305	*
E.2013	52	266	0,202	0,888	0,559	0,882	-0,183	*
E.2014	29	73	0,028	0,862	0,576	0,861	-0,998	*
E.2015	50	293	0,174	0,842	0,522	0,826	-0,415	*
E.2016	51	218	0,150	0,916	0,557	0,907	-1,032	ns
E.2017	78	531	0,407	0,892	0,490	0,896	-0,071	*
E.2018	83	762	0,331	0,900	0,459	0,869	-1,201	ns
S.2012	64	464	0,285	0,825	0,506	0,823	-0,271	*
S.2013	41	189	0,054	0,802	0,503	0,742	-1,723	ns
S.2014	56	345	0,197	0,838	0,414	0,812	-0,551	*
S.2015	54	365	0,131	0,870	0,509	0,869	-1,513	ns
S.2016	68	386	0,254	0,873	0,475	0,870	-1,104	ns
S.2017	82	759	0,325	0,863	0,445	0,838	-1,316	ns
S.2018	76	787	0,265	0,839	0,415	0,820	-1,427	ns
V.2012	50	308	0,094	0,823	0,469	0,788	-1,820	ns
V.2013	59	417	0,162	0,812	0,498	0,772	-1,228	ns
V.2014	62	451	0,173	0,812	0,503	0,795	-1,618	ns
V.2015	56	295	0,183	0,834	0,467	0,806	-0,838	*
V.2016	83	615	0,305	0,880	0,468	0,876	-1,710	ns
V.2017	81	811	0,361	0,839	0,430	0,825	-0,781	*
V.2018	76	559	0,384	0,823	0,468	0,815	-0,190	*

A análise de variância (Kruskal-Wallis) entre o pré-barramento e do pós-barramento revelou diferenças significativas de todos os índices para todos os períodos (**Quadro 1**

- 6). Assim, pode-se afirmar que para todas as campanhas a FRic foi maior no pós-enchimento (**Figura 1 – 3**).

Quadro 1 - 6 – Teste Kruskal-Wallis dos índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor TVR durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre os anos de pré-enchimento e pós-enchimento na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

Índice/comparações	mean.rank.diff	P-value	Signif.
FRic			
C.Pré-C.Pós	-908,8098	<0,0001	***
E.Pré-E.Pós	-1.170,9663	<0,0001	***
S.Pré-S.Pós	-1.004,4415	<0,0001	***
V.Pré-V.Pós	-1.036,2020	<0,0001	***
FEve			
C.Pré-C.Pós	613,8199	<0,0001	***
E.Pré-E.Pós	939,1734	<0,0001	***
S.Pré-S.Pós	762,8018	<0,0001	***
V.Pré-V.Pós	856,8838	<0,0001	***
FDiv			
C.Pré-C.Pós	-189,4495	0,0040	**
E.Pré-E.Pós	-202,0606	0,0040	**
S.Pré-S.Pós	-183,2715	0,0046	**
V.Pré-V.Pós	-253,6061	0,0001	***
FDis			
C.Pré-C.Pós	-207,0286	0,0013	**
E.Pré-E.Pós	-311,8350	<0,0001	***
S.Pré-S.Pós	-212,3047	0,0012	**
V.Pré-V.Pós	-156,6625	0,0164	*

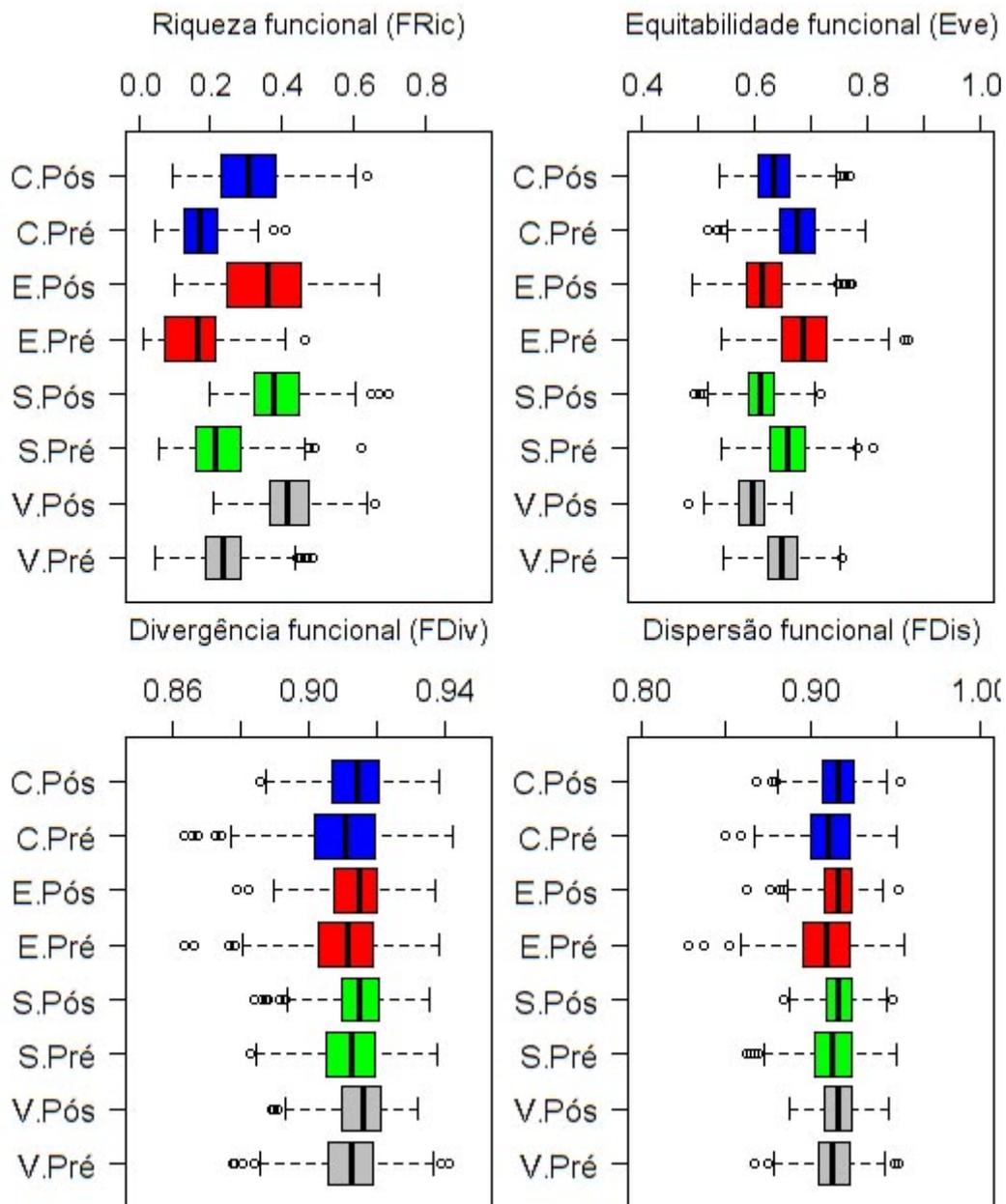


Figura 1 - 3 – Boxplot da variação nos índices de diversidade funcional do setor TVR entre os anos pré-enchimento e pós-enchimento amostrados nas campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

1.4.4. BACAJÁ

O setor Bacajá apresentou número de espécies variando entre 15 spp. (36 ind.) para a cheia de 2018 e 83 spp. (737 ind.) para seca de 2012. O setor Bacajá apresentou maior riqueza funcional (FRic) na seca de 2012 e a menor na cheia de 2014. Enquanto que a melhor distribuição das abundâncias dos traços funcionais (FEve) entre as espécies foi apresentado pela cheia de 2018, e a mais irregularmente distribuída na

seca de 2012 (**Quadro 1 - 7**). Foi a cheia de 2014 que apresentou maior número de espécies com traços funcionais mais extremos (FDiv) e a menor na cheia de 2017. A enchente de 2018 apresentou maior dispersão dos traços funcionais (FDis) e a menor foi apresentada pela vazante de 2018 (**Quadro 1 - 7**). Baseado no modelo nulo, todas as campanhas apresentaram tanto nos anos do pré-enchimento quando do pós-enchimento com FRic maior do que esperado ao acaso (**Quadro 1 - 7**).

No que diz respeito à cronologia, a FRic diminuiu para os períodos de cheia, enchente e vazante entre as campanhas de 2012 e 2018. Já nas campanhas de seca, a FRic foi mais elevada em no pós (**Quadro 1 - 7**).

Quadro 1 - 7 – Número de espécies (n. spp.), número de peixes (n. ind.) e índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor Bacajá utilizados para as análises de diversidade funcional durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre 2012 e 2018 na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu. SES \geq -1 apresentam riqueza funcional (FRic) significativamente maior do que a esperada ao acaso.

Campanha	n. spp.	n. ind.	FRic	FDiv	FEve	FDis	SES	Signif.
C.2012	28	131	0,019	0,891	0,656	0,770	-1,334	ns
C.2013	45	408	0,116	0,868	0,517	0,855	-0,771	*
C.2014	21	76	0,002	0,938	0,591	0,820	-1,407	ns
C.2015	45	181	0,199	0,916	0,602	0,824	0,845	*
C.2016	21	73	0,022	0,910	0,674	0,848	0,217	*
C.2017	32	130	0,043	0,839	0,593	0,773	-0,801	*
C.2018	15	36	0,005	0,869	0,709	0,855	0,552	*
E.2013	45	139	0,118	0,930	0,503	0,905	-0,864	*
E.2014	39	176	0,077	0,889	0,580	0,850	-0,824	*
E.2015	56	335	0,265	0,915	0,530	0,905	0,348	*
E.2016	58	180	0,230	0,916	0,482	0,914	-0,150	*
E.2017	37	119	0,122	0,895	0,564	0,831	0,626	*
E.2018	44	183	0,192	0,923	0,596	0,919	0,741	*
S.2012	83	737	0,433	0,871	0,429	0,841	-0,306	*
S.2013	60	501	0,233	0,907	0,495	0,781	-0,595	*
S.2014	70	953	0,432	0,919	0,476	0,756	0,994	*
S.2015	64	410	0,294	0,891	0,486	0,878	-0,115	*
S.2016	61	420	0,307	0,852	0,450	0,819	0,395	*
S.2017	68	436	0,427	0,904	0,518	0,877	1,277	*
S.2018	56	247	0,285	0,912	0,543	0,906	0,946	*
V.2012	51	249	0,171	0,879	0,596	0,871	-0,607	*
V.2013	46	213	0,095	0,859	0,518	0,820	-1,483	ns
V.2014	56	413	0,194	0,878	0,499	0,787	-0,738	*
V.2015	45	218	0,166	0,869	0,638	0,844	0,093	*
V.2016	73	536	0,405	0,888	0,498	0,845	0,513	*
V.2017	63	475	0,291	0,892	0,561	0,901	-0,125	*
V.2018	48	283	0,152	0,882	0,496	0,708	-0,553	*

A análise de variância (Kruskal-Wallis) entre o pré-barramento e do pós-barramento revelou diferenças significativas da FRic e FEve para todos os períodos com exceção da Enchente (**Quadro 1 - 8**). A Fdiv foi diferente apenas nas campanhas de cheia e vazante, e a FDis apenas nas campanhas de cheia (**Quadro 1 - 8**). Assim, pode-se afirmar que, exceto para as campanhas de vazante, a FRic foi menor no pós-enchimento (**Figura 1 - 4**).

Quadro 1 - 8 – Teste Kruskal-Wallis dos índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor Bacajá durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre os anos de pré-enchimento e pós-enchimento na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

Índice/comparações	mean.rank.diff	P-value	Signif.
FRic			
C.Pré-C.Pós	428,2761	<0,0001	***
E.Pré-E.Pós	55,7172	0,3930	
S.Pré-S.Pós	274,9091	<0,0001	***
V.Pré-V.Pós	-505,3624	<0,0001	***
FEve			
C.Pré-C.Pós	-366,9365	<0,0001	***
E.Pré-E.Pós	65,7104	0,3225	
S.Pré-S.Pós	-193,5455	0,0013	**
V.Pré-V.Pós	461,3670	<0,0001	***
FDiv			
C.Pré-C.Pós	290,8178	<0,0001	***
E.Pré-E.Pós	-26,9360	0,6955	
S.Pré-S.Pós	-11,6494	0,8441	
V.Pré-V.Pós	-139,7706	0,0244	*
FDis			
C.Pré-C.Pós	218,4487	0,0005	***
E.Pré-E.Pós	-40,5084	0,5851	
S.Pré-S.Pós	83,0261	0,1879	
V.Pré-V.Pós	-3,1970	0,9570	

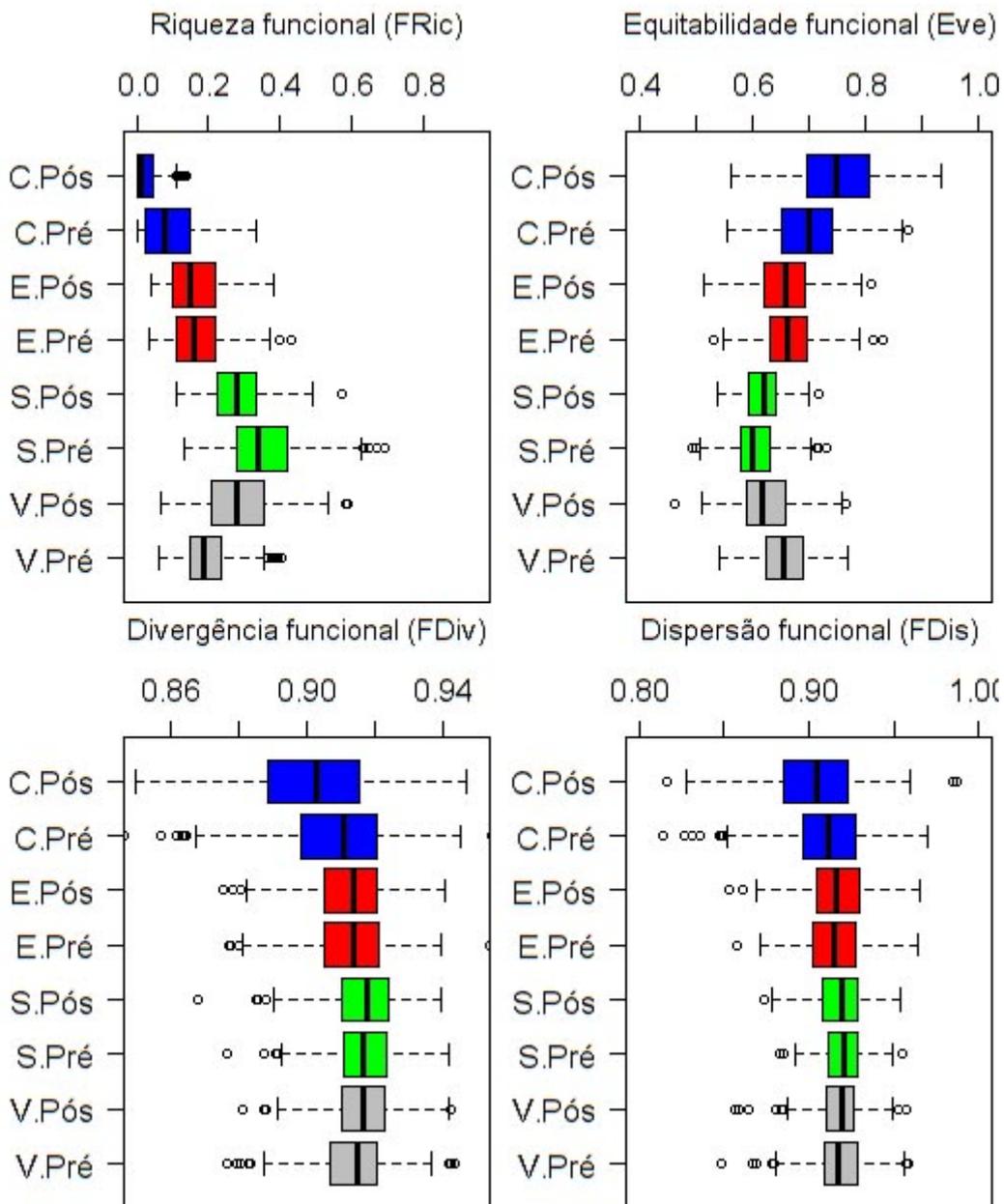


Figura 1 - 4 – Boxplot da variação nos índices de diversidade funcional do setor Bacajá entre os anos pré-enchimento e pós-enchimento amostrados nas campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

1.4.5. JUSANTE

O setor Jusante apresentou número de espécies variando entre 22 spp. (87 ind.) para a cheia de 2014 e 89 spp. (670 ind.) para enchente de 2015. Igualmente, o setor Jusante apresentou maior riqueza funcional (FRic) na enchente de 2015 e a menor na cheia de 2014. No entanto, a melhor distribuição das abundâncias dos traços funcionais (FEve) entre as espécies foi apresentado pela cheia de 2014, e a mais irregularmente distribuída na enchente de 2013 (**Quadro 1 - 9**). Foi a cheia de 2014

que apresentou maior número de espécies com traços funcionais mais extremos (FDiv) e a menor na cheia de 2015. A seca de 2018 apresentou maior dispersão dos traços funcionais (FDis) e a menor foi apresentada pela cheia de 2013 (**Quadro 1 - 9**). Baseado no modelo nulo, somente na enchente de 2018 a FRic foi menor que a esperada ao caso, nenhuma campanha de cheia foi maior, e durante as campanhas de seca e vazante somente em anos do pré-enchimento a FRic foi maior do que esperado ao acaso (**Quadro 1 - 9**).

No que diz respeito à cronologia, a FRic permaneceu similar para os períodos de cheia e enchente entre as campanhas de 2012 e 2018. Já nas campanhas de seca, a FRic foi mais elevada em no pré, enquanto nas campanhas de vazante no pós-enchimento (**Quadro 1 - 9**).

Quadro 1 - 9 – Número de espécies (n. spp.), número de peixes (n. ind.) e índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor Jusante utilizados para as análises de diversidade funcional durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre 2012 e 2018 na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu. SES \geq -1 apresentam riqueza funcional (FRic) significativamente maior do que a esperada ao acaso.

Campanha	n. spp.	n. ind.	FRic	FDiv	FEve	FDis	SES	Signif.
C.2012	25	64	0,008	0,828	0,614	0,781	-1,662	ns
C.2013	37	280	0,065	0,769	0,537	0,603	-1,029	ns
C.2014	22	87	0,006	0,934	0,669	0,871	-1,331	ns
C.2015	42	292	0,049	0,694	0,513	0,636	-2,185	ns
C.2016	27	167	0,007	0,926	0,525	0,707	-1,594	ns
C.2017	30	86	0,021	0,859	0,604	0,769	-1,794	ns
C.2018	37	103	0,054	0,892	0,666	0,878	-1,306	ns
E.2013	65	838	0,286	0,884	0,443	0,790	-0,302	*
E.2014	41	155	0,091	0,849	0,563	0,818	-0,990	*
E.2015	89	670	0,488	0,899	0,513	0,863	0,242	*
E.2016	74	555	0,333	0,881	0,491	0,874	-0,519	*
E.2017	65	376	0,244	0,888	0,481	0,847	-0,916	*
E.2018	46	193	0,097	0,839	0,534	0,838	-1,344	ns
S.2012	70	386	0,292	0,859	0,566	0,863	-0,869	*
S.2013	51	489	0,180	0,857	0,479	0,819	-0,334	*
S.2014	51	406	0,152	0,892	0,592	0,875	-0,834	*
S.2015	45	222	0,222	0,880	0,644	0,871	1,247	*
S.2016	31	114	0,024	0,907	0,617	0,809	-1,651	ns
S.2017	36	133	0,027	0,932	0,538	0,872	-1,953	ns
S.2018	41	98	0,046	0,910	0,545	0,883	-1,974	ns
V.2012	41	221	0,101	0,897	0,543	0,806	-0,697	*
V.2013	27	88	0,022	0,825	0,593	0,766	-1,070	ns
V.2014	36	290	0,035	0,867	0,541	0,801	-1,578	ns
V.2015	32	164	0,042	0,887	0,545	0,739	-1,044	ns
V.2016	45	180	0,077	0,875	0,549	0,808	-1,722	ns
V.2017	46	135	0,109	0,859	0,528	0,824	-1,431	ns
V.2018	29	110	0,013	0,880	0,560	0,773	-1,944	ns

A análise de variância (Kruskal-Wallis) entre o pré-barramento e do pós-barramento revelou diferenças significativas da FRic, FEve e FDis apenas para os períodos de seca e vazante (**Quadro 1 - 10**). A FDiv foi diferente apenas nas campanhas de seca

e vazante (**Quadro 1 - 10**). Assim, pode-se afirmar que durante as campanhas de cheia e enchente a FRic permaneceu similar, nas campanhas de seca a FRic diminuiu no pós-enchimento e nas campanhas de vazante aumentou (**Figura 1 – 5**).

Quadro 1 - 10 – Teste Kruskal-Wallis dos índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor Jusante durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre os anos de pré-enchimento e pós-enchimento na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

Índice/comparações	mean.rank.diff	P-value	Signif.
FRic			
C.Pré-C.Pós	25,3216	0,6691	
E.Pré-E.Pós	-51,2138	0,4342	
S.Pré-S.Pós	924,1604	<0,0001	***
V.Pré-V.Pós	-415,7786	<0,0001	***
FEve			
C.Pré-C.Pós	-37,4083	0,5438	
E.Pré-E.Pós	-38,4512	0,5438	
S.Pré-S.Pós	-714,4369	<0,0001	***
V.Pré-V.Pós	269,6822	<0,0001	***
FDiv			
C.Pré-C.Pós	42,8249	0,5481	
E.Pré-E.Pós	-105,0202	0,1433	
S.Pré-S.Pós	212,5669	0,0007	***
V.Pré-V.Pós	-53,6149	0,4449	
FDis			
C.Pré-C.Pós	26,5185	0,7048	
E.Pré-E.Pós	-47,4343	0,5525	
S.Pré-S.Pós	158,3653	0,0131	*
V.Pré-V.Pós	-164,7247	0,0109	*

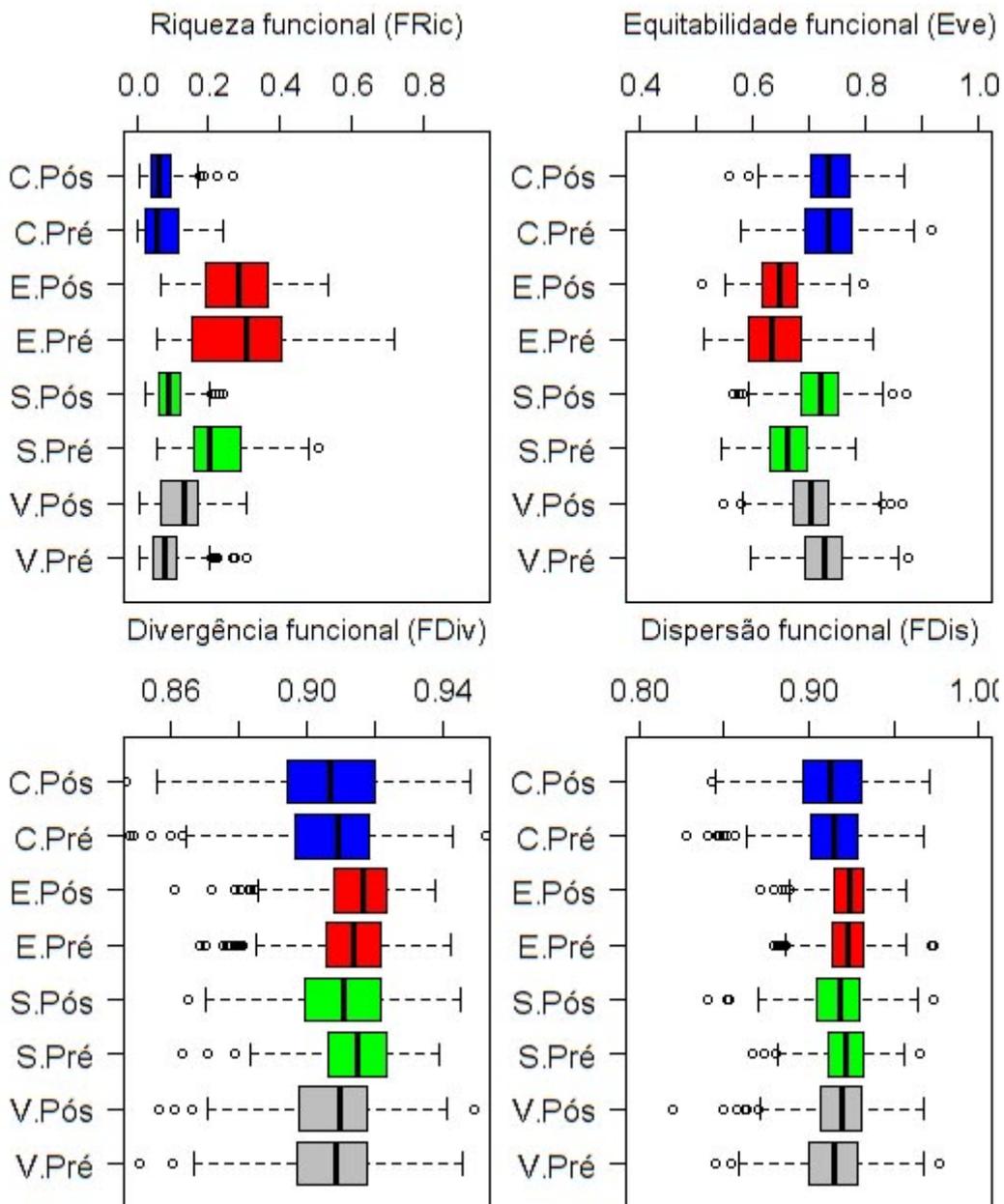


Figura 1 - 5 – Boxplot da variação nos índices de diversidade funcional do setor Jusante entre os anos pré-enchimento e pós-enchimento amostrados nas campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

1.4.6. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

O setor Reservatório Intermediário apresentou número de espécies variando entre 28 spp. (136 ind.) para a vazante de 2018 e 39 spp. (313 ind.) para vazante de 2017. O setor Reservatório Intermediário apresentou maior riqueza funcional (FRic) na cheia de 2016 e a menor na seca de 2018. No entanto, a melhor distribuição das abundâncias dos traços funcionais (FEve) entre as espécies foi apresentado pela vazante de 2018, e a mais irregularmente distribuída na vazante de 2016 (**Quadro 1 - 11**). Foi a seca de 2017 que apresentou maior número de espécies com traços funcionais mais extremos

(FDiv) e a menor na cheia de 2018. A cheia de 2016 apresentou maior dispersão dos traços funcionais (FDis) e a menor foi apresentada pela vazante de 2018 (**Quadro 1 - 11**). Baseado no modelo nulo, apenas as campanhas de 2016 e a campanha de enchente de 2017 apresentaram a FRic foi maior do que esperado ao acaso (**Quadro 1 - 11**).

No que diz respeito à cronologia, a FRic diminuiu para todos os períodos entre as campanhas de 2016 e 2018 (**Quadro 1 - 11**).

Quadro 1 - 11 – Número de espécies (n. spp.), número de peixes (n. ind.) e índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor Reservatório Intermediário utilizados para as análises de diversidade funcional durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre 2012 e 2018 na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu. SES \geq -1 apresentam riqueza funcional (FRic) significativamente maior do que a esperada ao acaso.

Campanha	n. spp.	n. ind.	FRic	FDiv	FEve	FDis	SES	Signif.
C.2016	39	651	0,273	0,886	0,457	0,864	1,228	*
C.2017	37	304	0,106	0,873	0,546	0,784	-1,157	ns
C.2018	33	218	0,076	0,802	0,552	0,712	-1,025	ns
E.2016	39	427	0,217	0,876	0,527	0,858	0,202	*
E.2017	37	398	0,169	0,885	0,505	0,813	-0,112	*
E.2018	37	238	0,098	0,819	0,601	0,721	-1,220	ns
S.2016	30	371	0,079	0,863	0,442	0,768	-0,430	*
S.2017	34	310	0,061	0,903	0,477	0,740	-1,232	ns
S.2018	32	414	0,022	0,875	0,453	0,735	-2,145	ns
V.2016	35	673	0,112	0,886	0,369	0,807	-0,607	*
V.2017	39	313	0,097	0,861	0,490	0,768	-1,574	ns
V.2018	28	136	0,038	0,881	0,677	0,707	-1,077	ns

A análise de variância (Kruskal-Wallis) entre os anos de 2016, 2017 e 2018 revelou diferenças significativas na FRic em cada período, na FEve apenas na cheia e vazante, enquanto que a FDiv e FDis nas apresentaram diferenças (**Quadro 1 - 12**). Assim, pode-se afirmar que durante todas as campanhas a FRic permaneceu diminuiu entre 2016 e 2018 (**Figura 1 - 6**).

Quadro 1 - 12 – Teste Kruskal-Wallis dos índices de diversidade funcional do ambiente de remanso no setor Reservatório Intermediário durante as campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) entre os anos de pré-enchimento e pós-enchimento na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

Índice/comparações	mean.rank.diff	P-value	Signif.
FRic			
C.2017-C.2016	-50,3384	0,3321	
C.2018-C.2016	-295,9899	0,0000	***
C.2018-C.2017	-245,6515	0,0000	***
E.2017-E.2016	-110,1768	0,0315	*
E.2018-E.2016	-89,7273	0,0851	.
E.2018-E.2017	20,4495	0,6961	
S.2017-S.2016	188,3030	0,0002	***
S.2018-S.2016	113,5303	0,0268	*
S.2018-S.2017	-74,7727	0,1502	
V.2017-V.2016	286,2475	0,0000	***

V.2018-V.2016	-364,2424	0,0000	***
V.2018-V.2017	-650,4899	0,0000	***
FEve			
C.2017-C.2016	97,0556	0,0886	.
C.2018-C.2016	147,2172	0,0082	**
C.2018-C.2017	50,1616	0,4175	
E.2017-E.2016	67,3990	0,2504	
E.2018-E.2016	68,0152	0,2503	
E.2018-E.2017	0,6162	0,9899	
S.2017-S.2016	-101,3232	0,0778	
S.2018-S.2016	-32,4747	0,5957	
S.2018-S.2017	68,8485	0,2483	
V.2017-V.2016	-45,1162	0,4684	
V.2018-V.2016	190,4242	0,0005	***
V.2018-V.2017	235,5404	0,0000	***
FDiv			
C.2017-C.2016	19,9848	0,8436	
C.2018-C.2016	13,3889	0,8766	
C.2018-C.2017	-6,5960	0,9654	
E.2017-E.2016	-48,9242	0,5788	
E.2018-E.2016	24,9293	0,8206	
E.2018-E.2017	73,8535	0,4361	
S.2017-S.2016	19,7273	0,8436	
S.2018-S.2016	131,7071	0,1141	
S.2018-S.2017	111,9798	0,2042	
V.2017-V.2016	32,7525	0,7360	
V.2018-V.2016	27,6919	0,8006	
V.2018-V.2017	-5,0606	0,9654	
Fdis			
C.2017-C.2016	79,7273	0,4812	
C.2018-C.2016	25,3939	0,8071	
C.2018-C.2017	-54,3333	0,6655	
E.2017-E.2016	-12,6869	0,8974	
E.2018-E.2016	50,0101	0,6655	
E.2018-E.2017	62,6970	0,6655	
S.2017-S.2016	51,5657	0,6655	
S.2018-S.2016	39,0000	0,7047	
S.2018-S.2017	-12,5657	0,8974	
V.2017-V.2016	67,8283	0,6218	
V.2018-V.2016	56,5556	0,6655	
V.2018-V.2017	-11,2727	0,8974	

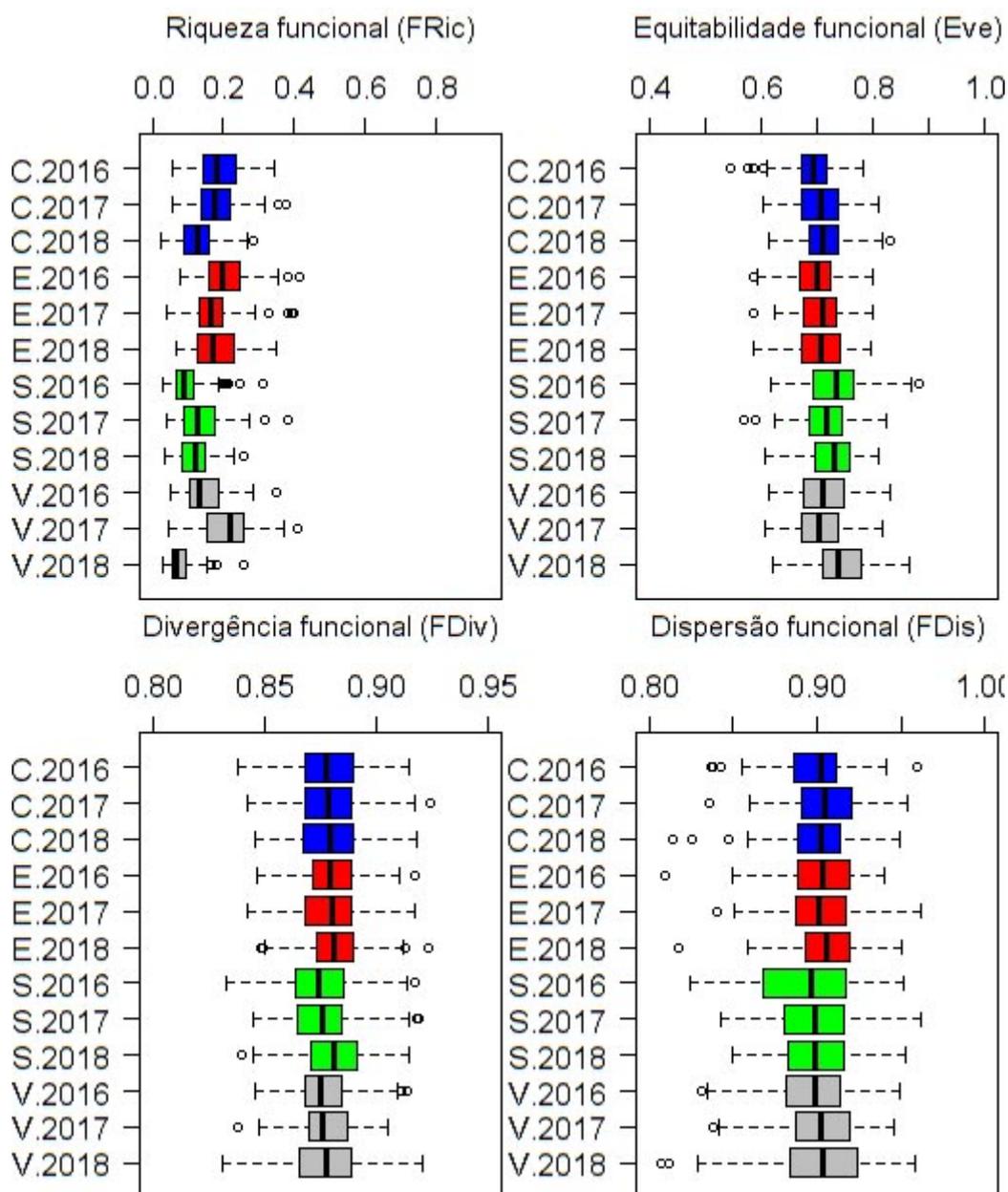


Figura 1 - 6 – Boxplot da variação nos índices de diversidade funcional do setor Reservatório Intermediário entre os anos pré-enchimento e pós-enchimento amostrados nas campanhas de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V) na área de influência da UHE Belo Monte, rio Xingu.

Referências citadas:

Laliberté, E., Legendre, P. & Shipley, B. (2015) FD: Measuring functional diversity (FD) from multiple traits, and other tools for functional ecology. Disponível em <https://cran.r-project.org/web/packages/FD/index.html>.

Moullot, D., Graham, N.A.J., Villéger, S., Mason, N.W.H. & Bellwood, D.R. (2013) A Functional Approach Reveals Community Responses to Disturbances. *Trends in Ecology & Evolution* 28, 167–177.

R Development Core Team (2018). R: A Language and Environment for Statistical

Computing, <http://www.r-project.org/>.

Villéger, S., Mason, N. W. H. & Mouillot, D. (2008) New Multidimensional Functional Diversity Indices for a Multifaceted Framework in Functional Ecology. *Ecology* 89, 2290–2301.