

SUMÁRIO – 13.1.1 - PROJETO DE MONITORAMENTO DAS FLORESTAS ALUVIAIS

13.1.1.	PROJETO DE MONITORAMENTO DAS FLORESTAS ALUVIAIS	13.1.1-1
13.1.1.1.	INTRODUÇÃO	13.1.1-1
13.1.1.2.	RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	13.1.1-4
13.1.1.2.1.	EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES	13.1.1-4
13.1.1.2.2.	FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA	13.1.1-5
13.1.1.2.3.	DINÂMICA FLORESTAL	13.1.1-19
13.1.1.2.4.	MONITORAMENTO FENOLÓGICO.....	13.1.1-25
13.1.1.2.5.	ESPÉCIES AMEAÇADAS	13.1.1-34
13.1.1.2.6.	ESPÉCIES INVASORAS.....	13.1.1-36
13.1.1.3.	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO	13.1.1-36
13.1.1.4.	ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO.....	13.1.1-38
13.1.1.5.	ATIVIDADES PREVISTAS	13.1.1-40
13.1.1.6.	CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS	13.1.1-40
13.1.1.7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	13.1.1-42
13.1.1.8.	EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	13.1.1-44
13.1.1.9.	ANEXOS	13.1.1-45

13.1.1. PROJETO DE MONITORAMENTO DAS FLORESTAS ALUVIAIS

13.1.1.1. INTRODUÇÃO

O projeto de monitoramento de florestas aluviais busca determinar o nível da qualidade do fragmento monitorado após o enchimento dos reservatórios do Xingu, a partir de dados de diversidade comparativa em fitofisionomias semelhantes da Amazônia e daqueles do diagnóstico do EIA, além de analisar as espécies-chave que possam servir como indicadoras de respostas ambientais de curto e médio prazo.

Desde 2011 as florestas aluviais são monitoradas em parcelas permanentes (isoladas e em módulos RAPELD, **Quadro 13.1.1 – 1** e **Figura 13.1.1 -1**). Foram realizados estudos de florística, estrutura e dinâmica da floresta, fenologia de espécies arbóreas, nível d'água declividade e estrutura e qualidade de solos. O primeiro ciclo deste monitoramento foi encerrado em fevereiro de 2016 com o enchimento dos reservatórios e a obtenção de padrões florísticos, fitossociológicos e fenológicos da região em estudo, de modo a subsidiar a avaliação das mudanças na flora aluvial em função da formação dos reservatórios.

O segundo ciclo do monitoramento das florestas aluviais se iniciou com as medições das parcelas aluviais em módulos, realizadas no ano de 2016, que consiste no primeiro ano após a formação dos reservatórios e consequente etapa de operação. Para as análises, foram consideradas as alterações indicadas no Seminário do IBAMA realizado em dezembro de 2016, tais como: revisões taxonômicas e atualização de dados às realidades do pós-enchimento.

Os dados produzidos foram compilados e processados e seus resultados estão apresentados neste documento.

Conforme solicitado no Parecer 3622/2015 do IBAMA recomenda a atualização da lista de espécies ameaçadas de extinção analisada conforme Portaria MMA nº. 443/2014. Em relação à modelagem da distribuição das espécies e identificação das espécies alvo, em outubro de 2015 foi enviada ao IBAMA a CE372/2015 – DS com ambas informações.

A análise dos dados é realizada por compartimentos no rio Xingu, sendo três:

- i. A montante do rio Xingu (MRX): onde estão localizadas duas parcelas em ilha (SJ1AL e SJ2AL);
- ii. Reservatório Xingu (RX): onde estão localizadas duas parcelas em ilha (AT1AL e AT2AL) e duas parcelas do Módulo RAPELD 2; e,
- iii. Trecho de Vazão Reduzida (TVR): onde estão localizadas duas parcelas em ilha (BA1AL e BA2AL) e seis parcelas em módulos RAPELD (cinco no M4 e uma no M5).

Quadro 13.1.1-1 – Parcelas de Floresta Aluvial por módulo implantado

<i>Id_provi</i>	MODULO 2	<i>Id_provi</i>	MODULO 4	<i>Id_provi</i>	MODULO 5
16	M2	39	M4	52	M5
17	M2T1	40	M4T1	53	M5T1
18	M2T1P1	41	*M4T1P1	54	M5T1P1
		42	*M4T1P2		
		43	M4T1P3		
22	M2T2	46	M4T2		
23	M2T2P1	47	M4T2P1		
		48	M4T2P2		

- Legenda:**
- ¹ Estrutura apresentada no formato do Banco de Dados Brutos (BDB), incluindo o id_provi (id provisório) requerido no Parecer 143/11.
 - * Parcelas com área de 25% à 100% antropizada/alagada (pastagem e/ou agricultura)
- | | |
|--|--------------------------|
| | Módulos RAPELD |
| | id-provi |
| | Transectos |
| | Parcelas em Terra Firme |
| | Parcelas Aluviais |
| | Parcelas não implantadas |

Fonte: Norte Energia (2014) – Adaptado por STCP (2016).

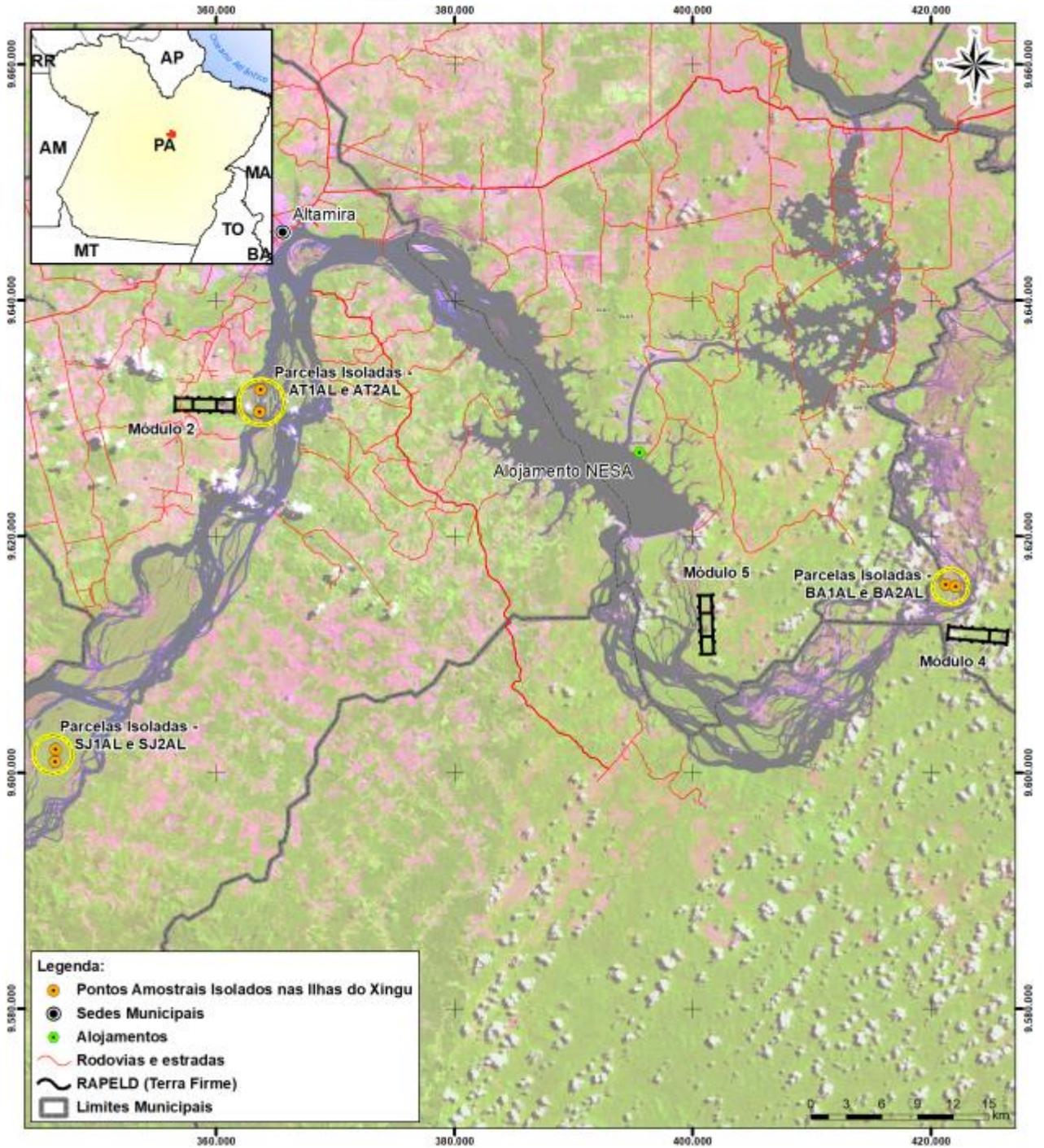


Figura 13.1.1-1 – Localização das parcelas aluviais em módulos e ilhas

Legenda: RX – SJ1AL e SJ2AL – parcelas na ilha de Santa Juliana; AT1AL e AT2AL – parcelas na ilha em Altamira e BA1AL e BA2AL – parcelas na ilha da foz do rio Bacajá
 Fonte: STCP, 2018.

13.1.1.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS

Este relatório apresenta os resultados obtidos nas campanhas realizadas no “pós-enchimento” (período de março de 2016 a setembro de 2017) em que serão apresentados (i) Evolução das atividades; (ii) Florística e Fitossociologia, (iii) Dinâmica da população de espécies arbóreas, (iv) Monitoramento fenológico; (v) Espécies ameaçadas e (vi) Espécies invasoras.

Para a consolidação dos dados de campo e continuidade da coleta de informações num segundo ciclo (pós-enchimento dos reservatórios) foi inserida neste relatório a 17ª Campanha do monitoramento fenológico nas ilhas, a 17ª Campanha de medição do nível do lençol freático nos módulos e os dados da dinâmica florestal das ilhas, com a primeira medição no período de operação ocorrendo em 2017. Os dados consolidados consideraram todas as medições realizadas até setembro de 2017.

Os dados produzidos estão apresentados neste documento e no Banco de Dados Brutos (**13RC 13_1_1 PMFA (061217)-1** e **13RC 13_1_1 PMFA (261017)-2**). O BDB deste Projeto vem sendo atualizado considerando a prática vigente adotada pela Norte Energia de revisão dos dados e correção de possíveis desvios, de forma a dar robustez à análise dos mesmos. Assim, versão do BDB apresentada neste relatório está completa e ajustada, até o momento.

13.1.1.2.1. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES

Desde 2011 foram identificadas 496 espécies de plantas (arbóreas e não arbóreas), contemplando 259 gêneros e 71 famílias (**Banco de Dados Brutos 13RC 13_1_1 PMFA (061217)-1**).

Em relação à fenologia das espécies selecionadas nas ilhas, *Cynometra marginata*, *Discocarpus essequeboensis*, *Hevea brasiliensis*, *Mollia lepidota* e *Zygia cauliflora*, nenhuma espécie apresentou padrão fenológico em todas as fenofases. A *Hevea brasiliensis* foi a única que apresentou padrão, somente relacionada à floração (**Anexo 13.1.1 – 1**).

A estrutura da floresta foi analisada em 3 (três) momentos, para as parcelas em módulos em 2012, 2014 e 2016 e para as parcelas em ilhas em 4 (quatro) momentos: 2011, 2013 e 2015 e 2017.

Nos módulos, no período entre 2012 a 2014, a taxa de mortalidade foi inferior à taxa de recrutamento, o que pôde ser comprovado pelo recrutamento de mais de 100 indivíduos por hectare (7º relatório consolidado).

Da mesma forma como já apresentado no 11º RC, diferente da dinâmica observada entre os anos de 2012 e 2014, para a segunda avaliação (2014-2016) foi observada uma taxa de mortalidade maior que a taxa de ingresso. Tal fato não é conclusivo quanto à influência da UHE Belo Monte nessas áreas, isso porque pode haver a

influência de fatores climáticos relacionados a alagamentos em função do período de alta vazão do rio Xingu.

Para as ilhas, na remediação das parcelas em 2015 foi observado um aumento de mais de 50% no número de indivíduos mortos e esses foram concentrados em duas espécies: *Cynometra bauhiniaefolia* e *Mollia lepidota*. O número de indivíduos mortos na 3ª campanha pode estar ligado à estiagem prolongada e severa.

Em relação à fenologia das espécies selecionadas: *Cynometra marginata*, *Discocarpus essequeboensis*, *Hevea brasiliensis*, *Mollia lepidota* e *Zygia cauliflora*, somente a *Hevea brasiliensis* e *Mollia lepidota* apresentaram tendência à padronização fenológica para as fenofases (floração, frutificação e mudança foliar) no período do pré enchimento, as demais espécies não apresentaram padrão fenológico para nenhuma fenofase (**Anexo 13.1.1 - 1**). Este processo seguiu o mesmo direcionamento no pós-enchimento.

A partir de março de 2016, foram coletadas informações de flora já vinculadas ao momento de operação da UHE Belo Monte. Estes dados foram comparados com as análises realizadas entre os anos de 2011, 2013 e 2015 para as ilhas e 2012 e 2014 para os módulos, com o intuito de captar as alterações no ambiente oriundas da obra.

13.1.1.2.2. FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA

Dentre as metas estabelecidas no PBA, estão as de avaliar a composição florística e estrutural da vegetação ombrófila densa aluvial dos reservatórios e TVR, antes e após o enchimento dos reservatórios, analisando possíveis modificações ao longo do tempo. Tais informações são coletadas conforme os estudos apresentados a seguir.

13.1.1.2.2.1. ÍNDICES DE DIVERSIDADE

Os índices de diversidade são utilizados de maneira a avaliar dois componentes principais distintos: a riqueza (número de espécies) e a equabilidade (abundância) ao mesmo tempo. Saber a diversidade de espécies numa área é fundamental para a compreensão da natureza e, por extensão, para otimizar o gerenciamento da área em relação a atividade de interesse (Melo, 2008)¹.

ÍNDICE DE SHANNON (H)

O índice de diversidade de Shannon representa o número de espécies que seria esperado na comunidade se todas as espécies tivessem a mesma abundância. Em literatura, encontra-se valores deste índice, para formações aluviais de florestas

¹ MELO, A. S. 2008. O que ganhamos “confundindo” riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? Biota Neotropica, vol. 8. N3. Jul/Set.

semidecíduas e atlântica como 3,48 nats.indivíduo-1 (Arruda, 2006)², 3,50 (Cavassan et al., 1984)³; 3,24 (ROZZA, 1997)⁴; 3,90 (SILVA et al., 1998)⁵; 3,85 (VILELA et al., 1999)⁶ e 3,77 (IVANAUSKAS et al., 1999)⁷. Valores desse índice acima de 3,11 indicam formações vegetais bem conservadas, segundo Saporetto Jr. *et al.* (2003)⁸. Estes índices tratam de florestas aluviais de mata atlântica e florestas semidecíduas, porém por tratarem-se de índices, são passíveis de comparação.

Na **Figura 13.1.1 – 2** são apresentados os valores do índice de Shannon por compartimento, por campanha de medição para as parcelas em módulos, sendo que nos anos de 2012 e 2014 estão concentrados os dados do período de implantação da UHE Belo Monte e em 2016 os primeiros dados do período de operação da UHE Belo Monte.

É possível observar que para as florestas aluviais de margem (módulos) do Médio-baixo Rio Xingu (amplitude de 3,3 a 4,6 nats/ind.), os índices de diversidade estão acima do considerado para florestas aluviais conservadas (3,11 nats/ind.).

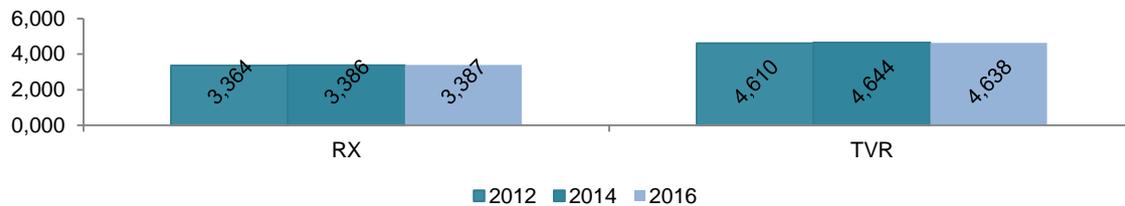


Figura 13.1.1-2 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON (H') para os dois compartimentos das parcelas em módulos, nos três anos de avaliação.

Legenda: RX – reservatório do Xingu e TVR – trecho de vazão reduzida.

- Período pré-enchimento dos reservatórios
- Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018

² Arruda, L.; Daniel, O. Florística e Diversidade em um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Dourados, MS. *Revista Floresta*. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, mai./ago. 2007.

³ CAVASSAN, O.; CESAR, O.; MARTINS, F. R. Fitossociologia da vegetação arbórea da Reserva Estadual de Bauru, Bauru, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 91-106, 1984.

⁴ ROZZA, A. F. Florística, fitossociologia e caracterização sucessional em uma Floresta Estacional Semidecidual. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

⁵ SILVA, L. H. S.; KITA, K. K.; SILVA, F. das C. Fitossociologia de um trecho de floresta de galeria no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Brasília, DF: *Herbário Ezequias Paulo Hering*, 1998. 62 p. (Boletim 3)

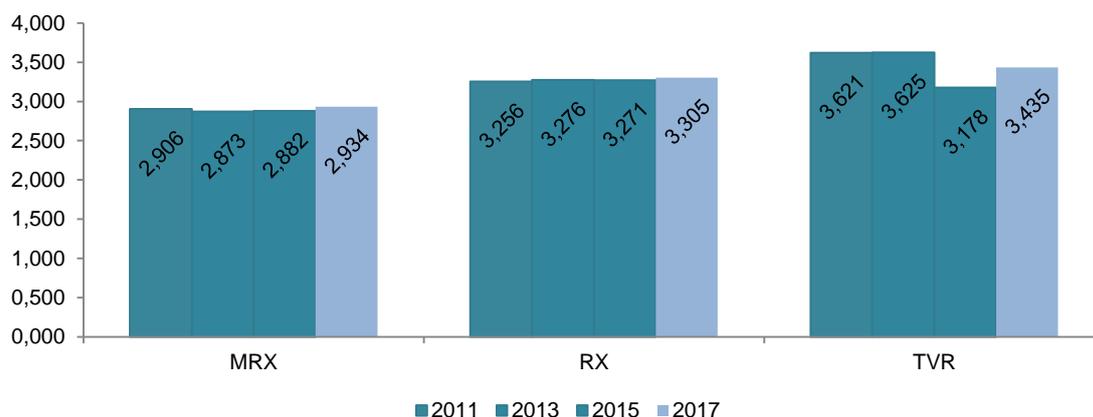
⁶ VILELA, E. de A.; OLIVEIRA FILHO, A. T. de; CARVALHO, D. A. de Fitossociologia de floresta ripária do baixo Rio Grande, Conquista, MG. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 423-433, 1999.

⁷ IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Fitossociologia de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 56, p. 83-99, 1999.

⁸ SAPORETTI JR, A.; MEIRA NETO, J. A.; ALMADO, R. de P. Fitossociologia de cerrado *sensu stricto* no município de Abaeté, MG. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 413-419, 2003.

Na **Figura 13.1.1 – 3** são apresentados os valores do índice de Shannon por compartimento, por campanha de medição para as parcelas em ilhas, sendo que nos anos de 2011, 2013 e 2015 estão concentrados os dados do período de implantação da UHE Belo Monte e em 2017 os primeiros dados do período de operação da UHE Belo Monte.

É possível observar que para as florestas aluviais de ilhas do Médio-baixo Rio Xingu (amplitude de 2,8 a 3,6 nats/ind.), os índices de diversidade do compartimento MRX estão próximos ao encontrado em outras formações aluviais enquanto que nos componentes RX e TVR os valores estão acima do considerado para florestas aluviais conservadas (3,11 nats/ind.).



13.1.1-3 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON (H') para os três compartimentos das parcelas em ilhas, nos quatro anos de avaliação.

Legenda: MRX – montante do reservatório do Xingu; RX – reservatório do Xingu e TVR – trecho de vazão reduzida.

■ Período pré-enchimento dos reservatórios
■ Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018.

Foi realizada a comparação dos índices de diversidade de Shannon de duas amostras, por meio de um teste t (Quadro 13.1.1 – 2) descrito por Hutcheson (1970), Poole (1974), Magurran (1988)⁹ para analisar se houve diferença estatística entre os índices de Shannon entre os anos. Não foi observada diferença estatística ($p > 0,05$) entre os índices de Shannon no período entre implantação e operação para nenhum compartimento.

⁹ Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. Journal of Theoretical Biology 29:151-154. Magurran, A. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press. Poole, R.W. 1974. An introduction to quantitative ecology. McGraw-Hill, New York.

Quadro 13.1.1-2 – Valores de p para as análises estatísticas dos índices de diversidade de shannon no período de implantação e operação

TESTE t para SHANNON	MÓDULOS		ILHAS		
	IMPL.	OPER.	IMPL.	IMPL.	OPER.
	(2012/2014)	(2014/2016)	(2011/2013)	(2013/2015)	(2015/2017)
MRX	-	-	0,98	0,99	0,60
RX	0,58	0,74	0,87	0,97	0,56
TVR	0,06	0,45	0,90	-	0,77

* $p < 0,05$ – estatisticamente diferentes; $p > 0,05$ – não há diferença estatística entre os valores.

Legenda: IMPL – implantação; OPER – operação; MRX – montante do reservatório do Xingu; RX – reservatório do Xingu e TVR – trecho de vazão reduzida.

Fonte: STCP Engenharia de Projetos LTDA.

ÍNDICE DE EQUABILIDADE DE PIELOU (H)

O índice de Equabilidade de Pielou (J) é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (Pielou, 1966)¹⁰. Seu valor apresenta uma amplitude de 0 a 1, sendo que zero (0) é a uniformidade mínima e um (1) a uniformidade máxima.

Arruda (2006) encontrou 0,80 para floresta estacional semidecidual em Minas Gerais. Ivanauskas *et al.* (1999), trabalhando com trecho de mesma formação florestal encontrou 0,82. Van Den Berg e Oliveira Filho (2000)¹¹, em floresta ripária estacional semidecidual encontraram 0,79.

Na **Figura 13.1.1 – 4** são apresentados os valores do índice de Equabilidade de Pielou por compartimento, por campanha de medição, para as parcelas em módulos sendo que nos anos de 2012 e 2014 estão concentrados os dados do período de implantação da UHE Belo Monte e em 2016 os primeiros dados do período de operação da UHE Belo Monte.

É possível observar que para as florestas aluviais de margem (módulos) do Médio-baixo Rio Xingu (amplitude de 0,80 a 0,84), os índices de diversidade estão semelhantes aos encontrados em literatura, mesmo que para formações diferentes, por tratar-se de índice, os valores são passíveis de comparação.

¹⁰ Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131-144.

¹¹ VAN DEN BERG, E.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 231-253, 2000.

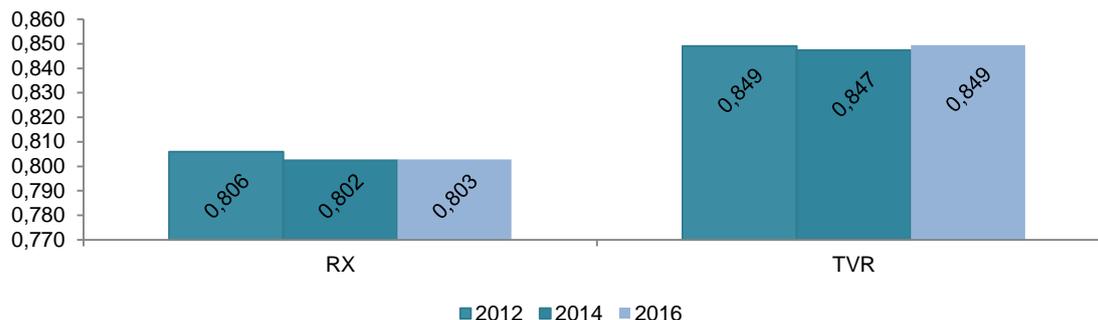


Figura 13.1.1-4 – ÍNDICE DE EQUABILIDADE DE PIELOU (J') para os dois compartimentos das parcelas em módulos, nos três anos de avaliação.

Legenda: RX – reservatório do Xingu e TVR – trecho de vazão reduzida.

- Período pré-enchimento dos reservatórios
- Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018.

Na **Figura 13.1.1 – 5** são apresentados os valores do índice de Equabilidade de Pielou por compartimento, por campanha de medição, para as parcelas em ilhas, sendo que nos anos de 2011, 2013 e 2015 estão concentrados os dados do período de implantação da UHE Belo Monte e em 2017 os primeiros dados do período de operação da UHE Belo Monte.

Para as florestas aluviais de ilhas do Médio-baixo Rio Xingu (amplitude de 0,54 a 0,68), os valores também estão abaixo do encontrado em literatura. Isso pode ser explicado pelo fato dessa vegetação estar dentro do leito do rio, tendo influência direta da força da água, dos períodos de seca e inundação. As espécies localizadas nestas ilhas tendem a ser mais específicas e com boas condições de adaptação ao fluxo da água.

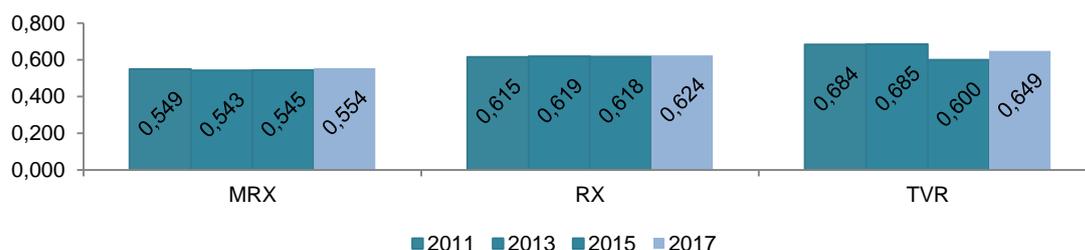


Figura 13.1.1-5 – ÍNDICE DE EQUABILIDADE DE PIELOU (J') para os três compartimentos das parcelas em ilhas, nos quatro anos de avaliação.

Legenda: MRX – montante do reservatório do Xingu; RX – reservatório do Xingu e TVR – trecho de vazão reduzida.

- Período pré-enchimento dos reservatórios
- Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP Engenharia de Projetos LTDA.

Foi realizada a comparação dos índices de Equabilidade de Pielou de duas amostras, por meio de um teste t (**Quadro 13.1.1 – 3**) para analisar se houve diferença

estatística entre os índices entre os anos. Não foi observada diferença estatística ($p > 0,05$) entre os índices de equabilidade no período entre implantação e operação para nenhum compartimento.

Quadro 13.1.1-3 – Valores de p para as análises estatísticas dos índices de equabilidade de pielou no período de implantação e operação

TESTE t para PIELOU	MÓDULOS		ILHAS		
	IMPL.	OPER.	IMPL.	IMPL.	OPER.
	(2012/2014)	(2014/2016)	(2011/2013)	(2013/2015)	(2015/2017)
MRX	-	-	0,99	0,99	0,90
RX	0,11	0,66	0,99	0,99	0,82
TVR	1,00	1,00	0,88	-	0,78

* $p < 0,05$ – estatisticamente diferentes; $p > 0,05$ – não há diferença estatística entre os valores.

Legenda: IMPL – implantação; OPER – operação; MRX – montante do reservatório do Xingu; RX – reservatório do Xingu e TVR – trecho de vazão reduzida.

Fonte: STCP Engenharia de Projetos LTDA.

ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SIMPSON (1-D)

O índice de Simpson fornece a ideia da probabilidade de se coletar aleatoriamente dois indivíduos da comunidade e, obrigatoriamente, pertencerem às espécies diferentes (Gorenstein, 2002)¹². Varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior é o padrão de distribuição dos indivíduos em relação à espécie (equitabilidade).

O índice de diversidade de Simpson encontrado em bibliografia para Floresta semidecidual foi de 0,95 (Arruda, 2006)¹³, enquanto o encontrado por Barros (1986)¹⁴ em floresta tropical úmida na Amazônia brasileira foi de 0,86.

Na **Figura 13.1.1 – 6** são apresentados os valores do índice de Simpson por compartimento, por campanha de medição para as parcelas em módulos, sendo que nos anos de 2012 e 2014 estão concentrados os dados do período de implantação da UHE Belo Monte e em 2016 os primeiros dados do período de operação da UHE Belo Monte.

Para as florestas aluviais de margem (módulos) do Médio-baixo Rio Xingu (amplitude de 0,93 a 0,98), os valores estão acima do encontrado em florestas úmidas da Amazônia.

¹² Gorenstein MR. *Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em Floresta Estacional Semidecidual* [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo; 2002.

¹³ Arruda, L.; Daniel, O. Florística e Diversidade em um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Dourados, MS. *Revista Floresta. FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, mai./ago. 2007.

¹⁴ BARROS, P. L. C. de Estudo fitossociológico de uma floresta tropical úmida no planalto de Curuá- Una, Amazônia Brasileira. 1986. 147 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1986.

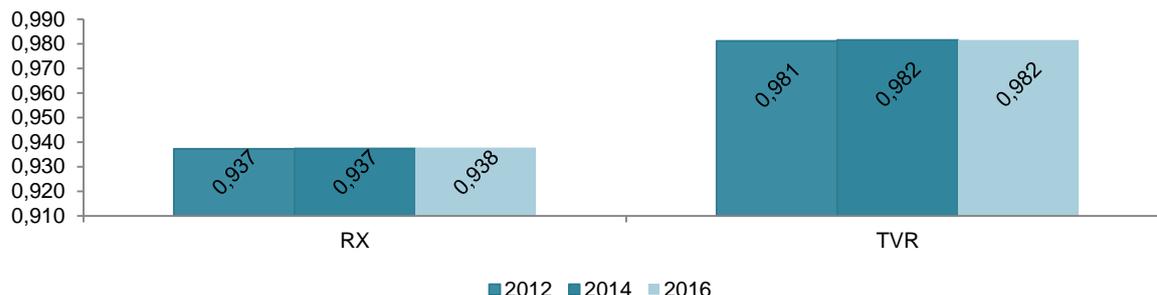


Figura 13.1.1-6 – ÍNDICE DE SIMPSON (1-d) para os dois compartimentos das parcelas em módulos, nos três anos de avaliação.

Legenda: RX – reservatório do Xingu e TVR – trecho de vazão reduzida.

■ Período pré-enchimento dos reservatórios

■ Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018.

Na **Figura 13.1.1-7** são apresentados os valores do índice de Simpson por compartimento, por campanha de medição, para as parcelas em ilhas sendo que nos anos de 2011, 2013 e 2015 estão concentrados os dados do período de implantação da UHE Belo Monte e em 2017 os primeiros dados do período de operação da UHE Belo Monte.

Para as florestas aluviais de ilhas do Médio-baixo Rio Xingu (amplitude de 0,89 a 0,95), os valores também estão acima do encontrado em florestas úmidas da Amazônia.

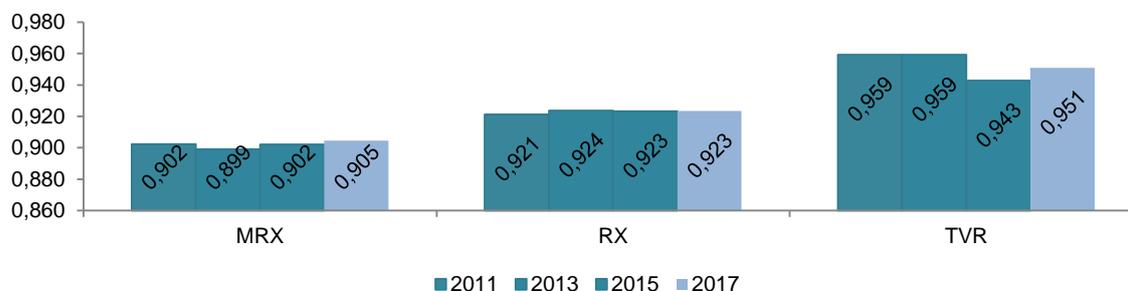


Figura 13.1.1-7 – ÍNDICE DE SIMPSON (1-d) para os três compartimentos das parcelas em ilhas, nos quatro anos de avaliação.

Legenda: MRX – montante do reservatório do Xingu; RX – reservatório do Xingu e TVR – trecho de vazão reduzida.

■ Período pré-enchimento dos reservatórios

■ Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018.

Foi realizada a comparação dos índices de Simpson de duas amostras, por meio de um teste *t* (**Quadro 13.1.1 – 4**) para analisar se houve diferença estatística entre os índices entre os anos. Não foi observada diferença estatística ($p > 0,05$) entre os índices de equabilidade no período entre implantação e operação para nenhum compartimento.

Quadro 13.1.1-4 – Valores de p para as análises estatísticas dos índices de SIMPSON no período de implantação e operação

TESTE t para SIMPSON	MÓDULOS		ILHAS		
	IMPL.	OPER.	IMPL.	IMPL.	OPER.
	(2012/2014)	(2014/2016)	(2011/2013)	(2013/2015)	(2015/2017)
MRX	-	-	0,99	0,99	0,98
RX	1,00	0,91	0,98	0,99	0,88
TVR	0,84	0,96	0,83	-	0,95

* $p < 0,05$ – estatisticamente diferentes; $p > 0,05$ – não há diferença estatística entre os valores.

Legenda: IMPL – implantação; OPER – operação; MRX – montante do reservatório do Xingu; RX – reservatório do Xingu e TVR – trecho de vazão reduzida.

Fonte: STCP Engenharia de Projetos LTDA.

13.1.1.2.2.2. ESTIMATIVA DE RIQUEZA

A riqueza de espécies (número de espécies por unidade de área) é o indicador mais simples e mais utilizado para descrever comunidade e a diversidade regional (Magurran, 2011)¹⁵.

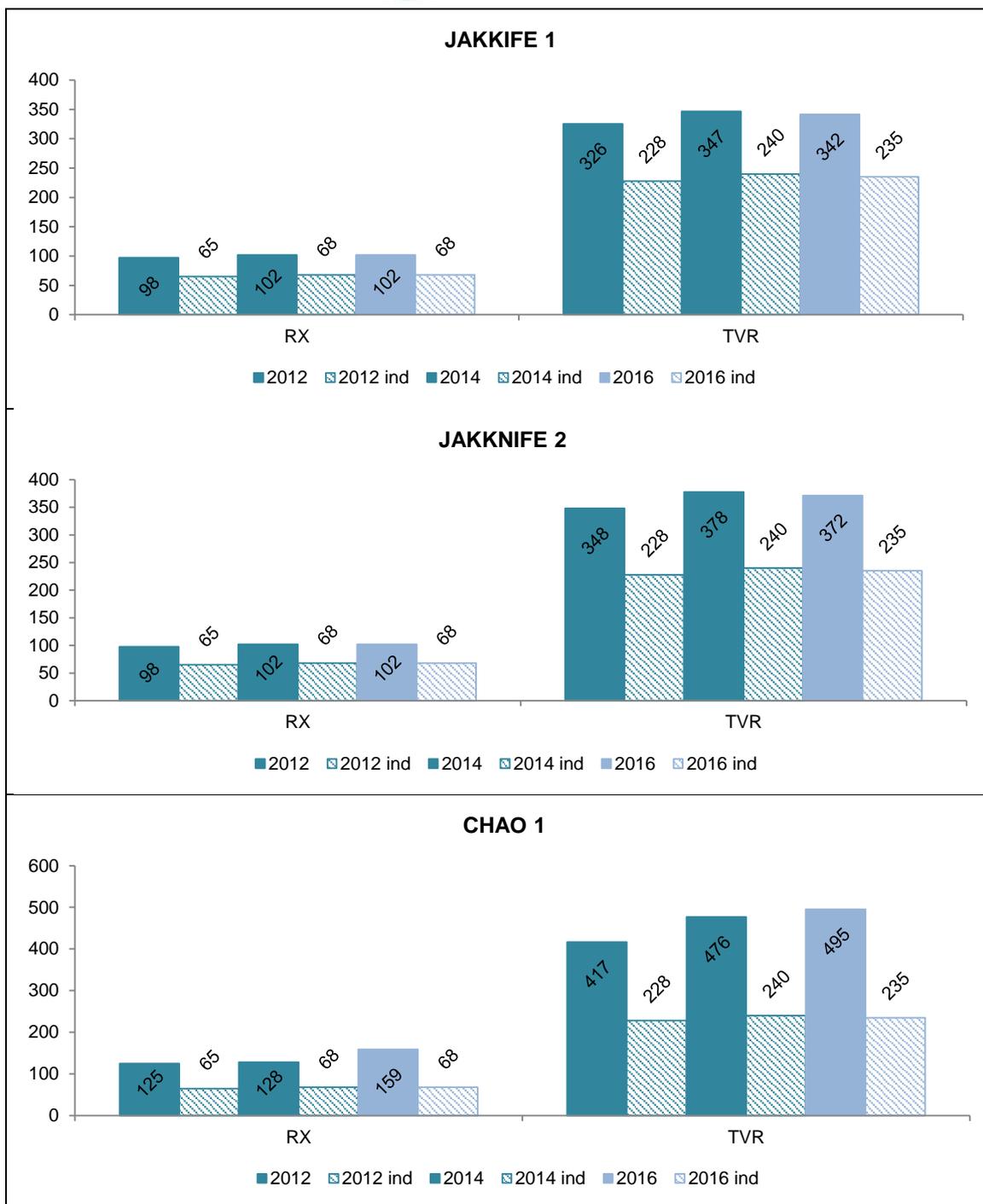
Os estimadores de riqueza calculam o número de novas espécies a serem detectadas. O método indicado no PBA trata-se de método não paramétrico, tendo em vista a dificuldade de capturar todas as espécies de um local, sobretudo em regiões tropicais (Santos, 2003)¹⁶. Os estimadores não paramétricos fornecem estimativas da riqueza de espécies de uma área que possui poucas amostras, e, por não obedecerem a uma distribuição normal (Santos, 2003), são colocados como a solução mais indicada nos casos de dados em que existam diferentes distribuições de abundâncias. Colwell & Coddington (1994)¹⁷ revisaram estes estimadores e encontraram que Chao 2 e Jackknife de segunda ordem apresentam melhor performance.

Na **Figura 13.1.1 – 8** podem ser observados quatro estimadores de riqueza: (i) Jackknife 1; (ii) Jakknife 2 (iii) Chao 2 e (iv) Chao 1, todos calculados por compartimento para as parcelas em módulos, para os três anos de avaliação, sendo 2012 e 2014 período de implantação e 2016 na operação da UHE Belo Monte.

¹⁵ Magurran, A. E. 2011. Medindo a diversidade biológica. Tradução: Vianna D.M. Curitiba: Ed.da UFPR. 261p.

¹⁶ Santos, A.J. 2003. Estimativas de riqueza de espécies. In: Rudran, R., Cullen, L.; Valladares Padua, C. (Orgs.) Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida terrestre. Ed. Da Universidade Federal do Paraná, Curitiba. P19-41.

¹⁷ Colwell, R.K. & J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B) 345:101-118.



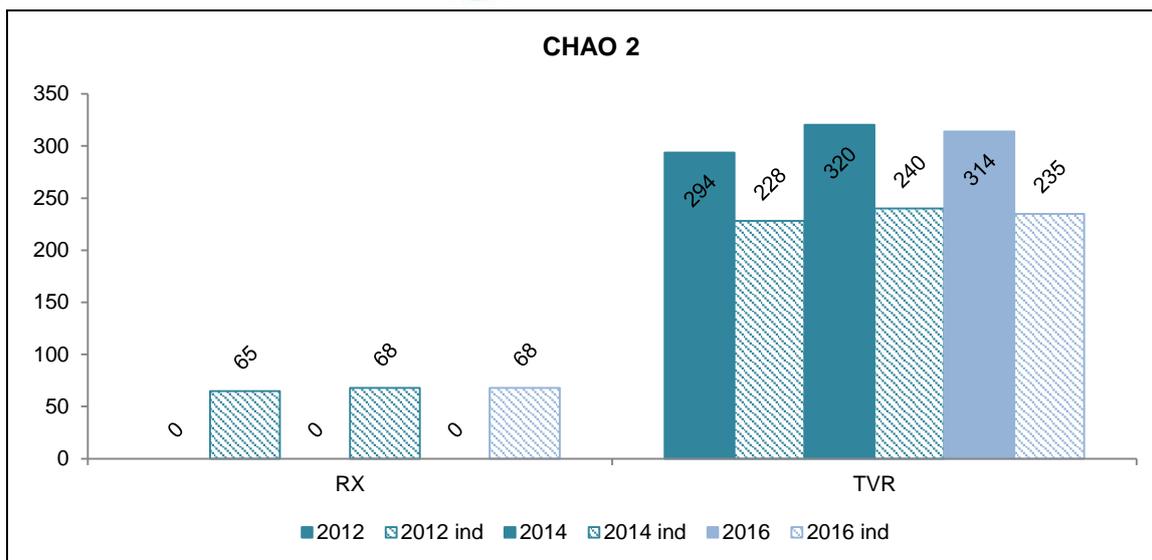


Figura 13.1.1-8 – Estimadores de riqueza CHAO 1, chao 2, jakknife 1 e jakknife 2 por compartimento, por ano de avaliação, para as parcelas em módulos.

Legenda: IND – indivíduos reais quantificados por compartimento.

■ Período pré-enchimento dos reservatórios

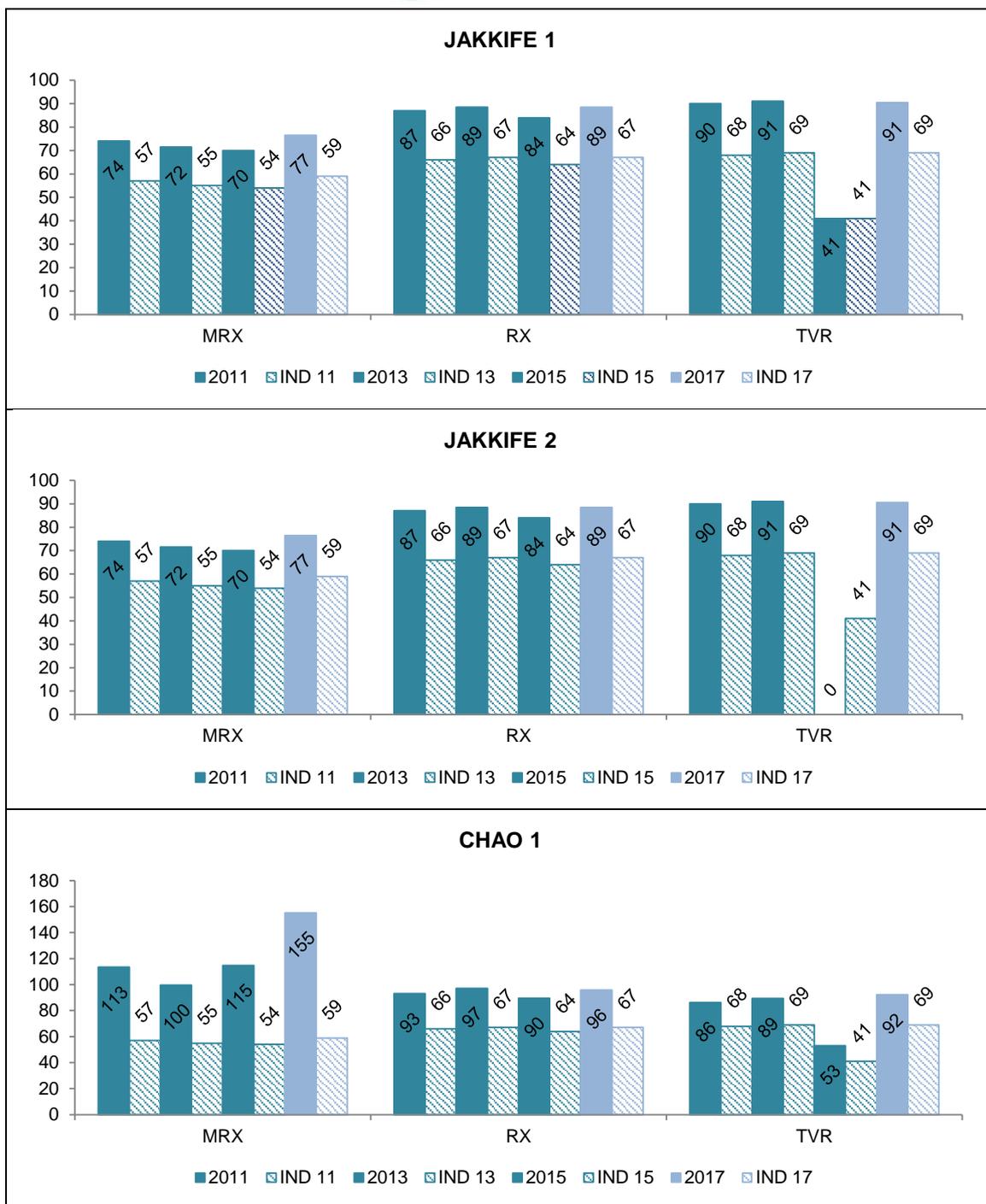
■ Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018.

É possível observar que Jakknife 1 ou 2 (valores semelhantes), foram os melhores estimadores que representaram a riqueza real para os dois compartimentos e nos três anos avaliados.

Para Jakknife no RX 67% das espécies foram representadas no estimador de riqueza citado. No TVR esse número sobe para 70 %. Essas porcentagens tratam da média de número de espécies encontradas vs estimadas nos três anos de avaliação. Cabe ressaltar que a região do Médio-baixo Xingu sofre com ação antrópica principalmente áreas de pastagem, antes da implantação da UHE.

Na **Figura 13.1.1 – 9** podem ser observados quatro estimadores de riqueza: (i) Chao 1; (ii) Chao 2, (iii) Jackknife 1 e (iv) Jakknife 2, todos calculados por compartimento para as parcelas em ilhas, para os quatro anos de avaliação, sendo 2011, 2013 e 2015 período de implantação e 2017 na operação da UHE Belo Monte.



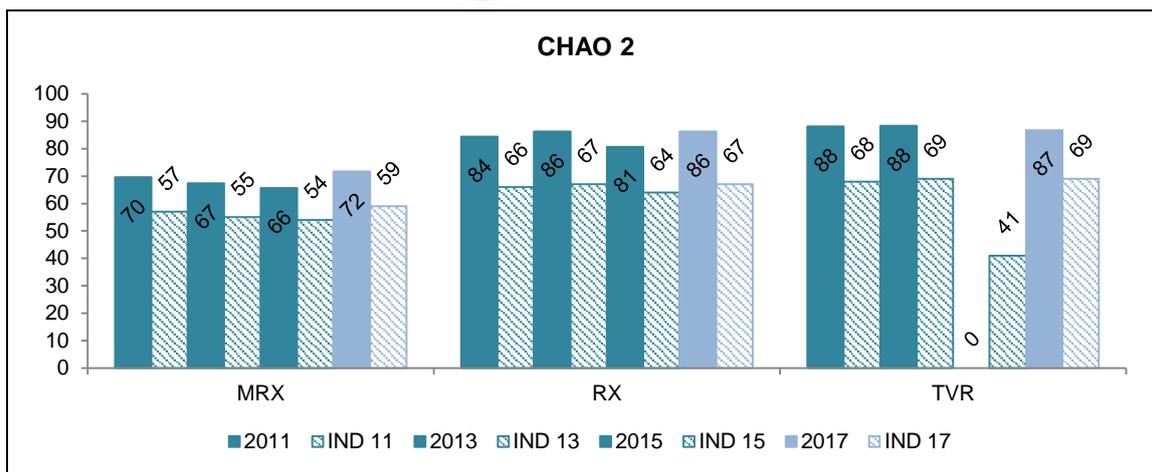


Figura 13.1.1-9 – Estimadores de riqueza CHAO 1, chao 2, jakknife 1 e jakknife 2 por compartimento, por ano de avaliação, para as parcelas em ilhas.

Legenda: IND – indivíduos reais quantificados por compartimento.

- Período pré-enchimento dos reservatórios
- Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018.

E para todos os compartimentos e nos quatro anos avaliados o melhor estimador foi Chao 2.

Para Chao 2 no MRX 82% das espécies foram representadas no estimador de riqueza citado. No RX esse número baixa para 78%, enquanto no TVR para 77%. Essas porcentagens tratam da média de número de espécies encontradas vs estimadas nos quatro anos de avaliação. É importante citar que a região do Médio-baixo Xingu sofreu com ação antrópica devido formação de áreas de pastagem desde a década de 70, muito antes da implantação da UHE.

13.1.1.2.2.3. SIMILARIDADE

A similaridade florística avalia o quanto unidades de área são semelhantes entre si, quando se trata de espécies da flora. Há vários métodos para analisar a similaridade florística de ambientes. No PBA é proposta a análise por três índices: Jaccard, Kulczynski e Sorensen. Os três índices possuem metodologia de cálculo semelhantes, utilizando análises estatísticas multivariadas, por ordenação de dados que pode ser calculada via (i) escalonamento multidimensional não métrico – nMDS com posterior ANOSIM ou ainda, graficamente, por Análise de Cluster. A ideia destes métodos é a mesma, agrupar as espécies semelhantes. No **Anexo 13.1.1 - 2** podem ser observados os gráficos gerados pela ANOSIM.

Os **Quadros 13.1.1 – 5 e 6** apresentam as análises estatísticas (Teste t) realizadas entre as parcelas de um mesmo compartimento, das parcelas em módulos, durante os três anos de avaliação. Foi calculada a similaridade florística apenas entre as parcelas de um mesmo compartimento.

Não houve diferença estatística entre as parcelas do compartimento RX (**Quadro 13.1.1 – 5**), para os três anos analisados. Isso significa que há similaridade entre as parcelas deste compartimento, ou seja, a maioria das espécies ocorre em todas as parcelas.

Quadro 13.1.1-5 - SIMILARIDADE PARA O COMPARTIMENTO RX das parcelas em módulos

ANO	2012	2014	2016
2012	0,0000	1	1
2014	1	0,0000	1
2016	1	1	0

Fonte: STCP, 2018.

No Trecho de Vazão Reduzida observou-se similaridade florística entre os anos, assim como no RX não houve diferença estatística entre as parcelas (**Quadro 13.1.1 – 6**).

Quadro 13.1.1-6 - SIMILARIDADE PARA O COMPARTIMENTO TVr das parcelas em módulos

ANO	2012	2014	2016
2012	0,0000	0,3679	0,9504
2014	0,3679	0,0000	0,5973
2016	0,9504	0,5973	0,0000

Fonte: STCP, 2018.

No **Quadro 13.1.1-7** são observados resultados de análises estatísticas (Teste t) realizadas entre as parcelas de um mesmo compartimento, para as ilhas, durante os quatro anos de avaliação. Foi calculada a similaridade florística apenas entre as parcelas de um mesmo compartimento MRX, RX e TVR. Para todos, não houve diferença estatística entre elas, ou seja, as parcelas são similares entre elas.

Quadro 13.1.1-7 - SIMILARIDADE PARA OS COMPARTIMENTOS MRX, RX E TVR das ilhas

ANO	2011	2013	2015*	2017
2011	0	1	1	1
2013	1	0	1	1
2015	1	1	0	1
2017	1	1	1	0

Fonte: STCP, 2018.

13.1.1.2.2.4. ÍNDICES DE VALOR DE IMPORTÂNCIA

O índice de Valor de Importância leva em consideração as espécies que obtiveram maior valor de densidade, frequência e abundância em unidade de área. A análise do

valor de importância ocorre via *Ranking*, em que são analisadas as 10 espécies com maior IVI. Esta análise foi realizada por compartimento e os principais resultados podem ser observados abaixo e no **Anexo 12.2.3 – 3**.

Parcelas em Módulo – Reservatório do Xingu (RX)

Para o compartimento RX (M2), a *Mollia lepidota* e *Cenostigma tocantium* permaneceram dominantes em todas as campanhas. A espécie *Inga edulis* apareceu somente na 1ª campanha entre as 10 de maior IVI, sendo substituída a partir da segunda campanha pela *Piranhea trifoliata* e retornou na terceira campanha. *Apeiba tibourbou* esteve presente nas duas primeiras campanhas, mas foi substituída na terceira campanha. *Zygia inundata* e *Etaballia dubia*, surgiram a partir da segunda campanha, mantendo sua presença na terceira campanha.

Parcelas em Módulos – Trecho de Vazão Reduzida (TVR)

Já no TVR (M4 e M5), as espécies dominantes foram a *Voucapoua americana* e *Alexa grandiflora*. O *Protium apiculatum* esteve presente somente na primeira campanha, sendo substituído pela *Guazuma ulmifolia* nas campanhas posteriores.

Parcelas em Ilhas – Montante do Reservatório do Xingu (MRX)

Para o compartimento MRX, *Mollia lepidota* e *Cynometra bauhiniaefolia* permaneceram dominantes, com intercalação de posição entre as duas, durante as quatro campanhas. *Crudia tormentosa* esteve presente na primeira e segunda campanha, sendo substituída por *Pouteria elegans* na terceira campanha e novamente por *Tachigali paniculata* na quarta campanha.

Parcelas em Ilhas – Reservatório do Xingu (RX)

No compartimento RX, *Cynometra bauhiniaefolia* e *Discocarpus essequeboensis* permaneceram dominantes, e somente a *Zygia inundata*, presente nas três primeiras campanhas, foi substituída na quarta pela *Lecythis pisonis* na quarta campanha.

Parcelas em Ilhas – Trecho de Vazão Reduzida (TVR)

No compartimento TVR, *Cynometra bauhiniaefolia* permaneceu dominante durante as 4 campanhas, enquanto o *Pterocarpus amazonum* esteve em segundo na listagem até a segunda campanha, perdendo posição para o *Discocarpus essequeboensis* na terceira campanha e retomando posição na quarta campanha. O *Pterocarpus officinalis* e *Duguetia echinophora* estiveram presentes na primeira, segunda e quarta campanha, sendo substituídos durante a terceira campanha apenas, pelo *Micropholis* sp e o *Protium pallidum*.

13.1.1.2.3. DINÂMICA FLORESTAL

Embora as florestas sejam aparentemente estáveis sem nenhuma mudança perceptível, alterações estão acontecendo continuamente ao longo do tempo e espaço (Pinto, 2002; Higuchi *et al.*, 2007)¹⁸. Apesar de a floresta estar em um processo contínuo de dinâmica, há um equilíbrio em florestas naturais isentas de perturbação, onde as árvores mortas são continuamente substituídas por novos indivíduos (Swaine, 1987; Swaine, 1990; Felfili, 1995; Rossi *et al.*, 2007a)¹⁹.

Fatores como competição por luz, espaço físico e nutriente são contínuas e a redução destes recursos pode levar a árvore à morte (Vanclay, 1994)²⁰. As principais causas de mortalidade em florestas tropicais são: senescência, desbalanço mecânico, doenças, fogo, raio, vento e outras condições de estresse como seca, inundação e aumento da temperatura (Franklin *et al.*, 1987)²¹. É importante ressaltar que estes fatores não ocorrem de forma isolada, grande parte dos eventos de morte é resultante da interação destes fatores. As causas de morte são difíceis de identificar com certeza, porém as árvores mortas podem ser classificadas com segurança em três diferentes modos: árvores mortas em pé, morta quebrada ou desenraizada (Gale e Hall, 2001; Chao *et al.*, 2009; Toledo *et al.*, 2009)²²

¹⁸ Higuchi, N.; Santos, J. dos.; Silva, R. P. da.; Lima, A. N.; Teixeira, L. M.; Carneiro, V. M. C.; Felseburgh, C. A.; Tribuzy, E. S. 2007. *Noções Básicas de Manejo Florestal. Apostila. Laboratório de Manejo Florestal*. INPA. Manaus-AM. 250p.

Pinto, J. R. R. 2002. Dinâmica da comunidade arbórea em uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso. *Tese de doutorado*. Universidade de Brasília, Brasília. Brasil. 122p.

¹⁹ Swaine, M. D.; Lieberman, D.; Putz, F. E. 1987. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. *Journal of Tropical Ecology* 3: 359-366.

Swaine, M. D. 1990. Population dynamics of tree species in tropical forests. In: Holm-Nielsen, L. B.; Nielsen, I. C.; Baslev, H. (eds.). *Tropical forests: botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press, London.

Rossi, L. M. B.; Koehler, H. S.; Sanquetta, C. R. Arce, J. E. 2007a. Modelagem de mortalidade em florestas naturais. *Floresta*. Curitiba, Paraná. 37: 275-291.

Felfili, J. M. 1995. Growth, recruitment and mortality in Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985 – 1991). *Journal of Tropical Ecology*. 11: 67 – 83.

²⁰ Vanclay, J. K. 1994. *Modelling forest growth and yield*. Wallingford: CAB International. 312p.

Zuquim, G.; Costa, F. R. C.; Prado, J.; Braga-Neto, R. 2009. Distribution of pteridophyte communities along environmental gradient in Central Amazonia, Brasil. *Biodiversity and Conservation*. 18: 151 – 166.

²¹ Franklin, J. F.; Shugart, H. H.; Harmon, M. E. 1987. Tree death as an ecological process. *Bioscience*. 37: 550-556.

²² Gale, N.; Hall, P. 2001. Factors determining the modes of tree death in three Bornean rain forests. *Journal of Vegetation Science*. 12: 337-46.

Chao, K. J.; Phillips, O. L.; Monteagudo, A.; Torres-Lezama, A.; Vasquez Martinez, R. 2009. How do trees die?. Mode of death in northern Amazonia. *Journal of Vegetation Science*. 20: 260-268.

Toledo, J. J.; Magnusson, W. E.; Castilho, C. V. de. 2009. Influence of soil, topography and substrates on differences in wood decomposition between one-hectare plots in lowland tropical moist forest in Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*. 25: 649–656.

O recrutamento de novos indivíduos representa um importante papel na determinação da riqueza de espécies, na distribuição espacial das populações e na composição florística ao longo do tempo (Clark *et al.*, 1999b)²³.

Em 2017 foi realizada a primeira medição na fase de operação das parcelas aluviais em ilhas, sendo este o primeiro RC com dados de operação para todas as parcelas aluviais. Serão apresentadas as comparações das taxas de ingresso e mortalidade respectivamente, por compartimento, no período de implantação e operação da UHE Belo Monte. Para saber se houve diferença estatística entre as taxas de ingresso e mortalidade nas duas etapas da usina, foi realizado teste estatístico *t* em que se $p > 0,05$ não há diferença estatística (significativa) nas variáveis de dinâmica florestal, sendo o contrário com $p < 0,05$.

Taxa de Ingresso

Parcelas em Módulos

No período de implantação as taxas de ingresso foram maiores que na operação (**Figura 13.1.1 – 10**). As taxas de recrutamento encontradas em outros estudos de dinâmica em Florestas Aluviais variaram entre 0,67% a 2,19% ao ano (Guimarães *et.al.*, 2008)²⁴. No período de implantação as taxas observadas neste estudo foram maiores que as encontradas em literatura, ocorrendo o contrário no período de operação.

Na análise estatística foi observada diferença estatística entre implantação e operação apenas no compartimento TVR ($p=0,0002$), o que significa que para este local houve comportamento diferente no número de ingressos nos dois períodos analisados, sendo a taxa de ingresso significativamente menor na operação.

23 Clark, J.S.; Beckage, B.; Camill, P.; Cleveland, B.; Hillerislambers, J.; Lichter, J.; Mclachlan, J.; Mohan, J.; Wyckoff, P. 1999b. Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany*. 86 (1) 1-16.

24 Guimarães, J.C.C.; Van Den Berg, E.; Castro, G.C.; Machado, E.L.M.; Filho, A.T.O. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil.

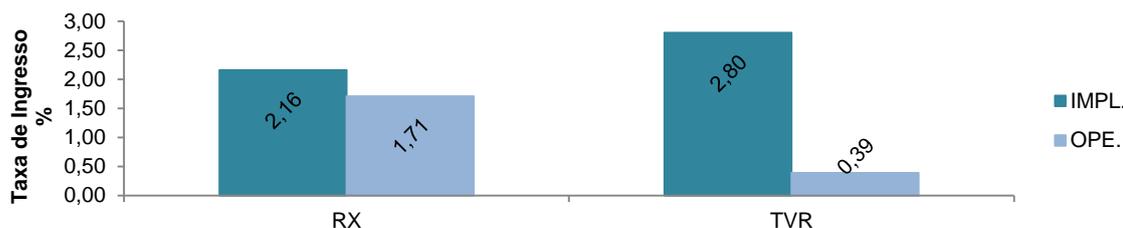


Figura 13.1.1-10 – Taxa de ingresso por compartimento nas parcelas em módulos, nos períodos de implantação e operação da UHE Belo Monte.

Legenda: RX-Reservatório do Xingu; TVR-Trecho de Vazão Reduzida; IMPL – implantação e OPE – operação.

■ Período pré-enchimento dos reservatórios
■ Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018.

- **Parcelas em Ilhas**

No período de implantação as taxas de ingresso foram menores que na operação (**Figura 13.1.1 – 11**). As taxas de recrutamento encontradas em outros estudos de dinâmica em Florestas Aluviais variaram entre 0,67% a 2,19% o ano (Guimarães et al., 2008)²⁵.

No período de implantação as taxas observadas neste estudo foram menores que os encontrado em literatura, já na operação as taxas de ingresso foram acima dos valores de literatura, chegando próximo aos valores da formação de terra firme.

Na análise estatística foi observada diferença estatística entre implantação e operação apenas no compartimento TVR ($p=0,02$), sendo a taxa de ingresso significativamente maior na operação.

²⁵ Guimarães, J.C.C.; Van Den Berg, E.; Castro, G.C.; Machado, E.L.M.; Filho, A.T.O. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil.

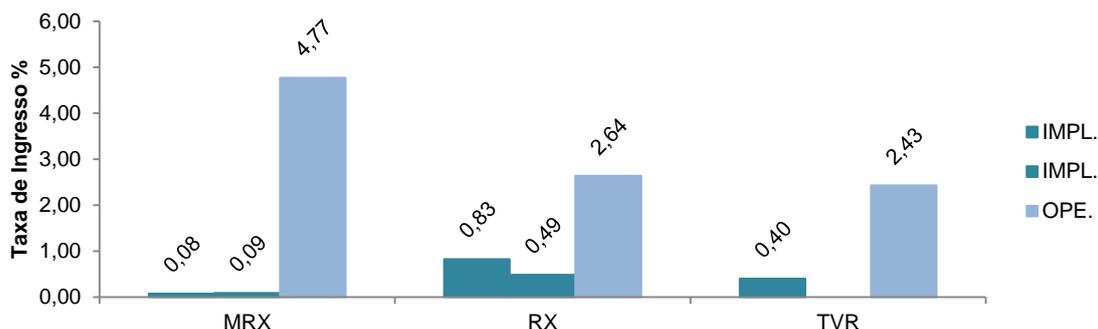


Figura 13.1.1-11 – Taxa de ingresso por compartimento nas parcelas em ilhas, nos períodos de implantação e operação da UHE Belo Monte.

Legenda: MRX- montante do reservatório do Xingu; RX-Reservatório do Xingu; TVR-Trecho de Vazão Reduzida; IMPL – implantação e OPE – operação.

■ Período pré-enchimento dos reservatórios
■ Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018.

Taxa de Mortalidade

- **Parcelas em Módulos**

No período de implantação as taxas de mortalidade foram menores que na operação (Figura 13.1.1 – 12). As taxas de mortalidade encontradas em outros estudos de dinâmica em Florestas Aluviais variaram entre 1,43 % a 2,75 % o ano (Guimarães et.al., 2008)²⁶.

Na implantação, as taxas visualizadas em Belo Monte corroboraram com as de literatura para florestas aluviais. Já na operação as deste estudo foram maiores que as encontradas em literatura.

²⁶ Guimarães, J.C.C.; Van Den Berg, E.; Castro, G.C.; Machado, E.L.M.; Filho, A.T.O. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil.

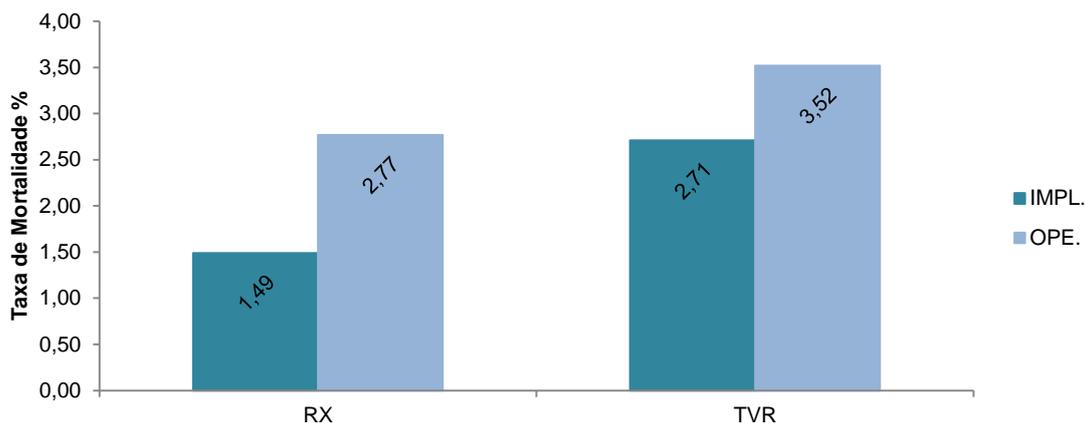


Figura 13.1.1-12 – taxa de mortalidade por compartimento das parcelas em módulos, nos períodos de implantação e operação da UHE Belo Monte.

Legenda: RX-Reservatório do Xingu; TVR-Trecho de Vazão Reduzida; IMPL – implantação e OPE – operação.

■ Período pré-enchimento dos reservatórios
■ Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018.

Para a taxa de mortalidade entre os momentos de implantação e operação, não foi observada diferença estatística nos compartimentos, RX (0,52) e TVR (0,32), ou seja, não foi observada diferença na taxa de mortalidade das parcelas aluviais em módulos entre implantação e operação.

- **Parcelas em Ilhas**

A dinâmica de mortalidade das parcelas em ilhas tem um comportamento de oscilação, tendo ainda na fase de implantação valores altos e posteriormente baixos, retornando a subir na fase de operação. (**Figura 13.1.1 – 13**). As taxas de mortalidade encontradas em outros estudos de dinâmica em Florestas Aluviais variaram entre 1,43% a 2,75% ao ano (Guimarães *et.al.*, 2008)²⁷. As taxas de mortalidade encontradas nos compartimentos das ilhas foram acima do observado em módulos e literatura.

²⁷ Guimarães, J.C.C.; Van Den Berg, E.; Castro, G.C.; Machado, E.L.M.; Filho, A.T.O. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil.

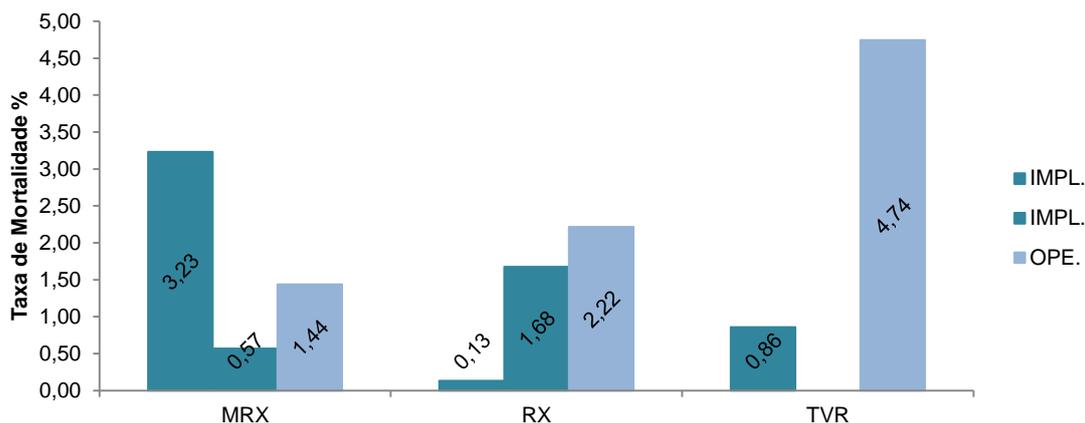


Figura 13.1.1-13 – taxa de mortalidade por compartimento nas parcelas em ilhas, nos períodos de implantação e operação da UHE Belo Monte.

Legenda: MRX- montante do reservatório do Xingu; RX-Reservatório do Xingu; TVR-Trecho de Vazão Reduzida; IMPL – implantação e OPE – operação.

■ Período pré-enchimento dos reservatórios
■ Período pós-enchimento dos reservatórios

Fonte: STCP, 2018.

Para a taxa de mortalidade entre os momentos de implantação e operação, não foi observada diferença estatística nos compartimentos, MRX (0,28), RX (0,47) e TVR (0,053), ou seja, não foi observada diferença na taxa de mortalidade das parcelas aluviais em ilhas entre implantação e operação.

Porém, tanto os valores de mortalidade quanto de recrutamento são potencialmente sensíveis aos intervalos de medições (Lieberman *et al.*, 1990; Clark e Clark 1992; Sheil e May, 1996; Lewis *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2010)²⁸. Estas

28 Lieberman, D.; Hartshorn, G.; Lieberman, M. e Peralta, R. 1990. Forest dynamics at La Selva Biological Station, 1969-1985. In: A. H. Gentry (ed.), Four Neotropical Rainforests. Yale University Press. New Haven. 509-521.

Clark, D. A.; Clark, D. B. 1992. Life history of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. Ecological Monographs. 62: 315-344.

Sheil, D.; May, R.M. 1996. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. Journal of Ecology. 84: 91-100.

Lewis, S.L.; Phillips, O.L.; Baker, T.R.; Lloyd, L.; Malhi, Y.; Almeida, S.; Higuchi, N.; Laurance, W.F.; Neill, D.A.; Silva, J.N.M.; Terborgh, J.; Lezama, A.T.; Martinez, R.V.; Brown, S.; Chave, J.; Kuebler, C.; Vargas P.N.; Vicent, B. 2004. Concerted changes in tropical forest 75 structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. Philosophical transactions of The Royal Society. 359: 421-436.

Phillips, O.L.; Baker, T. R.; Arroyo, L.; Higuchi, N.; Killeen, T. J.; Laurance, W. F.; Lewis, S. L.; Lloyd, J.; Malhi, Y.; Monteagudo, A.; Neill, D. A.; Vargas, P. N.; Silva, J. N. M.; Terborgh, J.; Martinez, R. V.; Alexiades, M.; Almeida, S.; Brown, S.; Chave, J.; Comiskey, J. A.; Czimczik, C. I.; Di Fiore, A.; Erwin, T.; Kuebler, C.; Laurance, S. G.; Nascimento, H. E. M.; Olivier, J.; Palacios, W.; Patino, S.; Pitman, N. C. A.; Quesada, C. A.; Salidas, M.; Lezama, A. T.; Vinceti, B., 2004. Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976-2001. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences 359, 381-407.

Phillips, O.L.; van der Heijden, G.; Lewis, S.L.; López-González, G.; Aragão, L. E. O. C.; Jon Lloyd; Malhi, Y.; Monteagudo, A.; Almeida, S. Dávila, E.A.; Amaral, I.; Andelman, S.; Andrade, A.; Arroyo, L.; Aymard, L.; Baker, T.R.; Blanc, L.; Bonal, D.; Oliveira, A.C.A.; Chao,K.J.; Cardozo, N.D.; Costa, L.; Feldpausch, T.R.; Fisher, J.B.; Fyllas, N.M.; Freitas, M.A.; Galbraith, D.; Gloor, E.; Higuchi, N.; Honorio, E.; Jiménez, E.; Keeling, H.; Killeen, T.J.; Lovett, J.C.; Meir, P.; Mendoza, C.; Morel, A.; Vargas, P.N.; Patiño, S.; Peh,

taxas também variam em resposta às mudanças climáticas, ao regime de distúrbio na área e das características edáficas (Phillips e Gentry, 1994; Phillips *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2009; Lewis *et al.*, 2011)²⁹, desta forma, os resultados de mortalidade e recrutamento oriundos de poucas remediações devem ser interpretados com cautela (Souza, 2011)³⁰. Esta ponderação tem mais respaldo considerando também que a Usina ainda não está em pleno funcionamento, o que implica em dizer que o hidrograma de consenso ainda não está sendo adotado para o TVR, além de mencionar a ocorrência de dois anos com fenômenos climáticos (El Niño, por exemplo) que propiciaram secas intensas em toda região.

13.1.1.2.4. MONITORAMENTO FENOLÓGICO

A apresentação do monitoramento fenológico, desde o 12 RC é feita por compartimento: (i) Montante do Reservatório Xingu (MRX – Ilha de Santa Juliana); Reservatório Xingu (RX – Ilha de Altamira) e Trecho de Vazão Reduzida (TVR – Ilha de Bacajá).

Desde o início do monitoramento fenológico, até o presente relatório, foram analisadas 17 campanhas. A medição da 1ª Campanha ocorreu em Setembro de 2013 e, trimestralmente, as outras campanhas foram sendo realizadas até a atual (17ª - setembro/2017). Os eventos fenológicos (floração, frutificação e mudança foliar) ocorridos durante o monitoramento das espécies entre o período citado acima estão relacionados no **Anexo 13.1.1 - 1**. Estes quadros foram atualizados considerando a prática vigente adotada pela Norte Energia de revisão dos dados e correção de possíveis desvios, de forma a dar robustez à análise dos mesmos.

A maioria dos eventos fenológicos ocorreu na fenofase Mudança Foliar, variando de 84% a 89% dependendo do compartimento, enquanto frutificação variou de 3% a 7% e

K.S.H.; Cruz, A.P.; Prieto, A.; Quesada, C.A.; Ramírez, F.; Ramírez, H.; Rudas, A.; Salamão, R.; Schwarz, M.; Silva, J.; Silveira, M.; Slik, J.W.F.; Sonké, B.; Thomas, A.S.; Stropp, J.; Tapli, J.R.D.; 79

Vásquez, R.; Vilanova, E. 2010. Drought-mortality relationships for tropical forests. *New Phytologist*. 187: 631-646.

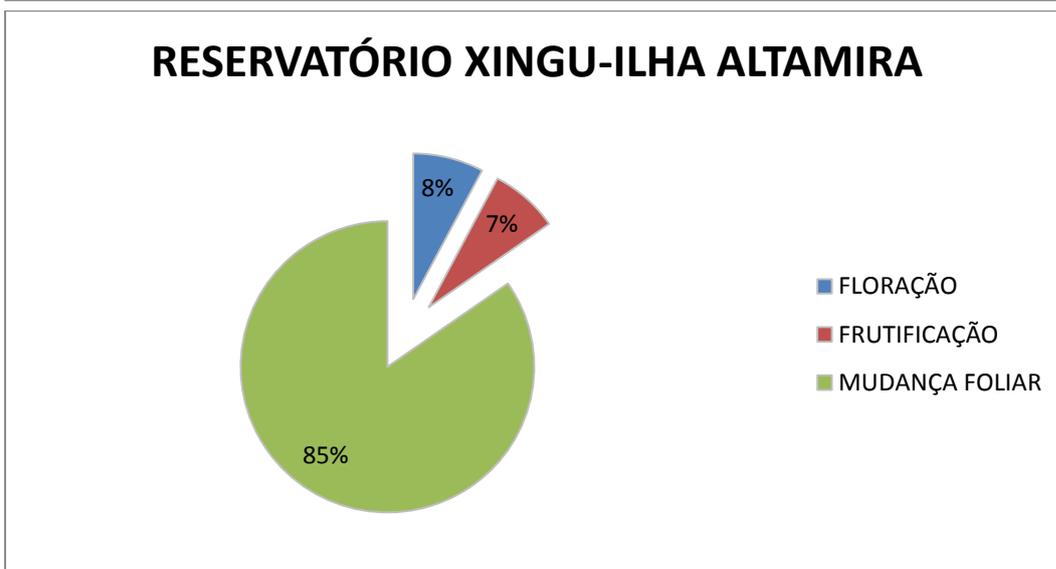
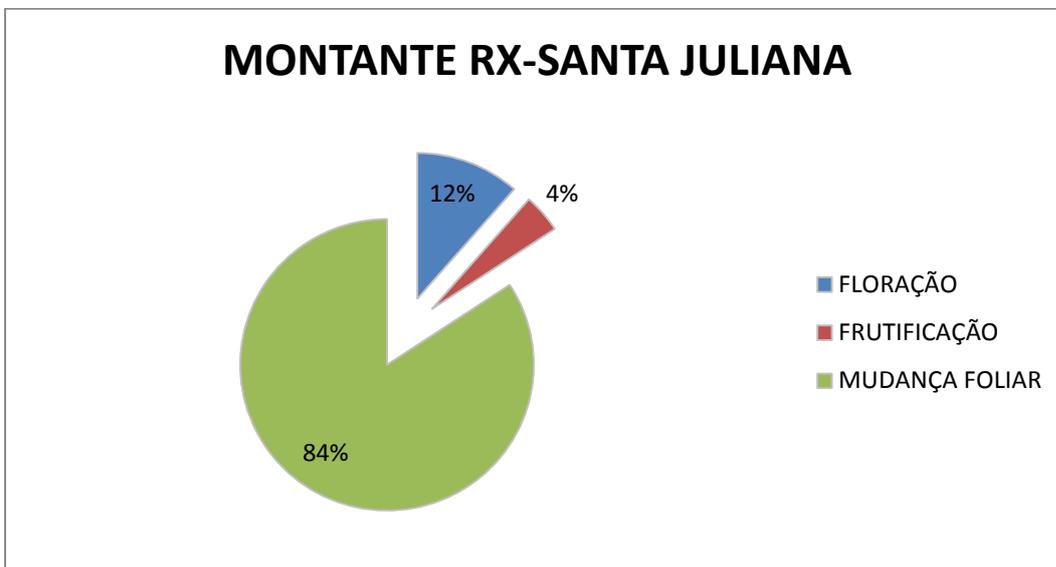
29 Phillips, O.L.; Hall, P.; Gentry, A.H.; Sawyer, S.A. e Vásquez, M. 1994. Dynamics and species richness of tropical rainforests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 91: 2805 – 22809.

Phillips, O. L., Aragao, L. E. O. C., Lewis, S. L., Fisher, J. B., Lloyd, J., Lopez-Gonzalez, G., Malhi, Y., Monteagudo, A., Peacock, J., Quesada, C. A., van der Heijden, G., Almeida, S., Amaral, I., Arroyo, L., Aymard, G., Baker, T. R., Banki, O., Blanc, L., Bonal, D., Brando, P., Chave, J., de Oliveira, A. C. A., Cardozo, N. D., Czimczik, C. I., Feldpausch, T. R., Freitas, M. A., Gloor, E., Higuchi, N., Jimenez, E., Lloyd, G., Meir, P., Mendoza, C., Morel, A., Neill, D. A., Nepstad, D., Patino, S., Penuela, M. C., Prieto, A., Ramirez, F., Schwarz, M., Silva, J., Silveira, M., Thomas, A. S., Ter Steege, H., Stropp, J., Vasquez, R., Zelazowski, P., Davila, E. A., Andelman, S., Andrade, A., Chao, K. J., Erwin, T., Di Fiore, A., Honorio, E., Keeling, H., Killeen, T. J., Laurance, W. F., Cruz, A. P., Pitman, N. C. A., Vargas, P. N., Ramirez-Angulo, H., Rudas, A., Salamao, R., Silva, N., Terborgh, J., Torres-Lezama, A., 2009. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science*. 323: 1344-1347.

Lewis, S.L.; Brando, P.M.; Phillips, O.L.; van der Heijden, G.M.F.; Nepstad, D. 2011. The 2010 Amazon Drought. *Science*. 331: 554.

³⁰ Souza, F.C. 2011. Dinâmica de uma Floresta de Terra Firme na Estação Experimental de Silvicultura Tropical, Manaus – Amazonas. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

a floração de 8% a 12%. O compartimento com maior número de observações de frutificação foi o RX enquanto o MRX foi o que obteve maior número de floração visualizada (**Figura 13.1.1 – 14**).



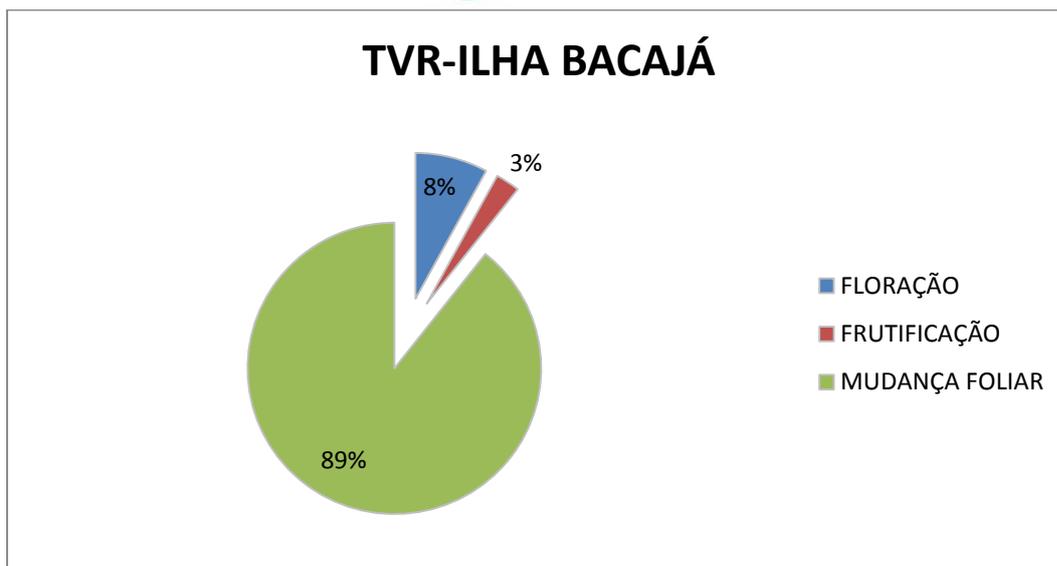


Figura 13.1.1-14 – Distribuição dos Eventos Fenológicos

Legenda: Montante RX-Montante do Reservatório do Xingu; TVR – Trecho de Vazão Reduzida

Fonte: STCP, 2018.

No compartimento a montante do RX não foram visualizados eventos de frutificação para a espécie *Zygia cauliflora*. Nesta última campanha, *Cynometra marginata* e *Mollia lepidota* apresentaram eventos fenológicos de frutificação, sendo as únicas espécies em 2017 (**Quadro 13.1.1 – 8**).

No **Quadro 13.1.1 – 9** é apresentado o resumo dos eventos fenológicos no RX. Apenas para as espécies *Cynometra marginata*, *Hevea brasiliensis* e *Mollia lepidota* foram visualizadas a floração no pós-enchimento. Já a frutificação ocorreu para *Cynometra marginata* e *Mollia lepidota*.

Quanto ao compartimento do TVR, as espécies *Cynometra marginata* e *Discocarpus essequeboensis* foram visualizadas com floração no pós-enchimento. As mesmas espécies foram as únicas com a frutificação visualizada no pós-enchimento (**Quadro 13.1.1 – 10**).

Quadro 13.1.1-8 – Número de eventos fenológicos por espécie (montante RX-Ilha Santa Juliana)

ESPÉCIE	FLORAÇÃO					FRUTIFICAÇÃO					MUDANÇA FOLIAR				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
<i>Cynometra marginata</i>	0	3	9	3	3	0	0	0	0	3	9	12	27	15	9
<i>Discocarpus essequeboensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	6	13	27	15	12
<i>Hevea brasiliensis</i>	3	0	6	0	6	0	2	1	6	0	6	12	22	18	6
<i>Mollia lepidota</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	6	17	27	15	12
<i>Zygia cauliflora</i>	0	0	6	0	6	0	0	0	0	0	6	10	33	12	6
Total	3	3	24	3	15	0	2	4	6	6	33	64	136	75	45

Fonte: STCP, 2018.

Quadro 13.1.1-9 – Número de eventos fenológicos por espécie (RX-Ilha Altamira)

ESPÉCIE	FLORAÇÃO					FRUTIFICAÇÃO					MUDANÇA FOLIAR				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
<i>Cynometra marginata</i>	0	2	3	0	3	0	0	0	0	6	6	15	30	15	12
<i>Discocarpus essequeboensis</i>	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	6	11	30	18	12
<i>Hevea brasiliensis</i>	3	0	6	3	6	0	1	3	0	0	6	13	18	15	6
<i>Mollia lepidota</i>	0	3	0	0	3	0	6	0	12	3	6	18	30	27	12
<i>Zygia cauliflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	14	27	21	6
Total	3	5	12	3	12	0	7	6	12	9	32	71	135	96	48

Fonte: STCP, 2018.

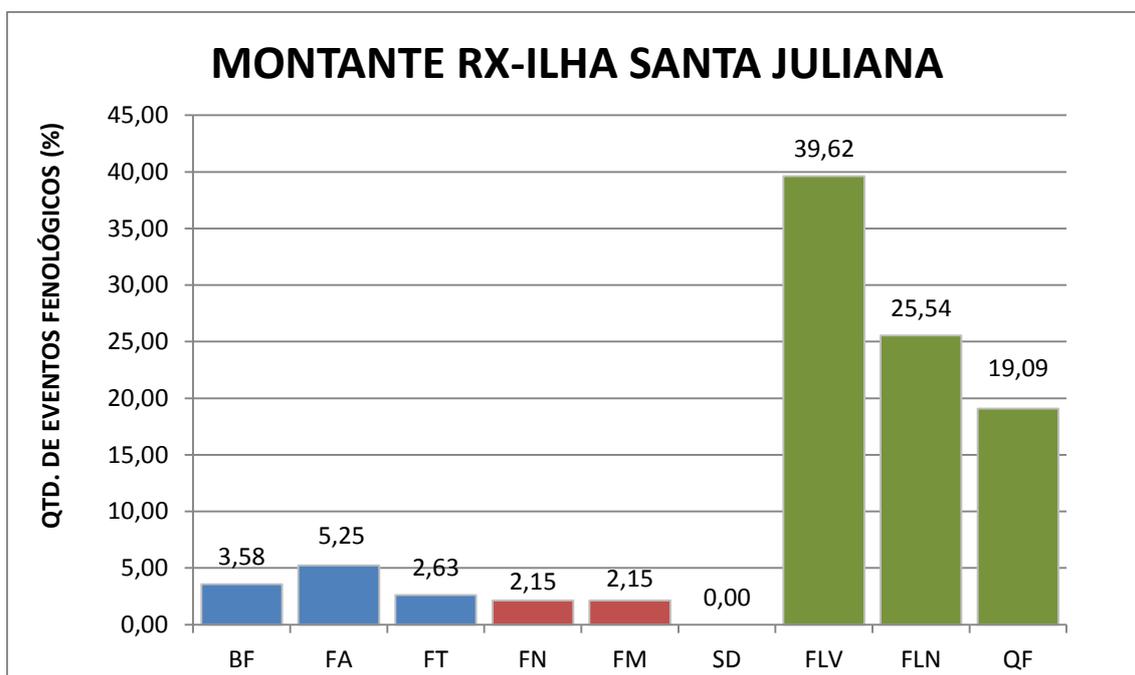
Quadro 13.1.1-10 – Número de eventos fenológicos por espécie (TVR - Ilha Bacajá)

ESPÉCIE	FLORAÇÃO					FRUTIFICAÇÃO					MUDANÇA FOLIAR				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
<i>Cynometra marginata</i>	0	0	6	6	6	0	0	0	0	3	9	11	24	30	9
<i>Discocarpus essequeboensis</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	6	14	24	24	9
<i>Hevea brasiliensis</i>	0	1	2	6	0	0	2	1	3	0	7	17	27	27	12
<i>Mollia lepidota</i>	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6	10	26	30	12
<i>Zygia cauliflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12	30	18	3
Total	0	1	14	12	9	0	2	1	3	6	34	64	131	129	45

Fonte: STCP, 2018.

O monitoramento geral se caracteriza por apontar informações conjuntas das áreas monitoradas. Os resultados encontrados continuam apresentando nove eventos fenológicos distintos para as três fenofases estudadas: em **Floração**: Botão floral (BF), Floração adiantada (FA) e Floração terminada (FT); em **Frutificação**: dispersão de propágulos ou semente disseminando (SD), frutos novos (FN), frutos maduros (FM); em **Mudança Foliar**: folhas maduras (FLV), folhas novas ou brotamento (FLN), queda de folhas (QF). (**Figura 13.1.1 - 15**).

Para todos os compartimentos, a mudança foliar é a que apresenta maior número de eventos, com ênfase nas folhas novas ou brotamento, com uma amplitude de 39,6% a 43,9% do total de eventos desta fenofase. A frutificação é o evento menos visualizado em todos os compartimentos.



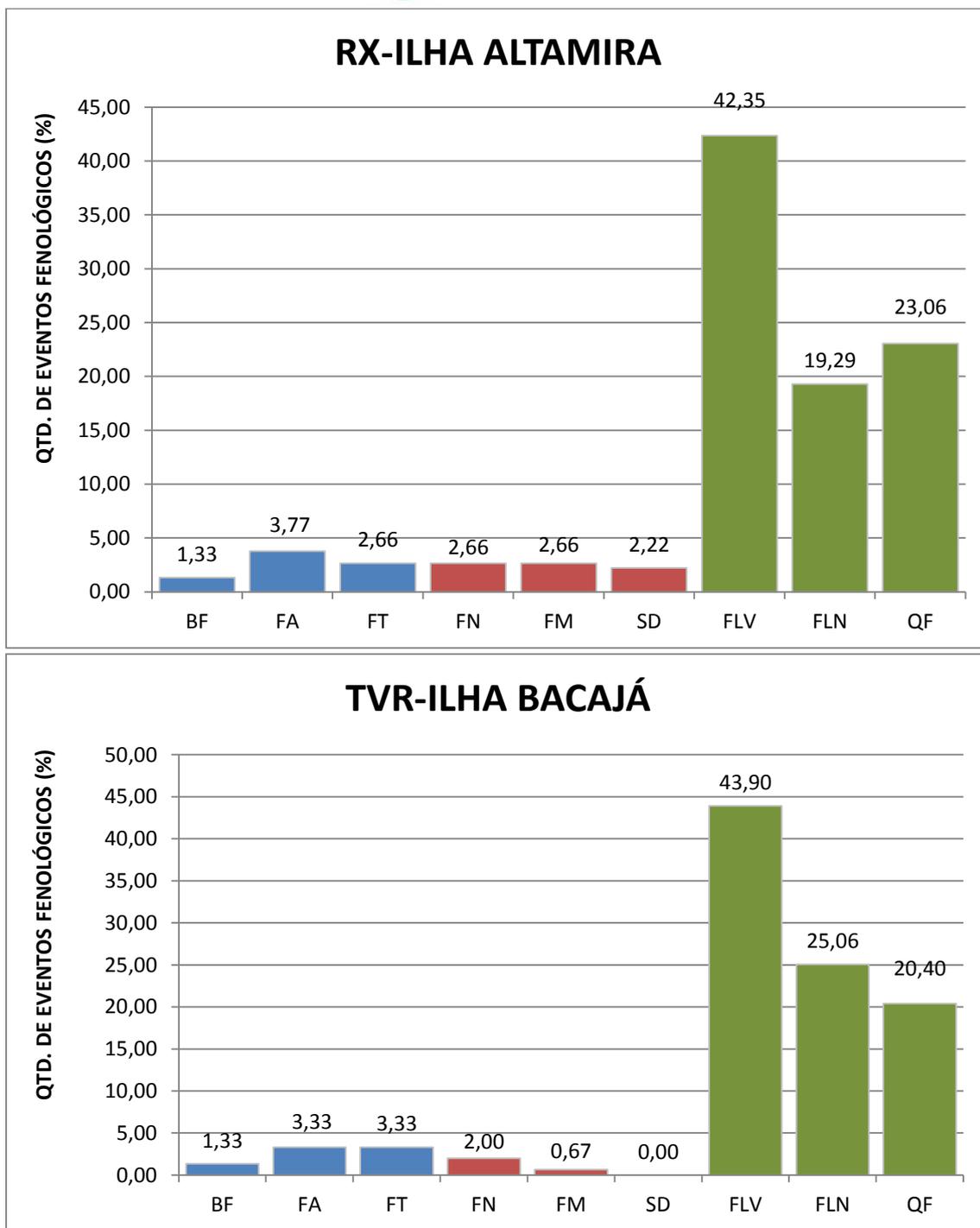
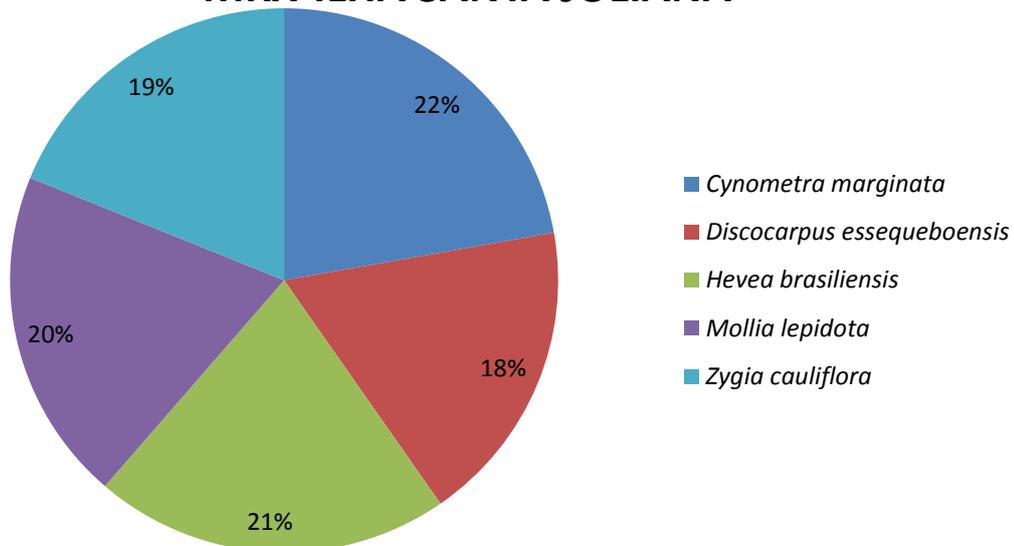


Figura 13.1.1-15 – Eventos Fenológicos encontrados nas Campanhas do Monitoramento das Espécies Arbóreas presentes NAS ILHAS DO RIO XINGU.

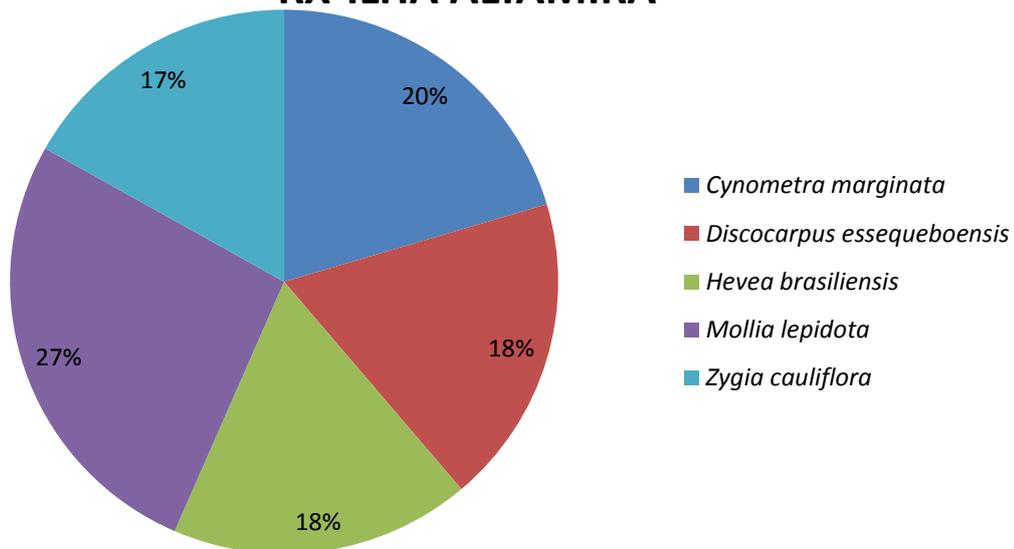
Fonte: STCP, 2018.

As espécies com maior número de eventos fenológicos durante as 17 campanhas, por compartimento, podem ser analisadas na **Figura 13.1.1 - 16**. A *Cynometra marginata* obteve o maior número de eventos no MRX e TVR enquanto no RX a *Mollia lepidota* obteve maior número de eventos observados.

MRX-ILHA SANTA JULIANA



RX-ILHA ALTAMIRA



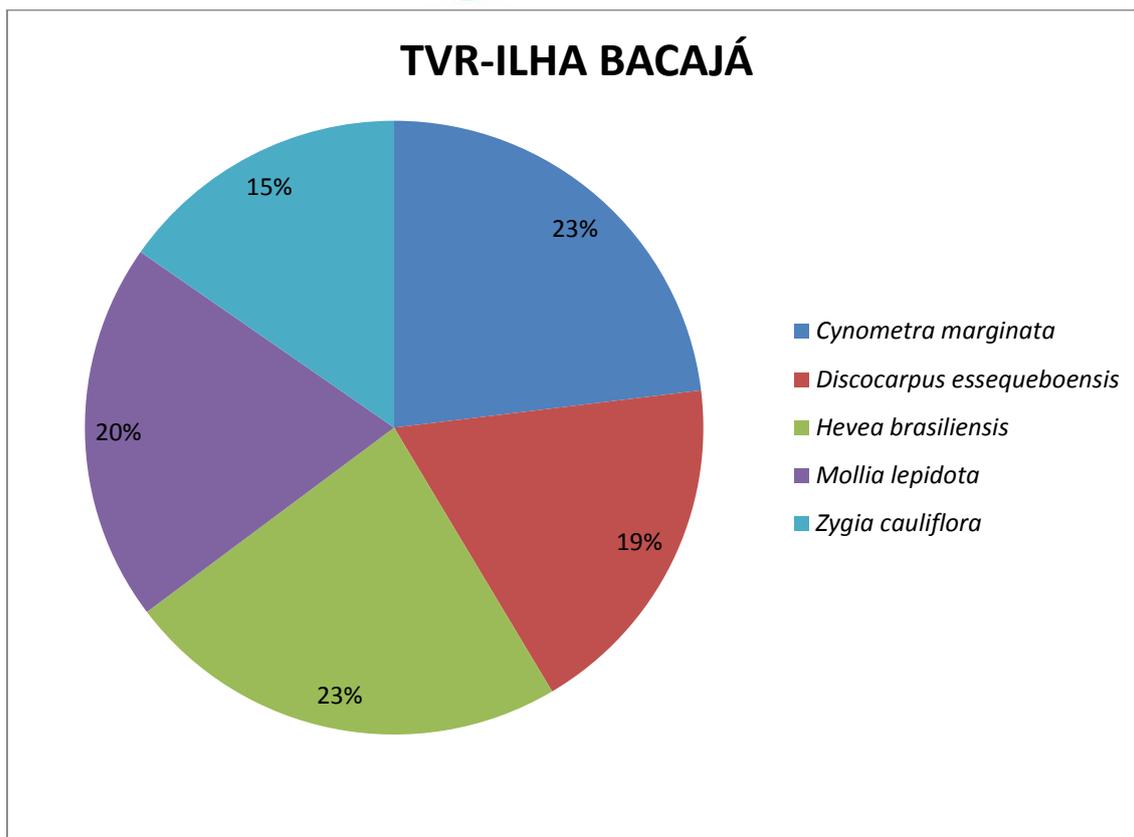


Figura 13.1.1-16 – Porcentagem de Eventos Fenológicos por espécies encontrados nas Campanhas do Monitoramento das Espécies Arbóreas presentes NAS ILHAS, POR COMPARTIMENTO.

Fonte: STCP, 2018.

Dados meteorológicos de precipitação e temperatura média mensal foram correlacionados às fenofases de cada espécie e podem ser observados no **Anexo 13.1.1 - 4** Tal correlação ainda não apresentou padrões para os eventos fenológicos. No entanto, aspectos fenológicos são fundamentais para auxiliar na compreensão dos impactos que serão causados nas espécies da floresta de terra firme com a alteração do regime hidrológico do rio Xingu, após a formação dos reservatórios.

A fenologia estuda os eventos biológicos repetitivos, as causas de sua programação em relação ao ambiente, e as possíveis inter-relações das fenofases com recursos e competidores, dentro de uma mesma ou de várias espécies (LIETH, 1974)³¹. Esse conhecimento pode ser aplicado em várias áreas de atuação, possibilitando determinar épocas ideais para coleta de sementes e disponibilidade de frutos, o que influenciará a qualidade e quantidade da dispersão das sementes (MARIOT et al., 2003)³², prever períodos de reprodução das plantas, seu ciclo de crescimento, e outras

³¹ LIETH, H. 1974. **Introduction to phenology and the modeling of seasonality**. Phenology and seasonality modeling. Pp. 3-19. H. Lieth (ed.). Ecological Studies 8. Springer-Verlag, Berlin.

³² MARIOT, C.H.P.; SILVA, P.R.F.; MENEZES, V.G.; TEICHMANN, L.L. 2003. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.38, n.2, p.233-241.

características que são de grande valia no manejo florestal (FOURNIER, 1974³³; 1976³⁴), permitindo avaliar a disponibilidade de recursos ao longo do ano (MORELLATO, 1995)³⁵.

13.1.1.2.5. ESPÉCIES AMEAÇADAS

Para este projeto, não foram observadas outras espécies ameaçadas que não aquelas já apresentadas nos RCs anteriores (**Quadro 13.1.1 - 11**).

³³ FOURNIER, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba, v. 24, n. 4, p. 422-423.

³⁴ FOURNIER, L. A. 1976. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento de los árboles. Turrialba, v. 26, n. 1, p. 96-97.

³⁵ MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi. Revista Brasileira de Biologia, v. 50, p. 163-173

Quadro 13.1.1-11 - Espécies ameaçadas e encontradas na região

N	NOME CIENTÍFICO	AUTOR	NOME COMUM	FAMILIA	EIA	MMA 06/08	DEC_802	RES_54/07	IUCN
1	<i>Apuleia leiocarpa</i>	(Vogel) J F Macbr	Amarelão	FABACEAE	-	Vulnerável	-	-	-
2	<i>Bertholletia excelsa</i> *	Bonpl.	Castanha Do Brasil	LECYTHIDACEAE	EIA	Ameaçada	Vulnerável	Vulnerável A1acd, 2cd	VU
3	<i>Helicostylis tomentosa</i>	(Poepp. & Endl.) Rusby	Inharé-Folha-Peluda	MORACEAE	EIA	-	-	-	LR/lc
4	<i>Heteropsis flexuosa</i> *	(Kunth) G.S. Bunting	Cipó - titica	ARACEAE	EIA	-	Vulnerável	Vulnerável A4ad	-
5	<i>Heteropsis spruceana</i>	Schott	Indeterminado	ARACEAE	-	-	Vulnerável	Vulnerável A4ad	-
6	<i>Lecythis lurida</i>	(Miers) S.A. Mori	Jarana	LECYTHIDACEAE	EIA	-	-	-	LR/cd
7	<i>Manilkara huberi</i> *	(Ducke) A.Chev.	Maçaranduba	SAPOTACEAE	EIA	-	Vulnerável	Vulnerável A4cd	-
8	<i>Mezilaurus itauba</i> *	(Meisn.) Taub. ex Mez	Itaúba	LAURACEAE	EIA	-	Vulnerável	Vulnerável A2ac	VU
9	<i>Minuartia guianensis</i>	Aubl.	Acariquara	OLACACEAE	EIA	-	-	-	LR/nt
10	<i>Poutreria macrocarpa</i>			SAPOTACEAE					Vu
11	<i>Pouteria sagotiana</i>			SAPOTACEAE					LR/nt
12	<i>Sorocea guilleminiana</i>	Gaudich.	Fura-Fura	MORACEAE	-	-	-	-	VU
13	<i>Trichilia lecointei</i>	Ducke	Cachuá Folha Fina	MELIACEAE	-	-	-	-	LR/cd
14	<i>Virola surinamensis</i> *	(Rol. ex Rottb.) Warb.	Ucuúba-Da-Varzea	MYRISTICACEAE	EIA	Vulnerável	-	-	EN
15	<i>Vouacapoua americana</i> *	Aubl.	Acapú	FABACEAE	EIA	Vulnerável	-	-	CR

* Espécies da lista do PAN da Flora do médio-baixo Rio Xingu.

Fonte: Instrução Normativa MMA N° 06 de 23/09/2008, Lei Estadual N° 6.462 de 04/07/2002, Decreto Estadual N° 802 de 20/02/2008 e Resolução N° 054 de 24/10/2007.

LEME, BIOTA, STCP, adaptado por Fonte: STCP, 2018.

13.1.1.2.6. ESPÉCIES INVASORAS

Até o momento, nenhum processo de invasão relacionada a espécies arbóreas foi observado.

13.1.1.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO

A planilha de atendimento aos objetivos e metas do Projeto é apresentada a seguir.

OBJETIVOS	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>Acompanhar os efeitos resultantes do alagamento constante das florestas aluviais do Reservatório do Xingu e da restrição de vazão e rebaixamento do lençol freático no TVR sobre as comunidades vegetais da tipologia da floresta Ombrófila Aluvial ao longo do tempo, sob o ponto de vista florístico e estrutural.</p>	<p>Em atendimento. O acompanhamento vem ocorrendo desde 2011 nas parcelas aluviais em ilhas e desde 2012 nas parcelas aluviais em módulos.</p>

13.1.1.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO

A planilha de atendimento às metas do Projeto é apresentada a seguir.

METAS	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>Realizar estudos florísticos e fitossociológicos para avaliar a composição e estrutura das comunidades vegetais da floresta ombrófila densa aluvial nos reservatórios antes e após o enchimento dos reservatórios e no TVR;</p>	<p>As atividades antes do enchimento dos reservatórios foi atendida entre o período de 2011 a 2016, conforme o 2ºRC até o 7ºRC. O período pós enchimento vem sendo avaliado desde 2016, a partir do 8º RC.</p>
<p>Ampliar o conhecimento da composição florística e estrutural das áreas de monitoramento selecionadas, antes e após o enchimento dos reservatórios e no TVR, analisando possíveis modificações ao longo do tempo e comparando-a com os dados obtidos antes do enchimento e com aqueles da fase de diagnóstico.</p>	<p>As atividades antes do enchimento dos reservatórios foi atendida entre o período de 2011 a 2016, conforme o 2ºRC até o 7ºRC. O período pós enchimento vem sendo comparado a partir do 11º RC.</p>

13.1.1.5. ATIVIDADES PREVISTAS

Considerando o cronograma apresentado no PBA e o Parecer 3622/15 do IBAMA, será feito o monitoramento nos mesmos moldes do PBA da Etapa de Implantação. Em 2018 ocorrerá a continuidade dos monitoramentos (todos): será realizada a quarta campanha de medição das parcelas dos módulos RAPELD além das campanhas trimestrais de fenologia nas ilhas e nível d'água das parcelas aluviais em módulos.

13.1.1.6. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS

O cronograma das atividades previstas é apresentado a seguir.

13.1.1.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após sete anos de monitoramento na Floresta Ombrófila Densa Aluvial, nota-se que a cobertura florestal nativa da região, que havia sido reduzida a fragmentos de floresta inseridos numa paisagem dominada por pastagens e cultivos agrícolas, após ser protegida com a instalação do empreendimento, apresentou alta taxa de regeneração natural (2,7% em média) para as áreas avaliadas no período de 2012 a 2014. Em contrapartida, o período de 2014 a 2016 apresentou sensível redução na taxa de regeneração, sendo de 0,8% a média dos 3 módulos avaliados.

A dinâmica florestal da vegetação das ilhas obteve comportamento diferenciado da vegetação da margem (ambas aluviais). Não foram observadas diferenças estatísticas entre os períodos de implantação e operação para as taxas de mortalidade em nenhum compartimento. Já para a taxa de ingresso, houve diferença estatística no compartimento RX, em que na operação a taxa de ingresso saltou de 0,49% para 2,64%.

Poucos estudos são encontrados sobre quantificação dos impactos hidrogeológico-ambientais decorrentes da instalação de reservatórios. Das condições do lençol freático pós-enchimento e avaliação dos impactos positivos na ótica do aumento das reservas de águas subterrâneas decorrentes da elevação do lençol freático no entorno de um reservatório (FILHO & LEITE, 2002)³⁶. Para a UHE Belo Monte também deve-se considerar que não só a instalação dos reservatórios terá influencia nas florestas aluviais, mas também a formação do TVR, com a alteração da intensidade da inundação neste trecho, podendo provocar a alteração da estrutura das florestas aluviais da Volta Grande.

Os trabalhos realizados na UHE não demonstraram, até o momento, evidências de ocasionar mudanças na composição florística da floresta aluvial, permanecendo os índices de riqueza, praticamente, os mesmos em três campanhas.

Considerando os impactos na cobertura vegetal apontados no EIA/RIMA para a UHE Belo Monte: (i) diminuição da cobertura vegetal; (ii) possíveis alterações na florística da vegetação sujeita à inundação em parte do ano e (iii) possíveis alterações na florística da vegetação sujeita à seca em parte do ano, até o momento, tais processos impactantes não foram observados.

No entanto, cabe mencionar que o período de realização desde monitoramento é insuficiente para relacionar a formação dos reservatórios e do TVR às alterações na vegetação verificadas nas análises de dinâmica da população realizada entre os anos de 2014-2016 (módulos) e 2015-2017 (ilhas).

³⁶ FILHO, J. L. A & LEITE, C.B.B. 2002. Elevações Induzidas no Lençol Freático Devido a Formação de Reservatórios e o Significado das Modificações Resultantes. Revista Universidade Guarulhos. **Geociências**, São Paulo, VII (6): 69-74.

Considera-se que uma comparação entre dinâmicas de comunidade possa ser assertiva a partir da obtenção de dados proporcionalmente. Desta forma, espera-se que as informações de base obtidas na fase de “pré enchimento” (2012-2014) poderão ser comparadas as de “pós-enchimento” (2016-2018) trazendo resultados mais concretos. Contudo, somente a continuidade do monitoramento poderá identificar e qualificar as possíveis alterações nas comunidades vegetais remanescentes, assim como a determinação da intensidade destas alterações.

13.1.1.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF
Aguimar Mendes	Engenheiro Florestal, M.Sc.	Coordenador Geral e responsável técnico	CREA-DF 17 984-D	486462
Diogo Pereira de Cristo	Engenheiro Ambiental	Supervisor	CREA-PR 81831 / D	3897111
Milena Marmentini de Oliveira	Engenheira Florestal, M.Sc.	Coordenadora	CREA-PR 123788 D	5217872
Emerson Jordan das Silva Fontes	Técnico Florestal	Líder de equipe	-	
Carlos da Silva Rosário	-	Identificador Botânico	-	-
Juliana Puga	Engenheira Cartográfica	Elaboração de Mapas e Figuras	CREA-PR 28.668 / D	610018

13.1.1.9. ANEXOS

Anexo 13.1.1-1 - Eventos Fenológicos por espécie, por campanha e compartimento.

Anexo 13.1.1-2 - Índice de Similaridade por Compartimento (ANOSIM)

Anexo 13.1.1-3 - Espécies com maior Índice de Valor de Importância

Anexo 13.1.1-4 - Fenogramas

Anexo 13.1.1 – 5 - Relatório Fotográfico do Monitoramento Fenológico