



Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Recursos Naturais da Amazônia

METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DO VALOR DA EXTERNALIDADE PERDA NA ATIVIDADE PESQUEIRA EM USINAS HIDRELÉTRICAS

Evelyn Gabbay Alves Carvalho

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Recursos Naturais.

Orientadores: Claudio José Cavalcante Blanco
André Augusto Azevedo Montenegro Duarte

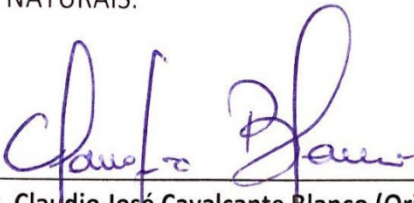
Belém, PA
Março de 2019

**“METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DO VALOR DA EXTERNALIDADE PERDA
NA ATIVIDADE PESQUEIRA EM USINAS HIDRELETRICAS”**

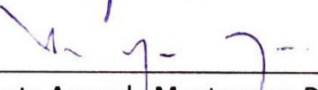
EVELYN GABBAY ALVES CARVALHO

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA - PRODERNA/ITEC/UFPA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA DE RECURSOS NATURAIS.

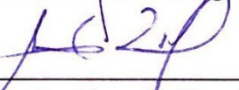
Aprovada por:



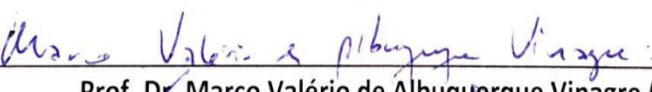
Prof. Dr. Claudio José Cavalcante Blanco (Orientador)



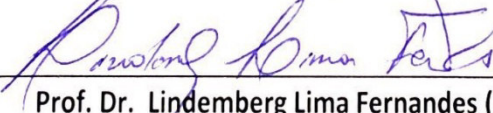
Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte (Co-Orientador- FEC-ITEC-UFPA)



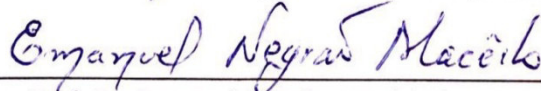
Prof. Dr. Augusto César de Mendonça Brasil (FT-UNB-GAMA)



Prof. Dr. Marco Valério de Albuquerque Vinagre (UNAMA)



Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes (FAESA-ITEC-UFPA)



Prof. Dr. Emanuel Negrão Macêdo (PRODERNA – UFPA)

Belém, PA - Brasil
29 março de 2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Biblioteca do Instituto de Tecnologia / UFPA – Belém-PA**

C331m

Carvalho, Evelyn Gabbay Alves, 1975-

Metodologia para estimativa do valor da
externalidade perda na atividade pesqueira em
usinas hidrelétricas / Evelyn Gabbay Alves
Carvalho. — 2019.

Orientador: Cláudio José Cavalcante Blanco;

Coorientador: André Augusto Azevedo
Montenegro Duarte

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Belém,
2019.

1. Recursos pesqueiros 2. Usinas hidrelétricas
3. Externalidade (Economia) I. Título.

CDD 23. ed. – 333.956

Dedico este trabalho aos meus pais, esposo e filhos pela paciência e por me apoiarem nos momentos difíceis, me incentivando a caminhar para a conclusão de mais uma etapa em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por me permitir chegar até esse momento com saúde.

Aos meus pais, pelo amor e carinho e por sempre me incentivarem a buscar o conhecimento e me apoiarem ao longo desta minha jornada.

Ao meu marido Márcio Carvalho e meus filhos Felipe e Gisele, pelo companheirismo, paciência, amor e compreensão durante esses anos dedicados ao doutorado.

À UFPa por ter me proporcionado a oportunidade de fazer doutorado e desenvolver esta pesquisa.

Aos meus professores, orientador Claudio Blanco e co-orientador André Duarte, pelo incentivo, sugestões, compreensão e por estarem sempre à disposição em me auxiliar. Obrigada pelos conhecimentos a mim transmitidos durante esta trajetória.

A toda minha família: irmãos, avós, tios e primos que sempre me apoiaram e incentivaram com palavras de otimismo.

A todos os meus amigos, aos professores e colegas de trabalho da UFPa, principalmente a Profa. Salete Oliveira e Prof. Luiz Mauricio Maués pelas discussões, contribuições e pelo incentivo na busca deste título.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.
(Madre Teresa de Calcutá)

“A persistência é o menor caminho do êxito”.
(Charles Chaplin)

“Sem sonhos a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais”.
(Augusto Cury)

Resumo de Tese apresentada ao PRODERNA/UFPA como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Recursos Naturais (D.Eng.)

METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DO VALOR DA EXTERNALIDADE PERDA NA ATIVIDADE PESQUEIRA EM USINAS HIDRELÉTRICAS

Evelyn Gabbay Alves Carvalho

Março/2019

Orientador: Claudio José Cavalcante Blanco

Área de Concentração: Transformação de recursos naturais

Sabendo-se que a concepção, projeto, construção e operação de grandes hidrelétricas, empreendimentos tão recorrentes na Amazônia brasileira, demandam grandes recursos humanos, tecnológicos e financeiros e também impactam e alteram significativamente os locais em que são implantados, neste trabalho se demonstra que é absolutamente necessário que sejam realizadas avaliações fundamentadas, na ciência e na boa técnica, das externalidades provenientes da geração de energia hidrelétrica, para que seja definido o custo real da energia gerada de maneira consistente e correta. Para isso foi desenvolvida metodologia capaz de contabilizar o custo das externalidades de usinas hidrelétricas. O estudo se restringiu a valoração da externalidade proveniente da perda na atividade pesqueira, escolhida dentre inúmeras identificadas na literatura por ser a atividade econômica praticada por significativa parcela da população afetada pelas usinas hidrelétricas, portanto com relevância econômica e, principalmente, social. Foi utilizado o Método do Custo de Oportunidade e Análise de Séries Temporais para fazer previsões. Somente a valoração desta externalidade, que não foi realizada quando dos Estudos de Impacto Ambiental e de Viabilidade Econômica, o custo da energia aumentou entre 1,7 % e 2%, apontando a necessidade de calcular esta e todas as outras externalidades geradas pela implantação de uma UHE e incorporar seus reais valores ao custo, para que o empreendimento seja sustentável, equilibrado e viável, e, que possibilite a comparação realista com outras fontes de geração de energia.

Palavras-Chave: externalidade, valoração, hidrelétrica, atividade pesqueira.

Abstract of Thesis presented to PRODERNA/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Natural Resources Engineering (D. Eng.)

METHODOLOGY FOR ESTIMATING THE VALUE OF EXTERNALITY LOSS IN FISHING ACTIVITY IN HYDROELECTRIC POWER PLANTS

Evelyn Gabbay Alves Carvalho

March/2019

Advisor: Claudio José Cavalcante Blanco

Research Area: natural resources transformations

In this work, the importance and the need to make informed and rational evaluations of the externalities from the hydroelectric power generation are demonstrated, in order to estimate the real cost of the energy. The design, construction and operation of large hydropower plants projects are so recurrent in the Brazilian Amazon, demand great human, technological and financial resources, and also significantly impact and change the locations in which they are deployed. So, it is absolutely necessary that informed assessments, based on science and good technique, of externalities from the generation of hydroelectric energy be made, so that the real cost of the energy generated in a consistent and correct manner is defined. For this, a methodology was developed capable of accounting for the cost of externalities of hydroelectric plants. This study was restricted to the valuation of the externality resulting from the loss of fishing activity, chosen among innumerable externalities identified in the literature because it is the economic activity practiced by a large part of the population affected by the hydroelectric dams, therefore with economic and, mainly, social relevance. To value this externality, was used the opportunity cost method and time series to forecast future data. Only the valuation of this externality, which was not carried out during the Environmental Impact and Economic Feasibility Studies, the cost the energy increased between 1.7% and 2%, pointing out the need to calculate this and all other externalities generated by the implementation of a hydro power plant (HPP) and to incorporate its real values at cost, so that the enterprise is sustainable, balanced and feasible, allowing a realistic comparison with other sources of energy generation.

Keywords: externality, valuation, hydroelectric power plant, fishing activity.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	22
1.1.	OBJETIVOS	24
1.1.1.	GERAL	24
1.1.2.	ESPECÍFICOS	24
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1.	ENERGIA	25
2.1.1.	ENERGIA HIDRELÉTRICA	25
2.1.2.	POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO.....	29
2.1.3.	CONSUMO FINAL DE ENERGIA.....	33
2.2.	EXTERNALIDADE.....	33
2.2.1.	CONCEITO	33
2.2.2.	EXTERNALIDADES EM USINAS HIDRELÉTRICAS	36
2.3.	MÉTODOS DE VALORAÇÃO DAS EXTERNALIDADES	38
3.	METODOLOGIA.....	45
4.	ÁREA DE ESTUDO	52
4.1.	LOCALIZAÇÃO	52
4.2.	BREVE HISTÓRIA DA UHE BELO MONTE	54
4.3.	JUSTIFICATIVA DO PROJETO DA UHE BELO MONTE	55
4.4.	CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO DA UHE BELO MONTE.....	55
4.5.	EXTERNALIDADE PERDA NA ATIVIDADE PESQUEIRA	59

4.6. DADOS.....	60
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
5.1. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DAS SÉRIES TEMPORAIS	65
5.2. CÁLCULO DA EXTERNALIDADE PERDA DA ATIVIDADE PESQUEIRA.....	66
5.2.1. RECEITA.....	66
5.2.2. CUSTOS.....	72
5.2.3. RENDA MÉDIA MENSAL DO PESCADOR	75
5.2.4. EXTERNALIDADE COM A PERDA NA ATIVIDADE PESQUEIRA.....	77
5.3. ANÁLISE DOS COMPONENTES DAS SÉRIES TEMPORAIS	79
5.4. ANÁLISE ESPACIAL DA EXTERNALIDADE PERDA DA ATIVIDADE PESQUEIRA.....	82
5.4.1. RECEITA.....	83
5.4.2. CUSTOS	87
5.4.3. RENDA MÉDIA MENSAL DO PESCADOR.....	89
5.4.4.EXTERNALIDADE COM A PERDA NA ATIVIDADE PESQUEIRA.....	93
5.5. ACRÉSCIMO NO VALOR DO CUSTO DE GERAÇÃO DE ENERGIA COM A INCLUSÃO DA EXTERNALIDADE	99
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	101
REFERÊNCIAS	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Matriz energética brasileira.	25
Figura 2.2 – Participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira.	26
Figura 2.3 - Participação de cada fonte geradora de energia elétrica.	27
Figura 2.4 - Participação de cada fonte geradora de energia elétrica na Região Norte do Brasil.	27
Figura 2.5 - Participação por tipo na geração hidrelétrica brasileira.	28
Figura 2.6 - Potencial hidrelétrico por Estado.	30
Figura 2.7 – Aproveitamento hidrelétrico brasileiro.	31
Figura 2.8 - Potencial instalado na Região Norte.	32
Figura 2.9 - Locais onde serão instaladas novas unidades geradoras.	32
Figura 3.1 - Sistema de suporte à decisão para valoração de externalidades de Usinas Hidrelétricas.	45
Figura 3.2 – Ramo do DSS da Figura 3.1 explodido para valoração das externalidades com ênfase dada à atividade pesqueira.	46
Figura 4.1 - Localização da UHE Belo Monte.	52
Figura 4.2 – Trechos do Rio Xingu.	53
Figura 4.3 - Configuração do Complexo Hidrelétrico Belo Monte.	54
Figura 4.4 – Comparação entre o projeto das décadas de 1980/1990 (a) e projeto em operação (b).	55
Figura 4.5 – Áreas de Influência Direta (AID) e Indireta (AII) (a) e áreas Diretamente Afetadas (ADA) pela UHE Belo Monte (b).	58
Figura 4.6 - Mapa mostrando a localização da UHE Belo Monte e das nove localidades.	61
Figura 5.1 - Gráfico da produtividade média mensal de pesca entre abril de 2012 e abril de 2018 na região de Belo Monte utilizando o Modelo Sazonal Simples.	67
Figura 5.2 - Gráfico da produtividade média mensal de pesca entre abril de 2012 e abril de 2018 na região de Belo Monte utilizando o Modelo	

Aditivo de Winter.....	68
Figura 5.3 - Gráfico comparativo da produtividade média mensal de pesca entre abril de 2012 e abril de 2018 na região de Belo Monte utilizando os Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.....	69
Figura 5.4 - Gráfico do preço médio mensal (R\$) entre abril de 2012 e abril de 2018, utilizando o Modelo Sazonal Simples, na região de Belo Monte.....	69
Figura 5.5 - Gráfico do preço médio mensal (R\$) entre abril de 2012 e abril de 2018, utilizando o Modelo Aditivo de Winter, na região de Belo Monte.....	70
Figura 5.6 - Gráfico comparativo do preço médio mensal entre abril de 2012 e abril de 2018 na região de Belo Monte utilizando os Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.....	71
Figura 5.7 - Gráfico da receita média mensal (R\$) entre abril de 2012 e abril de 2018, pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter para a região de Belo Monte.	72
Figura 5.8 - Gráfico do custo total médio mensal (R\$/viagem) entre abril de 2012 e abril de 2018, pelo Modelo Sazonal Simples para a região de Belo Monte.	73
Figura 5.9 - Gráfico do custo total médio mensal (R\$/viagem) entre abril de 2012 e abril de 2018, pelo Modelo Aditivo de Winter para a região de Belo Monte.....	73
Figura 5.10 - Gráfico do custo total médio mensal (R\$) entre abril de 2012 e abril de 2018, pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter, na região de Belo Monte.....	75
Figura 5.11 – Renda Média Mensal de um pescador afetado pela influência da UHE, pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.....	75
Figura 5.12 - Renda média mensal do pescador no período de enchimento do reservatório da UHE (início de operação) de abril 2016 até a previsão para abril/2018, 25 meses), pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.....	76
Figura 5.13 - Renda média mensal do pescador dos primeiros 25 meses de disponibilidade de dados, ou seja, de abril 2012 a abril de 2014 (período de construção) pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.	77
Figura 5.14 - Evolução do PIB brasileiro –Taxa acumulada em 4 trimestres (%).	79

Figura 5.15 – Comparação entre os dados da Produtividade Média Mensal, da previsão pelo Modelo Aditivo de Winter e da série com ajuste sazonal, antes e depois do funcionamento da UHE Belo Monte.	80
Figura 5.16 – Comparação entre os dados dos Preços Médios Mensais reajustados pelo IPCA, da previsão pelo Modelo Aditivo de Winter e da série com ajuste sazonal, antes e depois do funcionamento da UHE Belo Monte.	81
Figura 5.17 – Comparação entre os dados dos Custos Totais Médios Mensais reajustados pelo IPCA, do Modelo Aditivo de Winter e da série com ajuste sazonal, antes e depois do funcionamento da UHE Belo Monte.	82
Figura 5.18 – Produtividade Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.	83
Figura 5.19 – Produtividade Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.	84
Figura 5.20 – Preço Médio Mensal de pesca entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.	85
Figura 5.21 – Preço Médio Mensal de pesca entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.	85
Figura 5.22 – Receita Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.	86
Figura 5.23 – Receita Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.	87
Figura 5.24 – Custo Total Médio Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.	88

Figura 5.25 – Custo Total Médio Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.	88
Figura 5.26 – Renda Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.	89
Figura 5.27 – Renda Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.	90
Figura 5.28 – Renda Média Mensal do pescador no período de enchimento do reservatório da UHE (início de operação) de abril 2016 até a previsão para abril/2018, 25 meses), para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.	91
Figura 5.29 – Renda média mensal de abril 2012 a abril de 2014 (período de construção), para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.	92
Figura 5.30 – Renda Média Mensal do pescador no período de enchimento do reservatório da UHE (início de operação) de abril 2016 até a previsão para abril/2018, 25 meses), para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, , utilizando o Modelo Aditivo de Winter.	92
Figura 5.31 – Renda média mensal de abril 2012 a abril de 2014 (período de construção), para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, , utilizando o Modelo Aditivo de Winter.	93
Figura 5.32 - Externalidade com a perda na atividade pesqueira, com valores anuais, por pescador, para as localidades de desembarque, calculada pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.	96
Figura 5.33 – Mapa contendo a externalidade com a perda na atividade pesqueira para as localidades de desembarque, em valores anuais, por pescador, calculada pelos Modelos Sazonal Simples (MSS) e Aditivo de Winter (MAW).	97

Figura 5.34 – Mapa contendo a externalidade com a perda na atividade pesqueira por pescador, por ano, calculada pelos Modelo Sazonal Simples (MSS) e Aditivo de Winter (MAW).	98
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Potencial Hidrelétrico Brasileiro por Bacia Hidrográfica...	29
Tabela 2.2 - Consumo Final de energia por setor (%).	33
Tabela 2.3 - Conceitos de Externalidade.	35
Tabela 2.4 - Resumo dos Métodos de Valoração dos Recursos Ambientais.....	41
Tabela 4.1 – Distâncias aproximadas em linha reta das localidades, em km, até a UHE de Belo Monte e sua posição.	62
Tabela 4.2 – Número de pescadores registrados e estimados nas localidades de desembarque.	63
Tabela 4.3 – Características das localidades de desembarque.....	64
Tabela 5.1 – Correlação entre os dados da Produtividade Média Mensal e do Custo Total Médio Mensal.....	65
Tabela 5.2 – Correlação entre os dados da Produtividade Média Mensal e do Preço Médio Mensal.	65
Tabela 5.3 - Correlação entre os dados do Preço Médio Mensal e do Custo Total Médio Mensal.	65
Tabela 5.4- Produtividade média ($\text{kg.pescador}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), por localidade de desembarque.....	66
Tabela 5.5 - Preço médio (R\$) de primeira comercialização do pescado nas localidades de desembarque.	67
Tabela 5.6 – Previsão da produtividade média mensal com seus limites superiores e inferiores ($\text{kg} \cdot \text{pescador}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), utilizando o Modelo Sazonal Simples.	68
Tabela 5.7 – Previsão da produtividade média mensal com seus limites superiores e inferiores ($\text{kg} \cdot \text{pescador}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), utilizando o Modelo Aditivo de Winter.....	68
Tabela 5.8 – Previsão do preço médio mensal com seus limites superiores e inferiores (R\$), utilizando o Modelo Sazonal Simples.	70
Tabela 5.9 – Previsão do preço médio mensal com seus limites superiores e inferiores (R\$), utilizando o Modelo Aditivo de Winter.....	70
Tabela 5.10 - Custos totais (R\$/viagem), para os seis principais	

sistemas de pesca, e por localidades de desembarque.....	72
Tabela 5.11 – Previsão do custo total médio mensal com seus limites superiores e inferiores (R\$/viagem), utilizando o Modelo Sazonal Simples.	74
Tabela 5.12 – Previsão do custo total médio mensal com seus limites superiores e inferiores (R\$/viagem), utilizando o Modelo Aditivo de Winter.	74
Tabela 5.13 - Perda da renda para os pescadores da região de Belo Monte calculada pelo Modelo Sazonal Simples.....	78
Tabela 5.14 - Perda da renda para os pescadores da região de Belo Monte calculada pelo Modelo Aditivo de Winter.	78
Tabela 5.15 - Externalidade com a perda na atividade pesqueira para as 9 localidades de desembarque, calculadas pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.	94

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADA	Área Diretamente Afetada
AID	Área de Influência Direta
AII	Área de Influência Indireta
ANA	Agência Nacional de Água
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CGH	Centrais de Geração Hidrelétrica
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
COMASE	Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAA	Disposição a aceitar
DAP	Disposição a pagar
DMZ	Zona Desmilitariza da Coreana
DSS	Sistema de Apoio à Decisão
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental
ELETROBRÁS	CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS
ELETRONORTE	CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EXTERNE	<i>Externalities of Energy</i>
HPP	<i>Hydro Power Plant</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
ISA	Instituto Socioambiental
Li	Limite Inferior do Modelo
Ls	Limite Superior do Modelo
MAW	Modelo Aditivo de Winter
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MME	Ministério de Minas e Energia
MSS	Modelo Sazonal Simples
MVC	Método de Valoração Contingente
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
RGP	Registro Geral de Pesca
SAS	Série com Ajuste Sazonal
SIPO	Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro
SPSS	<i>Statistical Package for Social Science for Windows</i>
TEEB	<i>The Economics of Ecosystems and Biodiversity</i>
TEP	Tonelada equivalente de petróleo
TVR	Trecho de Vazão Reduzida
UHE	Usina Hidrelétrica
VE	Valor de Existência
VET	Valor Econômico Total do Recurso Ambiental
VO	Valor de Uso de Opção
VUD	Valor de Uso Direto
VUI	Valor de Uso Indireto

LISTA DE SÍMBOLOS

$\overline{Ca}$	Custo mensal médio com alimentação
$\overline{Cc}$	Custo mensal médio com combustível
$\overline{Ce}$	Custo mensal médio com embarcação
$\overline{Cg}$	Custo mensal médio com gelo
$\overline{Ct}$	Custos totais médios mensais de pesca
E	Externalidade com a perda da atividade pesqueira
E_G	Energia gerada anualmente pela UHE
h	Horizonte de previsão
L_t	Componente de nível
P	Perda da renda mensal de um pescador
$\overline{P}$	Preço médio mensal de comercialização do peixe
$\overline{Pr}$	Produtividade média mensal de pesca
Q_p	Quantidade de pescadores afetados pela UHE
$\overline{R}$	Receita média mensal
$\overline{Ra}$	Renda média mensal de um pescador no período inicial das obras da UHE, incluindo as previsões
$\overline{Rd}$	Renda média mensal de um pescador no período posterior ao funcionamento da UHE
R_m	Renda média mensal de um pescador
s	Período sazonal
St	Componente de sazonalidade
T	Quantidade de meses considerados anteriormente e posteriormente ao início de funcionamento da UHE
Tt	Componente de tendência
x_t	Valor observado na série temporal para o tempo t

$\hat{x}_t$	Previsão feita para o tempo t
α	Constante de suavização da componente de nível
β	Constante de suavização da componente de tendência
ΔC_E	Acréscimo no valor do custo de geração de energia com a inclusão da externalidade
γ	Constante de suavização da componente de sazonalidade

1. INTRODUÇÃO

Os estudos de viabilidade de empreendimentos de geração de energia devem mensurar de forma adequada os valores dos impactos sociais, econômicos e ambientais (externalidades). Entretanto, a maior parte, apenas arbitra uma grandeza provavelmente subvalorada, fazendo com que o custo final do projeto da geração/produção da energia, ao não apropriar ou valorar adequadamente os impactos, seja inferior ao real. Isto pode ser facilmente comprovado pelos inúmeros e enormes problemas, conflitos e ações judiciais que envolvem questões sociais, ambientais e econômicas causadas ou provocadas pela implantação dos empreendimentos (SOUSA JÚNIOR e REID, 2010).

O conceito de externalidade é o custo econômico externo, ou um impacto (positivo ou negativo), com efeito colateral não estimado, não intencional, que acaba sendo pago ou absorvido por outro(s), excetuando o empreendedor e quem se utiliza diretamente do empreendimento. Geralmente, quem paga é a sociedade, de forma difusa e indireta. A externalidade surge devido à presença de aspectos ambientais, sociais e econômicos que não estão previstos na concepção do projeto e, internalizar as externalidades, significa prever e considerar esses custos na fase inicial do projeto e em seu estudo de viabilidade econômica (SUNDQVIST, 2004; TOLMASQUIM *et al.*, 2001). O valor das externalidades não depende somente da quantidade de energia gerada/produzida, nem dos custos de produção, nem da tarifa de energia, e sim, das características e peculiaridades de cada localidade, levando em consideração sua singularidade, ou seja, cada empreendimento é único e cada local também.

Como exemplos de externalidade, são citadas as perdas das atividades econômicas da população afetada (agricultura, pecuária, pesca, irrigação etc.), perda da biodiversidade (fauna, flora, etc.), perda de paisagens, de áreas indígenas (preservação ambiental), aparecimento de doenças e endemias, perda de recursos minerais, problemas sociais como desemprego/subemprego, prostituição, criminalidade, deslocamento/migração intensa e não planejada da população, ensejando mais assentamentos informais (favelas), agravando questões de infraestrutura urbana, entre outras (BERCHIN *et al.*, 2015; MORIMOTO, 2013 e VON SPERLING, 2012). Além desses impactos negativos, podem-se citar como positivos (externalidades positivas), a oportunidade de desenvolvimento, geração de renda e melhoria da infraestrutura dos municípios, entre outros.

Todas essas externalidades, ou, pelo menos, as mais significativas ou sensíveis, deveriam estar contempladas no Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) de usinas hidrelétricas através dos planos explícitos, projetos específicos e programas

ambientais/sociais/operacionais e, valoradas adequadamente no Estudo de Viabilidade Econômica (RITTER *et al.*, 2017). A biodiversidade e os serviços associados aos ecossistemas não podem ser tratados como inesgotáveis ou "bens" gratuitos. Seu verdadeiro valor para a sociedade, bem como os custos de sua perda e degradação precisam ser adequadamente mensurados de forma a aumentar a conscientização através de ações preventivas ou calcular os custos de sua conservação (COSTANZA *et al.* 1997; COSTANZA *et al.*, 2014 e TEEB, 2010a).

Este estudo busca a determinação do custo das externalidades provenientes da atividade pesqueira em usinas hidrelétricas, com o objetivo de incluir esses valores de forma fundamentada e adequada no estudo de viabilidade econômica e financeira do projeto, a fim de verificar sua real viabilidade, determinando o custo real da energia gerada por essa fonte.

Todavia, o presente trabalho limita-se a valoração da perda na atividade pesqueira, escolhida dentre as inúmeras externalidades, por ser a atividade econômica tradicional da região e, praticada por uma grande parcela da população afetada pelas usinas hidrelétricas, a qual tem como único meio de sustento. Ou seja, atividade de suma importância social e com valor não só econômico, mas também simbólico e cultural. Vale ressaltar que não foram feitos estudos relacionados às alterações no ciclo natural do rio e suas mudanças com o barramento, nem das tecnologias de pesca e sua influência na redução do pescado, assim como dos ciclos e rotas de migração dos peixes.

Como hipóteses do trabalho têm-se:

- A implantação das hidrelétricas é causadora da externalidade perda na atividade pesqueira na região afetada?
- O Método de séries temporais é capaz de prever a externalidade perda na atividade pesqueira em usinas hidrelétricas?

Esta pesquisa traz uma grande contribuição social, econômica e científica, uma vez que trata da valoração do custo das externalidades provenientes de uma atividade tradicional da região, que é a atividade pesqueira, em usinas hidrelétricas, de forma fundamentada e adequada.

1.1. OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo são:

1.1.1. GERAL

Desenvolver metodologia para estimativa do valor da externalidade perda na atividade pesqueira em usinas hidrelétricas.

1.1.2. ESPECÍFICOS

- Analisar os modelos de previsão de séries temporais: Sazonal Simples e Aditivo de Winter para a projeção da perda de renda na atividade pesqueira;
- Determinar o valor da externalidade perda na atividade pesqueira nos municípios vizinhos à hidrelétrica para analisar a espacialidade da externalidade;
- Analisar a influência da externalidade perda na atividade pesqueira no custo total da energia gerada pela hidrelétrica.

Este trabalho foi desenvolvido em seis capítulos, assim dividido:

No capítulo 1 buscou-se enfatizar as motivações, os objetivos e as contribuições da pesquisa. No capítulo 2 a fundamentação teórica é apresentada. No capítulo 3 é descrita a metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho. No capítulo 4 é apresentada a área de estudo e suas características. No capítulo 5 são mostrados os resultados e discussões. No capítulo 6 são apresentadas as conclusões da tese e sugestões para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. ENERGIA

2.1.1. ENERGIA HIDRELÉTRICA

Segundo estudo da WORLD ENERGY COUNCIL (2016) a energia hidrelétrica apresenta uma especificidade significativa na produção mundial, representando aproximadamente 16,4% de toda a eletricidade gerada no planeta. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2017a), o Brasil possui 9,1% (360TWh) de participação no mercado mundial de geração de energia hidráulica, atrás apenas da China com 28,4 % (1126 TWh) e muito próximo ao Canadá, com 9,7 % (383TWh). De acordo com o MME (2017b) em 2016, o petróleo foi a principal fonte energética brasileira, participando com 36,5% enquanto que a fonte hidráulica participou com apenas 12,6%, percentual considerado baixo ao se comparar com a quantidade de recurso hídrico disponível no país (Figura 2.1).

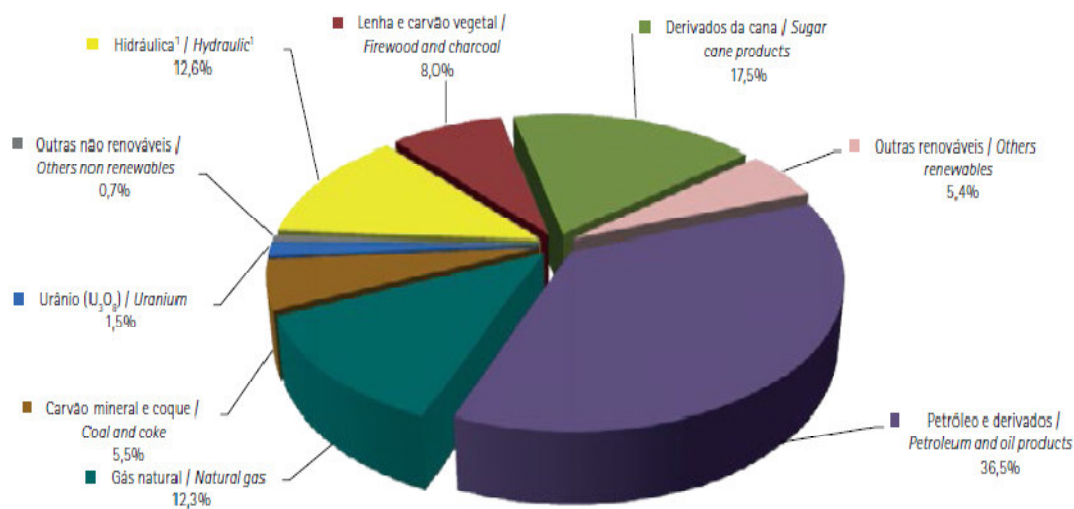


Figura 2.1 – Matriz energética brasileira.

Fonte: MME (2017b).

O setor elétrico, maior usuário da água sem caráter de consumo, mas como modificador do meio ambiente, possui um importante papel no gerenciamento dos recursos hídricos do Brasil. O Estado passou a intervir neste setor diretamente, com a assinatura do Código das Águas de 1934, em vigor até os dias atuais. Também neste período foi criado o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE), órgão federal responsável pela tarifação, organização, controle das concessionárias,

interligação entre as usinas e sistemas elétricos. Hoje em dia, o MME é o principal órgão governamental brasileiro no setor elétrico e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é uma autarquia federal autônoma cuja principal responsabilidade é regular e fiscalizar o setor elétrico segundo a política determinada pelo MME.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética- EPE (MME, 2017b), empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia que tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, a maior oferta hídrica, aliada a expansão da geração eólica, contribuiu para o avanço da participação de renováveis na matriz elétrica. Registrou-se ainda neste período forte queda da geração térmica a base de derivados de petróleo e gás natural. Em 2016, a participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, com pequeno crescimento devido, particularmente, à queda da oferta interna de petróleo e derivados e a expansão da geração hidráulica (Figura 2.2).

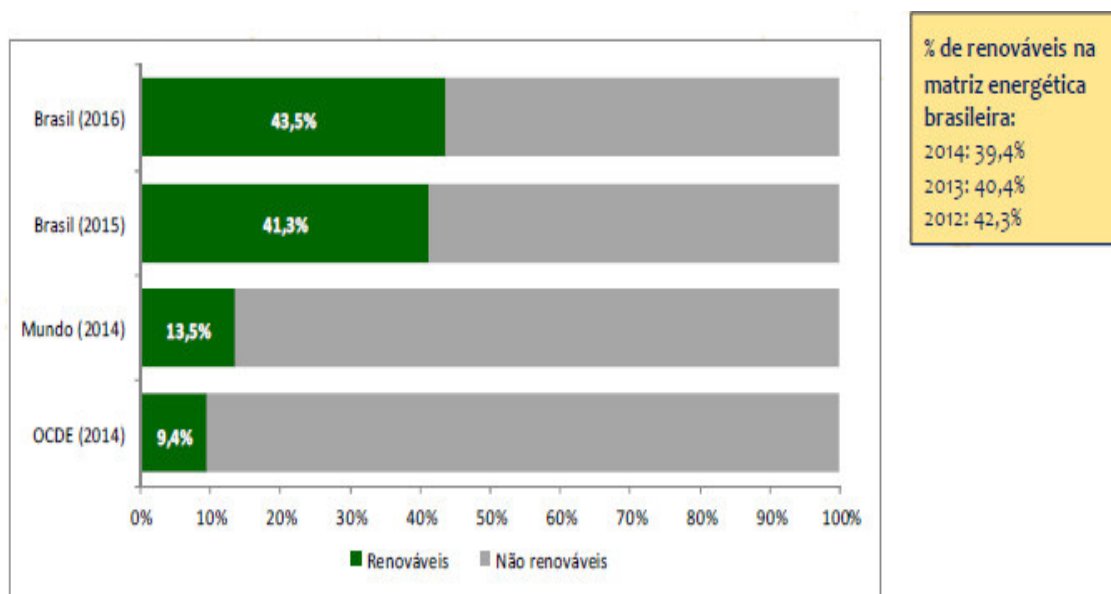


Figura 2.2 – Participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira.

Fonte MME (2017b).

Quando se trata de energia elétrica, segundo ANNEEL (2018), a fonte hidráulica tem a maior participação na geração de energia (77,5%), como se pode observar na Figura 2.3. Em dezembro de 2012 esse percentual era de 86,8% (ANEEL, 2012). Este significativo decréscimo relativo foi causado possivelmente pelas restrições, exigências ambientais e pela expansão na utilização de outras fontes, principalmente a solar e a eólica.

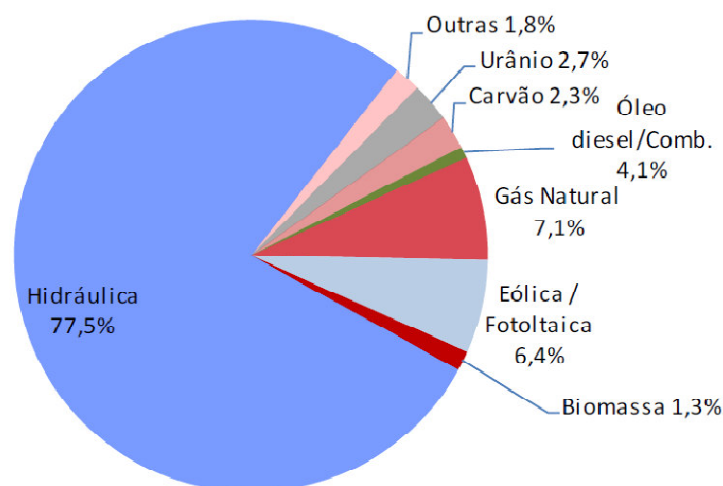


Figura 2.3 - Participação de cada fonte geradora de energia elétrica.

Fonte: ANEEL (2018).

Na Região Norte, diferentemente do comportamento do Brasil, a participação da fonte hidráulica cresce a cada ano, sendo em dezembro/2018 igual a 85,58% (Figura 2.4). Isso ocorre devido ao país ter um grande potencial hídrico remanescente localizado na Região Amazônica e a maior expansão da geração hidrelétrica ainda ocorrer nesta região, onde já se encontram os projetos de maior porte hídrico do país.

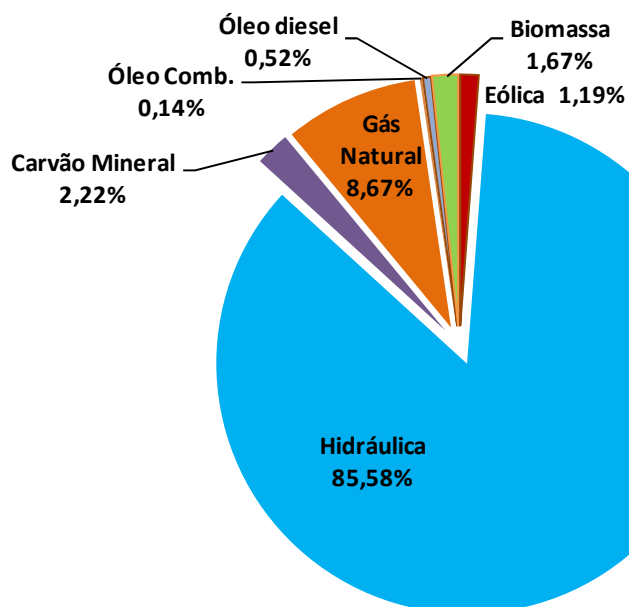


Figura 2.4 - Participação de cada fonte geradora de energia elétrica na Região Norte do Brasil.

Fonte: Monitor Elétrico. <<http://monitoreletrico.seeg.eco.br/>>.

O tipo de unidade geradora que mais aproveita o potencial hidrelétrico brasileiro são as usinas hidrelétricas (Figura 2.5).

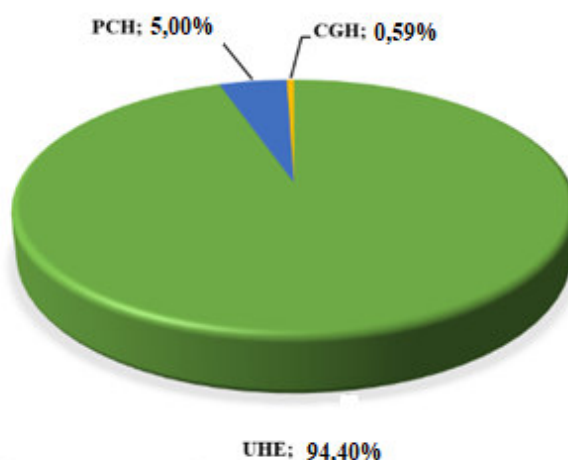


Figura 2.5 - Participação por tipo na geração hidrelétrica brasileira.

Fonte: CRUZ (2018).

No Brasil, além de ser um vetor no desenvolvimento da economia, a energia hidrelétrica desempenha papel importante na integração e no desenvolvimento de regiões distantes dos grandes centros urbanos e industriais. Segundo a ANEEL (2018), o país possui no total 7.144 empreendimentos em operação, totalizando 160.799.166 kW de potência instalada, sendo 218 UHE's (potência outorgada de 101.892.288 kW). Está prevista para os próximos anos uma adição de 20.194.546 kW na capacidade de geração do país, proveniente dos 209 empreendimentos atualmente em construção e, mais 395 empreendimentos com construção não iniciada.

A Agência Nacional de Águas (ANA, 2011), autarquia federal, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos brasileiros, cita que a Amazônia é conhecida mundialmente por sua disponibilidade hídrica e pela quantidade de ecossistemas, como matas de terra firme, florestas inundadas, várzeas, igapós, campos abertos e cerrados. Abriga, ainda, uma infinidade de espécies vegetais e animais: 1,5 milhão de espécies vegetais catalogadas, 3 mil espécies de peixes, 950 tipos de pássaros, e ainda insetos, répteis, anfíbios e mamíferos. Ainda segundo a mesma fonte, a bacia do rio Amazonas é constituída pela mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, ocupando uma área total da ordem de 6.110.000 km², desde suas nascentes nos Andes Peruanos até sua foz no oceano Atlântico (na região norte do Brasil). Esta bacia continental estende-se sobre vários países da América do Sul: Brasil (63%), Peru (17%), Bolívia (11%), Colômbia (5,8%), Equador (2,2%), Venezuela (0,7%) e

Guiana (0,2%).

2.1.2. POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO

Entende-se por potencial hidrelétrico, o potencial possível de ser técnica e economicamente aproveitado nas condições atuais de tecnologia. O potencial hidrelétrico é medido em termos de energia firme, que é a geração máxima contínua na hipótese de repetição futura do período hidrológico crítico, sendo que o potencial hidrelétrico inventariado compreende as usinas em operação ou construção e os aproveitamentos disponíveis estudados nos níveis de inventário, viabilidade e projeto básico.

O potencial hidrelétrico brasileiro foi estimado pelo SIPOT (2017) em aproximadamente 246 GW, sendo cerca de 40% localizado na Bacia do Rio Amazonas (Tabela 2.1). Vale destacar o valor elevado do potencial estimado para a região Norte, sendo o maior para o Estado do Pará (Figura 2.6).

Tabela 2.1 - Potencial Hidrelétrico Brasileiro por Bacia Hidrográfica (em GW).

BACIA	ESTIMADO	INVENTÁRIO	VIABILIDADE	PROJETO BÁSICO	CONSTRUÇÃO	OPERAÇÃO	TOTAL GERAL
Rio Amazonas	30.595	38.580	774	948	794	23.213	94.905
Rio Tocantins	1.875	8.077	3.738	120	0	13.250	27.060
Atlântico Norte e Nordeste	707	871	466	50	0	812	2.905
Rio São Francisco	1.561	3.895	6.140	234	0	10.786	22.616
Atlântico Leste	1.423	5.796	665	811	54	5.424	14.172
Rio Paraná	5.107	9.563	1.889	2.206	400	43.538	62.704
Rio Uruguai	342	4.097	292	432	152	6.406	11.720
Atlântico Sudeste	2.031	1.857	2.218	326	5	3.793	10.231
Totais	43.640	72.737	16.181	5.127	1.405	107.223	246.313

Fonte: Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro. SIPOT (2017).

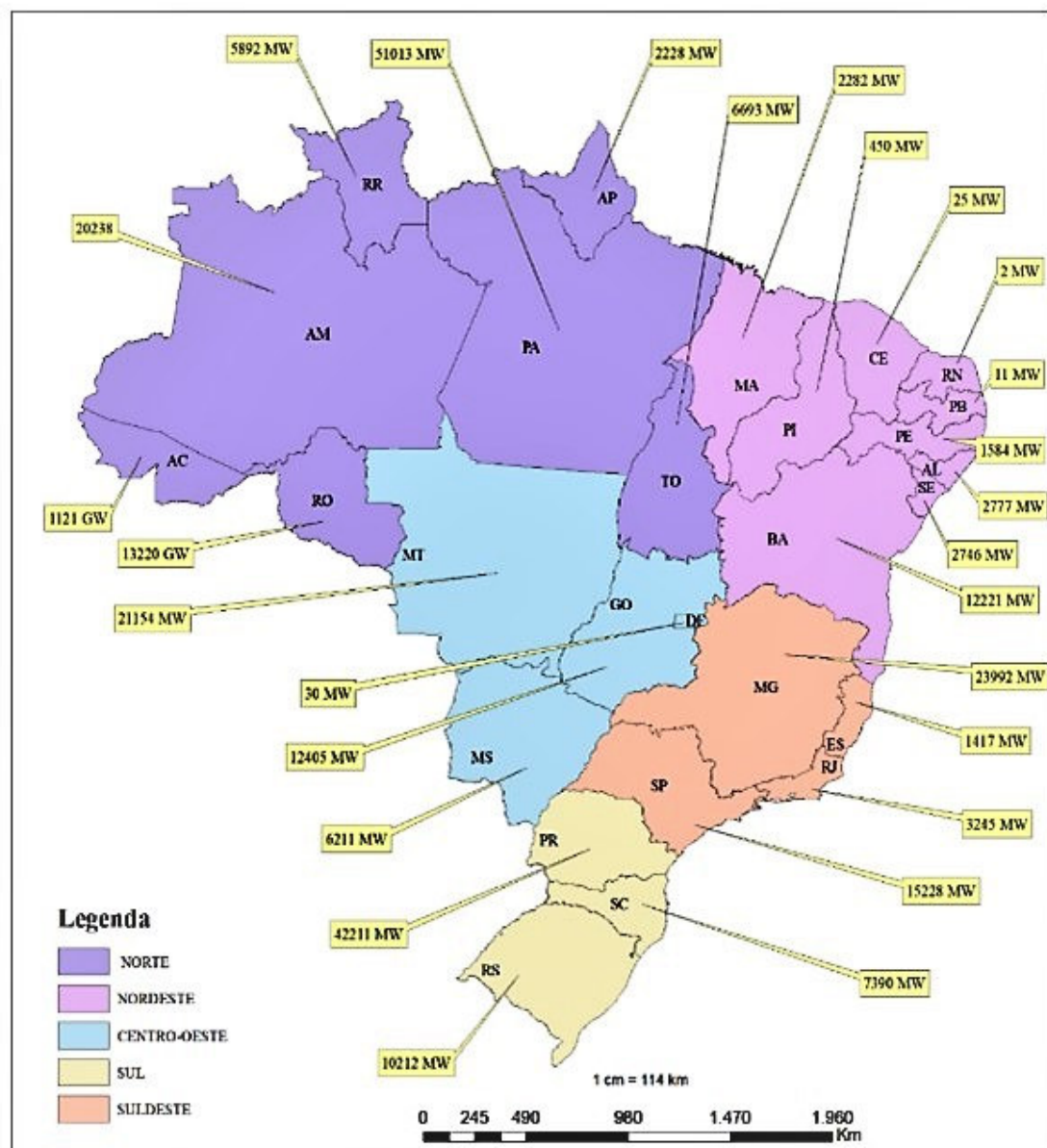


Figura 2.6 - Potencial hidrelétrico por Estado.

Fonte: Adaptada de CRUZ (2018).

A região Norte é a que tem a menor quantidade de unidades em operação (UHE, PCH e CGH) em relação às regiões Sul, Sudeste, Centro-oeste e Nordeste (Figura 2.7).

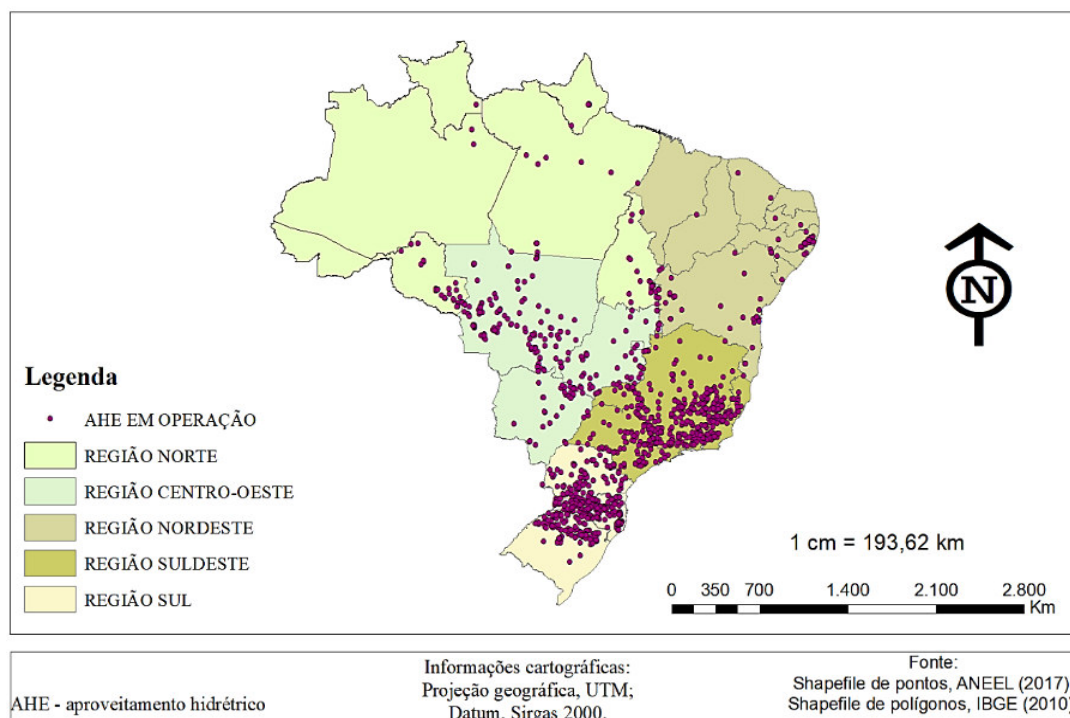


Figura 2.7 – Aproveitamento hidrelétrico brasileiro.

Fonte: CRUZ (2018).

Contudo, dentro deste cenário, a região Norte apresenta o maior potencial hidrelétrico (100.405 MW), com 17 UHE's, entre elas, Tucuruí e Belo Monte que são as duas maiores hidrelétricas genuinamente brasileiras e estão entre as dez maiores do mundo. Além de possuir 37 PCH's e 23 CGH's em operação, conforme apresentado na Figura 2.8. Entretanto, são explorados (31.735,45 MW), ou seja, 31,6 % do que poderia ser utilizado. Portanto, para a região explorar todo o seu potencial, estão previstas instalações de mais 53 UHE's, 87 PCH's e 26 CGH's. A Figura 2.9 apresenta os locais onde estão previstas as instalações das novas unidades geradoras hidrelétricas.

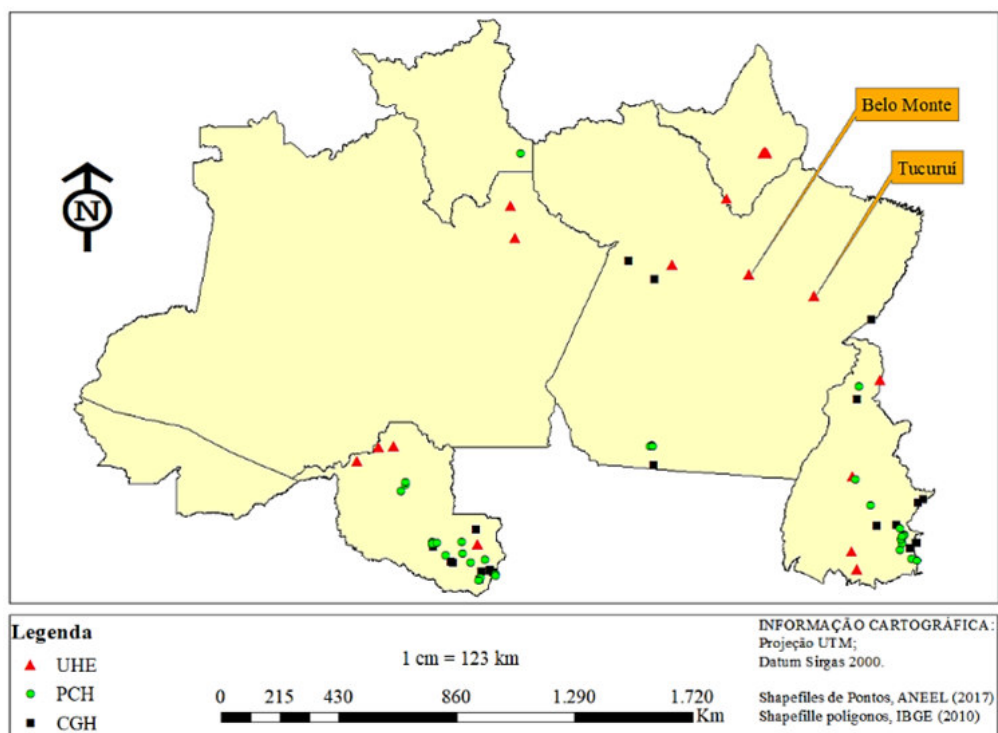


Figura 2.8 - Potencial instalado na Região Norte.

Fonte: CRUZ (2018).

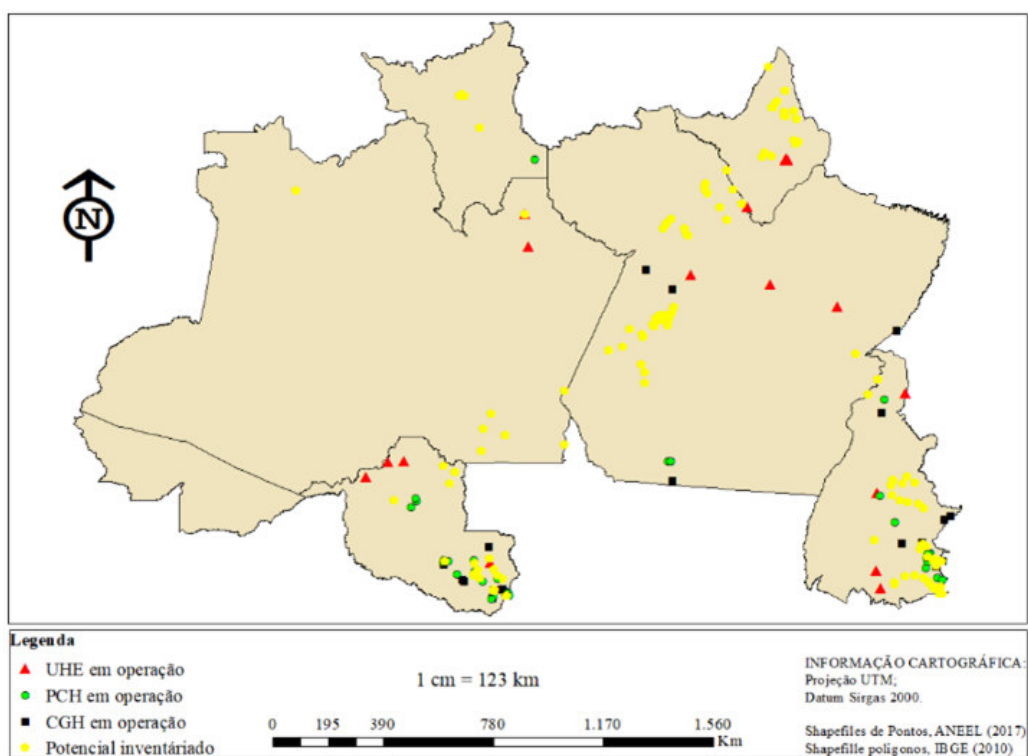


Figura 2.9 - Locais onde serão instaladas novas unidades geradoras.

Fonte: CRUZ (2018).

2.1.3. CONSUMO FINAL DE ENERGIA

Em 2016, a estrutura de consumo final de energia do Brasil, a produção industrial, transporte de carga e mobilidade das pessoas, responderam por aproximadamente 65,4% do consumo de energia do país, com queda de 0,69% em relação a 2015 (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 – Consumo Final de energia por setor (%).

IDENTIFICAÇÃO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Consumo Final Não - Energético	6,6	6,5	6,8	7,3	6,8	6,7	6,3	6,0	5,8	5,8
Consumo Final Energético	93,4	93,5	93,2	92,7	93,2	93,3	93,7	94,0	94,2	94,2
Setor Energético	9,8	10,9	10,8	10,1	9,0	9,0	10,0	10,3	10,6	10,3
Residencial	10,3	10,1	10,5	9,8	9,5	9,4	9,1	9,3	9,5	9,7
Comercial	2,8	2,7	2,9	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3
Público	1,7	1,6	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,6
Agropecuário	4,2	4,4	4,3	4,2	4,1	4,4	4,1	4,2	4,4	4,0
Transportes	27	27,8	28,6	28,9	30,1	31,2	32,0	32,4	32,2	32,4
Industrial	37,7	36,1	34,5	35,5	36,1	35,1	33,9	32,8	32,6	33,0

Fonte: Adaptado de MME (2017b).

Segundo o MME (2017c), em 2016, o Brasil reduziu significativamente o seu patamar de dependência externa de energia para 2,1%, contra os 7,4% de 2015 e os 12,7% em 2014. O indicador foi influenciado por fortes aumentos nas produções de petróleo e gás natural, combinadas com recuo na demanda de derivados. Assim, a dependência externa de energia ficou perto de 6,3 Mtep, menos de 1/3 do montante de 2015. Na área de petróleo e derivados, o Brasil passou a ter superávit de 19,4% da demanda de 2016 (superávit de 9,7% em 2015 e déficit de 4,9% em 2014).

2.2. EXTERNALIDADE

2.2.1. CONCEITO

A palavra Externalidade, segundo o dicionário Novo Aurélio Século XXI (FERREIRA, 1999), é um fenômeno externo a uma empresa ou indústria que cause aumento ou diminuição no seu custo de produção, sem que haja transação monetária, não implicando em modificações estruturais que repercutam nos custos de produção e, portanto, na produtividade. Segundo VATN e BROMLEY (1997), o primeiro

conceito para externalidade que consta na literatura foi proposto por Arthur C. Pigou em 1920, também conhecida como taxa pigouviana, que trata basicamente da intervenção de uma entidade reguladora estabelecendo uma taxa ou imposto que poderia corrigir as distorções geradas pela externalidade. O segundo conceito foi proposto por Ronald Coase, em 1960, e, é baseado na negociação entre agentes, que, em um contexto de ausência de custos de transação e perfeita definição de direitos de propriedade, levaria a um resultado ótimo para os agentes envolvidos.

Porém, na proposta de Pigou, é afirmado que a empresa cobre o custo social que gera, pagando um imposto sobre a externalidade, e, como saber se este valor é correto, justo e compatível com o custo real. Já segundo Coase, qualquer que seja a distribuição inicial dos direitos, as partes interessadas sempre podem chegar a um acordo em que todos fiquem numa situação melhor e o resultado seja eficiente. Entretanto, esta solução raramente pode funcionar, já que as partes podem ter dificuldades para chegar a um acordo mutuamente benéfico.

Há vários estudos nacionais e internacionais sobre Externalidade.

A Comunidade Européia criou em 1991 uma metodologia para estimar as externalidades de diversas opções de geração elétrica, chamada ExternE – *Externalities of Energy*, com objetivo de transformar esses impactos em valores monetários e discutir como esses custos (ou valores) poderiam ser usados como base das políticas ambientais para a promoção de energias limpas (ALVES e UTURBEY, 2010).

No Brasil, o Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico - COMASE criou, em meados de 1991, o Grupo de Trabalho Custos Ambientais, que junto com o manual publicado por SEROA DA MOTTA (1997), resulta em uma publicação da ELETROBRÁS (2000) sobre as metodologias de valoração das externalidades a serem praticadas pelo setor elétrico brasileiro, as quais permitem internalizar os custos de degradação no planejamento do setor elétrico (TOLMASQUIM *et al.*, 2001). Na Tabela 2.3 estão alguns conceitos de externalidade encontrados na literatura.

Tabela 2.3 - Conceitos de Externalidade.

AUTOR	CONCEITO
SODERHOLM e SUNDQVIST (2003)	Benefício ou custo diretamente concedido ou imposto por um agente às ações de outro agente.
ROTH e AMBS (2004)	Benefícios ou custos, gerados por subproduto de uma atividade econômica, que não acumulam para as partes envolvidas na atividade.
SUNDQVIST (2004)	Custo externo ou benefício, normalmente definido como um efeito colateral inestimável, não intencional e não compensado das ações de um agente (no nosso caso, a produção de eletricidade), que afeta diretamente o bem-estar de outro agente.
HERNÁNDEZ-SANCHO <i>et al.</i> (2010)	Qualquer consequência (positiva ou negativa, intencional ou aleatória) que deriva de um projeto.
TEEB (2010b)	Consequência de uma ação que afeta outras pessoas além do agente que executou a ação, e pelo qual o agente não é compensado e nem penalizado pelo mercado.
GUNAWARDENA (2010)	Ineficiências que surgem quando alguns dos benefícios ou custos de uma ação são externos à decisão do autor, ou seja, alguns dos benefícios revertem a favor, ou alguns dos custos são impostos aos indivíduos que não desempenham qualquer papel na decisão.
MASSOLI (2013)	Custos ou benefícios que não são incluídos nos preços e considerados como custos externos ou custos ambientais, todavia são pagos pela sociedade de forma indireta, pela degradação ambiental, problemas de saúde e outros.
NGUYEN <i>et al.</i> (2016)	Transação entre dois agentes econômicos, que afeta um terceiro agente não participante, sem qualquer pagamento ou compensação.
ZHENG <i>et al.</i> (2016)	Custo ou benefício inesperado provocado por um corpo (por exemplo, projeto ou ação) para os outros ou efeitos que não podem ser totalmente explicados através de preços ou negociação no mercado.

Portanto, externalidade, segundo a maioria dos autores pesquisados, pode ser

entendida como um custo econômico externo, ou um impacto (positivo ou negativo), com efeito colateral não estimado, não intencional, que acabam sendo pagos ou absorvidos pela sociedade de forma indireta e que surgem devido aos aspectos ambientais, sociais e econômicos presentes na geração de energia elétrica e que não estão previstos na concepção do projeto. Ou seja, internalizar as externalidades significa prever e considerar esses custos na fase inicial do projeto e em seu estudo de viabilidade econômica.

É muito importante elencar e mensurar essas externalidades, pois nos projetos de geração de energia elétrica, na maioria dos casos, o valor dos custos ambientais, sociais e econômicos não é incluído no custo total do projeto. São considerados os custos de capital, de combustível, de operação e manutenção, entre outros. Assim, os custos de geração acabam sendo inferiores aos custos reais para produção de eletricidade. Algumas vezes, somente são apontados os custos ambientais que se limitam àqueles necessários para atender as legislações ambientais.

2.2.2. EXTERNALIDADES EM USINAS HIDRELÉTRICAS

BERCHIN *et al.* (2015), MORIMOTO (2013) e VON SPERLING (2012) identificam que podem ser observadas, nas usinas hidrelétricas, as seguintes externalidades: perdas das atividades econômicas da população afetada, da biodiversidade, e, paisagens, de áreas indígenas, aparecimento de doenças e endemias, perda de recursos minerais, problemas sociais como desemprego/subemprego, prostituição, criminalidade, deslocamento/migração intensa e não planejada da população, ensejando mais assentamentos informais (favelas), agravando questões de infraestrutura urbana, entre outras.

Segundo MAGILLIGANA e NISLOW (2005), as barragens interceptam o fluxo natural do rio e causam profundas modificações hidrológicas nos sistemas fluviais como um todo, tanto a jusante como a montante. As alterações mais evidentes são as variações nas vazões e velocidades de fluxo, as alterações na quantidade, tipo e granulometria dos sedimentos transportados, alterações nas formas dos canais, dos ciclos de reprodução e migração dos peixes.

Os planejadores de energia do Brasil preferem a energia hidrelétrica em detrimento de alternativas como energia eólica ou solar, porque é considerada a opção mais barata e mais confiável, embora com uma dependência crescente de energia térmica, mais cara, como reserva em épocas de chuvas insuficientes (PRADO *et al.*, 2016). A tomada de decisão sobre barragens considera essencialmente apenas

as despesas monetárias incorridas pelos proponentes, ignorando os custos como a perda de biodiversidade e os impactos sobre as populações humanas locais (FEARNSIDE, 2015).

Segundo LEES *et al.* (2016), além da degradação dos habitats da biodiversidade, deslocamento de populações (incluindo inundação de territórios indígenas), emissões de gases de efeito estufa, os efeitos indiretos após a construção da barragem têm o potencial de afetar profundamente a biodiversidade regional. Uma vez que ao término dos contratos de construção, os trabalhadores da construção civil, subitamente desempregados, muitas vezes se juntam a outros migrantes e recorrem a atividades de exploração, como o desmatamento ilegal. Além de gerarem problemas sociais como aparecimento de doenças, pobreza, prostituição, criminalidade etc.

Um exemplo de grande impacto em empreendimentos em usinas hidrelétricas foi observado na Usina Hidrelétrica de Tucuruí-PA (ANEEL, 2002). Este estudo mostrou que por falta de uma legislação ambiental, o desrespeito à legislação vigente e a ausência de dados sobre a região, a UHE provocou uma série de impactos, esperados ou não, como: isolamento de população ribeirinha após o enchimento do reservatório; ocupação irregular e desordenada; conflito pelo uso da água; ausência de infraestrutura; proliferação intensa de mosquitos; intensificação da atividade madeireira predatória; perdas de zonas de pesca a jusante do barramento; aparecimento de grandes cardumes a montante; enorme mortandade de animais com o enchimento do reservatório; emissão de gases de efeito estufa a partir da superfície do lago; reassentamento em áreas impróprias para a agricultura; alto índice de abandono de lotes e de comercialização dos mesmos; pressão na estrutura fundiária local; destruição das relações sociais das comunidades indígenas na região; suprimimento de energia seletivo, sem atendimento à população atingida; mudanças da estrutura produtiva agroextrativista para industrial; oferta de empregos aquém da mão-de-obra atraída para a região; conflito entre pesca artesanal e comercial, etc.

Segundo a ELETRONORTE (2002a), na elaboração do Estudo de Viabilidade Econômica da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, foram consideradas as ações socioambientais propostas nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), consolidadas a partir de 14 Planos, 53 Programas e 58 Projetos, e contemplados no orçamento elaborado pela Eletrobrás. Os planos são: Plano de Gestão Ambiental; Plano Ambiental de Construção; Plano de Acompanhamento Geológico/Geotécnico e de Recursos Minerais; Plano de Gestão de Recursos Hídricos; Plano de Conservação dos Ecossistemas Terrestres; Plano de Conservação dos Ecossistemas Aquáticos; Plano de Atendimento à População Atingida; Plano de Requalificação Urbana; Plano

de Articulação Institucional; Plano de Relacionamento com a População; Plano de Valorização do Patrimônio; Plano de Saúde Pública; Plano de Gerenciamento Integrado da Volta Grande do rio Xingu; Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno dos Reservatórios Artificiais.

Segundo ISAAC (2008), entre as externalidades previstas para Belo Monte, pode-se citar a perda da atividade pesqueira local que poderá ocorrer devido à diminuição e desaparecimento de alguns grupos de espécies endêmicas principalmente na região do reservatório e na Volta Grande do Xingu. São 450 espécies de peixes que ocorrem nesta bacia hidrográfica, onde pelo menos 44 (aproximadamente 10%) são consideradas endêmicas, um terço das quais estão sob risco de extinção direta. Ainda segundo a mesma fonte, com as mudanças nos regimes hidrológicos, outras espécies poderão desaparecer de certos trechos do rio, por falta de condições ecológicas, devido à perda de habitat, como é o caso da maior parte dos Characiformes migradores (como o Matrinxã, o Tambaqui e o Jaraqui), havendo ainda aumento de predadores oportunistas (como o Tucunaré e a Pescada) em detrimento de migradores herbívoros ou detritívoros (como o Pacu e o Curimatã).

2.3. MÉTODOS DE VALORAÇÃO DAS EXTERNALIDADES

No Brasil, apesar da expansão do uso das energias eólica e solar, a opção hidrelétrica também é vista como uma alternativa para a expansão do sistema elétrico. Logo, tornam-se necessários estudos que não somente efetuem uma avaliação do potencial hidrelétrico brasileiro, no que diz respeito à capacidade de geração de energia elétrica, mas que também considerem e mensurem as externalidades provenientes dos aspectos ambientais, sociais e econômicos.

É imprescindível a determinação do valor das externalidades, entendendo que este valor não depende nem da quantidade de energia gerada/produzida, nem dos custos de geração, nem da tarifa de energia, e sim, das características e peculiaridades de cada localidade. Ou seja, não pode ser considerado/estimado um valor fixo (\$/MW) para qualquer empreendimento hidrelétrico, pois o mesmo deve ser determinado para cada local, levando em consideração suas características.

A biodiversidade e os serviços associados aos ecossistemas não podem ser tratados como inesgotáveis ou "bens" gratuitos. Seu verdadeiro valor para a sociedade, bem como os custos de sua perda e degradação precisam ser adequadamente mensurados de forma a aumentar a conscientização através de ações preventivas ou calcular os custos de sua conservação (COSTANZA *et al.*, 1997; COSTANZA *et al.*, 2014; TEEB, 2010a).

Segundo TEEB (2010a) e ABNT (2009), o valor econômico total do recurso ambiental (VET) pode ser dado pela Equação 1.

$$VET = (VUD + VUI + VO) + VE \quad (1)$$

Em que, o Valor de Uso Direto (VUD) se refere aos benefícios derivados dos serviços fornecidos por um ecossistema, que são usados diretamente por um agente econômico. Incluem-se os usos de consumo (ex. bens cultivados) e não consumo (ex. usufruto de beleza cênica). O Valor de Uso Indireto (VUI) refere-se aos benefícios derivados dos bens e serviços fornecidos por um ecossistema, que são utilizados de forma indireta por um agente econômico (ex. a purificação da água filtrada pelos solos). Os Valores de Uso de Opção (VO) representam o valor de ter a opção de usar (ambos diretamente indiretamente) o bem ou serviço do ecossistema no futuro. Os Valores de Existência (VE) ou Valor de Não-Uso existem porque as pessoas obtêm prazer de simplesmente saber que a natureza e seus elementos (por exemplo, uma espécie rara) existem, ou porque eles desejam deixar como herança para as gerações futuras.

Em geral, os valores de uso direto são mais fáceis de estimar, pois geralmente envolvem quantidades definidas de produtos cujos preços podem ser observados em transações de mercado. Porém, medir os valores indiretos e os de não uso costuma ser mais difícil. Primeiro porque as “quantidades” do serviço prestado são difíceis de avaliar, além disso, a maioria dos serviços dos ecossistemas raramente é comercializada diretamente ou considerada pelos mercados econômicos (RESSURREIÇÃO, 2013).

O TEEB (2010a) classifica os métodos de valoração de acordo com o tipo de abordagem, conforme a Figura 2.9.

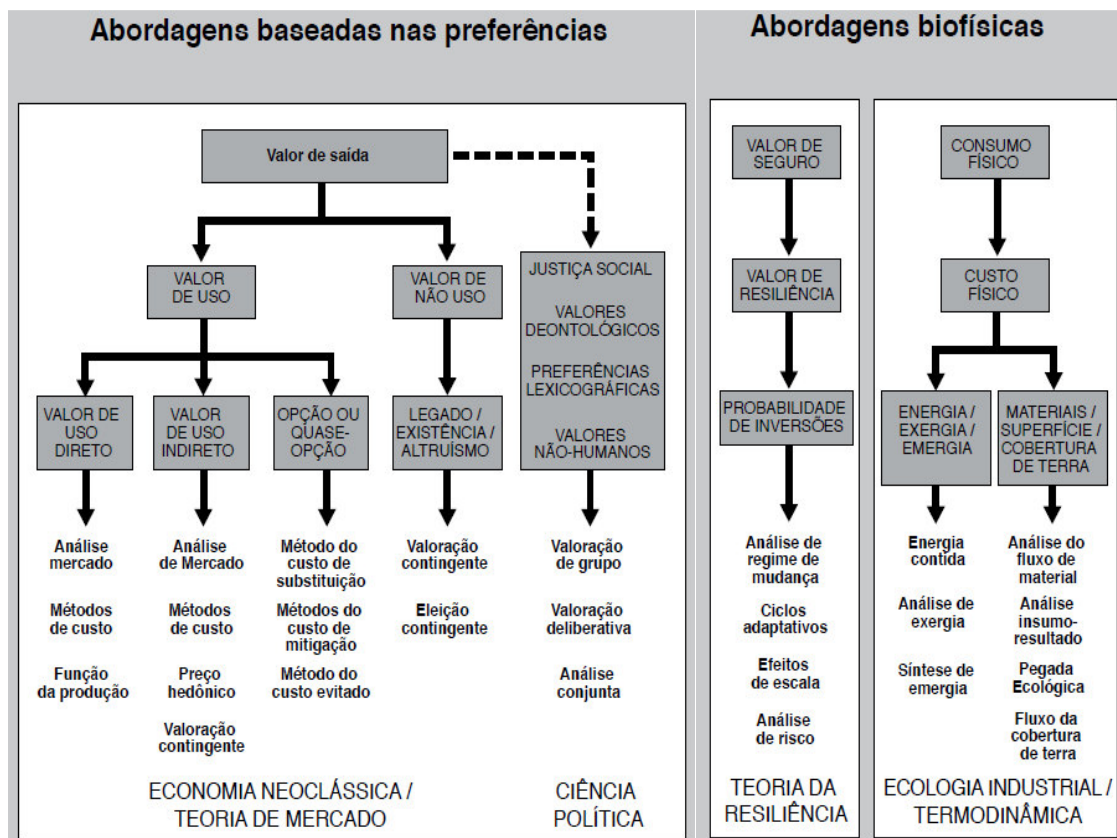


Figura 2.9 - Estimativa de valores.

Fonte: Adaptado de TEEB (2010a).

Os métodos de valoração também podem ser classificados em métodos da função de produção e métodos da função de demanda (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Resumo dos Métodos de Valoração dos Recursos Ambientais.

<u>Métodos Indiretos</u>	<u>Métodos Diretos</u>
São aplicados quando a produção ou o consumo de um bem ou serviço privado for afetado pela variação da quantidade e/ou qualidade de bens e serviços ambientais.	Buscam obter o valor do recurso ambiental, captando as preferências das pessoas por meio de mercados hipotéticos ou mercados de bens complementares.
1. Método da produtividade marginal: O método da produtividade marginal atribui um valor ao uso de um recurso ambiental relacionando a quantidade ou qualidade do recurso ambiental diretamente com a produção ou o consumo de um bem ou serviço com preço definido no mercado.	1. Métodos de Bens Complementares 1.a. Método de preços hedônicos: Estabelece uma relação entre os atributos de um recurso ambiental associado a um determinado produto e o preço deste no mercado. 1.b.Método de custo de viagem: O valor do recurso ambiental é determinado pelos gastos dos visitantes para se deslocarem ao sítio natural, incluindo transporte, tempo de viagem, taxa de entrada e outros gastos complementares.
2. Método de mercado de bens substitutos: A ideia do método é que a perda da qualidade ou escassez de um bem ou serviço ambiental causa a procura por bens substitutos na tentativa de manter o mesmo nível de bem estar da sociedade. 2.a.Custo de reposição; 2.b.Custo de realocização; 2.c.Custo de prevenção/mitigação; 2.d.Custos de proteção.	2. Método de valoração contingente: O método de valoração contingente estabelece o valor do impacto no nível de bem estar dos indivíduos decorrente de uma variação quantitativa ou qualitativa no nível de um recurso ambiental por meio da mensuração direta da disposição a pagar (DAP) ou da disposição a aceitar (DAA), determinada com base em mercados hipotéticos.

Fonte: ALVES (2009).

Segundo SANDER e HAIGHT (2012), os métodos da função de produção consideram um serviço ecossistêmico como um insumo para a produção de um bem comercializado e seu valor é estimado com base no preço desse bem. Já os métodos da função de demanda assumem que a variação da disponibilidade do recurso

ambiental altera a disposição a pagar ou aceitar dos agentes econômicos em relação àquele recurso ou seu bem privado complementar. Assim, estes métodos estimam diretamente os valores econômicos (preços-sombra) com base em funções de demanda para estes recursos derivados de mercados de bens ou serviços privados complementares ao recurso ambiental ou mercados hipotéticos construídos especificamente para o recurso ambiental em análise.

- O Método da Produtividade Marginal é utilizado para mensurar o impacto no sistema produtivo dado uma variação marginal na provisão do bem ou serviço ambiental, e, a partir desta variação, estima-se o valor econômico de uso do recurso ambiental. Um exemplo de aplicação deste método foi apresentado pela ELETROBRÁS (2000) com intuito de estimar o significado econômico da erosão do solo na ilha de Java na Indonésia.

- O Método de Mercado de Bens Substitutos pode ser considerado como uma variante do método da produtividade marginal. Nele estão inclusos os métodos do custo de reposição, realocização, prevenção e proteção.

O Método do Custo de Oportunidade é um método de função da produção, variante do método de bens e serviços privados substitutos. Esse método indica o custo econômico de oportunidade para manter o recurso natural no seu nível atual (SEROA DA MOTTA 1998). Neste caso, não se valora diretamente o recurso ambiental e sim, o custo de oportunidade em mantê-lo.

O custo de oportunidade foi utilizado para análise de usos da terra no planejamento de conservação, nos trabalhos de SINDEN (2004) e ADAMS *et al.* (2010).

- O Método dos Preços Hedônicos baseia-se na premissa de que alguns bens ou fatores de produção não são homogêneos e podem diferir em uma variedade de atributos ou características. O método tenta calcular um preço para um bem ambiental examinando seu efeito em um bem com preço relevante no mercado. Este método foi utilizado por VANSLEMBROUCK *et al.* (2005) para determinar como as características da paisagem associadas às atividades agrícolas (como prados e pastagem de gado) influenciam positivamente na demanda por turismo rural e têm um impacto positivo no preço que os turistas estão dispostos a pagar pela acomodação rural. Outro trabalho é o de SANDER e HAIGHT (2012), que utilizaram esse método para estimar o valor econômico dos serviços ecossistêmicos culturais (vista, acesso à recreação, cobertura de árvores) em uma área de urbanização no condado de Dakota, Minnesota, EUA.

- O Método do Custo de Viagem pressupõe que os custos de viagem representem o preço que os visitantes têm que pagar para obter acesso a um local.

Portanto, o método utiliza o custo de viajar como uma variável *proxy* para inferir os benefícios fornecidos por um recurso, e, baseia-se no pressuposto de que o preço pago para acessar um local aumenta com o aumento da distância. Um conceito chave é a taxa de visitação, refletindo o número de visitas em relação à população (ARMBRECHT, 2014). Como exemplo, pode-se citar o trabalho de HYNES e HANLEY (2006), que mensuraram as perdas nas atividades de canoagem no rio Roughty devido à construção de uma hidrelétrica na Irlanda.

- O Método do Valor Contingente (MVC) avalia a disposição dos indivíduos em pagar por um cenário. A hipótese básica é que os indivíduos têm preferências que podem ser provocadas pela criação de um mercado hipotético, e suas conclusões podem ser tiradas sobre a utilidade de um produto ou serviço. A medição da disposição a pagar exige declarações de valor dos entrevistados, geralmente por meio de entrevistas face-a-face e pesquisas por correio/telefone/internet. As pesquisas usam perguntas abertas, questões de escolha dicotômicas, jogos de oferta ou modelagem de escolha. As perguntas abertas dão aos entrevistados oportunidade de declarar seu valor máximo de disposição a pagar livremente, enquanto a escolha dicotômica oferece aos entrevistados propostas que podem ser aceitas ou rejeitadas. Os jogos de oferta oferecem valores cada vez maiores ou decrescentes de disposição a pagar, até que uma quantia seja aceita (ARMBRECHT, 2014). O MVC foi utilizado em vários estudos como o de LEE e MJELDE (2007) na Zona Desmilitarizada Coreana (DMZ) para estimar o valor de preservação com o objetivo de ajudar os gestores a resolver questões de conservação, desenvolvimento sustentável e apoio financeiro público e de ADAMU *et al.* (2015) para determinar a disposição dos turistas a pagar pela conservação na reserva de caça de Yankari na Nigéria.

Na literatura existem diversos trabalhos sobre valoração de externalidades devido à implantação de hidrelétricas, sendo que alguns utilizam os métodos de valoração consagrados pela literatura e acima abordados, e outros, valoram as externalidades de forma empírica, ou seja, não fundamentada metodologicamente. Dentre os trabalhos pode-se destacar:

REIS (2001) que quantificou os impactos associados à geração de energia elétrica em hidrelétricas nos estados de Goiás e Minas Gerais (Brasil), utilizando os métodos: de valoração contingente, produtividade marginal, custo de viagem e preços hedônicos. ALMEIDA *et al.* (2005) que fez um estudo sobre os impactos associados às usinas hidrelétricas localizadas em Portugal, utilizando como método uma função global. GUNAWARDENA (2010) que calculou as perdas ambientais relacionadas ao desvio do rio Kelani, perdas de desportos aquáticos, entre outras no Sri Lanka, utilizando método de valoração contingente. SOUSA JÚNIOR e REID (2010) que

determinaram diversas externalidades de forma empírica, como as perdas anuais com a pesca, perda na qualidade da água, inundação das florestas, entre outras, na região da UHE Belo Monte (Brasil). ALVES e UTURBEY (2010) que demonstraram a importância de incluir os custos com a degradação ambiental, impactos na saúde e emissão de gases no planejamento de longo prazo do setor elétrico brasileiro. PONCE *et al.* (2011) que determinaram as perdas na paisagem devido a inundações por usinas hidrelétricas no Chile, utilizando o método de valoração contingente. STREIMIKIENE e ALISAUSKAITE-SESKIENE (2014) que mensuraram os custos com os impactos na saúde humana, perda de cultura, perda de biodiversidade e o aquecimento global provocados por hidrelétricas na Lituânia, utilizando a metodologia ExternE (*Externalities of Energy*). BERCHIN *et al.* (2015) que citaram os impactos e investigaram a capacidade de mitigação dos efeitos negativos e necessidade de cálculo das externalidades na UHE Belo Monte, no estado do Pará (Brasil). ZHENG *et al.* (2016) mensuraram as externalidades para projetos hidrelétricos e utilizaram como método os fatores de entradas e saídas na Hidrelétrica Três Gargantas na China.

3. METODOLOGIA

A mensuração das externalidades é de suma importância para se determinar a viabilidade de um empreendimento, já que o estudo de viabilidade de qualquer fonte de energia deve contemplar receitas, custos operacionais, depreciação, manutenção e seguros; impostos e taxas, e, principalmente, os custos com as externalidades, além dos investimentos (obras civis, máquinas, equipamentos e instalações), distribuídos em um horizonte de tempo compatível com a vida útil do empreendimento, aplicando uma taxa de atratividade pré-determinada de acordo com o mercado.

O sistema de apoio à decisão (*Decision Support System* - DSS) apresenta um *hub* de fontes de energia (Figura 3.1). Sendo escolhida a fonte Hídrica para a produção de energia via Usinas Hidrelétricas para análise das externalidades.

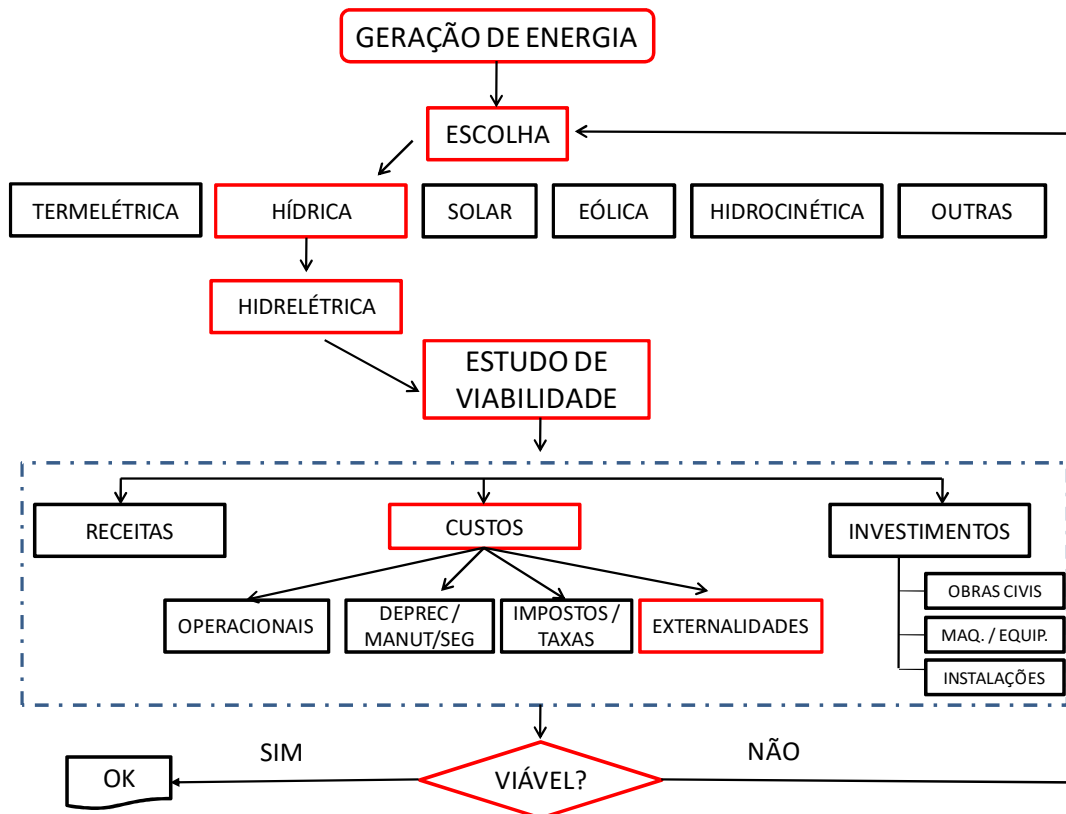


Figura 3.1 - Sistema de suporte à decisão para valoração de externalidades de Usinas Hidrelétricas.

Para se calcular o custo com as externalidades, que podem ser ambientais, sociais, econômicas ou outras, se deve, primeiramente, identificá-las, para depois mensurar cada uma delas, utilizando a metodologia de cálculo consagrada ou a mais apropriada. Calculando-se o valor de cada externalidade, pode-se, então, caracterizar

o valor (ou custo) real da energia produzida pelo empreendimento, incluindo as externalidades e assim analisar sua real viabilidade. No presente trabalho é demonstrado apenas o cálculo da externalidade Perda na Atividade Pesqueira (Figura 3.2).

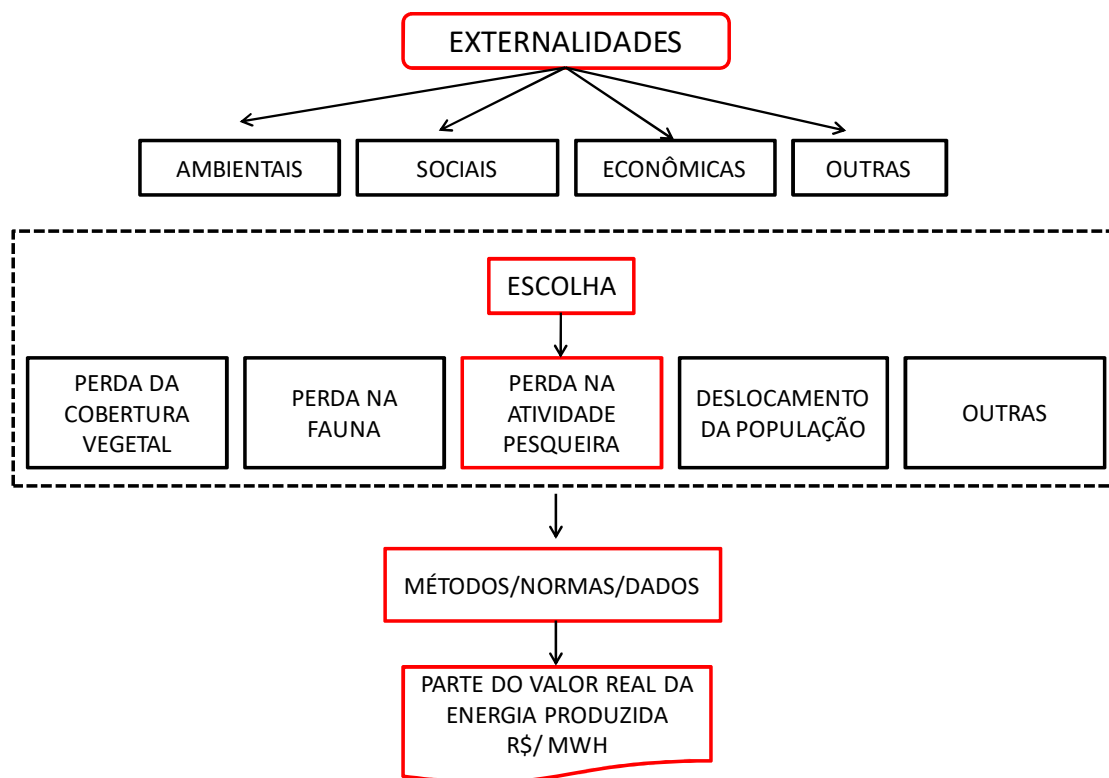


Figura 3.2 – Ramo do DSS da Figura 3.1 explodido para valoração das externalidades com ênfase dada à atividade pesqueira.

Para mensurar o valor da externalidade com a perda da atividade pesqueira, foi utilizado o Método do Custo de Oportunidade, o qual indica o custo econômico de oportunidade para manter o recurso natural. Isto é, a renda sacrificada pelos usuários (ou os que deste recurso utilizam) para manter o recurso em seu nível atual. Nesse caso, deve-se entender atual como o momento de implantação, ou seja, antes do barramento do rio ou início de operação da UHE.

A metodologia proposta não valora diretamente o recurso ambiental e sim, o custo de oportunidade em mantê-lo. A formulação é desenvolvida pelo contexto econômico da atividade que gera a perda da renda, que, no presente estudo, é a atividade pesqueira.

Inicialmente foi feita uma análise de correlação dos dados com o objetivo de se avaliar o grau de relacionamento entre eles e descobrir com precisão, o quanto um

dado interfere no resultado de outro.

Para isso, foi calculado o coeficiente de correlação de *Pearson*. Este coeficiente pode variar em termos de valor de -1 a +1. Para COHEN (1988), os valores entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 como médios; e valores entre 0,50 e 1 interpretados como grandes. DANCEY e REIDY (2005) apontam para uma classificação ligeiramente diferente: 0,10 até 0,30 (fraco); 0,40 até 0,6 (moderado); 0,70 até 1 (forte). Independente dos intervalos, quanto maior for o valor absoluto do coeficiente, mais forte é a relação entre as variáveis, e, quanto mais próxima de zero, indica que não há relação entre as duas variáveis. Quando o coeficiente de correlação aproxima-se de 1, nota-se um aumento no valor de uma variável quando a outra também aumenta, ou seja, há uma relação linear positiva. Quando o coeficiente aproxima-se de -1, também é possível dizer que as variáveis são correlacionadas, mas nesse caso, quando o valor de uma variável aumenta o da outra diminui. Isso é chamado de correlação negativa ou inversa.

Para mensurar o valor da externalidade, o primeiro passo foi calcular a receita média mensal de um pescador (Equação 2).

$$\bar{R} = (\bar{Pr} \times \bar{P}) \times 25 \quad (2)$$

Em que $\bar{Pr}$ é a produtividade média mensal de pesca (kg x pescador⁻¹x dia⁻¹); e $\bar{P}$ é o preço médio mensal de comercialização do peixe na região da UHE (\$), considerando 25 dias de trabalho efetivo por mês.

Em seguida, são determinados os custos totais médios mensais de pesca, para um pescador na região da UHE (Equação 3).

$$\bar{Ct} = \sum \bar{Cg} + \bar{Ca} + \bar{Cc} + \bar{Ce} + \dots \quad (3)$$

Sendo $\bar{Cgo}$ custo mensal médio com gelo (\$); $\bar{Ca}$ o custo mensal médio com alimentação, $\bar{Cc}$ o custo mensal médio com combustível; e $\bar{Ce}$ o custo mensal médio com embarcação (\$). Com os valores de receitas e custos, a renda média mensal de um pescador é determinada pela Equação 4.

$$Rm = \bar{R} - \bar{Ct} \quad (4)$$

Em que $\bar{R}$ é a receita média mensal de um pescador (\$/mês); e $\bar{Ct}$ são os custos totais médios mensais de pesca para um pescador (\$/mês).

Em seguida, é determinada a perda da renda mensal de um pescador na região da UHE (Equação 5).

$$P = (\sum \overline{Rd} - \sum \overline{Ra})/T \quad (5)$$

Sendo $\sum \overline{Rd}$ a somatória da renda média mensal de um pescador no período posterior ao funcionamento da UHE num tempo T (\$/mês); $\sum \overline{Ra}$ é a somatória da renda média mensal de um pescador no período inicial das obras da UHE, incluindo as previsões (\$/mês); e T é a quantidade de meses considerados anteriormente e posteriormente ao início de funcionamento da UHE (meses). No presente trabalho, esse tempo T é de 25 meses, pois é o período no qual se tem disponibilidade de dados para $\overline{Rd}$.

O cálculo da Externalidade com a perda da atividade pesqueira foi determinado pela Equação 6.

$$E = P \times Q_p \quad (6)$$

Em que P é a perda mensal na renda mensal de um pescador na região da UHE (\$); e Q_p é a quantidade de pescadores afetados pela UHE.

O acréscimo no valor do custo de geração de energia com a inclusão da externalidade (ΔC_E) foi calculado pela Equação 7.

$$\Delta C_E = E/E_G \quad (7)$$

Sendo E a externalidade da perda da atividade pesqueira (\$); e E_G é a energia gerada anualmente pela UHE (MWh).

Porém, para caracterizar quantitativamente as variáveis Produtividade, Preços e Custos Totais Médios Mensais gerados no período e previstas para um tempo T, o presente estudo fez uso de Séries Temporais.

De acordo com PALIT e POPOVIC (2005), uma série temporal pode ser definida como sendo um conjunto de observações discretas realizadas em períodos geralmente equidistantes, que apresentam dependência serial entre si e que tem por principal objetivo permitir a análise da dinâmica do sistema que gerou a série para reproduzi-la ou mesmo prever seus valores futuros.

MOREIRA (2004) afirma que uma série temporal pode ser composta por até quatro componentes distintos sendo que várias dessas componentes podem estar

presentes ao mesmo tempo na caracterização da série. Segundo BOWERMAN et al. (2005) essas componentes são:

- Componentes de Tendência: Confere a série o comportamento de crescer ou decrescer ao longo do tempo.

- Componentes cíclicas: Provocam oscilações de subida e de queda nas séries de forma suave e repetitiva ao longo da componente de tendência. Os ciclos ocorrem durante um longo intervalo de tempo, e os intervalos de tempo entre picos sucessivos ou passagens de um ciclo não são necessariamente os mesmos.

- Componentes sazonais: São padrões de comportamento que se repetem ao longo das observações da série temporal em intervalos regulares de tempo. A principal diferença entre a sazonalidade e o ciclo é que o último não apresenta constância de ocorrência, como a sazonalidade.

- Componente de erro: São variações ocorridas devido a causas não identificadas. Por ocorrerem ao acaso, não podem ser previstas. MOREIRA (2004) afirma ainda que, caso fossem retiradas as três componentes descritas anteriormente, o que restaria seria a componente de erro.

Os métodos de previsão podem ser qualitativos e quantitativos. Os métodos qualitativos também chamados de intuitivos ou subjetivos podem ser tendenciosos devido à incorporação de opiniões de entrevistados ou especialistas. Como exemplo desses métodos, tem-se: Jogo de Representação, Pesquisa de Intenções e Delphi.

Os métodos quantitativos também são chamados de objetivos e utilizam uma grande quantidade de dados e, não são tendenciosos, nem sofrem influências. São classificados em métodos de Séries Temporais e Métodos Causais.

Os Métodos de Séries Temporais utilizam um histórico de dados para a previsão futura. São exemplos de métodos de séries temporais, as Médias Móveis, o Método de Suavização Exponencial e o Box- Jenkins (ARIMA). Os Métodos causais são baseados na análise estatística do comportamento histórico de variáveis que são relacionadas à variável de interesse para a previsão. Como exemplo de Métodos Causais, têm-se as análises de regressão.

Outros métodos que podem ser utilizados são Lógica Difusa, GARCH, Curvas J., Cadeias de Markov, Redes Neurais, entre outros.

A ferramenta computacional utilizada no trabalho para a análise das Séries Temporais foi o software IBM SPSS (*Statistical Package for Social Science for Windows*) de análise estatística de dados, cuja primeira versão é de 1968 e a mais recente mais recente SPSS for Windows 25 (2017) através de modelos que se ajustam às séries temporais e que permitem fazer as previsões com menor erro.

O Método escolhido foi o de Suavização Exponencial e, os modelos utilizados

com o auxílio do software SPSS foram o de Suavização Exponencial: Sazonal Simples (MSS) e Aditivo de Winter (MAW).

O Modelo Sazonal Simples (MSS) é utilizado para uma série sem nenhuma tendência e com um efeito sazonal constante ao longo do tempo (OSTERTAGOVÁ e OSTERTAG, 2012), no qual as previsões são calculadas pela Equação 8.

$$\hat{x}_{t+k} = \alpha x_t + (1 - \alpha) \hat{x}_t \quad (8)$$

Em que α é a constante de suavização; x_t , é o valor observado na série temporal para o tempo t ; e, $\hat{x}_t$ é a previsão feita para o tempo t .

A constante de suavização α pode assumir valores entre 0 e 1. Desta maneira, seleciona-se aleatoriamente um valor inicial para α , a partir do qual as previsões são geradas. Comparam-se os valores previstos com os reais, calcula-se a média do quadrado das diferenças entre os mesmos e, o parâmetro α , que minimiza essa média é utilizado no modelo final. O SPSS determina automaticamente o melhor valor de α .

O Modelo Aditivo de Winter (MAW) é usado em séries temporais com tendência linear e efeito sazonal independente do nível da série (KHALIQ et al., 2015; VEIGA et al., 2014). Neste modelo, a amplitude da variação sazonal é constante ao longo do tempo, ou seja, a diferença entre o maior e o menor valor permanece relativamente constante no tempo.

As previsões são calculadas pela Equação 9.

$$\hat{x}_{t+k} = L_t + kT_t + S_{t-s+k} \quad (9)$$

Sendo L_t a componente de nível; T_t a componente de tendência; S_t a componente de sazonalidade; s o período sazonal; h o horizonte de previsão; e $k = 1, 2, \dots, h$, dados, respectivamente, pelas equações 10, 11 e 12.

$$L_t = \alpha(x_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (10)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (11)$$

$$S_t = \gamma(x_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (12)$$

Em que α com valores no intervalo $(0 < \alpha < 1)$ é a constante de suavização da componente de nível (L_t); β $(0 < \beta < 1)$ é a constante de suavização da componente de

tendência (T_t); e γ ($0 < \gamma < 1$) é a constante de suavização da componente de sazonalidade (S_t). Os valores das constantes de suavização podem ser determinados de forma semelhante à usada no Modelo Sazonal Simples.

De posse dos dados das séries, e, antes da aplicação dos Modelos MSS e MAW, fez-se um estudo das séries temporais a fim de se verificar a existência de *outliers*.

Os *outliers* são dados que se diferenciam muito de todos os outros, são pontos chamados de “fora da curva”, com valor (es) que foge(m) de uma condição dita de normalidade e que pode(m) causar anomalias e mesmo erros nos resultados, principalmente quando se busca identificar e trabalhar com tendências ou previsões. Para a identificação dos *outliers*, foi utilizado o Método *Boxplot* (gráfico de caixa), que é formado pelo primeiro e terceiro quartil e pela mediana. As hastes inferiores e superiores se estendem, respectivamente, do quartil inferior até o menor valor não inferior ao limite inferior e do quartil superior até o maior valor não superior ao limite superior. Os pontos fora destes limites são considerados valores discrepantes (*outliers*).

Além de se identificar os *outliers*, foi realizado o “tratamento” desses pontos “fora da curva”. No trabalho utilizou-se o Método de Clusterização, através do software SPSS, para corrigir/apropriar novos valores aos *outliers*, usando as observações mais próximas com objetivo de verificar quais seriam os melhores valores aproximados.

Foi feito também um estudo para calcular as externalidades para cada uma das localidades próximas a UHE, isoladamente, utilizando a mesma metodologia de cálculo, com as mesmas limitações e considerações, com o objetivo de verificar a influência da localização (espacialidade) no resultado do cálculo da externalidade Perda da Atividade Pesqueira da região.

4. ÁREA DE ESTUDO

4.1. LOCALIZAÇÃO

Nesse trabalho foi realizado um estudo de caso da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, localizada na região Norte do Brasil, no estado do Pará, no Rio Xingu, em uma área denominada de Volta Grande do Rio Xingu (Figura 4.1).

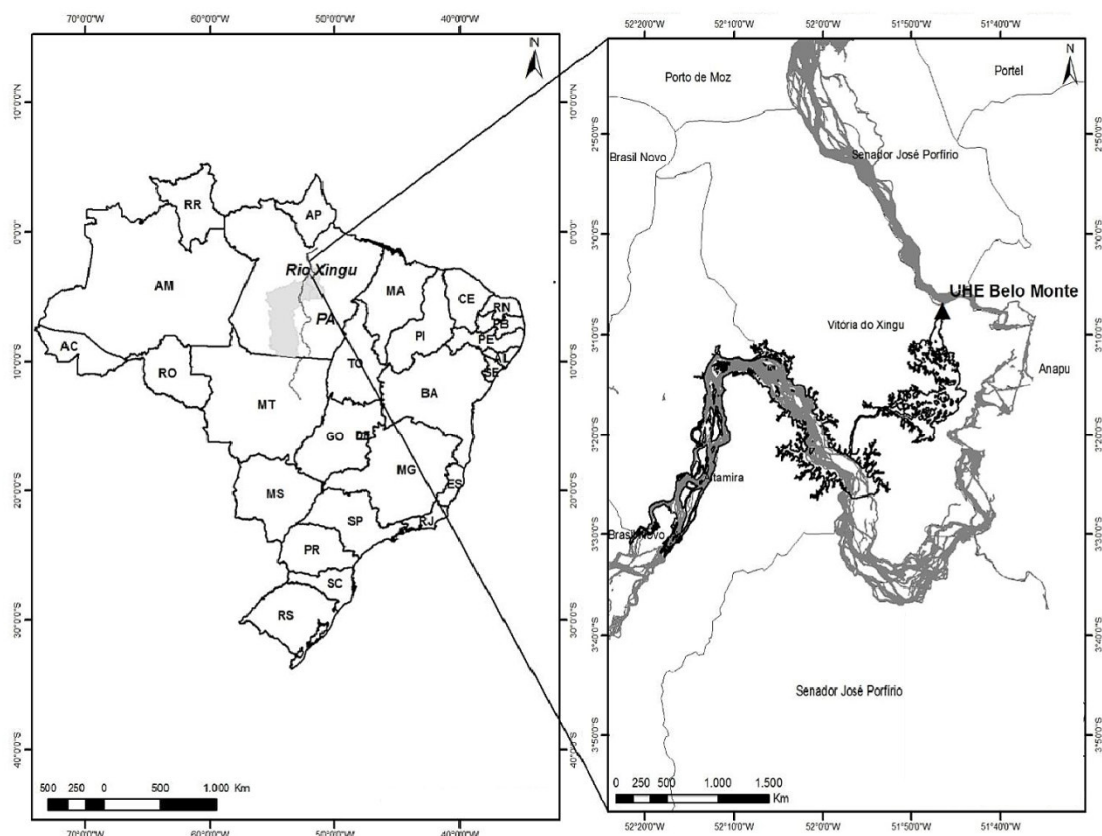


Figura 4.1 - Localização da UHE Belo Monte.

Fonte: Adaptado de Lessa (2016).

Cerca de 40% do potencial hidrelétrico brasileiro situa-se na Bacia Hidrográfica do rio Amazonas. O Rio Xingu é um dos principais afluentes à margem direita do Amazonas, e, possui 1600 km de extensão, com sua bacia hidrográfica compreendendo uma área total de aproximadamente 531.000 km², equivalente a 24,5% da área do estado do Pará. Sua nascente localiza-se na cidade de Chapada dos Guimarães, no Mato Grosso, perto de Cuiabá. Até se juntar ao rio Sete de Setembro, o rio Xingu é chamado de Culunense, e seus principais afluentes são os rios Suia-Miçu, Liberdade, Fresco e Bacajá, pela margem direita, e Manaçuá-Miçu, Iriri, Ronuro e Curuá, pela margem esquerda.

A Figura 4.2 mostra a localização dos reservatórios, canais de derivação, os trechos de escoamento e/ou navegação do Rio Xingu, assim como o trecho de vazão reduzida (TVR).

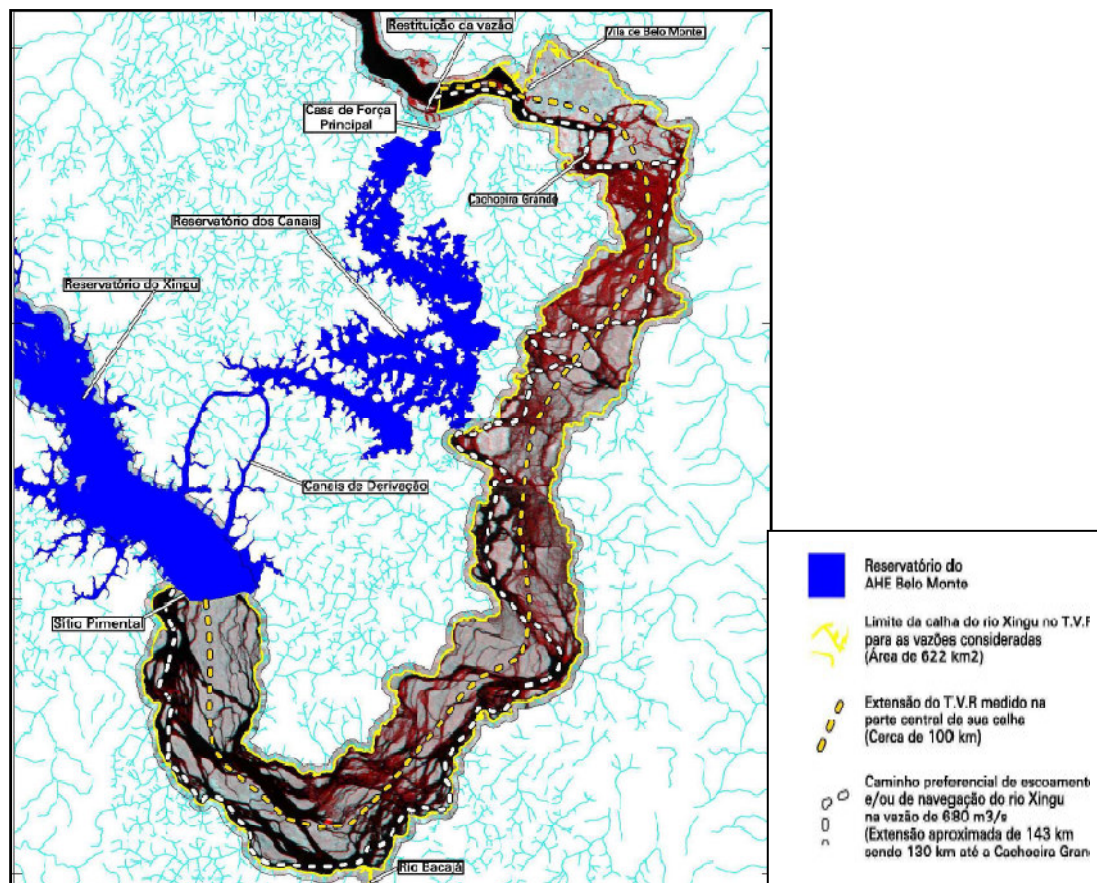


Figura 4.2 – Trechos do Rio Xingu.

Fonte: ELETRONORTE (2002b).

A energia média assegurada da Usina hidrelétrica de Belo Monte é de 4,57 mil MW. A usina teve seu início de geração em abril de 2016 e sua motorização total está prevista para 2019. O projeto envolve três locais: o sítio de Belo Monte, que fica no cruzamento do rio Xingu e da rodovia Transamazônica, o sítio Pimental, que fica entre Vitória do Xingu e Altamira e o sítio Bela Vista, na região intermediária entre Belo Monte e Pimental (Figura 4.2). O barramento principal do rio, o vertedouro principal e a tomada de água/casa de força complementar estão localizados no sítio Pimental; e no sítio Bela Vista existe um vertedouro complementar ao vertedouro principal.

O funcionamento da UHE Belo Monte é da seguinte forma: a água é desviada pela barragem de Pimental, sendo transposta lateralmente por dois canais de derivação para a barragem de Belo Monte (há ainda uma barragem secundária em Bela Vista, para evitar a volta da água para o rio Xingu), de onde é devolvida ao rio

depois de gerar eletricidade (Figura 4.3). A tomada de água, casa de força principal e barragens de fechamento (diques) de vales locais estão localizadas no sítio Belo Monte.

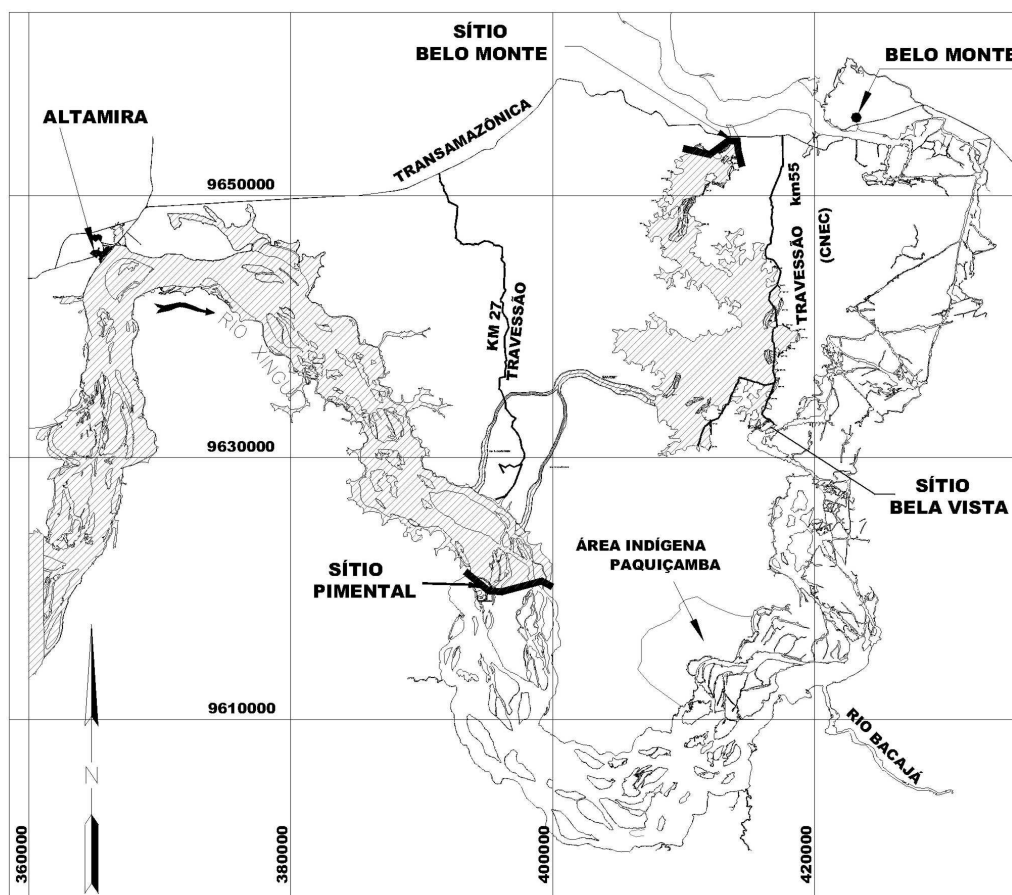


Figura 4.3 - Configuração do Complexo Hidrelétrico Belo Monte.

Fonte: ELETRONORTE (2002a).

4.2. BREVE HISTÓRIA DA UHE BELO MONTE

Desde 1980 a Usina Hidrelétrica de Belo Monte gera polêmica. A Eletronorte iniciou, em meados de 1980, os Estudos de Viabilidade do Complexo Hidrelétrico de Altamira, constituído pelos aproveitamentos de Altamira (ex-Babaquara) e Belo Monte (ex-Kararaô). Transcorridos alguns anos, o avanço dos estudos revelaram que, para o Sistema Interligado Nacional, a melhor opção seria a construção da UHE Belo Monte (ex-Kararaô).

Em 2002, a ELETRONORTE emitiu então a mais nova versão do Relatório de Viabilidade do Complexo, considerando uma redução significativa da área do reservatório de 1.225 km² para 440 km² (Figura 4.4). O projeto para Belo Monte é de geração de grandes blocos de energia durante os primeiros meses do ano, período no

qual será possível o armazenamento de água nos reservatórios do sudeste e nordeste.

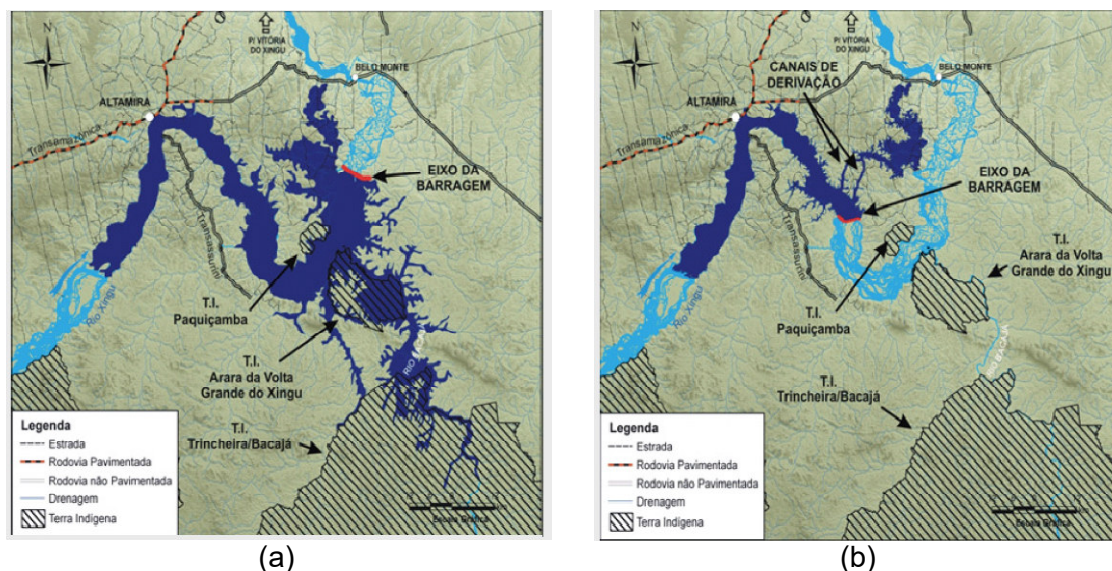


Figura 4.4 – Comparação entre o projeto das décadas de 1980/1990 (a) e projeto em operação (b).

Fonte: MME (2011).

4.3. JUSTIFICATIVO DO PROJETO DA UHE BELO MONTE

O projeto justifica-se, segundo ELETRONORTE (2002a), pela necessidade de ampliação de oferta de energia em razão do crescimento econômico projetado para o país nos próximos anos. Assim, mediante a conexão com o Sistema Interligado Nacional, a energia proveniente da Usina Hidrelétrica de Belo Monte seria uma alternativa eficiente para complementar o sistema energético de regiões cujo potencial elétrico encontra-se praticamente esgotado.

4.4. CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO DA UHE BELO MONTE

As características gerais da região da UHE Belo Monte foram descritas com base nos Relatórios de Estudos de Viabilidade (ELETRONORTE, 2002a) e Estudo de Impacto Ambiental –EIA (ELETRONORTE, 2002b). Ressalta-se que apesar de existir um Estudo de Viabilidade datado do ano de 2009, o mesmo não se encontra disponível na literatura, portanto no presente trabalho faz-se referência ao estudo realizado no ano de 2002(ELETRONORTE, 2002a).

a) Climatologia

Na região de Altamira, observa-se uma temperatura anual média entre 25° C e

27° C, com médias das máximas absolutas entre 33° C e 36° C, ocorrendo os maiores valores no período de agosto a março. A umidade relativa média mensal oscila entre 78% e 88% na região, nos períodos mais úmidos (outubro a março), época de ocorrência das maiores médias de precipitação. Na região prevalece o regime de chuvas tropicais, caracterizando-se por um período chuvoso de janeiro a maio. Já o período de estiagem estende-se de junho a novembro. O período mais chuvoso na região do alto e do médio Xingu vai de janeiro a março. A evapotranspiração apresenta uma variação entre 100 mm e 150 mm mensais ao longo do ano, sendo a amplitude anual em torno de 50 mm entre os meses de máxima (período seco) e mínima (período chuvoso). A precipitação registra uma média anual de 1885 mm.

b) Geologia e Geomorfologia

A Volta Grande do Xingu, nas imediações da cidade de Altamira, é caracterizada por apresentar uma acentuada deflexão, com um desnível de 85 m em 160 km. De acordo com o levantamento da ELETRONORTE (2002a), a bacia do Xingu situa-se no Cráton do Guaporé caracterizado por uma série de eventos geológicos tectônicos e atectônicos.

Na região de implantação do reservatório do Complexo Hidrelétrico Belo Monte predominam as rochas cristalinas do Complexo Xingu, rochas da Bacia Sedimentar do Amazonas e sedimentos Cenozóicos semi consolidados. Com relação à estrutura geomorfológica, essa região abrange duas unidades, a Plataforma Sul-Amazônica e a Bacia Sedimentar Amazônica. A principal característica da Plataforma Sul-Amazônica é a presença de áreas rebaixadas com formas côncavas. O oposto prevalece na região da Bacia Sedimentar Amazônica, ou seja, a diversidade de formas convexas.

No Sítio Pimental onde estão localizados o barramento e o vertedouro principais; e a tomada d'água/casa de força complementar, ocorre predominância de embasamento cristalino. Na região da implantação do vertedouro complementar (Sítio Bela Vista) há ocorrência de rochas do embasamento cristalino com poucos afloramentos de rocha *in situ*. A tomada de água, casa de força principal e barragens de fechamento de vales locais, que se localizam no Sítio Belo Monte, ocupam a faixa de contato entre as rochas cristalinas arqueanas do Complexo Xingu e as sedimentares e ígneas Fanerozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas.

c) Hidrologia

O rio Culuene é o principal formador do rio Xingu, nascendo no estado do Mato Grosso à cerca de 800 m de altitude. Já como rio Xingu adquire uma extensão

total de 1.815 km. A vazão característica de grande parte da bacia varia entre 14 e 26 l/s. km² (essa unidade é utilizada em hidrologia e representa uma vazão específica por unidade de área, representando o potencial de drenagem de uma bacia hidrográfica). Os rios Iriri e Curuá revelam os valores mais altos de vazão, e os menores são verificados no rio Culuene.

No rio Xingu, a hidrografia revela variações volumétricas entre épocas de cheia e de estiagem. Essas variações sazonais e interanuais determinam números significativos de vazão, sendo a vazão média anual de 7.851 m³/s; a vazão mínima, registrada em 1969, de 444 m³/s, e a vazão máxima, registrada em 1980, de 30.129 m³/s (dados tomados de uma das Estações Altamira de responsabilidade da ANA).

Também se distinguem períodos bem definidos de chuva e estiagem. O período chuvoso vai de dezembro a março das cabeceiras do rio Xingu até a parte média alta da bacia. Para a faixa média da bacia até o baixo curso esse período vai de fevereiro a maio. O atraso observado nesses trechos, em torno de dois meses, facilita a ocorrência de grandes deflúvios nos trechos do médio e baixo curso.

d) Contexto regional

As áreas de influência são aquelas onde são esperados os impactos diretos e indiretos decorrentes, sobretudo, da instalação e operação do empreendimento. Entre outros aspectos, essa delimitação define a abrangência do diagnóstico ambiental (meio físico, biótico e socioeconômico), os custos para a elaboração do EIA/RIMA, as medidas de mitigação, monitoramento e compensação ambiental, bem como o prognóstico ambiental.

A Resolução CONAMA 01/1986 (Conselho Nacional do Meio Ambiente-BRASIL, 1986), em seu artigo 5º, inciso III, determina que os empreendimentos, de acordo com seus respectivos Estudos de Impacto Ambiental, devem definir “os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza”.

Porém, uma das dificuldades encontradas para se delimitar a área de influência, segundo Sánchez (2013), é que esta não é conhecida na fase dos estudos, mas sim após a análise dos impactos que afetam o meio físico, antrópico e/ou biótico. A delimitação desta não é definida na literatura, como também não há uma metodologia específica para determinar qual a área real de influência de um empreendimento. De acordo com o EIA (ELETRONORTE, 2002b) da UHE Belo Monte foram consideradas três áreas diferentes para avaliação dos impactos: AI – Área de Influência Indireta, AD – Área de Influência Direta e ADA – Área Diretamente

Afetada (Figura 4.5).

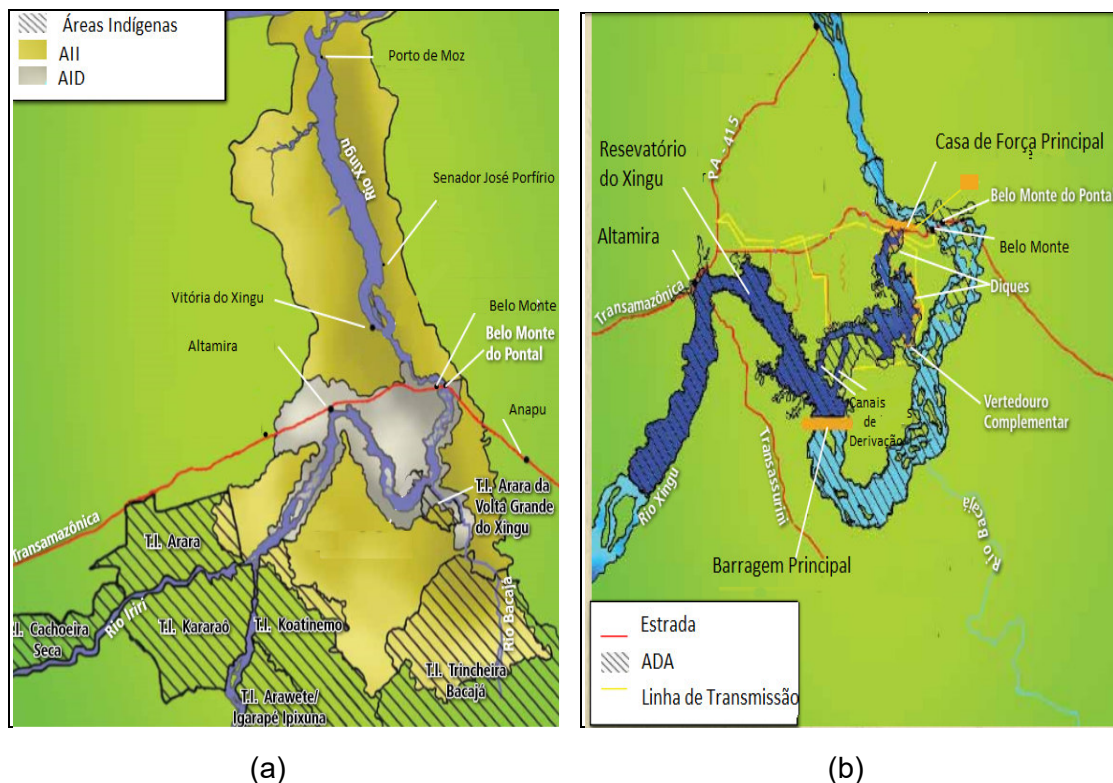


Figura 4.5 – Áreas de Influência Direta (AID) e Indireta (AII) (a) e áreas Diretamente Afetadas (ADA) pela UHE Belo Monte (b).

Fonte: Adaptado de MME (2011).

- As AII's são áreas mais distantes, que sofrem modificações indiretas pelas alterações que acontecem nas áreas vizinhas ao empreendimento e naquelas onde estão as obras do UHE Belo Monte.

Para os meios físico e biótico, a AII acompanha o rio Xingu desde a sua foz, no rio Amazonas, até o encontro do rio Xingu com o rio Iriri, seu principal afluente. Para o meio socioeconômico, é formada pelos municípios de Altamira, Senador José Porfírio, Anapu, Vitória do Xingu, Pacajá, Placas, Porto de Moz, Uruará, Brasil Novo, Gurupá e Medicilândia. Esses municípios fazem parte da Região de Integração Xingu, definida pelo Governo do Estado do Pará. Somente o município de Gurupá faz parte de outra região de integração, a Região de Integração Marajó.

- As AID's são áreas que ficam em volta da UHE Belo Monte e do reservatório. Elas incluem não só as terras ocupadas pelas obras e pelo reservatório, mas também aquelas que sofrem interferências diretas, negativas ou positivas, do empreendimento. Os municípios que fazem parte da AID para os estudos socioeconômicos são Altamira, Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu.

- As ADA's são aquelas ocupadas pelas estruturas principais de engenharia e por toda a parte de infraestrutura necessária para a construção da UHE Belo Monte, como a barragem, os canteiros de obra, as estradas de acesso e áreas de bota-fora, considerando também as áreas de inundação. As áreas do reservatório (com suas duas partes – o Reservatório do Xingu e o Reservatório dos Canais), as Áreas de Preservação Permanente e o Trecho de Vazão Reduzida também fazem parte da ADA, assim como um trecho de 15 km rio abaixo a partir do ponto onde as águas passarão pelas turbinas da Casa de Força.

4.5. EXTERNALIDADE PERDA NA ATIVIDADE PESQUEIRA

A mensuração da externalidade Perda na Atividade Pesqueira na UHE Belo Monte foi escolhida nesse estudo, pelo grande impacto ecológico, social e econômico causado na vida dos ribeirinhos da região, parcela significativa em número e em valor cultural da população local. Segundo o Atlas dos Impactos da UHE Belo Monte sobre a pesca (ISA, 2015), os impactos na atividade estão sendo causados pela claridade das explosões, dragagem do leito do rio, aterramento de praias e igarapés, extinção de locais de alimentação de espécies, berçários, supressão de áreas, interdição de trechos do rio para a navegação etc.

Os pescadores tradicionais afetados pela hidrelétrica tiveram sua existência excluída como população afetada no procedimento administrativo de licenciamento ambiental da UHE Belo Monte, apesar de milhares de pescadores habitarem e utilizarem, para seu sustento as áreas mais diretamente afetadas pela hidrelétrica.

Apesar de prever impactos à ictiofauna, o EIA não os relacionou clara e detalhadamente aos danos à atividade pesqueira. As alterações no modo de vida dos pescadores tradicionais – sejam beiradeiros, indígenas ou moradores da cidade foram enunciadas, mas não estudadas. Ou seja, não foram avaliadas as consequências das alterações físicas e bióticas do rio e seu entorno sobre a atividade pesqueira por não considerar sequer a existência desse grupo social.

Segundo o ISA (2015), os pescadores artesanais e ribeirinhos atingidos alertaram ao IBAMA e à empresa concessionária, desde o início da construção da obra sobre a ocorrência de impactos negativos que precisavam ser mitigados e compensados, porém nenhuma medida de compensação efetiva para as comunidades afetadas foi adotada.

O empreendedor limita-se a coletar dados de desembarque pesqueiro nos maiores portos da região, de modo que a pesca de subsistência, que não é desembarcada nesses portos e o pescado para venda, que é desembarcado em

portos menores, mesmo se localizados dentro do trecho de vazão reduzida e, portanto, na área diretamente afetada, não são monitorados.

Há dois tipos de pesca praticadas na região de Belo Monte: a ornamental e a alimentar/consumo (subsistência e comercial).

a) Ornamental

O Brasil é reconhecido como um país exportador de peixes ornamentais, com uma média de exportação de 30 milhões de exemplares e uma receita de US\$ 5 milhões anuais, segundo informações do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) (IBAMA, 2008).

Os peixes ornamentais da Amazônia despertam grande interesse em aquaristas de todo o mundo. São importantes na geração de divisas, visto que a maior parte da produção destina-se ao mercado internacional. O estado do Pará é o principal produtor de peixes ornamentais da família Loricariidae (acarís) e a maior parte desses animais são capturados no Rio Xingu, onde ocorrem pelo menos 55 espécies de Loricariidae, sendo 31 com valor no comércio ornamental (ARAÚJO, 2016). O acari picota ouro (*Scobinancistrus aureatus*) é a espécie mais valorizada no mercado, chegando a ser vendido para o consumidor final por R\$ 543,00 a unidade.

b) Alimentar

Outra modalidade de pescaria é a de consumo, que se subdivide em subsistência e comercial realizada em canoas a remo ou rabetas com motor de popa, exercida por grupos familiares ou pescadores individuais. Tendo como preferência a pesca dos tucunarés, pacus, matrinxã, como definido entre os próprios pescadores.

Vale ressaltar que o estudo considerou apenas a pesca de consumo para comercialização, excluindo-se, portanto, a pesca de subsistência e de peixes ornamentais, devido a pouca quantidade e inconsistência dos dados identificados para esses dois segmentos, diferentemente do primeiro (pesca para comercialização), para o qual foram coletados dados em número, regularidade e confiabilidade para um tratamento numérico robusto.

4.6. DADOS

Os dados do trabalho foram obtidos através do 12º Relatório Consolidado de Andamento do Plano Básico Ambiental e Atendimento de Condicionantes da Norte Energia – Plano de Conservação dos Ecossistemas Aquáticos (NORTE ENERGIA, 2017). Este plano tem como objetivo principal obter informações para mitigar e compensar os impactos previstos no âmbito do Estudo de Impacto Ambiental de Belo

Monte relacionado às atividades pesqueiras de forma sustentável e atender à condicionante 2.2 da Licença de Operação do empreendimento, a saber, “Apresentar relatórios semestrais, contendo dados brutos e análise elaborada por responsável técnico, relativos aos Planos, Programas e Projetos. Os relatórios deverão ser entregues em versão digital e impressa (quando solicitada), constando sumário, numeração das páginas, referências bibliográficas, instituições e agentes envolvidos, assinatura dos responsáveis técnicos pelo projeto e pela execução dos trabalhos, registro dos profissionais nos órgãos de classe, ART (quando pertinente) e número no Cadastro Técnico Federal do IBAMA”.

O Projeto de Incentivo à Pesca Sustentável está contido nesse Plano e foi iniciado em abril de 2012, porém com dados disponíveis para nove localidades: São Félix do Xingu, Maribel, Altamira, Belo Monte, Vitória do Xingu, Vila Nova, Senador José Porfírio, Porto de Moz e Gurupá, as quais podem ser localizadas na Figura 4.6. Ressalta-se, que esses dados foram disponibilizados somente até abril de 2017.

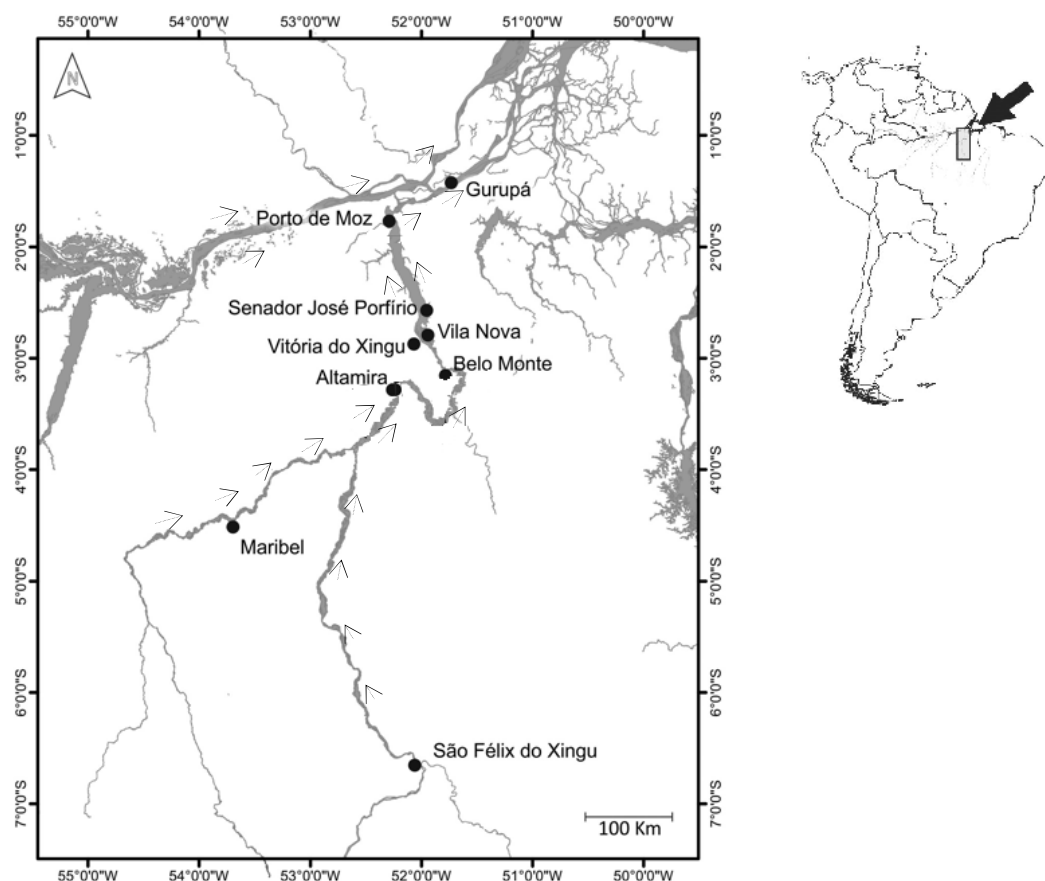


Figura 4.6 - Mapa mostrando a localização da UHE Belo Monte e das nove localidades.

Fonte: Adaptado de ISAAC et al. (2015).

A distância aproximada em linha reta, em km, das localidades até a UHE de Belo Monte, foram obtidas com auxílio do software *Google Earth Pro*® e constam da Tabela 4.1, juntamente com sua posição em relação à mesma.

Tabela 4.1 – Distâncias aproximadas em linha reta das localidades, em km, até a UHE de Belo Monte e sua posição.

LOCALIDADES	DISTÂNCIA (km)	POSIÇÃO
Gurupá	190,76	a jusante
Porto de Moz	160,19	a jusante
Senador José Porfírio	62,10	a jusante
Vila Nova	37,32	a jusante
Vitória do Xingu	37,50	a jusante
Altamira	49,06	a montante
Maribel	248,60	a montante
São Félix do Xingu	434,06	a montante

Nessas localidades, os desembarques pesqueiros foram monitorados diariamente, de segunda-feira a sábado, através de entrevistas. A informação recolhida nestas entrevistas (para cada viagem de pesca) incluiu o tipo de captura (subsistência, comercial ou intermediário), o tipo de embarcação (barco ou canoa), a sua propulsão (motor de popa ou rabeta), o número de pescadores, dias de pesca, o equipamento utilizado, quantidade e localidade da captura.

O número total de pescadores entrevistados foi de 3.244, sendo, portanto, uma amostra bastante significativa, já que o número de pescadores que possuem Registro Geral da Pesca (RGP) é de 6.193 na área de influência da UHE (NORTE ENERGIA, 2017). Assim como, os associados nas Colônias de Pescadores totalizam 12.450 pescadores (Tabela 4.2). Do total de pescadores entrevistados, 57,6% são citadinos e 27,9% são pescadores que moram em localidades rurais ribeirinhas. Os demais não tiveram interesse em declarar o local de moradia, ou são pescadores pré-cadastrados, com informações incompletas. Ressalta-se ainda que 92,7% se dedicam exclusivamente à captura de peixes de consumo, 2,5% se dedicam exclusivamente à captura de peixes ornamentais e 4,8% capturam peixes ornamentais e de consumo, se ocupando com as duas atividades, de acordo com as necessidades e demandas.

Tabela 4.2 – Número de pescadores registrados e estimados nas localidades de desembarque.

MUNICÍPIO	LOCALIDADES DE DESEMBARQUE	PORTO			FORADO PORTO	TOTAL	NÃO DECLARANTES	ESTIMATIVA DO PROJETO	RGP	ASSOCIADOS COLONIA
		NÃO IDENTIFICADO	RURAL	URBANA						
Gurupá	Gurupá	42	177	255		474		474	1721	2850
Porto de Moz	Porto de Moz	28	207	287		522	10	532	1983	4100
Senador José Porfírio	Senador José Porfírio	54	68	241		363		363	898	1783
	Vila Nova	9	22	161	7	199		199		
Vitória do Xingu	Vitória do Xingu	21	93	220	18	352		352	636	2480
	Belo Monte	23	48	71	1	143	1	144		
Altamira	Altamira	160	86	437	50	733		733	659	980
	Maribel	59	79	3		141		141		
São Félix do Xingu	São Félix do Xingu	69	51	173	3	296	10	306	296	257
TOTAL GERAL		465	831	1848	79	3223	21	3244	6193	12450

Fonte: Adaptado de NORTE ENERGIA (2017).

O número de embarcações pesqueiras por localidade de desembarque (registros nos portos) é de 78% de canoas de madeira com motor rabeta, 13% de barcos de madeira com motor de centro, 7% de canoas de madeira com propulsão a remo e 2% de voadeiras de alumínio com motor de popa ou de rabeta.

Os municípios de Altamira, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu destacam-se pelo maior número de registros de embarcações pesqueiras; e as canoas com motores do tipo rabeta são predominantes em todas as localidades de desembarque. Os barcos motorizados possuem maior importância relativa em Gurupá e Porto de Moz, pois esta frota atua principalmente no rio Amazonas e na foz do rio Xingu, locais que requerem embarcações maiores, de maior autonomia de viagem e de melhor propulsão. O uso de canoas a remo é mais frequente em Vila Nova e Maribel, onde domina a pesca de pequena escala.

Os principais equipamentos utilizados na pesca de consumo foram redes de emalhe e linhas, sendo que as redes foram responsáveis por 42% e as linhas por 25% da produção total. Já a combinação de redes e linhas na mesma viagem responde por 19% da produção e outros equipamentos de menor importância (tarrafa, zagaia, arpão, etc.) por 14% do total.

Os desembarques na região, neste período, registraram a captura de 46 grupos de peixes e 101 espécies pertencentes a 7 ordens e 22 famílias. Na composição em espécies desembarcadas pela pesca de consumo no rio Xingu, destacaram-se em primeiro lugar os tucunarés com 19,7%, as pescadas com 18,9%, seguidas pelos pacus com 11,6%, o curimatã com 6,3% e a dourada com 4,9%. Estas espécies representaram aproximadamente 62% da produção total de pescado.

A Tabela 4.3 mostra algumas características das localidades: sua localização (mesorregião e microrregião a que pertencem), área (conforme dados do IBGE, 2017), número de habitantes (de acordo com IBGE, 2010) e densidade demográfica.

Vale ressaltar que não foram disponibilizados dados das localidades de Vila Nova, Belo Monte e Maribel, cujas características são as mesmas dos municípios, as quais pertencem Senador José Porfírio, Vitória do Xingu e Altamira respectivamente.

Tabela 4.3 – Características das localidades de desembarque.

LOCALIDADE	LOCALIZAÇÃO		ÁREA (KM ²)	NUMERO DE HABITANTES	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (HAB./KM ²)
	MESORREGIÃO	MICRORREGIÃO			
Gurupá	Marajó	Portel	8.540,113	29.062	3,4
Porto de Moz	Baixo Amazonas	Almeirim	17.423,017	33.951	1,9
Senador José Porfírio	Sudoeste Paraense	Altamira	14.419,916	12.998	0,9
Vila Nova			-	-	-
Vitória do Xingu	Sudoeste Paraense	Altamira	3.089,537	13.480	4,36
Belo Monte			-	-	-
Altamira	Sudoeste Paraense	Altamira	159.533,328	105.030	0,659
Maribel			-	-	-
São Félix do Xingu	Sudoeste Paraense	Altamira	84.212,847	91.293	1,08

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DAS SÉRIES TEMPORAIS

Foi feita a análise de correlação entre os dados da Produtividade Média Mensal, Preço Médio Mensal e Custo Total Médio Mensal, para todo o período do estudo (antes e depois da entrada em operação da UHE) com o objetivo de se avaliar o grau de relacionamento entre eles, através do coeficiente de correlação de *Pearson*, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 5.1 a 5.3.

Tabela 5.1 – Correlação entre os dados da Produtividade Média Mensal e do Custo Total Médio Mensal.

		Produtividade	Custo Total
Produtividade	Correlação de Pearson	1	.186
	Sig. (2 extremidades)		.152
	N	61	61
Custo Total	Correlação de Pearson	.186	1
	Sig. (2 extremidades)	.152	
	N	61	61

Tabela 5.2 – Correlação entre os dados da Produtividade Média Mensal e do Preço Médio Mensal.

		Produtividade	Preço Medio
Produtividade	Correlação de Pearson	1	-.316
	Sig. (2 extremidades)		.013
	N	61	61
Preço Médio	Correlação de Pearson	-.316	1
	Sig. (2 extremidades)	.013	
	N	61	61

Tabela 5.3 - Correlação entre os dados do Preço Médio Mensal e do Custo Total Médio Mensal.

		Preço Medio	Custo Total
Preço Médio	Correlação de Pearson	1	.531**
	Sig. (2 extremidades)		.000
	N	61	61
Custo Total	Correlação de Pearson	.531**	1
	Sig. (2 extremidades)	.000	
	N	61	61

**

Portanto, percebe-se que a correlação entre a Produtividade Média Mensal e o Custo Total Médio Mensal (Tabela 5.1) é fraca, assim como a Correlação entre a Produtividade Média Mensal e o Preço Médio Mensal, sendo, no segundo caso, negativa (Tabela 5.2). Como a correlação entre eles é fraca, indica que estes dados não dependem uns dos outros.

Já a correlação entre o Preço Médio Mensal e o Custo Total Médio Mensal é moderada (Tabela 5.3), mostrando que os dados do Custo Total dependem dos dados do Preço Médio Mensal.

Ressalta-se que também foi determinada a correlação dos dados separadamente para os períodos antes da entrada da operação da UHE e depois, sendo que os resultados permaneceram sem alteração, ou seja, ficaram na mesma faixa dos constantes nas Tabelas 5.2, 5.3 e 5.4.

5.2. CÁLCULO DA EXTERNALIDADE PERDA DA ATIVIDADE PESQUEIRA

5.2.1. RECEITA

A receita média mensal por pescador foi determinada pela Equação 2, havendo necessidade de se ter os dados da produtividade média mensal de pesca e dos preços médios mensais de comercialização do peixe. Esses dados foram obtidos pelo Relatório (NORTE ENERGIA, 2017) para as nove localidades, por mês, para o período de abril/2012 até abril/2017. O mesmo é um arquivo em extensão.pdf, no qual os dados são disponibilizados de maneira não homogênea, os quais são apresentados, a título de exemplo, nas Tabelas 5.4 e 5.5.

Tabela 5.4 - Produtividade média (kg.pescador⁻¹.dia⁻¹), por localidade de desembarque.

LOCALIDADES DE DESEMBARQUE	2012										2013							
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
Gurupá	9,65	13,09	13,39	12,70	13,36	16,29	14,12	22,91	24,27	16,71	6,97	6,33	14,24	15,09	11,13	11,86	20,24	
Porto de Moz	19,06	19,62	19,43	19,62	20,18	25,30	28,68	24,97	22,68	19,69	16,96	17,51	21,00	18,26	18,79	28,25	24,58	
Senador José Porfírio	20,50	15,43	16,78	19,59	22,01	17,77	19,11	19,09	24,48	27,26	20,09	20,18	27,18	22,78	20,80	24,70	27,57	
Vila Nova	17,39	19,39	21,98	20,67	18,13	18,31	21,43	19,41	10,05	17,31	12,42	13,34	14,02	16,09	19,57	18,80	16,54	
Vitória do Xingu	20,70	20,11	19,17	18,15	15,63	12,59	20,07	18,78	21,20	15,64	18,84	23,59	16,45	16,73	16,32	15,29	15,30	
Belo Monte	16,55	17,22	12,38	12,89	17,02	18,25	17,25	11,03	15,70	21,66	17,75	13,33	17,20	20,20	19,68	13,63	15,61	
Altamira	18,87	19,90	17,01	19,80	23,01	28,13	27,45	21,18	16,70	15,85	15,94	16,67	15,48	13,72	16,86	19,17	17,59	
Maribel	36,40	17,36	17,60	17,11	29,67	19,09	21,68	11,54	9,59	10,94	8,80	12,15	14,88	19,71	23,78	16,03	16,17	
São Félix do Xingu	17,25	18,32	17,92	20,12	21,36	27,84	23,88	28,11	11,69	11,54	12,98	16,47	15,73	15,88	20,03	21,33	32,26	

Fonte: Adaptado de NORTE ENERGIA (2017).

Tabela 5.5 - Preço médio (R\$) de primeira comercialização do pescado nas localidades de desembarque.

LOCALIDADES DE DESEMBARQUE	2012									2013							
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Gurupá	5,24	5,80	6,49	6,77	6,39	5,41	5,01	5,30	5,96	6,28	8,29	7,67	6,70	7,65	7,69	6,98	5,95
Porto de Moz	4,32	4,16	3,96	4,47	4,43	4,55	4,19	4,49	4,49	5,31	5,52	5,61	5,32	5,13	5,20	4,99	5,15
Senador José Porfírio	4,44	5,31	5,81	5,08	5,11	4,93	5,08	4,87	5,32	5,49	6,31	6,14	5,38	6,09	6,20	6,72	6,34
Vila Nova	2,60	2,56	2,72	2,99	2,90	2,69	2,68	2,62	4,06	2,83	2,28	2,96	3,20	3,33	3,10	3,64	3,34
Vitória do Xingu	3,61	3,75	3,82	3,78	4,24	4,03	3,55	3,91	4,66	4,41	4,17	4,15	4,54	4,71	4,79	4,47	5,02
Belo Monte	3,88	3,71	3,91	4,61	4,69	4,75	4,40	4,66	4,19	3,69	4,26	4,36	4,36	4,43	4,72	5,54	5,62
Atamira	7,02	6,67	6,56	5,98	5,58	5,73	5,64	5,81	8,41	8,32	7,31	7,62	7,31	7,45	7,11	7,44	7,00
Maribel	3,37	4,33	4,31	4,28	3,80	3,43	4,13	4,36	4,40	4,39	3,65	4,03	3,86	4,03	3,69	3,54	4,23
São Félix do Xingu	5,72	5,26	5,28	5,16	4,96	5,33	5,27	5,43	7,74	7,13	6,75	6,88	5,80	5,73	5,38	5,97	6,34

Fonte: Adaptado de NORTE ENERGIA (2017).

As Figuras 5.1 e 5.2 mostram gráficos com os valores da produtividade média mensal de pesca ($\text{kg.pescador}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) ao longo do período, sendo em vermelho (até a reta vertical) os dados observados, provenientes do Relatório (NORTE ENERGIA, 2017), em azul claro, a curva ajustada (modelo) e, em azul escuro, a previsão feita através da aplicação dos Modelos MSS (Figura 5.1) e MAW (Figura 5.2) respectivamente, utilizando o SPSS. As linhas pontilhadas são os limites superiores (Ls) e inferiores (Li) do modelo, considerando um intervalo de confiança de 95%.

Vale ressaltar que o início da geração da UHE Belo Monte foi em abril/2016 e que a previsão é a partir de maio/2017.

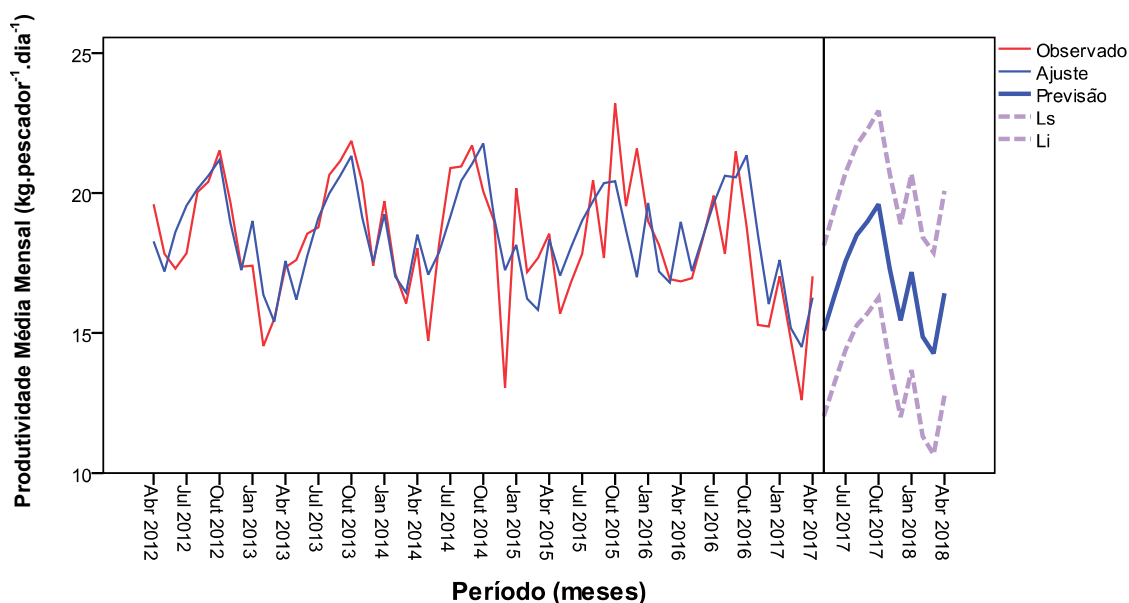


Figura 5.1 - Gráfico da produtividade média mensal de pesca entre abril de 2012 e abril de 2018 na região de Belo Monte utilizando o Modelo Sazonal Simples.

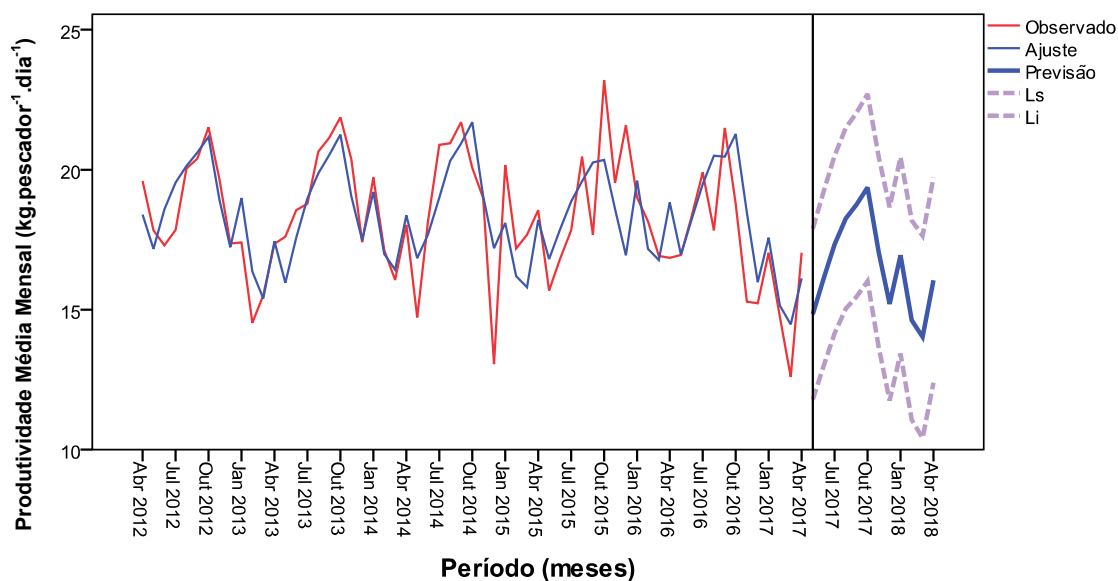


Figura 5.2 - Gráfico da produtividade média mensal de pesca entre abril de 2012 e abril de 2018 na região de Belo Monte utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

Os valores previstos para a produtividade média mensal e seus limites superiores e inferiores calculados pelo SPSS, para os dois modelos, estão nas Tabelas 5.6 e 5.7.

Tabela 5.6 – Previsão da produtividade média mensal com seus limites superiores e inferiores ($\text{kg} \cdot \text{pescador}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$), utilizando o Modelo Sazonal Simples.

	Maio 2017	Jun 2017	Jul 2017	Ago 2017	Set 2017	Out 2017	Nov 2017	Dez 2017	Jan 2018	Fev 2018	Mar 2018	Abr 2018
Previsão	15.08	16.36	17.57	18.50	19.00	19.60	17.29	15.45	17.18	14.86	14.27	16.42
Ls	18.13	19.47	20.74	21.73	22.28	22.94	20.69	18.90	20.68	18.42	17.88	20.08
Li	12.03	13.25	14.40	15.28	15.71	16.26	13.90	12.00	13.68	11.31	10.66	12.76

Tabela 5.7 – Previsão da produtividade média mensal com seus limites superiores e inferiores ($\text{kg} \cdot \text{pescador}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$), utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

	Maio 2017	Jun 2017	Jul 2017	Ago 2017	Set 2017	Out 2017	Nov 2017	Dez 2017	Jan 2018	Fev 2018	Mar 2018	Abr 2018
Previsão	14.84	16.12	17.33	18.26	18.76	19.36	17.05	15.21	16.94	14.62	14.03	16.05
Ls	17.89	19.23	20.50	21.49	22.05	22.71	20.45	18.66	20.45	18.19	17.64	19.72
Li	11.78	13.00	14.15	15.03	15.47	16.02	13.65	11.75	13.43	11.06	10.42	12.39

Para uma melhor interpretação dos resultados, a Figura 5.3 mostra a comparação dos valores da Produtividade Média Mensal determinados através dos Modelos MSS (linha vermelha) e MAW (linha azul), de onde se pode observar que os valores são praticamente iguais.

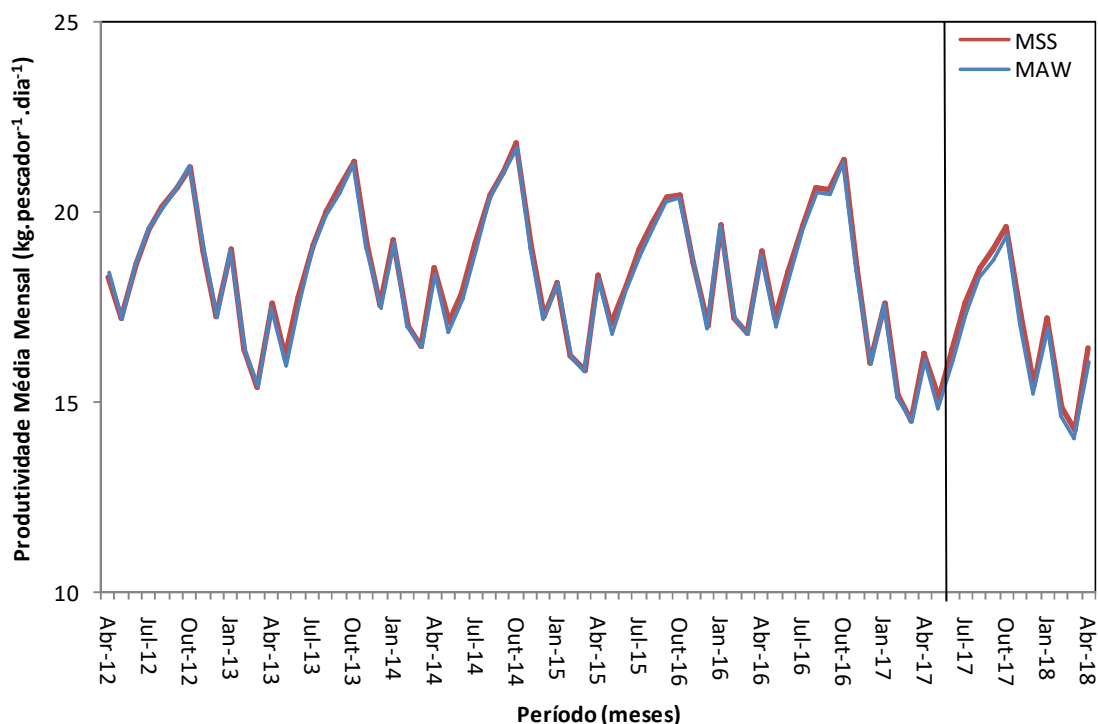


Figura 5.3 - Gráfico comparativo da produtividade média mensal de pesca entre abril de 2012 e abril de 2018 na região de Belo Monte utilizando os Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.

As Figuras 5.4 e 5.5 mostram os gráficos dos preços médios mensais de comercialização do peixe (R\$) ao longo do período da pesquisa, projetados para mais 12 meses utilizando os Modelos MSS (Figura 5.4) e MAW (Figura 5.5) respectivamente.

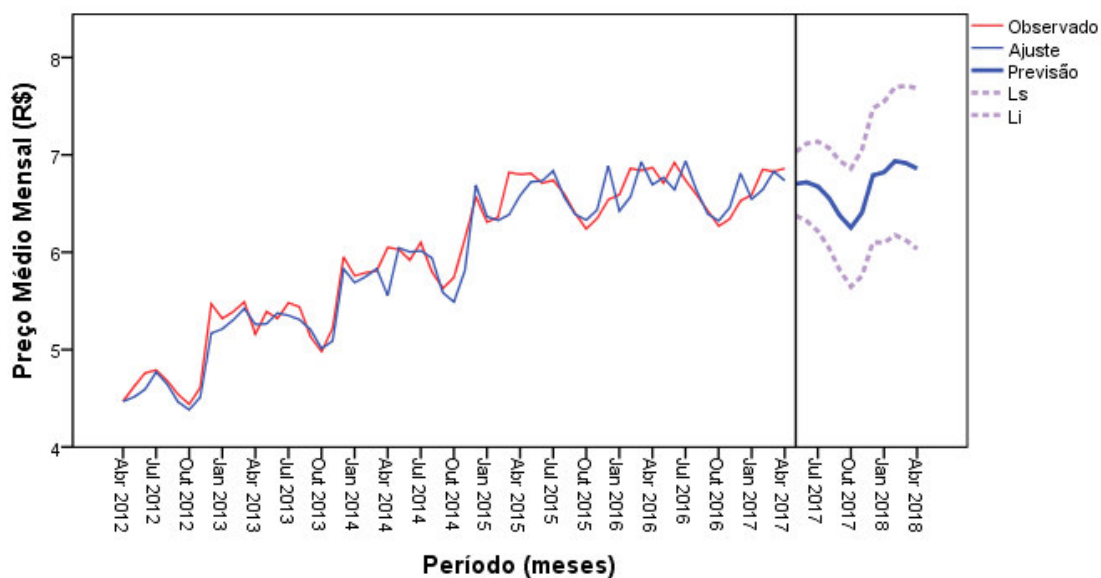


Figura 5.4 - Gráfico do preço médio mensal (R\$) entre abril de 2012 e abril de 2018, utilizando o Modelo Sazonal Simples, na região de Belo Monte.

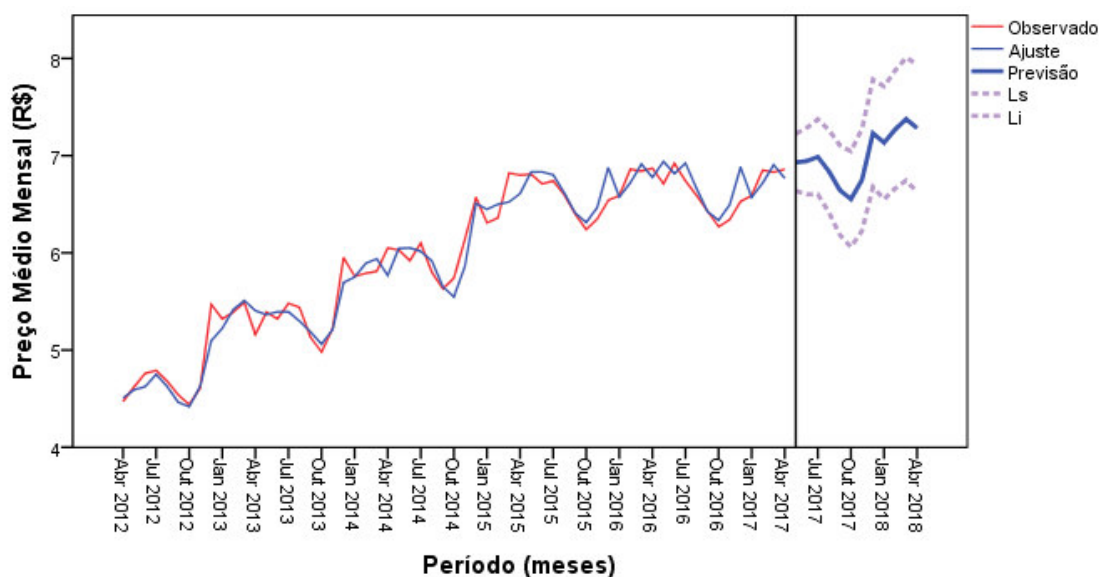


Figura 5.5 - Gráfico do preço médio mensal (R\$) entre abril de 2012 e abril de 2018, utilizando o Modelo Aditivo de Winter, na região de Belo Monte.

Os valores previstos para o preço médio mensal e seus limites superiores e inferiores, calculados pelo SPSS, estão nas Tabelas 5.8 e 5.9.

Tabela 5.8 – Previsão do preço médio mensal com seus limites superiores e inferiores (R\$), utilizando o Modelo Sazonal Simples.

	Maio 2017	Jun 2017	Jul 2017	Ago 2017	Set 2017	Out 2017	Nov 2017	Dez 2017	Jan 2018	Fev 2018	Mar 2018	Abr 2018
Previsão	6.70	6.72	6.68	6.56	6.38	6.25	6.41	6.79	6.82	6.94	6.92	6.86
Ls	7.03	7.12	7.14	7.07	6.94	6.86	7.05	7.48	7.55	7.70	7.71	7.69
Li	6.38	6.32	6.22	6.05	5.81	5.65	5.76	6.10	6.10	6.18	6.12	6.03

Tabela 5.9 – Previsão do preço médio mensal com seus limites superiores e inferiores (R\$), utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

	Maio 2017	Jun 2017	Jul 2017	Ago 2017	Set 2017	Out 2017	Nov 2017	Dez 2017	Jan 2018	Fev 2018	Mar 2018	Abr 2018
Previsão	6.93	6.94	6.99	6.84	6.64	6.55	6.75	7.23	7.13	7.27	7.38	7.28
Ls	7.22	7.29	7.37	7.26	7.10	7.05	7.27	7.78	7.71	7.88	8.01	7.94
Li	6.64	6.60	6.60	6.42	6.18	6.06	6.23	6.68	6.55	6.66	6.74	6.63

Para uma melhor interpretação dos resultados, a Figura 5.6 mostra a comparação dos valores do Preço Médio Mensal determinados através dos Modelos MSS (linha vermelha) e MAW (linha azul), de onde se pode observar que os valores são bem semelhantes.

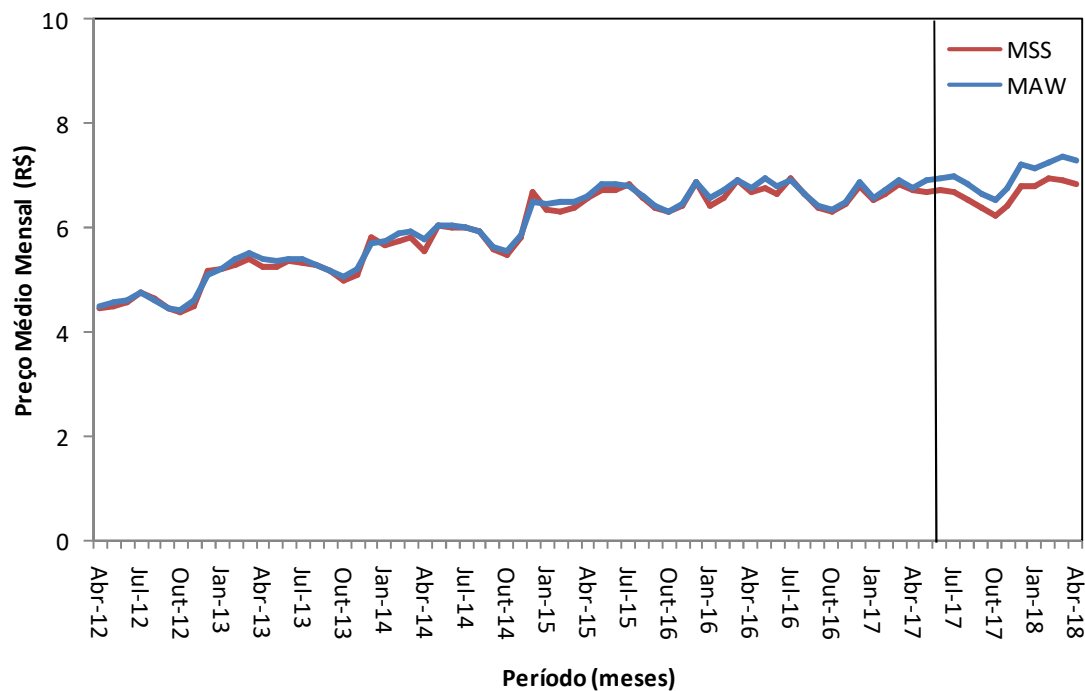


Figura 5.6 - Gráfico comparativo do preço médio mensal entre abril de 2012 e abril de 2018 na região de Belo Monte utilizando os Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.

Porém, como se tem preços para períodos distintos, os mesmos foram reajustados pelo IPCA - Índice de Preços ao Consumidor Amplo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), que é o índice oficial da inflação no Brasil e publicado mensalmente, estando disponível em https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultinpc.shtm.

Com isso, o resultado da receita média mensal por pescador para os dois modelos, consta na Figura 5.7, na qual se observa nitidamente um decréscimo de valores a partir do início da operação da UHE em abril/2016, já que após esta data presume-se um decréscimo na produtividade ocasionada pelas externalidades provenientes da UHE.

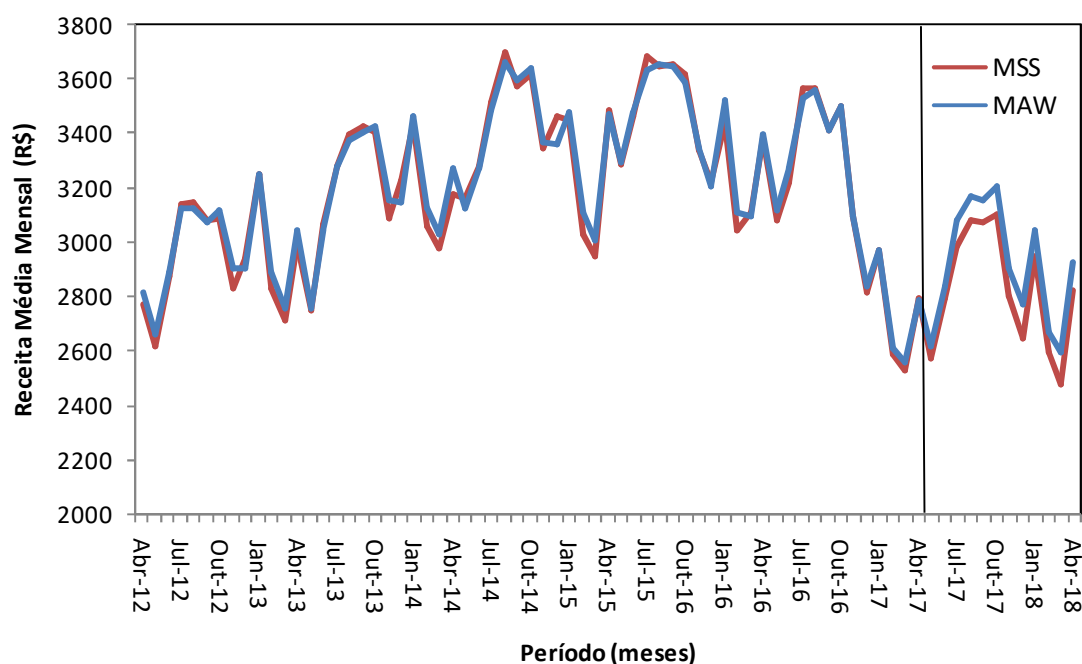


Figura 5.7 - Gráfico da receita média mensal (R\$) entre abril de 2012 e abril de 2018, pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter para a região de Belo Monte.

5.2.2 CUSTOS

Para o cálculo dos custos totais no período, também foram obtidos os dados do custo total, por viagem, para as nove localidades, por mês, para o período de abril/2012 a abril/2017 no Relatório (NORTE ENERGIA, 2017), como apresentado, a título de exemplo, na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Custos totais (R\$/viagem), para os seis principais sistemas de pesca, e por localidades de desembarque.

LOCALIDADES DE DESEMBARQUE	2012										2013							
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
Gurupá	107,26	62,34	39,47	38,49	32,99	40,51	37,85	56,90	61,25	52,25	35,47	51,44	46,45	66,95	46,71	35,48	38,62	
Porto de Moz	97,70	73,12	75,19	85,60	60,22	44,94	38,71	43,40	43,27	60,92	30,85	57,78	76,08	70,02	57,47	63,22	60,08	
Senador José Porfírio	25,22	32,70	42,88	32,14	35,65	43,30	35,95	37,53	30,59	33,61	37,19	31,39	42,88	36,86	36,30	42,47	38,42	
Vila Nova	7,68	6,51	6,74	6,90	7,33	8,35	7,40	8,67	8,11	7,90	9,58	8,83	8,27	5,28	7,56	8,45	8,52	
Vitória do Xingu	58,11	55,89	58,36	62,36	71,86	69,47	58,01	52,01	51,04	64,32	62,88	68,26	60,24	57,49	45,72	63,45	61,06	
Belo Monte	25,83	25,22	30,78	35,36	52,49	41,02	32,99	31,37	20,28	20,43	22,95	24,90	29,10	37,62	36,86	73,25	43,86	
Altamira	154,46	148,84	177,16	134,75	159,49	165,49	154,46	173,48	197,54	171,00	228,68	197,57	172,10	159,59	162,79	189,58	151,18	
Maribel	124,57	101,27	185,33	242,31	230,13	226,28	249,07	145,01	155,05	165,37	195,55	116,16	118,82	163,94	174,05	166,24	147,34	
São Félix do Xingu	143,90	118,22	105,06	145,33	156,23	189,02	151,48	178,42	79,86	37,74	33,39	102,97	104,85	119,96	162,21	208,71	198,42	

Fonte: Adaptado de NORTE ENERGIA (2017).

As Figuras 5.8 e 5.9 mostram os gráficos dos custos totais médios mensais (gelo, combustível, alimentação, embarcação, etc.) por localidade, por viagem de pesca, provenientes do Relatório (NORTE ENERGIA, 2017) e previstos pelos MSS e

MAW respectivamente. Nesse caso, após o início do funcionamento da UHE, observa-se um aumento do valor do custo total em relação aos anos iniciais (construção), além de um comportamento sazonal.

Vale ressaltar, que analisando os dados pelo Método *Boxplot*, observou-se a presença de *outliers*, os quais foram tratados. Portanto, as Figuras 5.8 e 5.9 já levam em consideração os dados sem a presença de *outliers*.

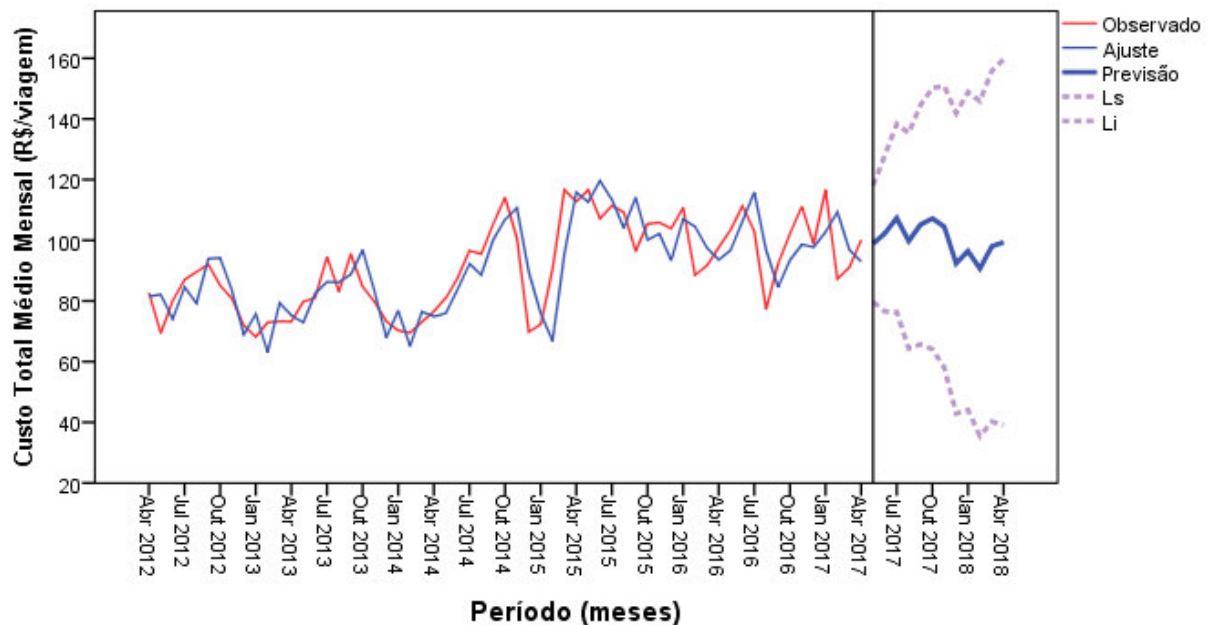


Figura 5.8 - Gráfico do custo total médio mensal (R\$/viagem) entre abril de 2012 e abril de 2018, pelo Modelo Sazonal Simples para a região de Belo Monte.

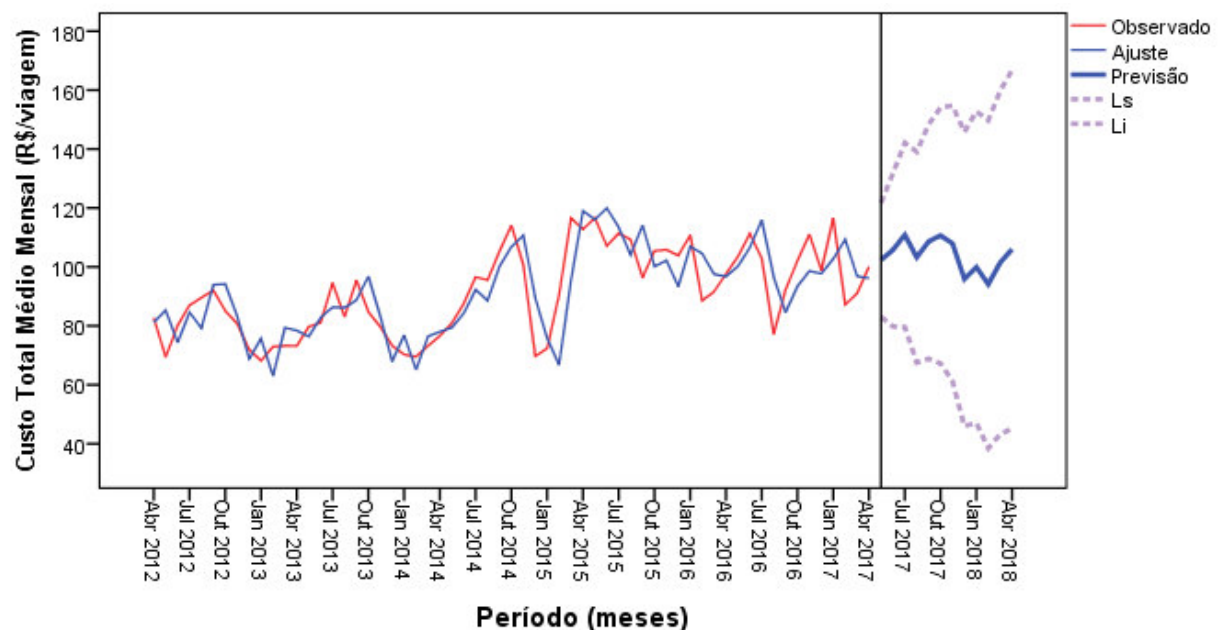


Figura 5.9 - Gráfico do custo total médio mensal (R\$/viagem) entre abril de 2012 e abril de 2018, pelo Modelo Aditivo de Winter para a região de Belo Monte.

Os valores previstos para o custo total médio mensal e seus limites superiores e inferiores, determinados com o auxílio do SPSS, para os dois modelos, estão nas Tabelas 5.11 e 5.12.

Tabela 5.11 – Previsão do custo total médio mensal com seus limites superiores e inferiores (R\$/viagem), utilizando o Modelo Sazonal Simples.

	Maio 2017	Jun 2017	Jul 2017	Ago 2017	Set 2017	Out 2017	Nov 2017	Dez 2017	Jan 2018	Fev 2018	Mar 2018	Abr 2018
Previsão	98.89	102.31	107.36	99.81	105.17	107.18	104.49	92.39	96.48	90.64	98.01	99.38
Ls	118.06	128.09	138.38	135.31	144.64	150.25	150.89	141.88	148.90	145.82	155.83	159.71
Li	79.73	76.52	76.34	64.32	65.71	64.11	58.10	42.89	44.07	35.46	40.20	39.05

Tabela 5.12 – Previsão do custo total médio mensal com seus limites superiores e inferiores (R\$/viagem), utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

	Maio 2017	Jun 2017	Jul 2017	Ago 2017	Set 2017	Out 2017	Nov 2017	Dez 2017	Jan 2018	Fev 2018	Mar 2018	Abr 2018
Previsão	102.38	105.79	110.84	103.29	108.65	110.65	107.97	95.86	99.95	94.10	101.48	106.01
Ls	121.69	131.77	142.11	139.06	148.43	154.06	154.73	145.75	152.79	149.73	159.76	166.84
Li	83.07	79.81	79.58	67.52	68.88	67.24	61.20	45.96	47.11	38.47	43.19	45.18

Porém, os valores obtidos nos gráficos das Figuras 5.8 e 5.9 foram reajustados pelo índice IPCA e transformados para a unidade R\$/pescador, considerando que no Relatório (NORTE ENERGIA, 2017) consta que uma viagem de pesca tem duração média de 2,24 dias e que participam em média 2 pescadores.

Com isso, observa-se na Figura 5.10 que o resultado do custo total médio mensal por pescador, já reajustado, não demonstra mais uma tendência de aumento com o passar do tempo como observado nas Figuras 5.8 e 5.9, e continua se observando um comportamento sazonal proveniente da atividade pesqueira, além de pouquíssima diferença entre os valores referentes aos dois métodos.

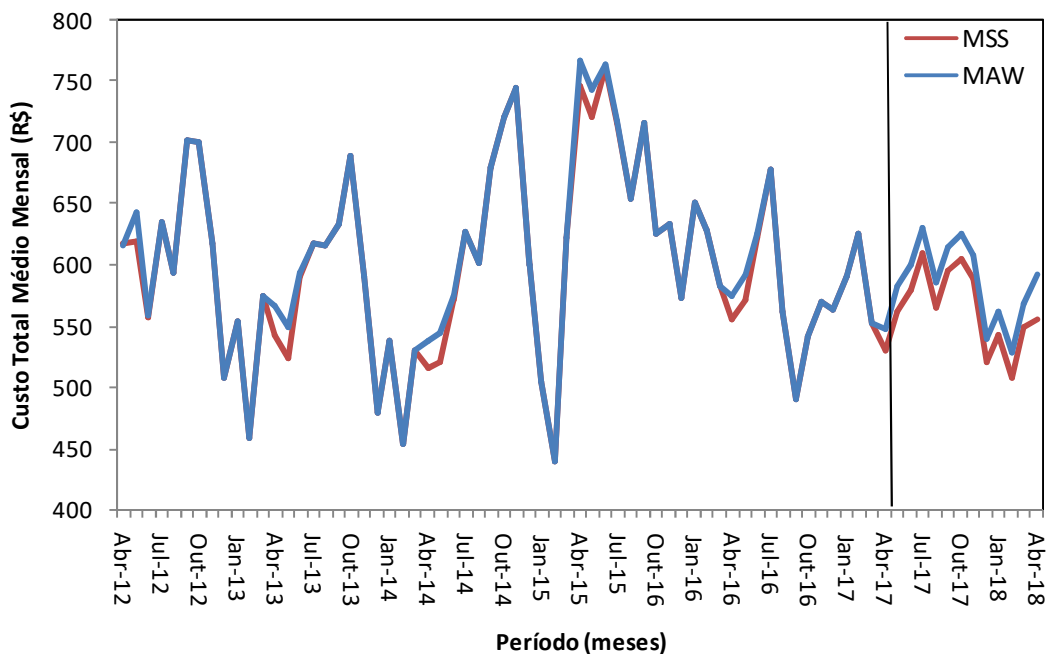


Figura 5.10 - Gráfico do custo total médio mensal (R\$) entre abril de 2012 e abril de 2018, pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter, na região de Belo Monte.

5.2.3. RENDA MÉDIA MENSAL DO PESCADOR

O resultado da renda média mensal de um pescador (R\$), utilizando os Modelos MSS e MAW, calculado pela Equação 4, encontra-se na Figura 5.11. Pode-se observar que para os dois métodos, há um decréscimo de valor, a partir de abril/2016 (início da geração da UHE), respeitando a sazonalidade, ocasionado pelo decréscimo do valor da produtividade média mensal e pelo aparecimento das externalidades

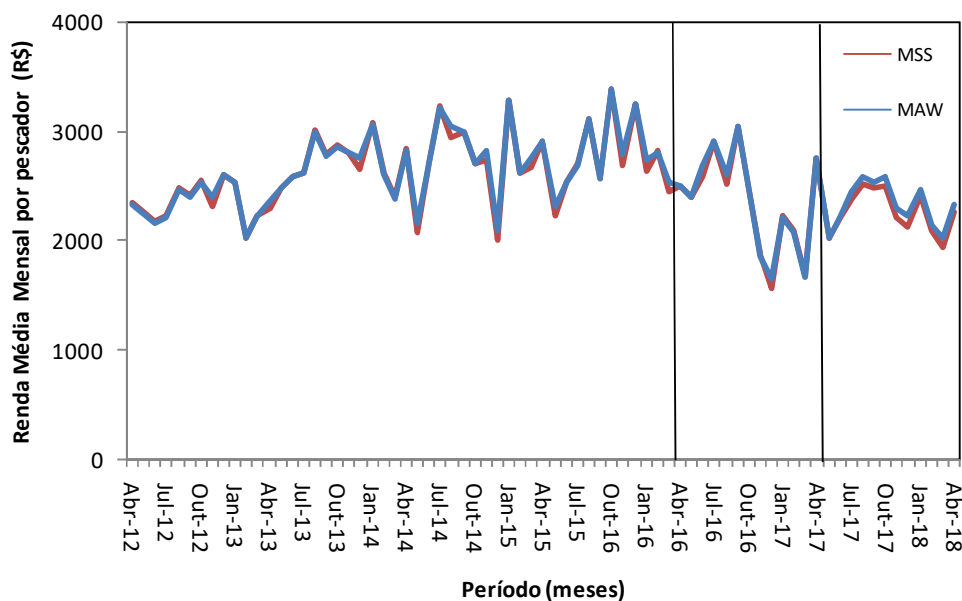


Figura 5.11 – Renda Média Mensal de um pescador afetado pela influência da UHE, pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.

Para uma melhor visualização da renda média do pescador, dividiu-se a Figura 5.11 em duas figuras. A Figura 5.12 que mostra a renda média mensal do pescador no período de enchimento do reservatório da UHE (início de operação) de abril 2016 até a previsão para abril/2018 (25 meses). E a Figura 5.13 mostra a renda média mensal dos primeiros 25 meses de disponibilidade de dados, ou seja, de abril 2012 a abril de 2014 (período de construção).

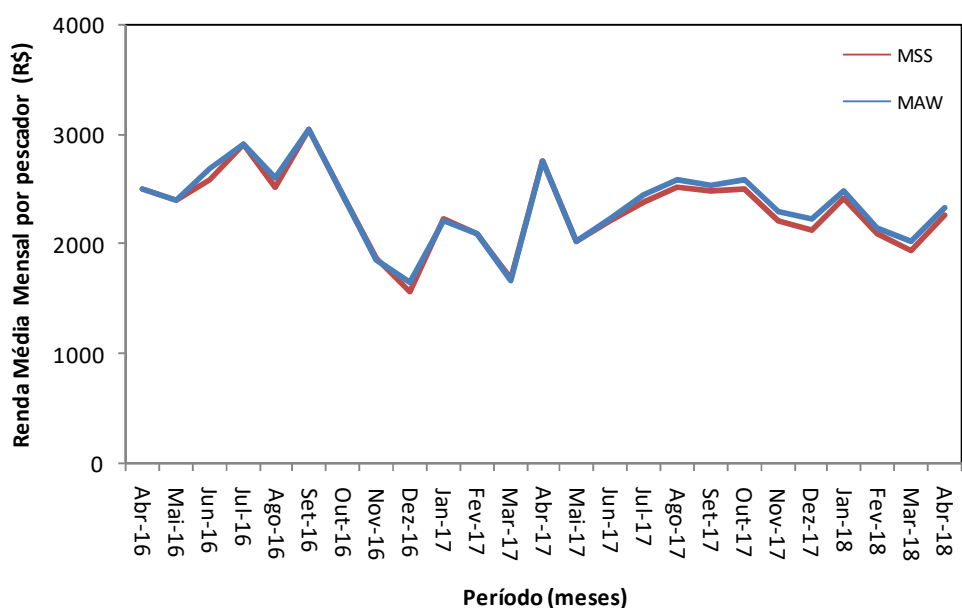


Figura 5.12 - Renda média mensal do pescador no período de enchimento do

reservatório da UHE (início de operação) de abril 2016 até a previsão para abril/2018, 25 meses, pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.

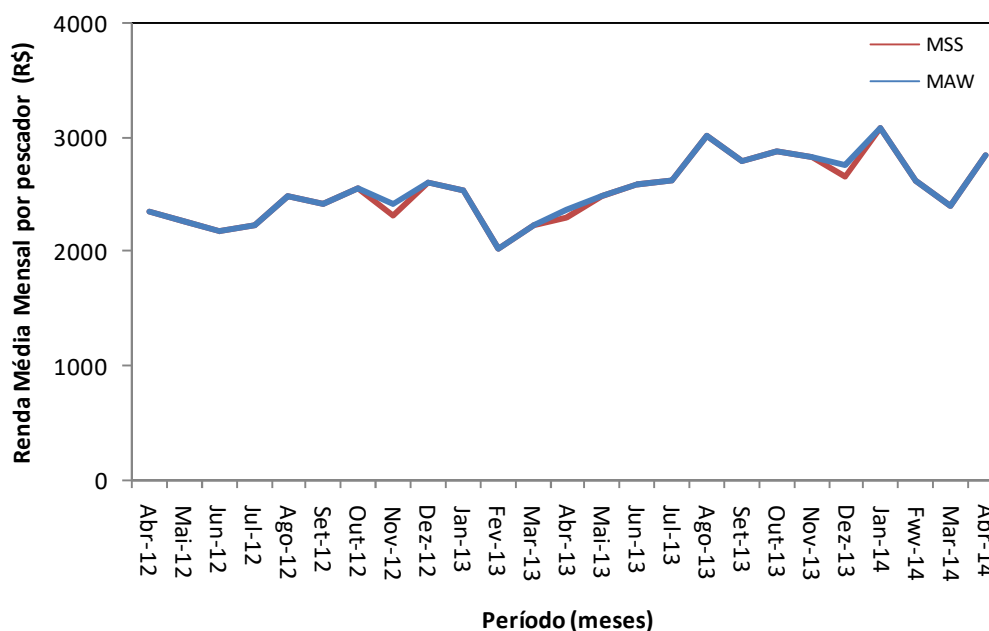


Figura 5.13 - Renda média mensal do pescador dos primeiros 25 meses de disponibilidade de dados, ou seja, de abril 2012 a abril de 2014 (período de construção) pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.

5.2.4. EXTERNALIDADE COM A PERDA NA ATIVIDADE

PESQUEIRA

A perda da renda mensal de um pescador (Equação 5) foi calculada em R\$ 218,59/mês ou R\$ 2.623,08/ano, utilizando o MSS e em R\$ 184,07/mês ou R\$ 2.208,84/ano pelo MAW.

Nas Tabelas 5.13 e 5.14 são demonstrados os resultados do cálculo da externalidade com a perda na atividade pesqueira (Equação 6), utilizando os dois modelos, para 1 pescador e para os 3.244 pescadores que participaram da pesquisa nas nove localidades, porém, segundo a NORTE ENERGIA (2017) existem 6.193 pescadores que possuem Registro Geral de Pesca e 12.450 associados na Colônia de Pesca nessas localidades (Tabela 4.2), portanto, optou-se em fazer o cálculo também para esses pescadores.

Tabela 5.13 - Perda da renda para os pescadores da região de Belo Monte calculada pelo Modelo Sazonal Simples.

NÚMERO DE PESCADORES	PERDA NO PERÍODO (25 MESES)	PERDA MENSAL	PERDA ANUAL
1	R\$ 5.464,75	R\$ 218,59	R\$ 2.623,08
3244	R\$ 17.727.649,00	R\$ 709.105,96	R\$ 8.509.271,52
6193	R\$33.843.196,80	R\$ 1.353.727,87	R\$ 16.244.734,40
12450	R\$ 68.036.137,50	R\$ 2.721.445,50	R\$ 32.657.346,00

Tabela 5.14 - Perda da renda para os pescadores da região de Belo Monte calculada pelo Modelo Aditivo de Winter.

NÚMERO DE PESCADORES	PERDA NO PERÍODO (25 MESES)	PERDA MENSAL	PERDA ANUAL
1	R\$ 4.601,75	R\$ 184,07	R\$ 2.208,84
3244	R\$ 14.928,077	R\$ 597.123,08	R\$ 7.165.476,96
6193	R\$ 28.498.637,80	R\$ 1.139.945,51	R\$ 13.679.346,12
12450	R\$ 57.291.787,50	R\$ 2.291.671,50	R\$ 27.500.058,00

Se for feita a comparação do resultado da perda na atividade pesqueira determinada pelos Modelos MSS e MAW tem-se uma diferença de 15,8%%. Sabe-se que o MAW é o mais completo, pois considera as componentes de tendência e sazonalidade em seu cálculo.

Fazendo-se uma simulação, utilizando o MAW, considerando somente a externalidade calculada para os 3244 pescadores, tem-se uma perda anual de R\$ 7,16 milhões e adotando-se como vida útil da UHE um prazo de 50 anos, esse valor seria de R\$ 358 milhões. Fazendo para os 6.193 pescadores que possuem Registro Geral de Pesca, o valor da externalidade anual seria de R\$13,68 milhões e para os 12.450 pescadores Associados na Colônia de Pesca, R\$ 27,5 milhões.

Vale ressaltar que no cálculo desta externalidade só foram considerados os dados da pesca de comercialização, deixando de fora a pesca ornamental que possui um valor econômico muito superior.

Há também um fato a se considerar.

Analisando a Evolução da taxa do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, tem-se que, segundo o IBGE (2018), o PIB brasileiro cresceu 1,1% em 2018, repetindo o avanço registrado em 2017, quando também avançou 1,1%, segunda alta anual consecutiva após dois anos de retração, uma vez que nos anos de 2016 e 2015 houve um recuo de 3,5% sobre o ano anterior, na maior recessão da história recente

do país. Com isso, a economia do país alcançou o mesmo patamar que apresentava no primeiro semestre de 2012, com recuperação em ritmo lento e abaixo do nível pré-recessão, e, 5,1% abaixo do pico registrado em 2014.

Fazendo a comparação da Renda do pescador ao longo do tempo (Figura 5.11) com a Evolução do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro (Figura 5.14), nota-se um comportamento similar, podendo-se considerar que o aumento e retração do PIB pode ter influenciado positivamente e negativamente na atividade pesqueira, sendo um fator a mais a contribuir no valor da externalidade calculada para a região. No entanto, trata-se de um fato exógeno e que não foi estudado no presente trabalho.

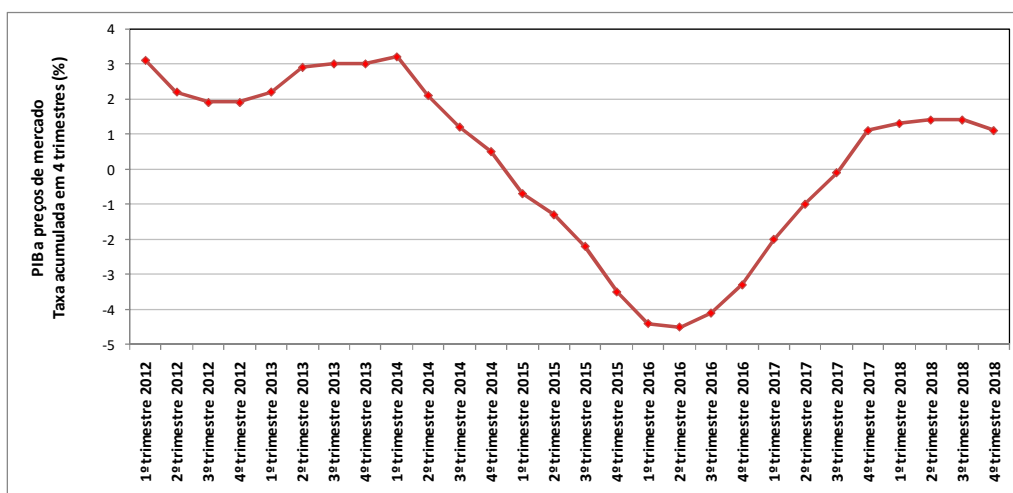


Figura 5.14 - Evolução do PIB brasileiro (2012 a 2018)–Taxa acumulada em 4 trimestres (%).

Fonte: Adaptado de IBGE <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?=&t=series-historicas&utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=pib%23evolucao-taxa#evolucao-taxa>

5.3. ANÁLISE DOS COMPONENTES DAS SÉRIES TEMPORAIS

Foi feita a decomposição das séries de dados da Produtividade Média Mensal, Preço Médio Mensal e Custo Total Médio, com objetivo de analisar seus componentes de tendência e sazonalidade antes e depois do funcionamento da UHE.

A Figura 5.15 mostra um gráfico, obtido com auxílio do SPSS, com o objetivo de realizar a comparação entre os dados da Produtividade Média Mensal (em azul), a previsão utilizando o Modelo Aditivo de Winter (MAW, em todas as figuras em verde)

e da Série com Ajuste Sazonal (SAS, em todas as figuras em vermelho), antes e depois do funcionamento da UHE Belo Monte (separadas pela linha vertical azul).

A SAS representa a série original com as variações sazonais removidas. Ressalta-se que após abril/2017 (linha vertical preta) ocorre a previsão dos dados.

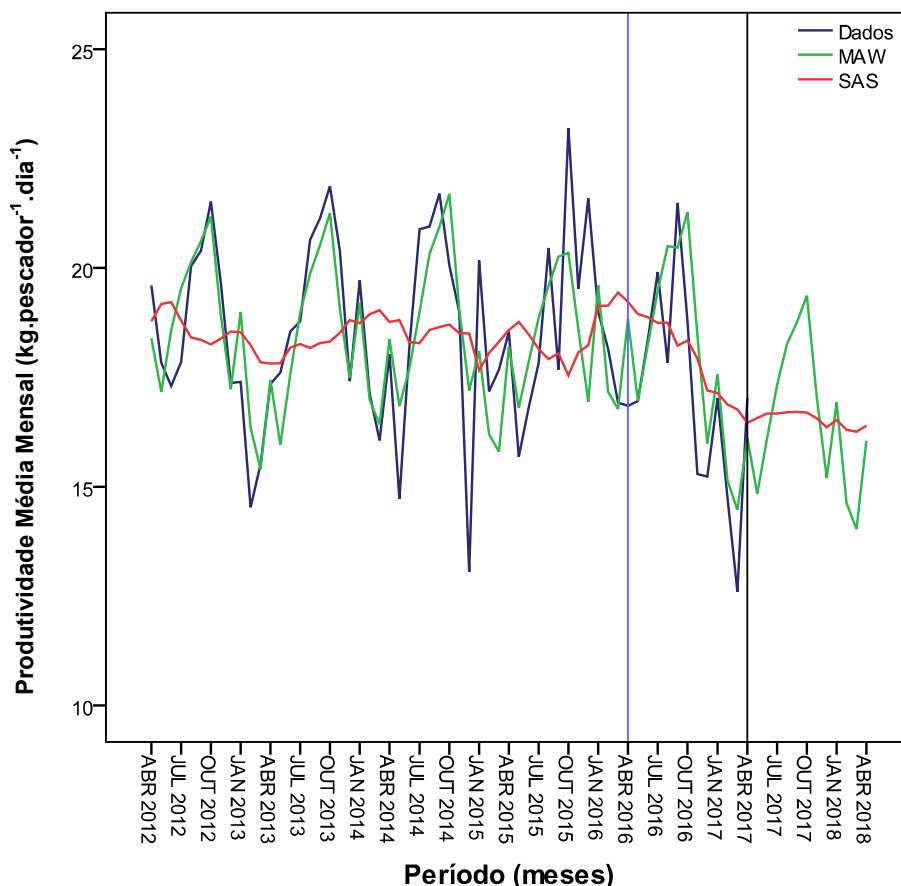


Figura 5.15 – Comparação entre os dados da Produtividade Média Mensal, da previsão pelo Modelo Aditivo de Winter e da série com ajuste sazonal, antes e depois do funcionamento da UHE Belo Monte.

Analisando a SAS para os dados da produtividade média mensal, observa-se, no primeiro momento, uma tendência crescente, porém, após o início da entrada em operação da UHE (abril 2016), há uma tendência decrescente dos dados que se deve ao aparecimento da externalidade. A sazonalidade dos dados é percebida antes e depois do início da operação da UHE. A Figura 5.16 mostra um gráfico comparativo entre os dados dos Preços Médios de comercialização do pescado reajustados pelo IPCA, o modelo MAW e a série com ajuste sazonal (SAS).

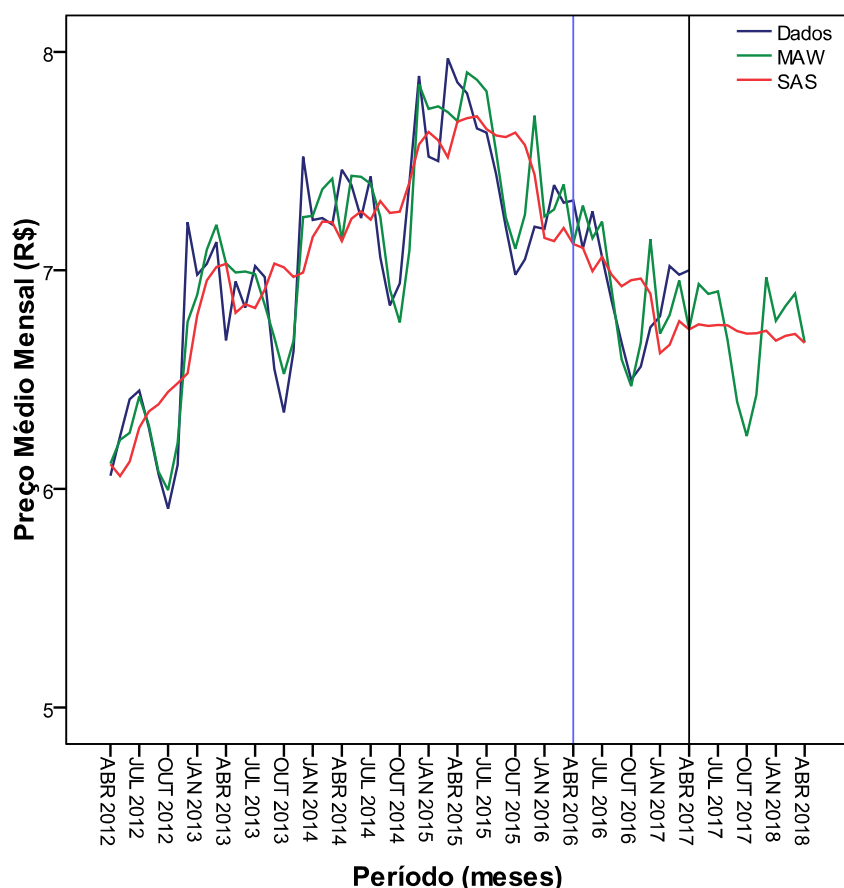


Figura 5.16 – Comparação entre os dados dos Preços Médios Mensais reajustados pelo IPCA, da previsão pelo Modelo Aditivo de Winter e da série com ajuste sazonal, antes e depois do funcionamento da UHE Belo Monte.

Os Preços Médios Mensais do pescado reajustados pelo IPCA possuem uma variação de R\$ 6,00 a R\$8,00/kg em todo o período.

Analisando a SAS, observa-se, inicialmente uma tendência crescente dos dados, devido ao comportamento do mercado. Há uma pequena queda quando se aproxima o início da entrada em operação da UHE (abril 2016), sendo que após abril/2017 (previsão dos dados), há uma retomada no crescimento.

A sazonalidade dos dados é percebida antes e depois do início da operação da UHE, proveniente da atividade pesqueira, a qual depende, entre outros fatores, do ciclo biológico dos peixes e do regime fluvial do rio.

A Figura 5.17 mostra o gráfico comparativo entre os dados dos Custos Totais Médios Mensais reajustados pelo IPCA, o modelo e a série com ajuste sazonal.

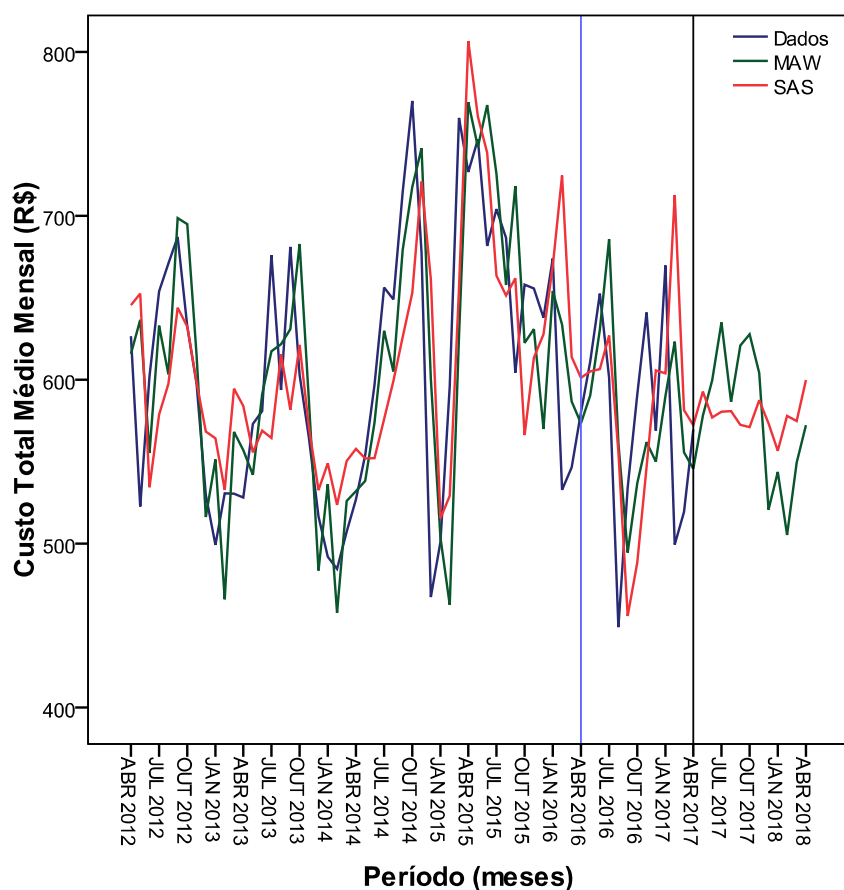


Figura 5.17 – Comparação entre os dados dos Custos Totais Médios Mensais reajustados pelo IPCA, do Modelo Aditivo de Winter e da série com ajuste sazonal, antes e depois do funcionamento da UHE Belo Monte.

Observa-se na Figura 5.17, que a tendência acompanha o comportamento dos dados e que estes demonstram sazonalidade ao longo de todo o período.

5.4. ANÁLISE ESPACIAL DA EXTERNALIDADE PERDA DA ATIVIDADE PESQUEIRA

Foi feito um estudo para calcular as externalidades para cada uma das localidades da Tabela 4.2 isoladamente, utilizando o MSS e o MAW, com as mesmas limitações e considerações feitas para o cálculo realizado para toda a região de Belo Monte (item 5.2), com o objetivo de verificar a influência da localização no resultado do cálculo da externalidade Perda da Atividade Pesqueira da região com a construção da UHE Belo Monte.

5.4.1. RECEITA

A receita média mensal por pescador foi determinada pela Equação 2, havendo necessidade de se ter os dados da produtividade média mensal de pesca e dos preços médios mensais de comercialização do peixe.

As Figuras 5.18 e 5.19 mostram os gráficos da produtividade média mensal de pesca ($\text{kg} \times \text{pescador}^{-1} \times \text{dia}^{-1}$), por localidade, ao longo do período, sendo que até a reta vertical os dados são provenientes do Relatório (Norte Energia 2017) e, após a reta (início da geração da UHE Belo Monte - abril/2016), os dados se referem à previsão para mais 12 meses feita através da aplicação dos Modelos MSS e MAW respectivamente.

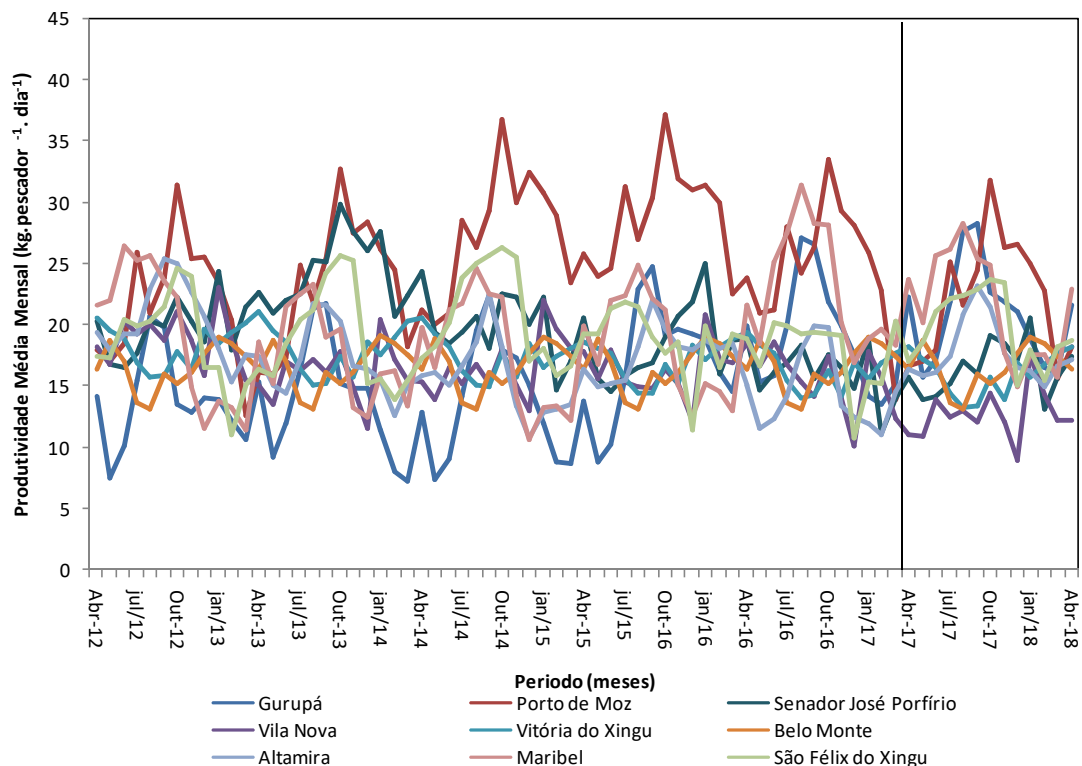


Figura 5.18 – Produtividade Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.

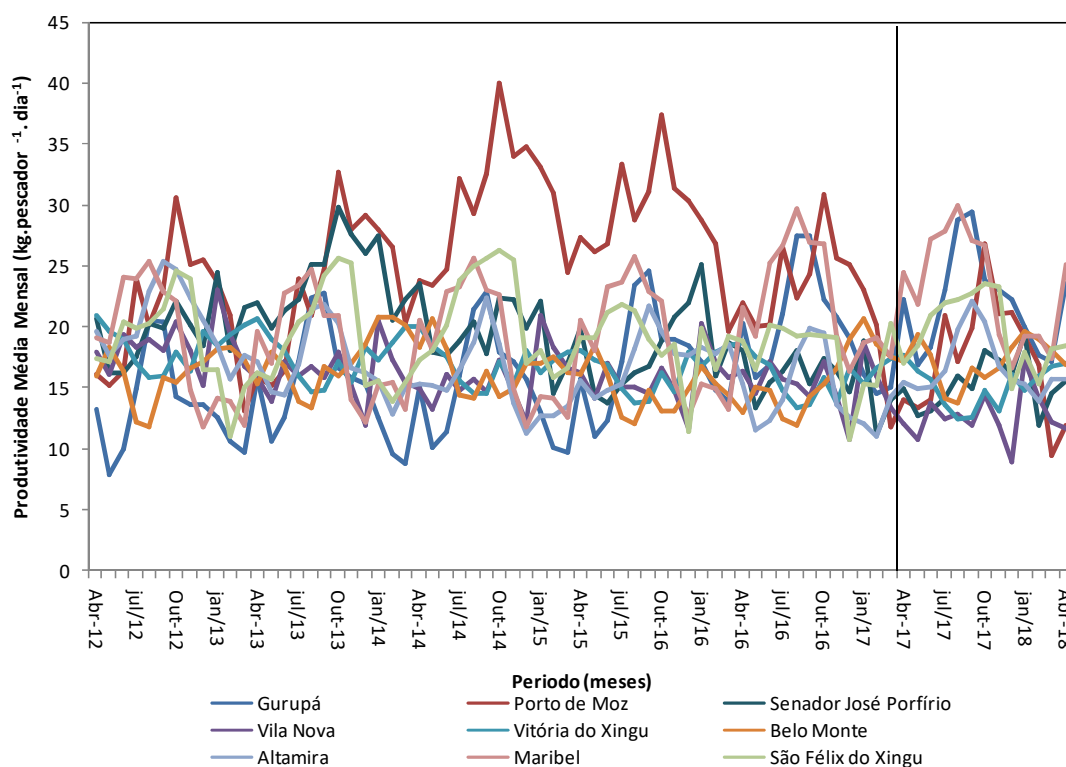


Figura 5.19 – Produtividade Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

Com isso, percebe-se separa os dois modelos, um comportamento sazonal para todas as localidades, proveniente da atividade pesqueira, sendo que os maiores valores de Produtividade Média Mensal referem-se à localidade de Porto de Moz, e os menores valores à localidade de Gurupá. Esses maiores e menores valores de produtividade podem ser devidos à localidade de Gurupá, que é um porto orientado para o mercado de Belém e Macapá, utilizar barcos motorizados para pesca de peixes maiores, enquanto que em Porto de Moz, mais orientado para o mercado local, predominar a pesca abundante de peixes menores.

Nas Figuras 5.20 e 5.21, têm-se os gráficos dos preços médios mensais de comercialização do peixe (R\$), para as 9 localidades, ao longo do período da pesquisa, projetados para mais 12 meses. Porém, como se tem preços para períodos distintos, os mesmos já se encontram reajustados pelo IPCA.

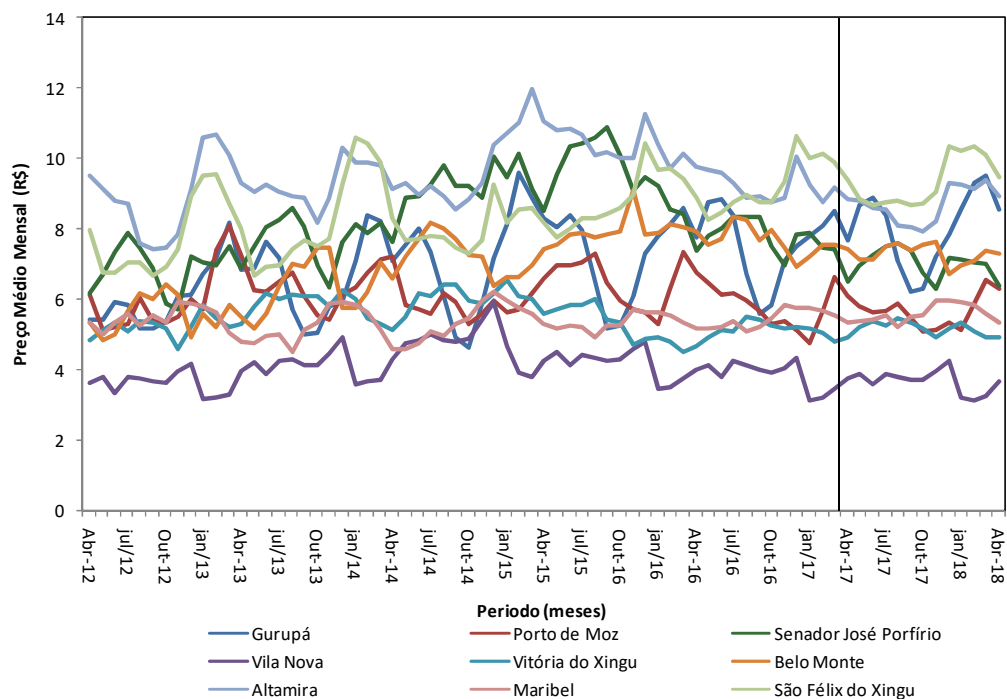


Figura 5.20 – Preço Médio Mensal de pesca entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.

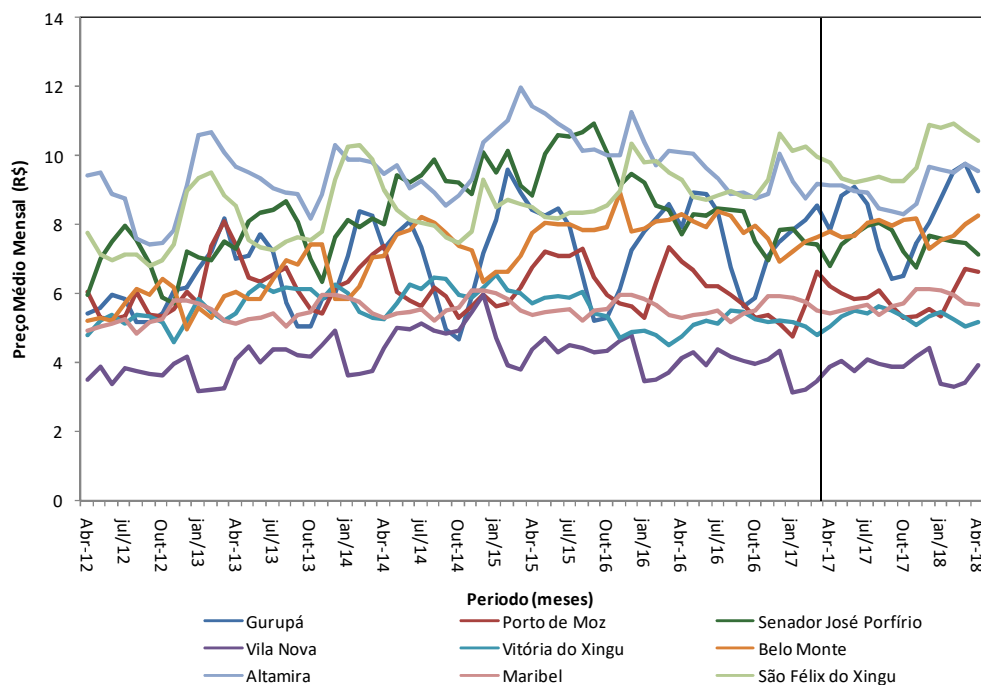


Figura 5.21 – Preço Médio Mensal de pesca entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

Nas Figuras 5.20 e 5.21, observam-se um comportamento sazonal do Preço Médio Mensal do pescado para todas as localidades, para os dois modelos. Foram observados os menores Preços Médios Mensais na localidade de Vila Nova e, os maiores, nas localidades de Altamira e São Félix do Xingu, onde as espécies mais comercializadas possuem maior valor comercial.

Com isso, o resultado da receita média mensal por pescador, por localidade, para os dois modelos são apresentados nas Figuras 5.22 e 5.23.

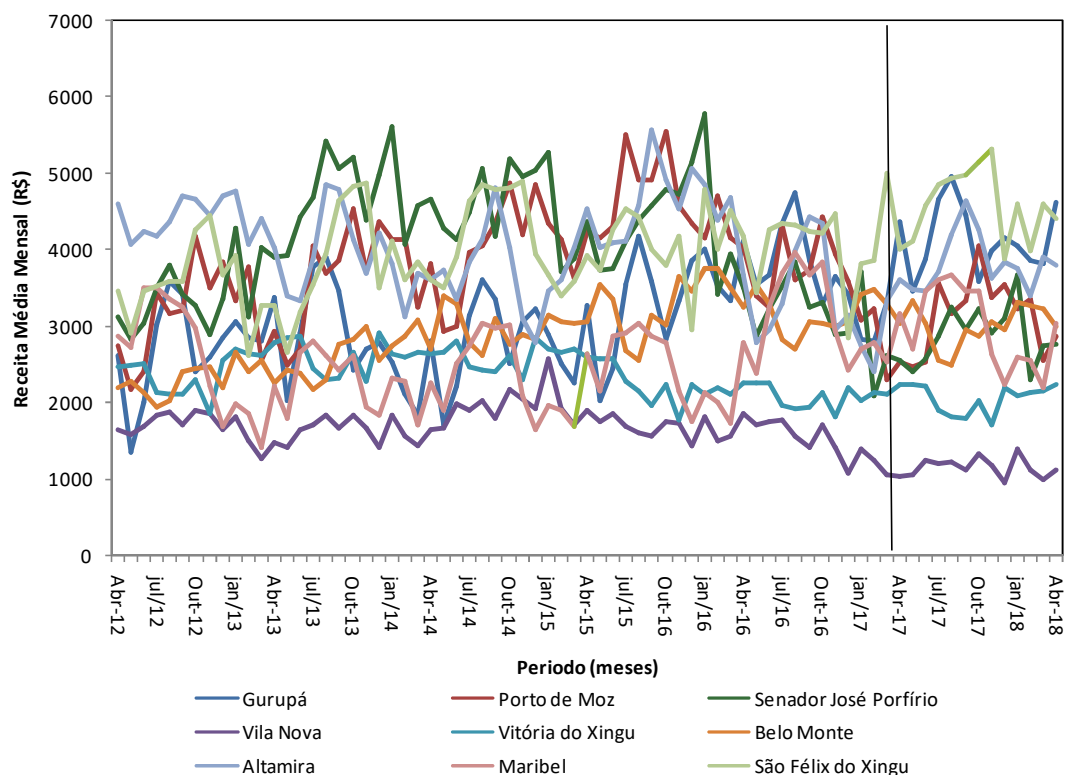


Figura 5.22 – Receita Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.

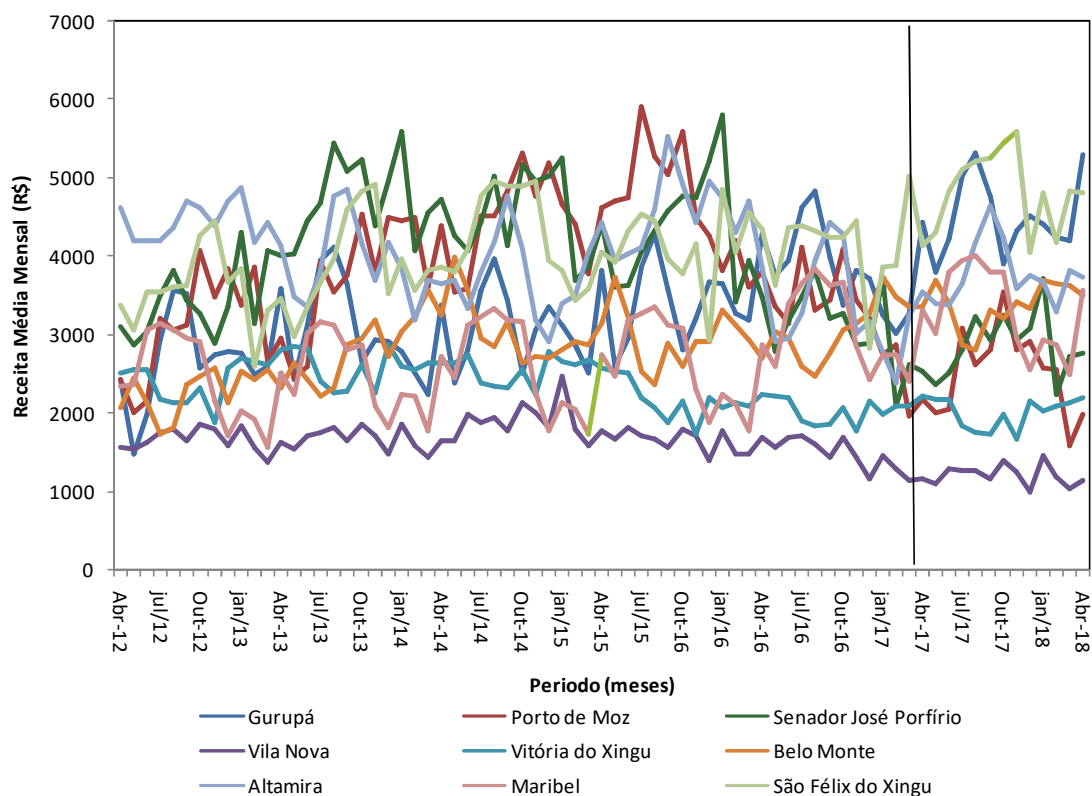


Figura 5.23 – Receita Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

Observa-se que para as localidades mais próximas da UHE, nos dois modelos, há um decréscimo de valores da receita a partir do início da operação da UHE em abril/2016, que pode ser explicado devido após esta data haver um decréscimo na produtividade ocasionada pelas externalidades provenientes da UHE.

5.4.2. CUSTOS

As Figuras 5.24 e 5.25 mostram os gráficos dos custos totais médios mensais (gelo, combustível, alimentação, embarcação, etc.) por localidade, provenientes do Relatório (Norte Energia) e previstos pelo MSS e MAW respectivamente.

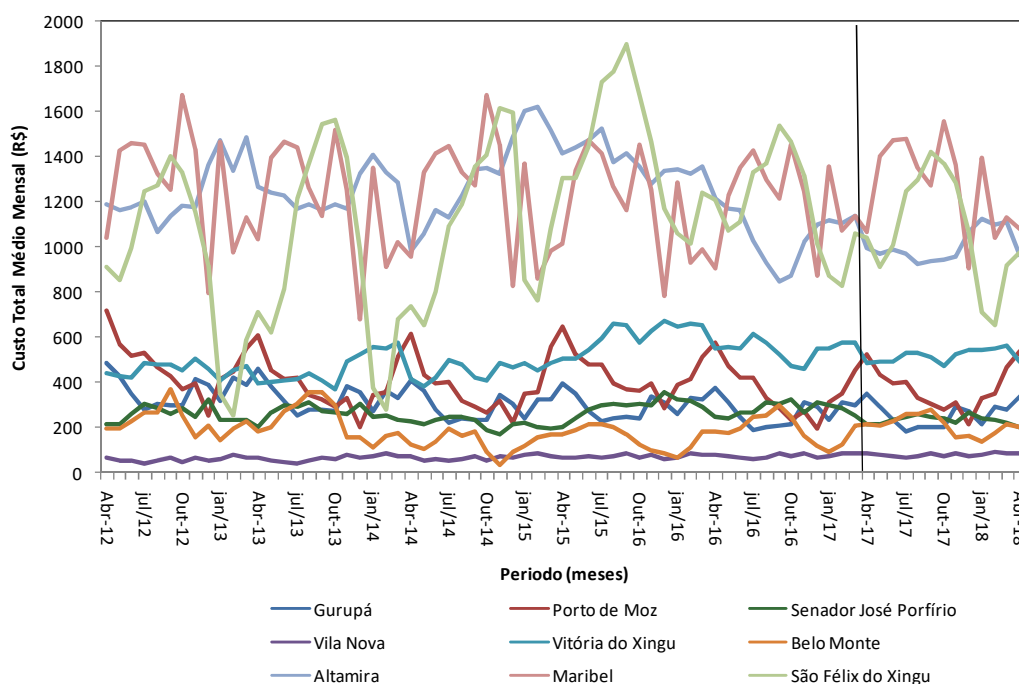


Figura 5.24 – Custo Total Médio Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.

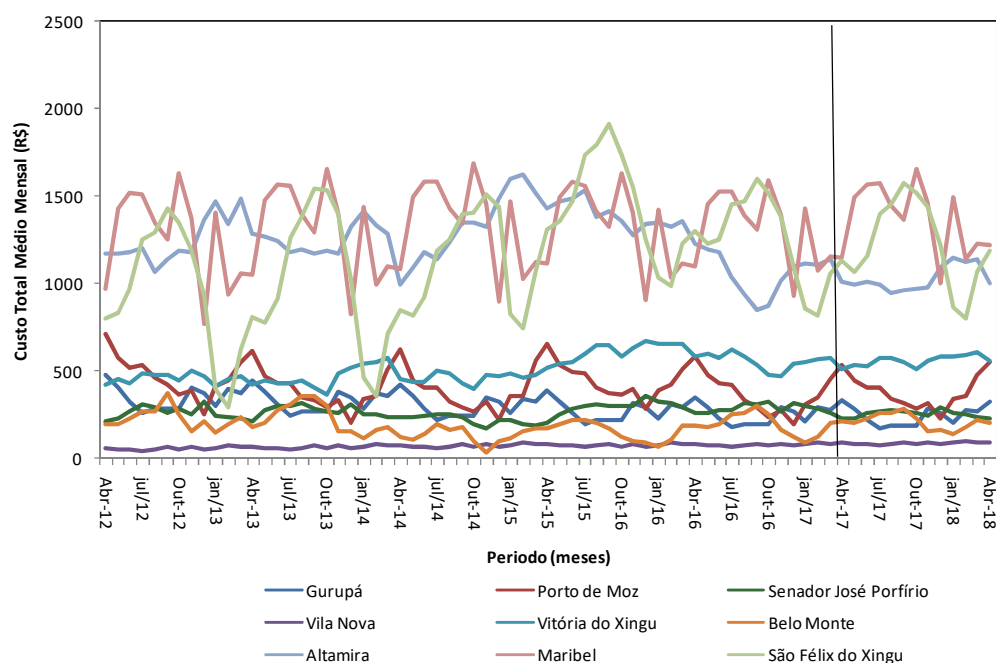


Figura 5.25 – Custo Total Médio Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

Segundo as Figuras 5.24 e 5.25, os maiores valores do Custo Total Médio Mensal foram observados nas localidades de São Félix do Xingu, Maribel e Altamira, e, os menores valores na localidade de Vila Nova. Além disso, os valores não possuem tendência de aumento ou diminuição com o passar do tempo, e, continua se observando um comportamento sazonal dos dados proveniente da atividade pesqueira. Observa-se então, que os maiores valores dos Custos Totais Médios Mensais são observados nas localidades que possuem os maiores valores de Preço Médio Mensal.

5.4.3. RENDA MÉDIA MENSAL DO PESCADOR

O resultado da renda média mensal de um pescador (R\$), para as 9 localidades, pelos modelos MSS e MAW, encontram-se nas Figuras 5.26 e 5.27 respectivamente.

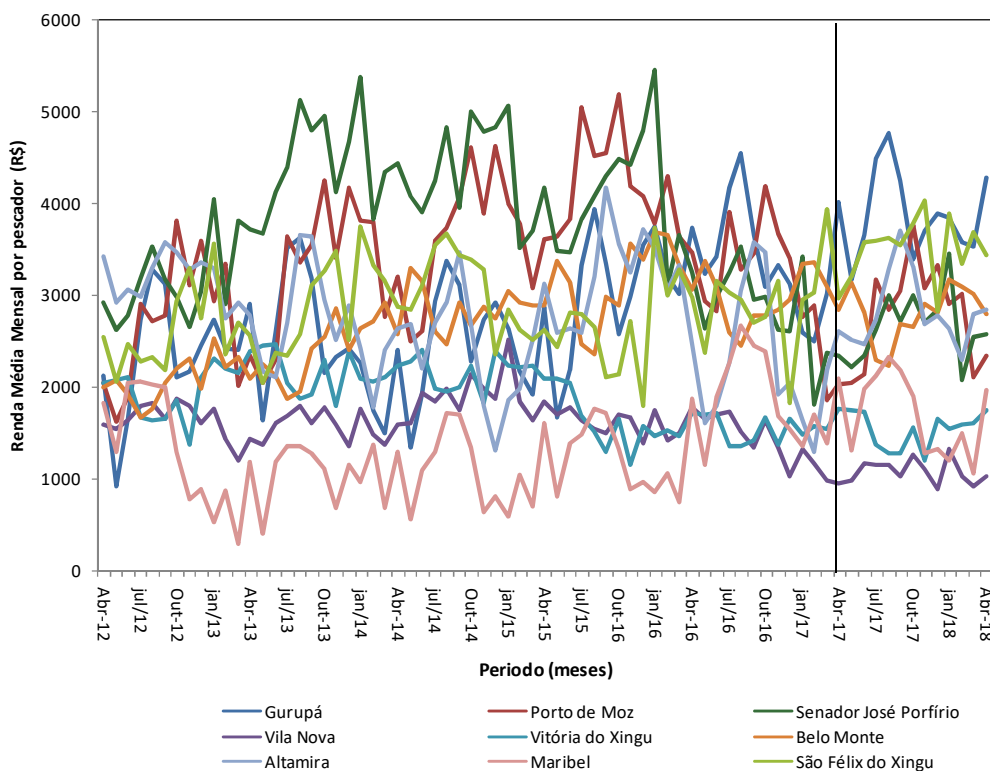


Figura 5.26 – Renda Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.

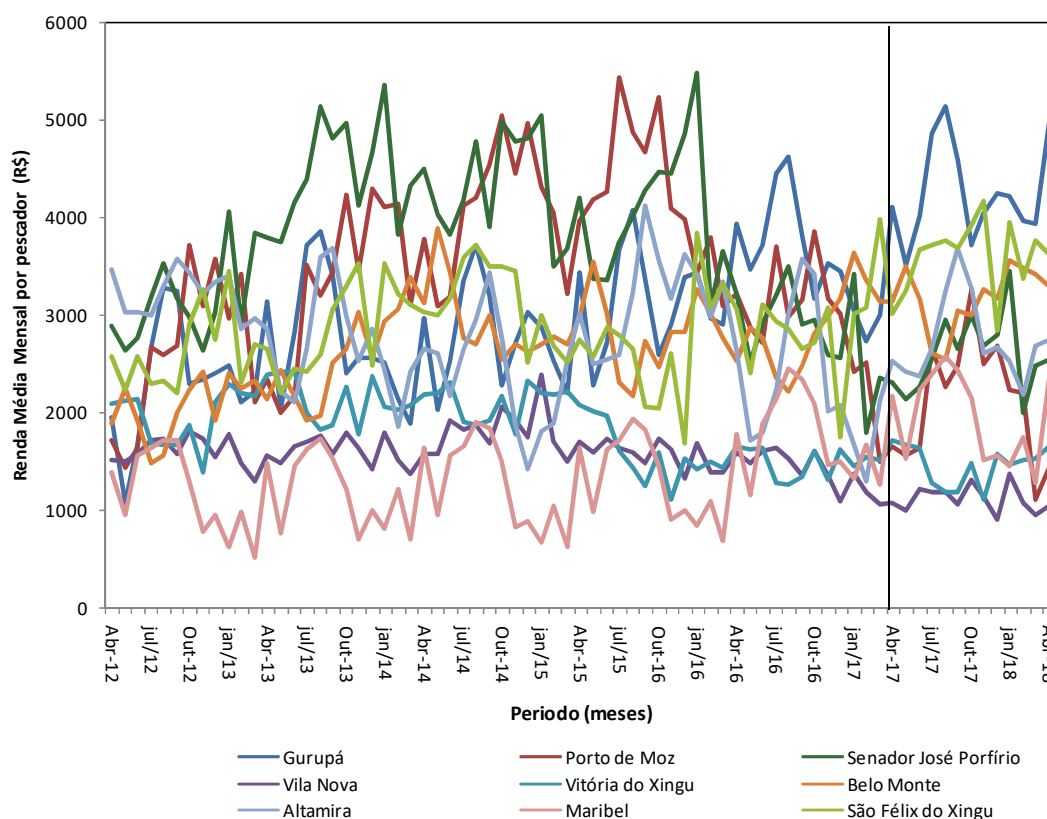


Figura 5.27 – Renda Média Mensal entre abril de 2012 e abril de 2018, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

Analisando as Figuras 5.26 e 5.27, podem-se observar os menores valores de Rendias Médias Mensais por pescador na localidade de Maribel e os maiores em Senador José Porfírio e Porto de Moz. Há um decréscimo de valor da Renda Média Mensal, a partir de abril/2016 (início da geração da UHE), em algumas localidades, principalmente nas mais próximas da UHE, respeitando a sazonalidade, ocasionado pelo decréscimo do valor da produtividade média mensal e pelo aparecimento das externalidades.

Para uma melhor análise, dividiram-se as Figuras 5.26 e 5.27 em duas figuras. As Figuras 5.28 e 5.30 mostram a renda média mensal do pescador no período de enchimento do reservatório da UHE (início de operação) de abril 2016 até a previsão para abril/2018 (25 meses) para as 9 localidades, utilizando os Modelos MSS e MAW respectivamente. E, as Figuras 5.29 e 5.31 que mostram a renda média mensal dos primeiros 25 meses de disponibilidade de dados, ou seja, de abril 2012 a abril de 2014 (período de construção) para as 9 localidades, os Modelos MSS e MAW respectivamente. Vale ressaltar, que o período compreendido entre maio/2017 e

abril/2018, refere-se ao período para o qual foi feita a previsão pelos Modelos MSS e MAW.

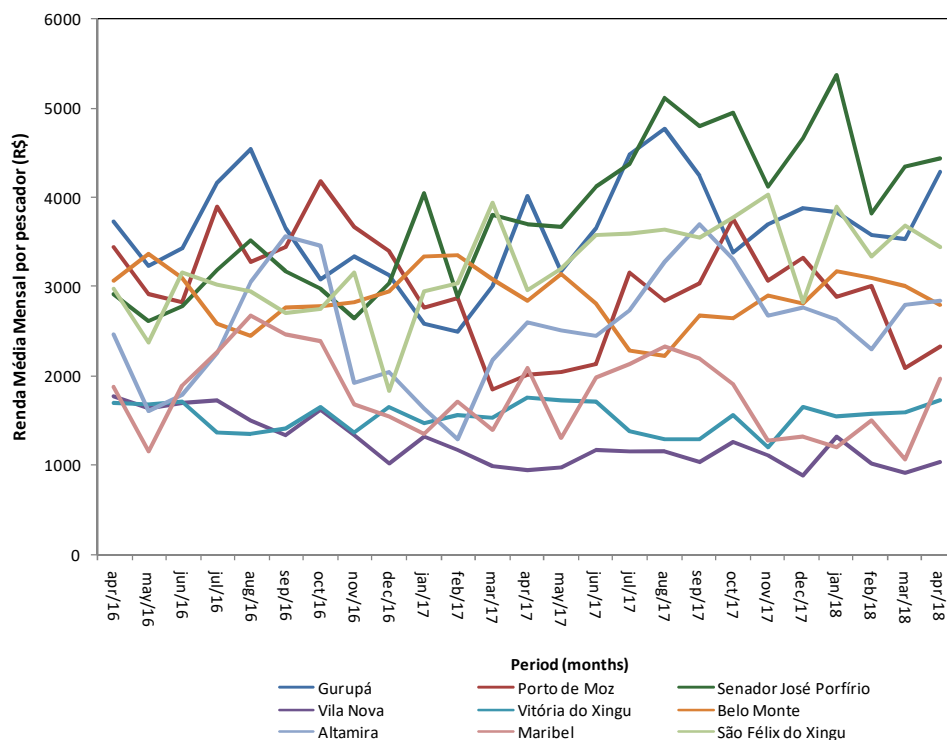


Figura 5.28 – Renda Média Mensal do pescador no período de enchimento do reservatório da UHE (início de operação) de abril 2016 até a previsão para abril/2018, 25 meses, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.

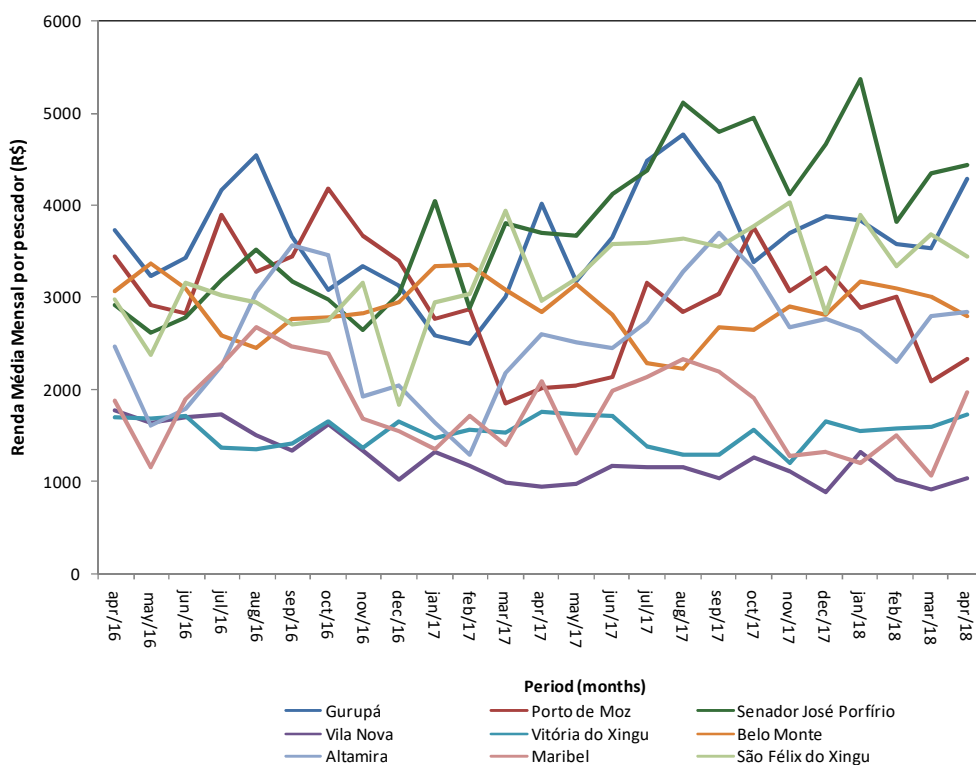


Figura 5.29 – Renda média mensal de abril 2012 a abril de 2014 (período de construção), para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Sazonal Simples.

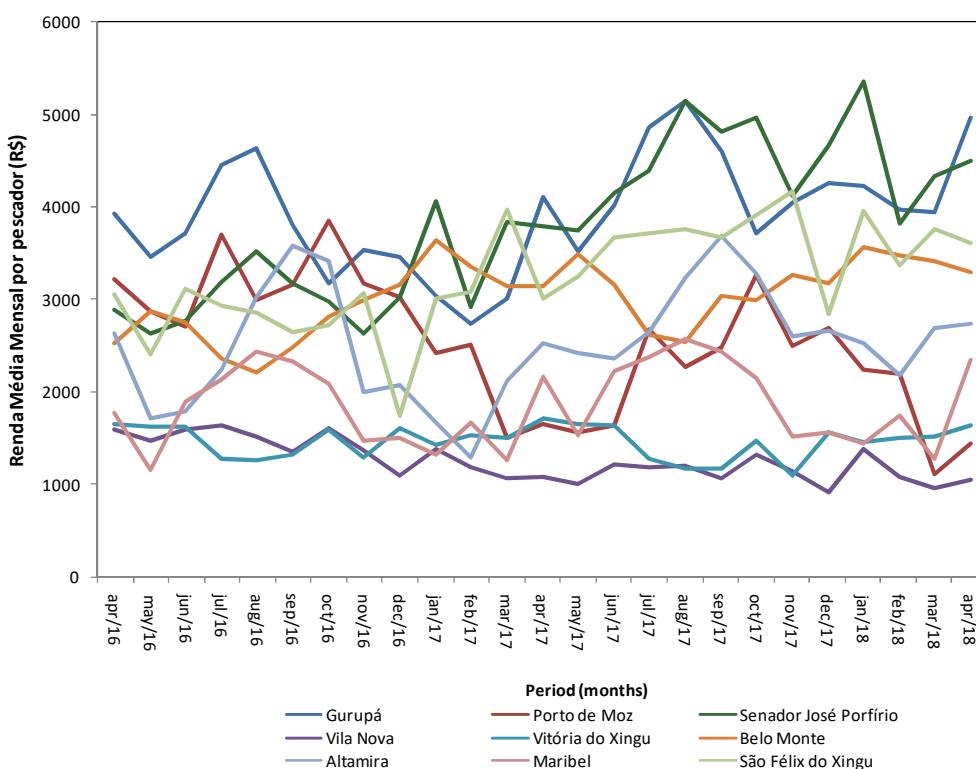


Figura 5.30 – Renda Média Mensal do pescador no período de enchimento do

reservatório da UHE (início de operação) de abril 2016 até a previsão para abril/2018, 25 meses, para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

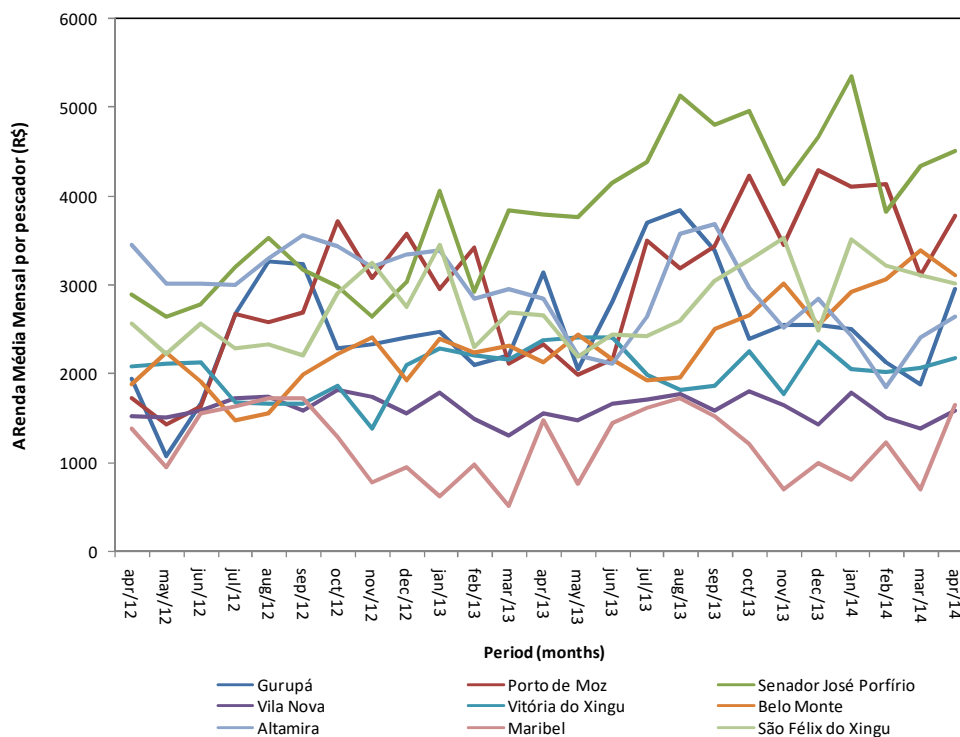


Figura 5.31 – Renda média mensal de abril 2012 a abril de 2014 (período de construção), para as localidades de Gurupá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Vila Nova, Vitória do Xingu, Belo Monte, Altamira, Maribel e São Félix do Xingu, utilizando o Modelo Aditivo de Winter.

5.4.4. EXTERNALIDADE COM A PERDA NA ATIVIDADE PESQUEIRA

A Tabela 5.15 mostra o resultado da Externalidade perda na atividade pesqueira (mensal e anual), calculada para as 9 localidades de desembarque pesqueiro, pelos Modelos MSS e MAW.

Tabela 5.15 - Externalidade com a perda na atividade pesqueira para as 9 localidades de desembarque, calculadas pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.

LOCALIDADE	NÚMERO DE PESCADORES	MODELO SAZONAL SIMPLES		MODELO ADITIVO DE WINTER	
		PERDA MENSAL	PERDA ANUAL	PERDAMENSAL	PERDA ANUAL
GURUPÁ	1	R\$ -1.354,28	R\$-16.251,36	R\$-1.541,51	R\$-18.498,12
	474	R\$-641.928,72	R\$-7.703.144,64	R\$ -730.675,74	R\$ -8.768.108,88
	1721	R\$-2.337.531,04	R\$ -28.050.372,50	R\$ -2.652.938,71	R\$ -31.835.264,50
	2850	R\$-3.859.698,00	R\$-46.316.376,00	R\$ -4.393.303,50	R\$-52.719.642,00
PORTO DE MOZ	1	R\$ 422,37	R\$5.068,44	R\$ 691,49	R\$ 8.297,88
	532	R\$ 224.700,84	R\$ 2.696.410,08	R\$ 367.872,68	R\$ 4.414.472,16
	1983	R\$ 837.559,71	R\$ 10.050.716,50	R\$ 1.371.224,67	R\$ 16.454.696,00
	4100	R\$ 1.731.717,00	R\$ 20.780.604,00	R\$ 2.835.109,00	R\$ 34.021.308,00
SENADOR JOSÉ PORFÍRIO	1	R\$ 1.220,21	R\$14.642,52	R\$ 1.239,26	R\$ 14.871,12
	363	R\$ 441.716,02	R\$ 5.300.592,24	R\$ 449.851,38	R\$ 5.398.216,56
	898	R\$ 1.095.748,58	R\$ 13.148.982,96	R\$ 1.112.855,48	R\$ 13.354.265,76
	1783	R\$ 2.175.634,43	R\$ 26.107.613,16	R\$ 2.209.600,58	R\$ 26.515.206,96
VILA NOVA	1	R\$ 469,51	R\$ 5.634,12	R\$ 450,77	R\$ 5.409,24
	199	R\$ 93.432,49	R\$1.121.189,88	R\$ 89.703,23	R\$ 1.076.438,76
VITÓRIA DO XINGU	1	R\$ 560,29	R\$ 6.723,48	R\$ 603,63	R\$ 7.243,56
	352	R\$ 197.222,08	R\$ 2.366.664,96	R\$ 212.477,76	R\$ 2.549.733,12
	636	R\$ 356.344,44	R\$ 4.276.133,28	R\$ 383.908,68	R\$ 4.606.904,16
	2480	R\$ 1.389.519,2	R\$ 16.674.230,4	R\$ 1.497.002,4	R\$ 17.964.028,8
BELO MONTE	1	R\$-522,49	R\$- 6.269,88	R\$- 699,45	R\$-8.393,4
	144	R\$- 75.238,56	R\$- 902.862,72	R\$-100.720,8	R\$-1.208.649,6
ALTAMIRA	1	R\$ 297,15	R\$ 3.565,80	R\$ 338,64	R\$ 4.063,68
	733	R\$ 217.810,95	R\$ 2.613.731,40	R\$ 248.223,12	R\$ 2.978.677,44
	659	R\$ 195.821,85	R\$ 2.349.862,20	R\$ 223.163,76	R\$ 2.677.965,12
	980	R\$ 291.207,00	R\$ 3.494.484,00	R\$ 331.867,20	R\$ 3.982.406,40
MARIBEL	1	R\$- 631,83	R\$- 7.581,96	R\$-750,62	R\$- 9.007,44
	141	R\$- 89.088,03	R\$- 1.069.056,36	R\$- 105.837,42	R\$- 1.270.049,04
SÃO FÉLIX DO XINGU	1	R\$-496,91	R\$- 5.962,92	R\$ -542,08	R\$- 6.504,96
	306	R\$- 152.054,46	R\$- 1.824.653,52	R\$- 165.876,48	R\$- 1.990.517,76
	296	R\$- 147.085,36	R\$- 1.765.024,32	R\$- 160.455,68	R\$-1.925.468,16
	257	R\$- 127.705,87	R\$- 1.532.470,44	R\$- 139.314,56	R\$-1.671.774,72

Vale ressaltar que a primeira linha da Tabela 5.15, para cada localidade, refere-se sempre a 1 pescador, a segunda, ao número de pescadores entrevistados (Norte Energia, 2017), a terceira, aos pescadores que possuem Registro Geral da Pesca (RGP) e, a quarta linha aos pescadores associados nas Colônias de

Pescadores.

Após o cálculo da externalidade perda da atividade pesqueira para as 9 localidades pode-se citar que naquelas mais distantes (Gurupá, Maribel e São Félix do Xingu), tanto a jusante quanto a montante da barragem, há presença de uma externalidade positiva (representada pelo sinal negativo), ou seja, não há perda na atividade pesqueira nessas localidades, já que estas não sofrem ou podem sofrer pouca influência da barragem.

Observou-se que há uma externalidade positiva também na localidade de Belo Monte, porém não se pode ter uma conclusão sobre este resultado, que talvez se deva a dados coletados incorretamente ou outro fator.

Ressalta-se também que mesmo obtendo-se um valor muito alto de externalidade positiva para a localidade de Gurupá, o que pode ser explicado devido à mesma estar bem mais distante da UHE e sofrer influência direta do Rio Amazonas, quando se considera toda a região da UHE, o resultado ainda é de uma grande perda na atividade pesqueira.

Observou-se ainda que há pouca diferença entre o resultado obtido pelos modelos MSS e MAW para a maior parte das localidades, exceto para Porto de Moz e Belo Monte, cujas diferenças entre os modelos foi de 30% e 25% respectivamente. Para uma melhor visualização, na Figura 5.32 também estão apresentados, em forma de mapa, os resultados dos dois modelos para as 9 localidades.

Na Figura 5.33, os resultados obtidos pelos Modelos MSS e MAW são apresentados com o auxílio do *software* ArcGIS versão 10.1®, que foi utilizado para possibilitar uma melhor análise dos dados, visualizando-os em forma de isosuperfícies de perda de externalidade. É importante ressaltar que como os resultados obtidos por ambos os modelos, para cada localidade, foram bem próximos, os mesmos estão representados na mesma Figura.

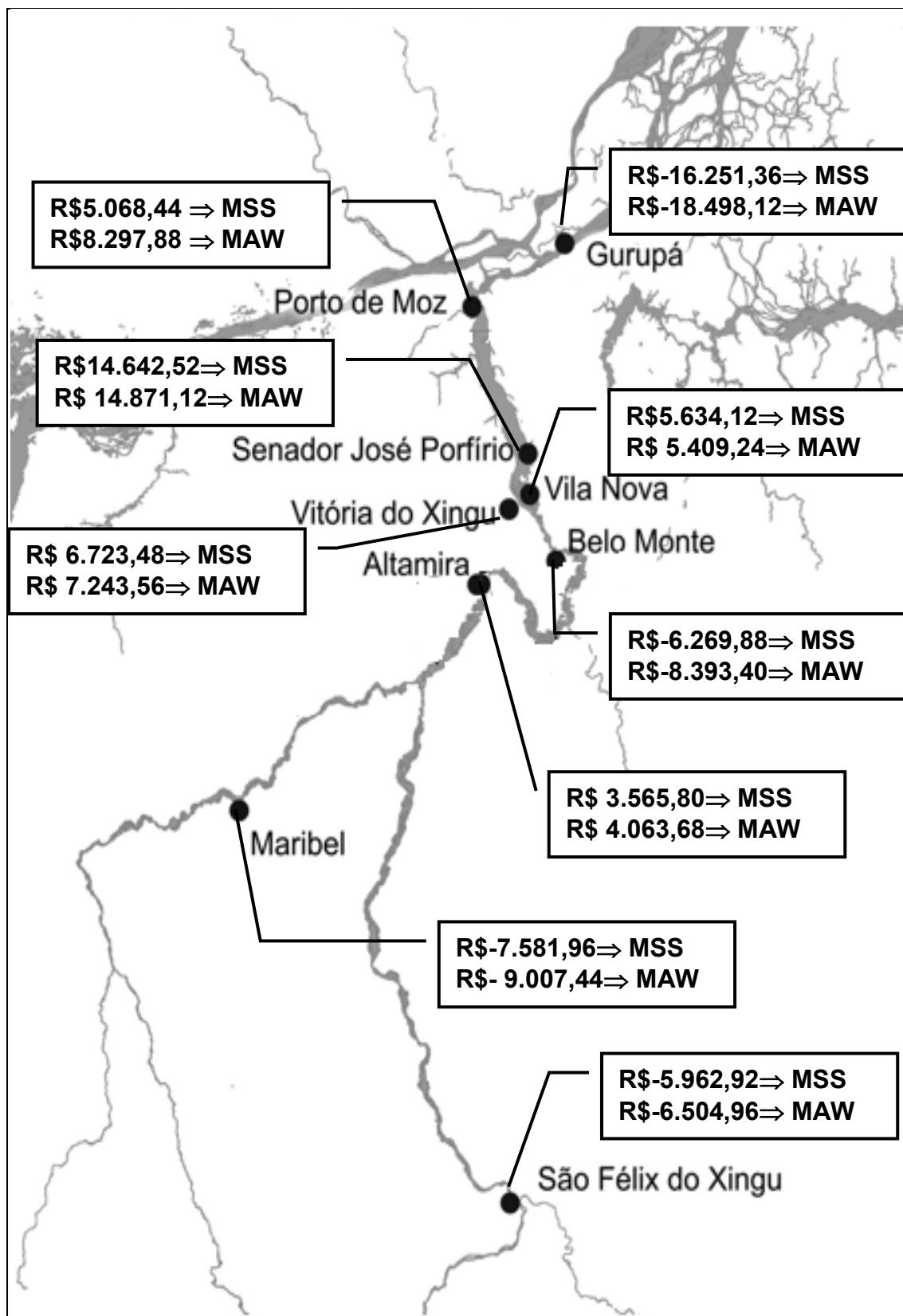


Figura 5.32 - Externalidade com a perda na atividade pesqueira, com valores anuais, por pescador, para as localidades de desembarque, calculada pelos Modelos Sazonal Simples e Aditivo de Winter.

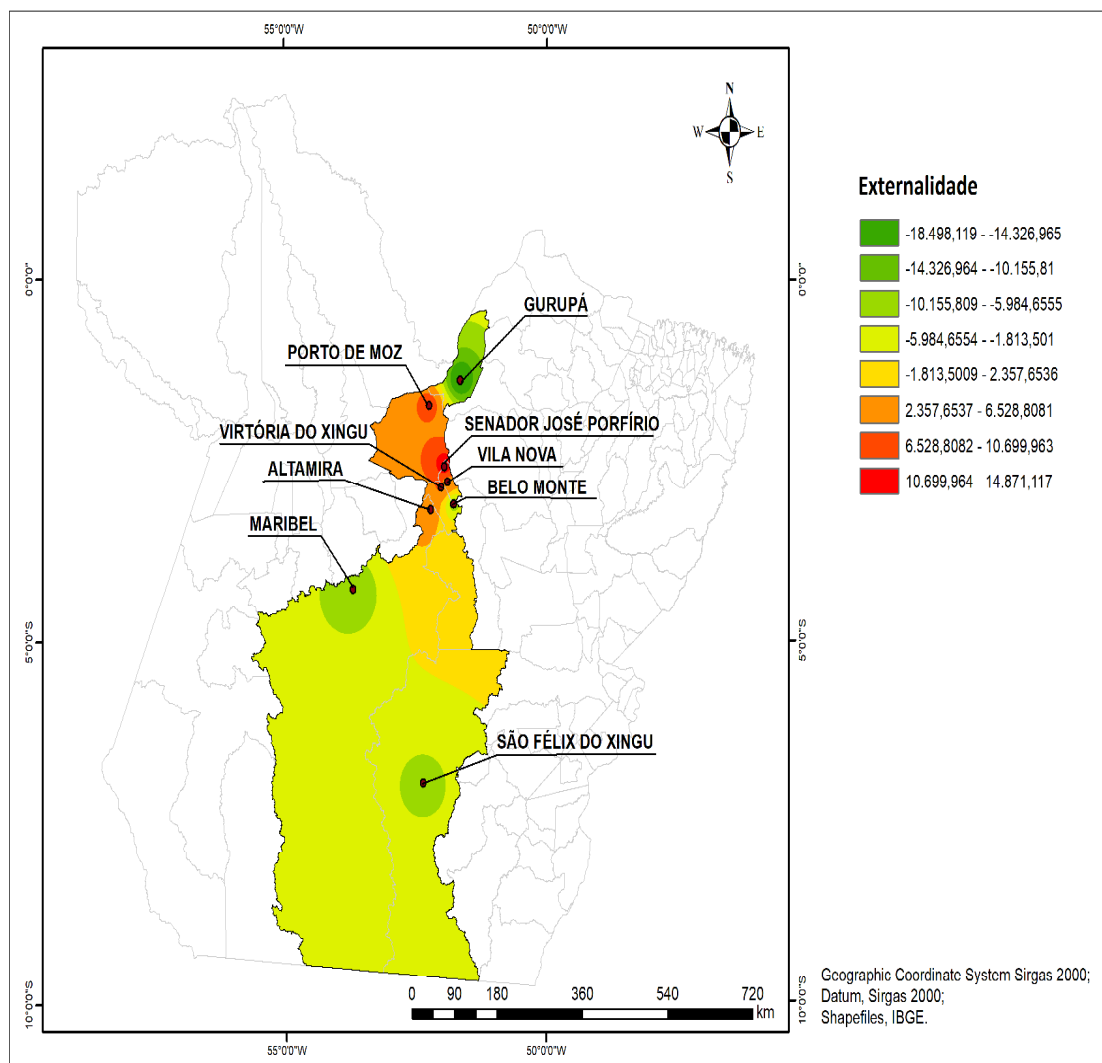


Figura 5.33 – Mapa contendo a externalidade com a perda na atividade pesqueira para as localidades de desembarque, em valores anuais, por pescador, calculada pelos Modelos Sazonal Simples (MSS) e Aditivo de Winter (MAW).

Analisando a Figura 5.33, observa-se que nos municípios próximos a UHE há a presença da externalidade perda na atividade pesqueira (representados pelas curvas em escala de valores do amarelo ao vermelho). Sendo que esta perda vai diminuindo à medida que se distancia da UHE.

Porém, para a localidade de Belo Monte, observa-se uma externalidade positiva, ou seja, não há perda na atividade pesqueira, o que se faz acreditar que este resultado é um *outlier*, já que para esta localidade era esperado o maior valor da externalidade. Este fato talvez se deva a dados coletados e/ou digitados incorretamente, ou ainda devido boa parte da população de Belo Monte e de algumas localidades vizinhas abandonarem a atividade pesqueira e migrarem para Altamira no

período da construção da UHE em busca de emprego e melhores condições de vida para suas famílias, causando um crescimento populacional anormal neste município.

Portanto observa-se maior valor da externalidade perda na atividade pesqueira quanto mais próximo a UHE Belo Monte, diminuindo gradativamente com a distância, e, sem nenhuma influência para as localidades bem mais afastadas, demonstrando com isso, toda a influência da perda da atividade pesqueira na região afetada pela UHE.

A análise espacial dos resultados pode permitir ainda, que por interpolação de valores, em qualquer localidade entre esses pontos da região da UHE, estime-se o valor da externalidade. A título de ilustração, na Figura 5.34, é demonstrado o valor da externalidade na localidade de Brasil Novo, localizada entre Maribel e Altamira, que está entre R\$-1.000,00 e R\$-4.000,00, por ano, por pescador (curva laranja claro, na escala de valores).

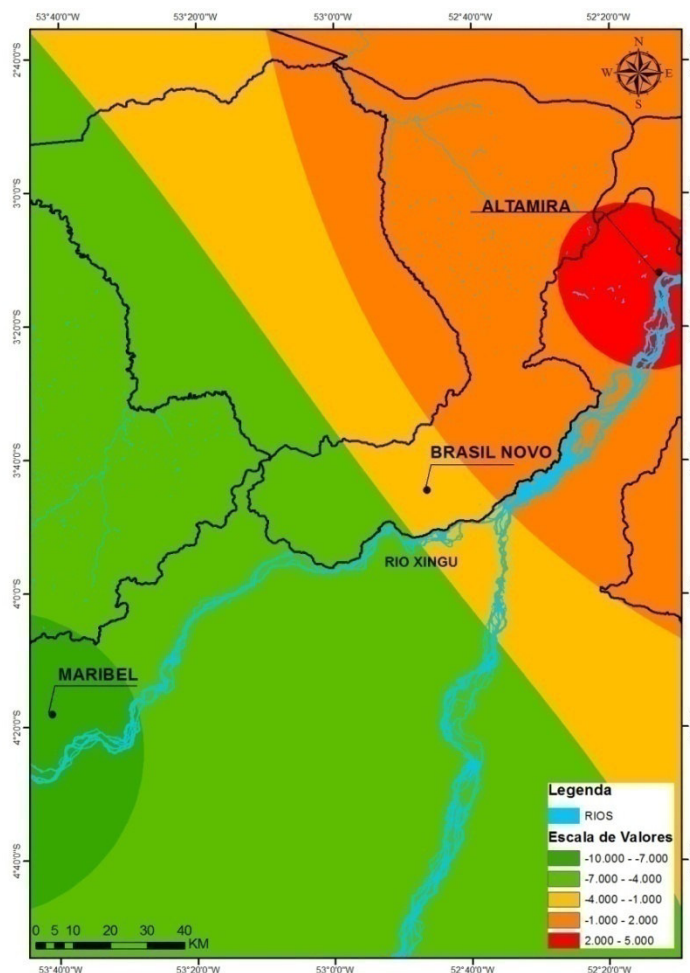


Figura 5.34 – Mapa contendo a externalidade com a perda na atividade pesqueira por pescador, por ano, calculada pelos Modelo Sazonal Simples (MSS) e Aditivo de Winter (MAW).

5.5. ACRÉSCIMO NO VALOR DO CUSTO DE GERAÇÃO DE ENERGIA COM A INCLUSÃO DA EXTERNALIDADE

Segundo o Estudo de Viabilidade de Belo Monte (ELETRONORTE, 2002a), a energia da UHE tem um custo de geração de U\$ 12,4/MWh, equivalentes a R\$40,59/MWh (1U\$ = R\$ 3,2736 - 01/11/17-<http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>).

A externalidade perda na atividade pesqueira calculada no trabalho, fundamentada no Método do Custo de Oportunidade, utilizando os modelos MSS e MAW alcançaram o montante de R\$ 32,65 milhões/ano e R\$ 27,50 milhões/ano, respectivamente (equivalente a U\$ 9,97 milhões/ano e R\$ 8,40 milhões/ano respectivamente).

Considerando que a energia média assegurada para o empreendimento é de 4,57 mil MW, o total gerado em um ano quando da operação plena da usina será de aproximadamente 39,5 milhões de MWh, o que ensejaria, num custo total de produção de US\$ 489,8 milhões/ano (US\$ 12,4/MWh x 39.500.000 MWh). Se for incorporado o custo da externalidade, calculado, pelo Modelo Aditivo de Winter, escolhido nesse caso por ser um modelo que considera tendência e sazonalidade em sua previsão (US\$ 8,40 milhões/ano) ao custo total da energia, haveria um acréscimo de U\$ 0,21/MWh (Equação 7), ou seja, aumentaria em 1,7% o custo previsto e adotado para a energia no estudo de viabilidade, que passaria a ser de U\$12,61/MWh.

SOUSA JÚNIOR e REID (2010), adotando os dados do trabalho de LEITÃO (2005), mesmo sem uma fundamentação metodológica rígida, estimaram as perdas anuais com a pesca na região da UHE Belo Monte, resultando para a pesca tradicional em U\$ 1,86 milhões/ano (R\$ 6,08 milhões/ano) e para pesca ornamental U\$ 3,2 milhões/ano. Já no trabalho de GUATAM *et al.* (2014), foram estimadas as perdas anuais com a pesca na região de Belo Monte em U\$ 3,19 milhões/ano (R\$ 10,47 milhões/ano) para a pesca tradicional e para a pesca ornamental em U\$ 788 mil/ano. No Relatório do Estudo de Viabilidade (ELETRONORTE, 2002a) foi estimado o montante de R\$ 31,46 milhões, já corrigidos para 2017, para conservação de toda a fauna (peixes, aves, répteis, anfíbios e mamíferos) e R\$ 705,34 milhões para todas as externalidades geradas pelo empreendimento.

A vida útil de uma usina hidrelétrica pode ser admitida como de 50 anos. Porém, considerando um prazo de apenas 15 anos para a influência desta externalidade no empreendimento, uma vez que depois desse período poderia haver

uma reorganização no ambiente aquático do local, ou os pescadores prejudicados poderiam mudar de atividade, indo trabalhar na agricultura ou migrando para a cidade, o valor de apenas esta externalidade, para esses 15 anos, seria de R\$ 412,50 milhões, o que equivaleria a 58,5% do valor alocado para a totalidade das externalidades do empreendimento quando do estudo de viabilidade (R\$ 705,34 milhões).

O cálculo de apenas uma externalidade (perda na atividade pesqueira) mostra que além de ser um aspecto econômico a ser considerado na implantação de UHE's, também gera um fator social preocupante, já que a população ribeirinha, com a perda de sua renda, tende a migrar para a cidade, abandonando suas casas, em busca de trabalho, ou seja, passa a gerar outras externalidades que também não foram previstas previamente nos estudos técnicos, econômicos e ambientais.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1. Conclusões

No presente estudo foi calculado valor da externalidade Perda na Atividade Pesqueira na UHE Belo Monte utilizando o Método do Custo de Oportunidade por meio de dois modelos, sendo no montante de R\$ 27,5 milhões/ano utilizando Modelo Aditivo de Winter (MAW) e R\$ 32,6 milhões/ano pelo Modelo Sazonal Simples (MSS). Estes valores são muito superiores aos disponíveis na literatura e ao montante arbitrado pelo Relatório do Estudo de Viabilidade (ELETRONORTE, 2002a) em R\$ 31,46 milhões, para todo o período da construção do empreendimento, já corrigidos, para compensação não somente desta externalidade, mas as referentes a toda fauna (peixes, aves, répteis, anfíbios e mamíferos).

Assim, observou-se que apenas com a análise de uma externalidade, dentre inúmeras existentes ou potenciais, o custo da energia teria um acréscimo entre 1,7% e 2%, dependendo do modelo adotado para seu cálculo (MAW e MSS), demonstrando, então, a convergência nos resultados de ambos os modelos, passando, no presente estudo de caso, de US\$ 12,40/MWh para US\$ 12,61/MWh ou US\$ 12,65/MWh, respectivamente. Logo, se forem incorporados os valores de outras externalidades, apropriadas de maneira fundamentada, no custo total da geração de energia hidrelétrica, muito provavelmente este custo não seria tão competitivo quanto atualmente aparenta ser, o que inviabilizaria o Estudo de Viabilidade Econômica da UHE Belo Monte.

Foi realizada ainda a análise espacial da externalidade para as 9 localidades, na qual se verificou que nos municípios mais distantes, tanto a montante quanto a jusante da UHE, foi observada uma externalidade positiva e que em grande parte das localidades houve poucas diferenças no cálculo realizado pelos dois modelos.

Vale ressaltar que a perda na atividade pesqueira na região pode não ser ocasionada só pela construção da UHE, mas por outros aspectos que vão sendo somados a ela, como por exemplo, as mudanças de tecnologia de pesca que podem influenciar diretamente na redução da quantidade de peixe, ou ainda pelo período de recessão do país com a retração do PIB, que por se tratar de um fator exógeno a pesquisa, não foi considerado no presente trabalho.

É muito importante enfatizar que no presente trabalho foi calculado apenas um segmento de uma externalidade dentre as inúmeras citadas (mas nenhuma calculada) pelo próprio Estudo de Impacto Ambiental da UHE Belo Monte (ELETRONORTE 2002b), cálculo este apoiado nos dados obtidos apenas para nove localidades, e, ainda que a externalidade perda da atividade pesqueira seja, à priori,

estatisticamente, uma das de menor valor ou grandeza monetária ou econômica dentre elas, foi escolhida devido à grande importância e significado social para a população local e para o meio ambiente, já que o peixe é um alimento natural, base da alimentação dos ribeirinhos e de onde tiram o seu sustento.

Com isso, destaca-se a importância de valorar as externalidades de todos os empreendimentos de geração de energia (hídrica, solar, eólica, biomassa etc.) com o objetivo de verificar sua viabilidade econômica associada a menores impactos ambientais e sociais.

6.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

Como continuidade dos estudos relacionados com a linha de pesquisa pode-se apresentar como sugestões de estudos futuros o que se segue:

- 1) Determinar a externalidade perda na atividade pesqueira utilizando outras metodologias qualitativas e/ou quantitativas como ARIMA, Redes Neurais, Lógica Fuzzy, etc., com o objetivo de comparar com os resultados obtidos nesse trabalho;
- 2) Determinar a externalidade perda na atividade pesqueira considerando o segmento de pesca ornamental, o qual possui maior valor econômico;
- 3) Determinar outras externalidades para UHE's, como por exemplo, perda das atividades agrícolas e pecuária, utilizando a mesma metodologia do trabalho;
- 4) Determinar o valor de outras externalidades provenientes de outras fontes de energia como eólica, solar ou *mix* de fontes, utilizando a metodologia desenvolvida.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2009. NBR 14.653-6. Avaliação de Bens - Recursos Naturais e Ambientais - Parte 6. Rio de Janeiro.

ADAMU A.; YACOB A. M.R.; RADAMB A.; HASHIMA R.; ADAMA S.U. 2015. "Economic valuation of ecotourism resources in Yankari game reserve, Bauchi Nigeria". **Procedia Environmental Sciences** 30, 139 – 144.

ADAMS V.M.; PRESSEY R.L.; NAIDOO R. 2010. "Opportunity costs: Who really pays for conservation?". **Biological Conservation** 143, 439–448.

ALMEIDA T.; MOURA P. S.; MARQUES A.S.; DE ALMEIDA J.L. 2005. "Multi-impact evaluation of new medium and large hydropower plants in Portugal centre region". **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 9, 149-167.

ALVES, L.A. 2009. *A valoração dos impactos ambientais associados à expansão da Matriz Elétrica Brasileira: proposta de instrumentos econômicos para a promoção das fontes alternativas e limpas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. PPGEE/UFMG. Belo Horizonte-MG, Brasil. 157p.

ALVES L.A.; UTURBEY W. 2010. "Environmental degradation costs in electricity generation: The case of the Brazilian electrical matrix". **Energy Policy** 38, 6204–6214.

ANA – Agência Nacional de Águas. 2011. *Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Amazônica- Afluentes da Margem Direita*. Disponível em <<http://margemdireita.ana.gov.br>>. Acessado em 29/04/18.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2002. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. Brasília, Brasil.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. 2012. *Boletim de Informações Gerenciais*. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Z_IG_Dez12.pdf>. Acessado em 02/04/2018.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. 2018. *Boletim de Informações Gerenciais*. Disponível em

<<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+-+2%C2%BA+trimestre+2018/fa14e464-2b54-bfc8-6bf1-c26b42d00d0a?version=1.0>>. Acessado em 30/10/2018.

ARAÚJO, J. G. 2016. *Economia e pesca de espécies ornamentais do rio Xingu, Pará, Brasil*. Dissertação de Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca. PPGEAP- UFPA. Belém-PA, Brasil.

ARMBRECHT J. 2014. "Use value of cultural experiences: A comparison of contingent valuation and travel cost". **Tourism Management** 42, 141-148.

BERCHIN I.I.; GARCIA J.; HEERDT M.L.; MOREIRA A.Q.; SILVEIRA A.C.M.; GUERRA J.B.S.O.A. 2015. "Energy production and sustainability: A study of Belo Monte hydroelectric power plant". **Natural Resources Forum** 39, 224–237.

BOWERMAN, B.L.; O'CONNELL, R.T.; KOEHLER, A.B. 2005. *Forecasting, Time Series, and Regression: An Applied Approach*. 4th Ed., Belmont, CA: Thomson Learning.

BRASIL. 1986. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. *Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

COHEN, J. 1988. "Statistical power analysis for the behavioral sciences". Hillsdale, NJ, Erlbaum.

COSTANZA R.; D'ARGE, R.; DE GROOT R.S.; FARBER S.; GRASSO M.; HANNON B.; LIMBURG K.; NAEEM S.; O'NEILL R.V.; PARUEL J.; RASKIN R.G.; SUTTON P.; VAN DEN BELT M. 1997. "The value of the world's ecosystem service and natural capital". **Nature** 387, 253–260.

COSTANZA R.; DE GROOT R.S.; SUTTON P.; VAN DER PLOEG S.; ANDERSON S.J.; KUBISZEWSKI I.; FARBER S.; TURNER R.K. 2014. "Changes in the global value of ecosystem services". **Global Environmental Change** 26, 152–158.

CRUZ J. S. 2018. *Modelo Vazão-Velocidade para Avaliação de Potencial*

Hidrocínético. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. PPGEC/UFPA. Belém-PA. Brasil. 74p.

DANCEY, C.; REIDY, J. 2006. *Estatística sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows*. Porto Alegre, Artmed, Brasil.

ELETROBRÁS. CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. 2000. *Metodologia de Valoração das Externalidades Ambientais da Geração Hidrelétrica e Termelétrica com Vistas à sua Incorporação no Planejamento de Longo Prazo do Setor Elétrico*, DEA, Rio de Janeiro-RJ, Brasil. 202 p.

ELETRONORTE. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE. 2002a. *Complexo Hidrelétrico de Belo Monte - Estudos de Viabilidade - Relatório Final, Tomos I e II*. Brasília, Brasil.

ELETRONORTE. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE. 2002b. *Complexo Hidrelétrico de Belo Monte – Estudo de Impacto Ambiental*. Brasília, Brasil.

FEARNSIDE, P.M. 2015. "Amazon dams and waterways: Brazil's Tapajós Basin plans". **Ambio** 44, 426-439.

FERREIRA A.B.H. 1999. *Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 3ª ed.

GUATAM A.; HAUBOLD I.; PACEY V.; PAPIRNIK D.; PREMJE M.; SCHLUMPF P. 2014. *Brazil's Belo Monte: A Cost-Benefit Analysis. Energy and Energy Policy, BPRO29000*. Chicago, EUA. Disponível em: <<http://franke.uchicago.edu/bigproblems/BPRO29000-2014/Team09-EnergyPolicyPaperBeloMonte.pdf>>. Acessado em 15/01/2018.

GUNAWARDENA U.A.D.P. 2010. "Inequalities and externalities of power sector: A case of Broadlands hydropower project in Sri Lanka". **Energy Policy** 38, 726–734.

HERNÁNDEZ-SANCHO F.; MOLINOS-SENANTE M.; SALA-GARRIDO R. 2010. "Economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment processes: An empirical approach for Spain". **Science of the Total Environment** 408, 953–957

HYNES S.; HANLEY N. 2006. "Preservation versus development on Irish rivers: white

water kayaking and hydro-power in Ireland”. **Land Use Policy** 23, 170–180.

IBAMA. *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis*. 2008. *Diagnóstico geral das práticas de controle ligadas a exploração, captura, comercialização, exportação e uso de peixes para fins ornamentais e de aquário*. Brasília, versão revisada, 217p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. *Censo Demográfico*. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=downloads>>. Acessado em 28/11/2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. *Áreas dos Municípios*. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=downloads>>. Acessado em 29/11/2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. *Evolução da Taxa do PIB*. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?=&t=series-historicas&utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=pib%23evolucao-taxa#evolucao-taxa>. Acessado em 06/04/2019.

IPCA. *Índice de Preços ao Consumidor Amplo do IBGE*. Disponível em: <https://www2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultinpc.shtm>. Acessado em 14/10/2017.

ISA – Instituto Sócio-Ambiental. 2015. *Atlas dos impactos da UHE Belo Monte sobre a pesca*. Organização Ana de Francesco e Cristiane Carneiro. São Paulo, Brasil.

ISAAC V.J. 2008 *Diagnóstico ambiental da AHE- Belo Monte—Médio e Baixo Rio Xingu—Ictiofauna e pesca*. Museu Goeldi, Belém, Pará, Brasil. Disponível em: <<http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidretricas/Belo%20Monte/EIA/Volume%2019%20-%20RELATORIOS%20MPEG%20ICTIOFAUNA/TEXTOS/RELAT%20RIO%20FINAL%20ICTIOFAUNA%20E%20PESCA%20V7.pdf>>. Acessado em 02/04/2018.

ISAAC V. J.; ALMEIDA M.C.; CRUZ R.E.A.; NUNES L.G. 2015. "Artisanal fisheries of the Xingu River basin in Brazilian Amazon". **Brazilian Journal Biology**, vol.75, no. 3, S125-S137.

KHALIQ A.; BATOOL S.; CHAUDHRY M. 2015. "Seasonality and trend analysis oftuberculosis in Lahore, Pakistan from 2006 to 2013". **Journal of Epidemiology and Global Health** 5, 397– 403.

LEE C.; MJELDE J. W. 2007. "Valuation of ecotourism resources using a contingent valuation method: The case of the Korean DMZ". **Ecological Economics** 63, 511– 520.

LEES A.C.; PERES C.A.; FEARNside P.M.; SCHNEIDER M.; ZUANON J.A.S. 2016. "Hydropower and the future of Amazonian biodiversity". **Biodiversity and Conservation** 25, 451-466.

LEITÃO N. C. S. 2005. *Avaliação Sócio Econômica e Ambiental do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte*. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica. ITA - São José dos Campos - São Paulo, Brasil.

LESSA A.C.R. 2016. *Emissão de Gases de Efeito Estufa em Solos Pré-Existentes à Formação de Reservatórios Hidrelétricos na Amazônia: O Caso da Usina Hidrelétrica de Belo Monte*. Tese de Doutorado do Curso de Pós Graduação em Planejamento Energético. COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro- RJ – Brasil.

MAGILLIGANA, F.J.; NISLOW, K.H., 2005. "Changes in hydrologic regime by dams". **Geomorphology**, 71:61-78.

MASSOLI E.C. 2013. *Geração de Energia Elétrica e Desenvolvimento Sustentável: Uma análise das Externalidades potencialmente geradas pela UHE de Estreito (MA)*. Dissertação de Mestrado em Administração. Universidade da Amazônia, Belém-PA, Brasil, 112p.

MME. Ministério das Minas e Energia. 2011. *Projeto da usina hidrelétrica de Belo Monte - Fatos e Dados*. Disponível em http://www.mme.gov.br/documents/10584/1590364/BELO_MONTE_-

[Fatos e Dados.pdf](#)>. Acessado em 07/07/2018.

MME. Ministério das Minas e Energia. 2017a. *Ranking Mundial de Energia e Socioeconomia: anos 2014/2015*. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/13++Ranking+Mundial+de+Energia+e+Socioeconomia+-+anos+ref.+2014+e+2015+%28PDF%29/1e227e61-9d31-442e-b498-65c0b4d8b5ed;jsessionid=6F7E3F3EA56D0C504AE80A48B336C25F.srv154>>.

Acessado em 02/05/2018.

MME. Ministério de Minas e Energia. 2017b. *Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016 / Empresa de Pesquisa Energética – EPE*. Rio de Janeiro, Brasil.

MME. Ministério de Minas e Energia. 2017c. *Resenha Energética Brasileira: Exercício 2016, Edição Junho/2017*. Brasília, Brasil.

Monitor Elétrico. Participação das Fontes na Geração de Eletricidade. Disponível em. <<http://monitoreletrico.seeg.eco.br/>>. Acessado em 05/04/2019.

MOREIRA, D. A. 2004. *Administração da Produção e Operações*. Editora Pioneira Thomson Learning , 7ª Edição.

MORIMOTO, R. 2013. "Incorporating socio-environmental considerations into project assessment models using multi-criteria analysis: A case study of Sri Lankan hydropower projects". **Energy Policy** 59, 643–653.

NGUYEN T.L.T.; LARATTE B.; GUILLAUME B.; HUA A. 2016. "Quantifying environmental externalities with a view to internalizing them in the price of products, using different monetization models". **Resources, Conservation and Recycling** 109, 13–23

NORTE ENERGIA. 2017. *12º Relatório Consolidada de Andamento do PBA e atendimento de condicionantes*. NÚMERO/CÓDIGO DO DOCUMENTO RL-PR-001-806-020-31Jul17=A. Brasília–DF. Disponível em: <http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Belo%20Monte/Relatorios%20Semestrais/12%C2%BARelatorio_Consolidado_UHE-Belo-Monte/Cap%C3%ADtulo%202-

[Plano%2013/Plano%2013/13.3.5/12%C2%BA%20RC%20-%20Rel%20-2013.3.5.pdf>.](#) Acessado em 3 de outubro de 2017.

OSTERTAGOVÁ E; OSTERTAG O. 2012. “Forecasting Using Simple Exponential Smoothing Method”. **Acta Electrotechnica et Informatica**, 12, No. 3.

PALIT, A. K.; POPOVIC, D. 2005. *Computational Intelligence In Time Series Forecasting*. 1st. ed.: Springer.

PONCE R.D.; VÁSQUEZ F.; STEHR A.; DEBELS P.; ORIHUELA C. 2011. “Estimating the Economic Value of Landscape Losses Due to Flooding by Hydropower Plants in the Chilean Patagonia”. **Water Resources Management** 25, 2449–2466.

PRADO A.P.; ATHAYDE S.; MOSSA J.; BOHLMANS LEITE F.; OLIVER-SMITH A. 2016. “How much is enough? An integrated examination of energy security, economic growth and climate change related to hydropower expansion in Brazil”. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 53, 1132–1136.

REIS, M. M. 2001. *Custos Ambientais Associados à Geração Elétrica: Hidrelétricas x Termelétricas a Gás Natural*. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação de Engenharia em Planejamento Energético. UFRJ – Rio de Janeiro, Brasil.

RESSURREIÇÃO A., GIACOMELLO E. 2013. “Quantifying the direct use value of Condor seamount”. **Deep-Sea Research II** 98, 209–217.

RITTER C.D.; MCCRATE G.; NILSSON R.H.; FEARNSIDE P. M.; PALME U.; ANTONELLI A. 2017. “Environmental impact assessment in Brazilian Amazonia: Challenges and prospects to assess biodiversity”. **Biological Conservation** 206, 161–168.

ROTH I.F; AMBS L.L. 2004. “Incorporating externalities into a full cost approach to electric power generation life-cycle costing”. **Energy** 29: 2125–2144.

SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. Oficina de Textos. 2 edição. São Paulo, 2013.

SANDER H.A; HAIGHT R.G. 2012. “Estimating the economic value of cultural

ecosystem services in an urbanizing area using hedonic pricing”. **Journal of Environmental Management** 113, 194-205.

SEROA DA MOTTA R. 1997. *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, IPEA/MMA/PNUD/CNPq, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, 242p.

SINDEN, J.A., 2004. “Estimating the opportunity costs of biodiversity protection in the Brigalow Belt, New South Wales”. **Journal of Environmental Management** 70, 351–362.

SIPOT - *Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro*. 2017. ELETROBRAS. Disponível em: <<http://eletrobras.com/pt/Paginas/Potencial-Hidreletrico-Brasileiro.aspx>>. Acessado em 30/10/2018.

SODERHOLM P.; SUNDQVISTT. 2003. “Pricing environmental externalities in the power sector: ethical limits and implications for social choice”. **Ecological Economics** 46, 333-350.

SOUSA JÚNIOR W.C.; REID J. 2010. "Uncertainties in Amazon hydropower development: Risk scenarios and environmental issues around the Belo Monte dam". **Water Alternatives** 3, 249 -268.

STREIMIKIENE D.; ALISAUSKAITE-SESKIENE I. 2014. “External costs of electricity generation options in Lithuania”. **Renewable Energy** 64, 215– 224.

SUNDQVIST T. 2004. “What causes the disparity of electricity externality estimates?” **Energy Policy** 32, 1753–1766.

TEEB - THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY. 2010a. *Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. London, Washington.

TEEB - THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY. 2010b. *A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade para Formuladores de Políticas Locais e Regionais*. Earthscan, Londres.

TOLMASQUIM M.T.; SEROA DA MOTTA R.; LA ROVERE E.L.; BARATA M.M.L.; MONTEIRO A. 2001. "Environmental valuation for long-term strategic planning - The case of the Brazilian power sector". **Ecological Economics** 37, 39–51.

VANSLEMBROUCK I.; VAN HUYLENBROECK G.; VAN MEENSEL J. 2005. "Impact of Agriculture on Rural Tourism: A Hedonic Pricing Approach". **Journal of Agricultural Economics** 56, Number 1:17-30.

VATN A.; BROMLEY D.W. 1997. "Externalities- A Market Model Failure". **Environmental and Resource Economics** 9: 135-151.

VEIGA C.; CATAPAN A.; TORTATO U.; SILVA W. 2014. "Demand forecasting in food retail: a comparison between the Holt - Winters and ARIMA models". **WSEAS Transactions on Business and Economics**, 11.

VON SPERLING, E. 2012. "Hydropower in Brazil: overview of positive and negative environmental aspects". **Energy Procedia** 18, 110 – 118.

WORLD ENERGY COUNCIL. 2016. *World Energy Resources 2016*. Disponível em <<https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf>>. Acessado em 15/05/2018.

ZHENG T.; QIANG M.; CHEN W.; XIA B.; WANG J. 2016. "An externality evaluation model for hydropower projects: A case study of the Three Gorges Project". **Energy** 108, 74-85.