



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**JÉSSICA CRISTINA CONTE DA SILVA**

**Usos múltiplos da água e a sustentabilidade nas sedes municipais da bacia  
hidrográfica do rio Marapanim-PA**

**Belém-PA**

**2020**

JÉSSICA CRISTINA CONTE DA SILVA

**Usos múltiplos da água e a sustentabilidade nas sedes municipais da bacia  
hidrográfica do rio Marapanim-PA**

Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), da Universidade Federal do Pará para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia

Linha e pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Aline Maria Meiguins de Lima.

Belém-PA

2020

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com  
ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)

---

S586u Silva, Jessica Cristina Conte da  
Usos múltiplos da água e a sustentabilidade nas sedes  
municipais da bacia hidrográfica do rio Marapanim-PA / Jessica  
Cristina Conte da Silva. — 2020.  
93 f. : il. color.

Orientador(a): Prof.ª Dra. Aline Maria Meiguins de Lima  
Coorientador(a): Prof. Dr. Everaldo Barreiros de Souza

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade  
Federal do Pará, Belém, 2020.

1. Disponibilidade hídrica. 2. Indicadores. 3. Usos  
múltiplos. I. Título.

CDD 620.8

---

JÉSSICA CRISTINA CONTE DA SILVA

**Usos múltiplos da água e a sustentabilidade nas sedes municipais da bacia hidrográfica do rio Marapanim-PA**

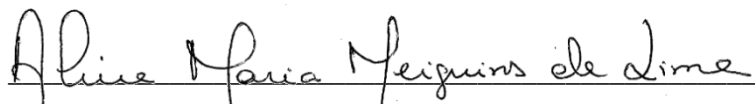
Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), da Universidade Federal do Pará para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia

Linha e pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Data da defesa: 16/03/2020

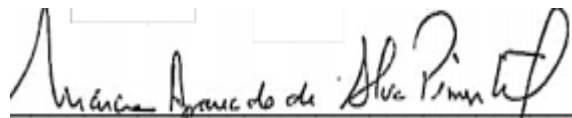
Banca Examinadora:



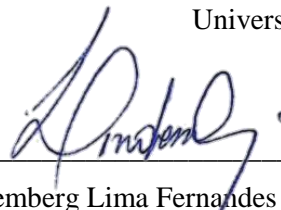
Profª. Aline Maria Meiguins de Lima – Orientadora  
Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido  
Universidade Federal do Pará



Profº. Edson José Paulino da Rocha -Examinador interno  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará



Profª. Marcia Aparecida da Silva Pimentel - Examinador interno  
Doutora em Geografia  
Universidade Federal do Pará



Profª. Lindemberg Lima Fernandes - Examinador externo  
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido  
Universidade Federal do Pará

Dedico esse trabalho as mulheres da minha família, Benedita, Cristina, Socorro e Rosangela. Vocês são meu exemplo de vida e fonte de inspiração.

## AGRADECIMENTO

Eu sempre me considerei uma pessoa muito abençoada e sortuda. Então, nada mais justo do que agradecer primeiramente a Deus e a Nossa Senhora de Nazaré por todas as bênçãos e por colocarem as pessoas certas nas horas exatas de minha vida. Também agradeço ao meu anjo da guarda por toda proteção, 2019 não foi um ano fácil.

Agradeço a minha família pelo apoio e suporte para que eu dedicasse aos estudos.

A minha orientadora Prof. Dra. Aline Meiguins por toda a paciência comigo e dedicação a este trabalho, foram extremamente importantes para a conclusão dessa dissertação, sem a sua orientação nada disso seria possível.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pelos ensinamentos, certamente vocês contribuíram para minha evolução acadêmica e fizeram eu sair da minha bolha e enxergar o quanto a interdisciplinaridade é importante.

Aos meus amigos queridos Mauro Brabo, Mônica Oliveira e Paulo Vasco por serem minha rede de apoio (24/7). E em especial a minha amiga de vida, Fernanda Moreira, a maior incentivadora para que fizesse esse mestrado. Juntos, somos mais fortes!

Aos companheiros e companheiras da turma de mestrado (PPGCA/2018) pela amizade e revisões salvadoras antes das provas de Interação e Climatologia. E em especial as amigas de mestrado Amanda Melo e Juliane Costa pelos momentos de descontração e ensinamentos, e principalmente ao meu amigo especial Bruno Holanda, nosso encontro estava predestinado.

A Prof. Dra. Aline Almeida pela oportunidade, amizade e acolhimento, fundamentais para mim no ano de 2019.

A Heloísa Mazza, Rayssa Miranda, Lena Cardoso, Alessandra Bahia, Tamara Tavares e Maysa Terasawa, por mais que estejamos separadas fisicamente, eu sei que posso contar com o meu grupo.

Aos bibliotecários do IG pelas orientações com relação as normas do programa.

E a todos que contribuíram direta e indiretamente a este trabalho.

Gratidão!

## RESUMO

A colonização do nordeste paraense é considerada uma das mais antigas na região amazônica, essa ocupação desordenada ao longo do tempo, ocasionou diversos impactos ao meio ambiente e recursos hídricos, principalmente relacionados a área da bacia hidrográfica do rio Marapanim. Nesse contexto a pesquisa buscou integrar conceitos de demanda e disponibilidade hídrica, agregando os fatores hidrológicos e socioambientais, em conjunto com a discussão da bacia hidrográfica como unidade de gestão e adoção de políticas públicas nas sedes municipais de Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta que pertencem a bacia hidrográfica do rio Marapanim. O objetivo do trabalho foi avaliar o processo de gestão das sedes municipais, através do índice de sustentabilidade com indicadores de Pressão – Estado – Resposta (PER) agregado a caracterização dos usos múltiplos da água. A principal demanda das sedes é o abastecimento de água urbano, com volume estimado em 2.228,18 m<sup>3</sup>/dia, entretanto no limite do município a agricultura apresenta a maior demanda com 28.022,46 m<sup>3</sup>/ha seguida pela pecuária, com volume 899,82 m<sup>3</sup>/dia. A disponibilidade hídrica da região foi estimada pelo monitoramento pluviométrico, onde que setembro-outubro-novembro são meses com poucos dias de chuvas, ficando o maior percentual de volume de chuvas do mês concentrado em poucos dias. O índice de sustentabilidade das sedes municipais de Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim e Terra Alta, obtiveram o índice de sustentabilidade 0,40; 0,50; 0,44; 0,54 e 0,5 respectivamente, o que representa um valor regular. Já a cidade de São Francisco alcançou um resultado de 0,54, classificada como um bom índice. A caracterização dos usos múltiplos da água, são essenciais para entender as relações de disponibilidade e demanda de água que acontecem na bacia hidrográfica do rio Marapanim, e a aplicação do índice de sustentabilidade a partir do modelo de Pressão – Estado – Resposta, permite tanto uma avaliação integrada dos indicadores hidrológico, ambiental, político e social, como também separa, o que possibilita uma visão mais direcionadas as necessidades de cada território, ajudando assim a orientar a tomada de decisão dos gestores.

Palavras chaves: Disponibilidade hídrica. Indicadores. Usos múltiplos.

## ABSTRACT

The colonization of northeastern Pará is considered one of the oldest in the Amazon area, where a disorderly occupation over time caused several impacts on the environment and water resources, mainly related to the territory of the hydrographic basin of the Marapanim River. In this context, the research aimed to integrate concepts of water demand and availability, adding hydrological and socio-environmental factors to the analysis of the hydrographic basin as a natural unit of area for the management and application of public policies in the municipal cities of Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim, São Francisco do Pará and Terra Alta, which belong to the hydrographic basin of the Marapanim River. The goal of the research was to evaluate the management process of those localities, through sustainability index with Pressure - State - Response (PER) indicators, combined with the characterization of multiple uses of water. The main demand for water in those localities is public water supply, with an estimated volume of 2,228.18 m<sup>3</sup> / day. However, within the limits of the locality, agriculture was the activity that was responsible for the higher demand, 28,022.46 m<sup>3</sup> / ha, followed by livestock production, 899, 82 m<sup>3</sup> / day. The region's water availability was estimated by rainfall monitoring, in which September-October-November were months with fewer rainy days, with the highest percentage of rainfall in the month concentrated in a few days. The sustainability index of the municipal cities of Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim and Terra Alta were 0.40; 0.50; 0.44; 0.54 and 0.5 respectively, which represents an average value. The city of São Francisco obtained an index value of 0.54, considered as a good index value. The characterization of multiple uses of water is essential to understand the relationships of availability and demand for water that occur at hydrographic basin of the Marapanim River, as well as the application of the sustainability index based on the pressure - State - response model, allowing both integrated and individual assessment of hydrological, environmental, political and social indicators, which allows a more targeted view of the needs of each territory, thus helping to guide public policies managers during decision making process

Key words: Water availability. Indicators. Multiple uses.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Exemplo das etapas do indicador FPEIR.....	17
Quadro 1- Usos consultivos e não consultivos.....	21
Figura 2- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim.....	24
Figura 3- Consumo médio de água e da população urbana atendida nas sedes: Castanhal, São Francisco do Pará e Marapanim.....	40
Figura 4- Consumo médio de água e da população urbana atendida nas sedes: Igarapé – Açu e Terra Alta. ....	41
Figura 5- Estimativa de consumo de água na agricultura por município. ....	43
Figura 6- Estimativa de consumo de água na criação de animais por município.....	45
Figura 7- Número de internações hospitalares por doenças relacionadas a falta de saneamento .....	45
Figura 8- Perfil comparativo entre os principais usos identificados. ....	47
Figura 9- Distribuição das estações de monitoramento no rio Marapanim. ....	48
Figura 10- Número de dias de chuva e acumulado mensal no ano de 2018.....	49
Figura 11- Uso e cobertura da terra - ano de 1999. ....	55
Figura 12- Uso e cobertura da terra - ano de 2017. ....	56
Figura 13- Evolução do NDVI do ano de 1999 até 2017. ....	53
Figura 14- Representação gráfica dos resultados do WSI.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Panorama do Municípios de Castanhal, Igarapé – Açú, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta. ....	26
Tabela 2- Indicadores de Hidrológicos, Ambientais, Sociais e Políticos.....	28
Tabela 3- Classificação do IDSES. ....	30
Tabela 4- Indicador Hidrológico .....	31
Tabela 5- Indicador Ambiental.....	33
Tabela 6- Indicador Social.....	34
Tabela 7- Parâmetros para a avaliação da gestão dos municípios.....	35
Tabela 8- Indicador Político .....	35
Tabela 9- Prestadores do serviço de abastecimento de água das sedes municipais .....	36
Tabela 10- Sistema de Abastecimento Água da sede municipal de Castanhal. ....	37
Tabela 11- Estimativa de produção e consumo de água na agricultura no ano de 2017	42
Tabela 12- Estimativa de consumo de água para criação de animais.....	44
Tabela 13- Perfil do esgotamento sanitário. ....	46
Tabela 14- Volume total de água por município de acordo com o uso da água.....	47
Tabela 15- Distribuição percentual das classes de uso e cobertura da terra, para os anos de 1999 e 2017. Admitindo os limites municipais das sedes de Marapanim, Terra Alta, Castanhal, São Francisco do Pará e Igarapé - Açú. ....	50
Tabela 16- NDVI – resultado da avaliação temporal. ....	53
Tabela 17- Resultados do índice de sustentabilidade de cada sede municipal .....	57

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 Objetivo geral .....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
3.1 Indicadores de sustentabilidade .....	14
3.2 A importância da água e seus usos múltiplos .....	19
3.3 Território hidrológico .....	21
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
4.1 Área de estudo .....	24
4.2 Caracterização dos usos múltiplos da água .....	27
4.3 Índice de sustentabilidade hídrica (wsi) .....	28
4.3.1 Indicadores Hidrológicos .....	29
4.3.2 Indicadores Ambientais .....	32
4.3.3 Indicadores Sociais.....	33
4.3.4 Indicadores Políticos .....	34
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Usos múltiplos da água.....</b>	<b>36</b>
5.1.1 Sistema de abastecimento de água .....	36
5.1.2 Agricultura.....	41
5.1.3 Criação de animais .....	44
5.1.4 Esgoto domiciliar .....	45
5.1.5 Perfil do consumo de água nas sedes municipais componentes da bacia do rio Marapanim.....	47
<b>5.2 Uso e cobertura da terra .....</b>	<b>50</b>
<b>5.3 Índice de sustentabilidade hídrica .....</b>	<b>57</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>93</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural renovável e limitado que visa atender as necessidades socioeconômicas do ser humano. Entretanto, os processos produtivos de aglomerados urbanos associados aos usos e ocupação da terra estão ligados diretamente a redução da disponibilidade qualitativa e quantitativa da água, seja pelo aumento superficial oriundo da impermeabilização do solo, seja pela geração de efluentes domésticos e industriais, tratados ou não (PELLIZZARO et al., 2008).

A contaminação das águas naturais representa um dos principais riscos à saúde pública, sendo amplamente conhecida a estreita relação com inúmeras enfermidades que acometem as populações, especialmente aquelas não atendidas por serviços de saneamento (LIBÂNI et al. 2005).

A falta de ordenamento territorial e de fiscalização, por sua vez, possibilitam que pessoas residam em áreas consideradas de riscos, nas faixas marginais aos rios ou em planícies alagáveis, o que aumenta a vulnerabilidade dessa população frente aos eventos de inundações e alagamentos (MIGUEZ et al., 2018).

Segundo Grostein (2001) esse é um padrão recorrente no Brasil, onde a urbanização desordenada atrelada a falta de saneamento básico representa um fator de insustentabilidade, que afeta notadamente a qualidade dos recursos hídricos.

Seguindo esse contexto, Obregón (2013) afirma que essas relações entre ocupação territorial e o aumento da demanda pela água abrangem o conceito de território hidrológico, que corresponde àquele espaço onde a água é uma peça fundamental, pois usa disponibilidade (quantidade e qualidade), apropriação e acessibilidade. Dessa forma, a água é indispensável para manter relações sociais e atividades protetivas, articulando situações de conflito e tensão, segundo as suas distintas modalidades de utilização.

E uma forma de tentar identificar essa relação entre as cidades e o meio hídrico é através dos indicadores de sustentabilidade, que segundo Sousa et al. (2018), tem como finalidade caracterizar o ambiente urbano, mostrando a sustentabilidade ou a falta dela. Maynard, Cruz e Gomes (2017) e Sousa et al. (2018) afirmam que a aplicação de um índice de sustentabilidade, englobando diferentes aspectos e respostas socioeconômicas e ambientais, busca analisar as demandas locais existentes, com o objetivo de subsidiar informações gerais que ajudem na tomada de decisão dos gestores públicos

Além disso, a caracterização dos usos múltiplos da água em uma bacia hidrográfica é essencial para definir a disponibilidade e demanda por recursos hídricos, servindo como auxílio para uma melhor gestão, onde a sua diversificação atenda de maneira justa todos os usos, evitando os conflitos gerados pela utilização desse bem.

Para que se tenha uma boa gestão, é necessário que sejam tratados os problemas de uso e ocupação desordenado da terra e a falta de saneamento básico, os quais também são observados nas sedes municipais de Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Marapanim, localizada no estado do Pará e está inserida na mesorregião do nordeste paraense, conforme trabalhos de Almeida e Vieira (2008); Teixeira (2015); Sousa et al (2016); Rodrigues e Vieira (2017); Andrade et al. (2018); Alves et al. (2018); Farias (2018); Pontes et al. (2018) e Santos (2018).

Andrade et al. (2018) afirmam que o nordeste paraense é considerado a região mais antiga em colonização da Amazônia, por tanto, apresenta uma paisagem bastante antropizada. Atualmente esta região está atrelada a expansão da dendeicultura, atividade ligada a interesses do setor de produção de agrocombustíveis e alimentos e que, evidentemente, traz implicações sociais e ambientais (SANTOS, 2018a).

Diante desse cenário, a pesquisa buscou integrar conceitos de demanda e disponibilidade hídrica, agregando os fatores hidrológicos e socioambientais, em conjunto com a discussão da bacia hidrográfica como unidade de gestão e adoção de políticas públicas, na tentativa de buscar responder de que forma as das sedes municipais de Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta estão se relacionando com o território da bacia hidrográfica rio Marapanim? A hipótese é que as instituições não reconhecem nesse território hídrico e conseqüentemente não preservam esse espaço de forma adequada.

Assim, o objetivo desse trabalho é avaliar o processo de gestão das sedes municipais citadas acima, através do índice de sustentabilidade com indicadores de Pressão – Estado – Resposta (PER) agregado a caracterização dos usos múltiplos da água.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o processo de gestão das sedes municipais de Castanhal, Igarapé – Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta, pertencentes a bacia hidrográfica do rio Marapanim-PA, a partir do índice de sustentabilidade hídrica agregado a caracterização dos usos múltiplos da água.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Avaliar o processo de gestão dos recursos hídricos das sedes municipais de Castanhal, Igarapé – Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta, na bacia hidrográfica do rio Marapanim - PA, segundo os indicadores de Pressão - Estado - Resposta.
- b) Caracterizar os usos múltiplos das águas nas sedes municipais e no município de Castanhal, Igarapé – Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta, na bacia hidrográfica do rio Marapanim-PA.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Indicadores de sustentabilidade

Os indicadores econômicos foram criados durante a segunda guerra mundial com o objetivo de medir a produção utilizada com o conflito, e posteriormente os índices como PIB (Produto Interno Bruto) foram acrescentados a gestão econômica dos países como maneira de medir sua riqueza. Porém, somente esse índice não conseguiria avaliar o bem-estar da população, já que deveria ser levado em consideração outros agentes além da economia, como os fatores sociais e ambientais (MALHEIROS et al., 2013).

Nesse período vários episódios de degradação ambiental aconteceram pelo mundo, como o caso de poluição atmosférica, em 1952, conhecida como “Nevoa Matadora”, o *smog* em Londres ocasionou mais de 4 mil mortes, e do caso de contaminação da água na Bacia de Minamata, no Japão, onde foi registrado 107 mortes oficiais e quase três mil casos entre os anos de 1956 a 1974 (POTT; ESTRELA, 2017).

Esses trágicos acontecimentos não eram nem os primeiros ou os últimos desastres ambientais, mas assumiram uma posição emblemática que culminaria para uma nova percepção dos problemas ambientais, os quais ganhariam holofote mundial a partir da publicação do livro *Primavera Silenciosa*, em 1962, por Rachel Carson (HOGAN, 2007).

Kemerich et al. (2014) e Leff (2011) ressaltam que a busca pelo equilíbrio entre o crescimento econômico e a manutenção dos recursos naturais fortaleceu o paradigma da sustentabilidade, que emergiu como a marca de um limite e o sinal em sistema de crescimento da população, onde a racionalidade econômica banuiu a natureza da esfera da produção, gerando processos de destruição ecológica e degradação ambiental. Assim, com esse cenário, o movimento ambientalista emergiria com força na década seguinte.

Em 1972, o relatório “*The Limits of Growth*” publicado pelo Clube de Roma, propunha uma mudança de estrutura do sistema de produção, pois não há como os recursos ambientais suportarem a exploração desse crescimento acelerado que se expandia por todo o mundo (COUTO; SILVA, 2014). Também no mesmo ano foi realizado a Conferência das Nações Unidas em Estocolmo, tendo como um dos seus resultados a elaboração da Declaração de Estocolmo, com 26 princípios e a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) (POTT; ESTRELA, 2017).

Em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento publicou o relatório de Brundtland, trazendo pela primeira vez o conceito de desenvolvimento sustentável, onde o processo permite satisfazer as necessidades da população atual sem comprometer a capacidade de atender as gerações futuras (LEFF, 2011).

Durante anos o discurso de desenvolvimento sustentável veio sendo fundamentado, oficializado e mundialmente difundido nas agendas da sustentabilidade no final da década 80 (NEAMTU, 2012). No ano de 1992, a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (Rio 92), consagrou o conceito de desenvolvimento sustentável que contribuiu para a mais ampla conscientização dos danos ao meio ambiente causados, principalmente, por países desenvolvidos (LAGO, 2013). Ainda como destaque dessa conferência os documentos desenvolvidos como Declaração do Rio, Agenda 21, Convenção do Clima, Convenção da Biodiversidade preconizam a utilização de indicadores de sustentabilidade (MALHEIROS et al., 2013).

Silva et al. (2014) destacam que os conceitos de índices e de indicador são por vezes utilizados de maneira superficial; entretanto, essa diferença pode ser desfeita quando se caracteriza o índice como um valor agregado final que tem significado e, para o procedimento de cálculo de sua composição, podem ser adotados vários indicadores. Para Maynard, Cruz e Gomes (2017) os índices são entendidos como resultado da combinação de um conjunto de parâmetros associados uns aos outros por meio de uma relação pré-estabelecida, que dá origem a um único valor e a obtenção desse valor pode ser por meio de estatística, formulação analítica ou cálculo matemático.

Já para Kemerich et al. (2014) um indicador é um parâmetro que tem a capacidade de descrever um estado ou uma resposta dos fenômenos que ocorrem em um meio, representando uma forma de percepção da realidade. E segundo Siche et al. (2007) o termo indicador é um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros para refletir sobre as condições do sistema em análise, normalmente é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais.

Van Bellen (2004) afirma que o propósito principal dos indicadores é juntar e quantificar informações que simplifiquem as informações sobre fenômenos complexos tentando, com isso, melhorar o processo de comunicação.

Segundo Rocha (2017) os índices e indicadores são bons instrumentos que possuem a finalidade de apresentar tendências e fornecer uma resposta eficiente para ações executadas, tendo um potencial em auxiliar no processo decisório e na gestão



participativa uma vez que permitem a compreensão da realidade através do monitoramento e do gerenciamento dos recursos naturais no tempo e no espaço.

Na última década vem crescendo a busca por indicadores de sustentabilidade por parte de instituições governamentais, ONGs, institutos de pesquisas e universidades em todo o mundo (MACÊDO; TORRES, 2018).

Atualmente existem inúmeros indicadores utilizados para medir a sustentabilidade. De acordo com Van Bellen (2004) e Bitar e Braga (2013) pode-se destacar os indicadores de: Pressão-Estado-Resposta (PER), Força Motriz-Pressão-Estado-Resposta (FPER), Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR), Barômetro da Sustentabilidade (BS), Painel da Sustentabilidade (DS) e Pegada Ecológica (PE) como os mais utilizados para ferramenta de avaliação de sustentabilidade.

Segundo Felinto, Ribeiro e Braga (2018) os indicadores de Pressão-Estado-Resposta (PER) foram elaborados pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) com base no modelo ER (Estresse-Resposta, criado por Anthony Friend e David Rapport em 1979, pelo *Statistics Canada*).

Após a difusão e aplicação na prática do PER, houve a necessidade de distinguir ainda mais as atividades que eram consideradas para as análises do mesmo, assim surgiram os indicadores de Força Motriz-Pressão-Estado-Resposta (FPER) e Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR) adaptados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e Agencia Europeia de Meio Ambiente (AEA) (BITAR; BRAGA, 2013)

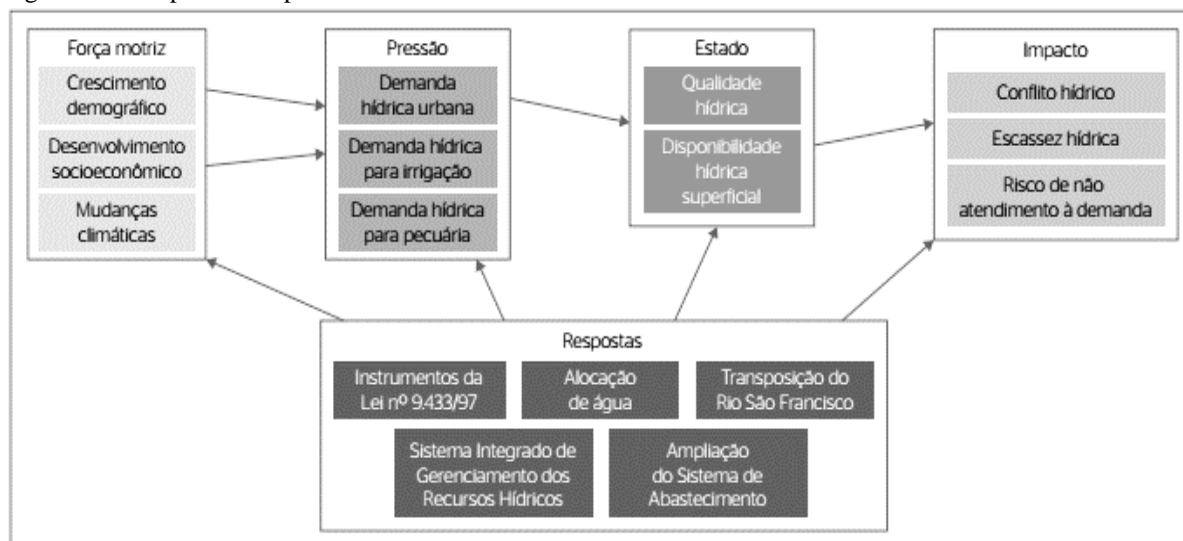
Kemerich et al. (2013), Maynard, Cruz e Gomes (2017) e Felinto, Ribeiro e Braga (2018) especificam os parâmetros de Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta.

- Forças Motriz: descreve os desenvolvimentos sociais, demográficos e econômicos nas sociedades e as alterações correspondentes nos estilos de vida, os níveis globais de padrões de consumo e produção.
- Pressão: São os tipos de atividades humanas exercem sobre o impacto ao meio ambiente diretas ou indiretas, estão relacionadas aos padrões de consumo de produção e consumo, juntamente com as tendências e mudanças ao longo de um determinado período.

- Estado: expressam as condições do meio ambiente tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, o que possibilita uma visão geral da situação atual sobre o meio ambiente.
- Impacto: são os impactos das funções sociais e econômicas sobre o meio ambiente tais como, o fornecimento de condições adequadas para a saúde, a disponibilidade de recursos e a biodiversidade.
- Resposta: mostram a reação da sociedade às mudanças das condições ambientais, tanto ao indivíduo quanto às ações governamentais e coletivas São as medidas tomadas para mitigar, prevenir ou anular as pressões ambientais para com isso, melhorar o estado do meio ambiente.

Em resumo, a abordagem do indicador FPEIR pode ser feita por etapas, iniciando pela força motriz (setores econômicos, atividades humanas), por meio de pressões (emissões de gases, falta de abastecimento de água e tratamento de esgoto) e estados (físico, químico e biológico do meio ambiente), causando impactos sobre ecossistemas, saúde e funções humanas e respostas dos governantes e da população (políticas públicas e engajamento da sociedade) (LIMA; COSTA; RIBEIRO, 2017), conforme relacionado na Figura 1

Figura 1- Exemplo das etapas do indicador FPEIR.



Fonte: Araújo, Ribeiro e Braga (2019).

Ainda é importante destacar os indicadores de sustentabilidade hídrica (ISH) utilizam as mesmas bases dos indicadores PER, FPEIR, e outros, porém, com um recorte territorial da bacia hidrográfica, conforme utilizado nos trabalhos de Chaves e

Alipaz, (2007); Juwana, Muttill e Perera (2012); Silva et al. (2013); Araujo, Ribeiro e Braga (2019).

Maynard, Cruz e Gomes (2017) afirmam que a sustentabilidade dos recursos hídricos exige atender às necessidades dos diversificados usos da água, como o uso doméstico, a irrigação, o uso industrial, a recreação e a geração de energia, além do desenvolvimento econômico que depende, ao mesmo tempo, de ações de proteção ao meio ambiente e a melhoria das condições sociais. Juwana, Muttill e Perera (2012) apontam caminhos para a sustentabilidade da água, que incluem a importância da infraestrutura hídrica, qualidade ambiental, economia e finanças, instituições e sociedade, saúde e bem-estar humano, bem como planejamento e tecnologia.

Rocha (2017) destaca que ISH busca manter o equilíbrio dinâmico entre a oferta e a demanda por água, de modo que os mananciais sejam utilizados a taxas iguais ou inferiores a sua resiliência, e ainda ressalta a sua interdisciplinaridade, por se tratar de vários parâmetros na área hidrológica, ambiental, social e política.

Com isso, Kemerich et al. (2014) destaca que a sustentabilidade é um processo de mudança, de aperfeiçoamento constante e de transformação estrutural que deve ter a participação da população como um todo. Nesse caso, é necessário considerar uma expressiva quantidade de dados que comuniquem com os mais diferentes tipos de planos, tanto na esfera local, regional, nacional e internacional, indicando os estados e as tendências das várias socioeconômias dos recursos naturais (Maynard, Cruz e Gomes, 2017).

Jannuzzi (2005) ressalta que a análise de indicadores em múltiplas escalas tem como objetivo subsidiar as atividades de planejamento público e a formulação de políticas sociais nas diferentes esferas de governo, possibilitar o monitoramento das condições de vida e bem-estar da população por parte do poder público e da sociedade civil e permitir o aprofundamento da investigação acadêmica sobre a mudança social e sobre os determinantes dos diferentes fenômenos sociais.

Além disso, quando a democratização das informações favorece o aumento da participação popular na formulação das políticas públicas e os indicadores se tornam instrumentos para o controle da gestão e medição de sua eficiência e eficácia (TEIXEIRA et al., 2013).

Por fim, é fundamental entender o processo dos indicadores de sustentabilidade, pois a sua existência torna-se uma ferramenta vital para auxiliar as tomadas de decisões da sociedade, e assim alcançar a sustentabilidade.

### **3.2 A importância da água e seus usos múltiplos**

A água é um dos recursos naturais de maior importância, sendo imprescindível para garantir a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico e social da população, além de ser componente da paisagem e do meio ambiente (ANDRADE et al., 2008). Porém, a exploração insustentável desse recurso vem apresentando cada vez mais sinais de degradação que ameaçam a segurança hídrica, em diversas bacias hidrográficas; além da escassez da água, principalmente associada as alterações climáticas e disponibilidade e demanda (NASCIMENTO, 2011).

Segundo o Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento do Recursos Hídricos de 2017, a demanda de água deverá aumentar bastante nas próximas décadas, puxada pelo setor agrícola, industrial e produção de energia, além do crescimento acelerado da população e expansão desordenada das cidades, que demandam mais cobertura no atendimento de abastecimento de água e saneamento.

Além disso, a disponibilidade de recursos hídricos também está diretamente ligada a qualidade da água, pois o aumento da contaminação nos cursos d'água, por conta dos efluente domésticos e industriais não tratados, podem coibir os diferentes tipos de usos (UNESCO, 2017).

O aumento da demanda e redução da disponibilidade da água intensificam o conflito pelo seu uso. Para que isto seja evitado, a relação de disponibilidade e demanda deve estar atrelada a uma boa gestão dos recursos hídricos, e uma das maneiras de assegurar que isso é garantindo o uso adequado e democrático, através da aplicação de leis, decretos e resoluções para regulamentação dos usos e proteção dos mesmos.

Em relação a regulamentação, no Brasil, a primeira lei a tratar sobre o uso da água, foi sancionada pelo Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, conhecido como Código das Águas, cujo objetivo era caracterizar as águas de uso comum ou particular e dividir as águas referente ao domínio público em União, Estado e Município, o que garantia uma independência maior entre eles. O Decreto ainda abrangia medidas de proteção para os recursos hídricos, como o tratamento das águas utilizadas na indústria e agricultura e punição de caráter criminal, civil e administrativas a quem contaminasse o corpo d'água. (BRASIL, 1934).

Com os crescentes desafios decorrentes da falta de um modelo de gestão de recursos hídricos, em 8 de janeiro de 1997 foi promulgada a Lei nº 9.443 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que trata a água como um bem de

domínio público, provido de valor econômico, e a sua gestão deve sempre proporcionar o uso múltiplo, dando prioridade, em caso de escassez, ao uso para abastecimento humano e dessedentação de animais. Além disso, a PNRH, fundamenta que a gestão dos recursos hídricos deve ter como unidade territorial a bacia hidrográfica, que viabilize a implantação de planos de recursos hídricos na esfera nacional, regional e municipal, visando uma gestão descentralizada, em conjunto com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

É no que tange a legislação regional, o estado do Pará, em 20 de dezembro de 1990 publicou a Lei nº 5.630 que estabelece normas para a preservação de áreas dos corpos aquáticos, principalmente as nascentes, inclusive os "*olhos d'água*". A partir desse período, diversas leis foram criadas, até culminarem na Lei nº 6.381 de 25 de janeiro de 2001, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o sistema de gerenciamento de recursos hídricos (SGRH), estabelecendo princípios, objetivos, diretrizes de ação e outras providências (PARÁ, 2012).

Em relação a garantia de qualidade das águas de rios e reservatórios, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu a Resolução nº 357 em 17 de março de 2005, que dispõe da classificação dos corpos de água, diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece condições de qualidade (CONAMA, 2005).

A Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011 que regulamenta as condições e padrões de lançamento de efluentes. Estabelece nas suas definições a capacidade de suporte do corpo receptor, onde determina um valor máximo para cada poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pelas classes de enquadramento (CONAMA, 2011).

A Resolução nº 396 do CONAMA, publicada em 3 de abril de 2008, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento de águas subterrâneas (CONAMA, 2008). Além disso, o Ministério da Saúde estabelece parâmetros referente a distribuição de água para consumo humano, por determinação da Portaria nº 5, publicada em 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017).

Nascimento (2011) ressalta que a utilização da água nos seus diferentes usos, seja nas atividades rurais e urbanas, acabam alterando a forma natural dos rios e reservatórios. Por isso, a importância da gestão dos recursos hídricos, concebida a partir da definição de regras de distribuição da água entre diferentes usos e entre diferentes usuários de um mesmo uso, pode ter distintos objetivos (FARIAS, 2006).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), os usos múltiplos da água são classificados de acordo com seu tipo de usos, que pode ser consuntivo e não consuntivo (Quadro 1). Os usos consuntivos são aqueles que retiram água do manancial para sua destinação, como a irrigação, a utilização na indústria e o abastecimento humano, o que exigem melhores padrões de qualidade da água.

Já os usos não consuntivos, não demandam padrões rígidos de qualidade, pois não envolvem o consumo direto da água, embora não se possa dispensar um mínimo de qualidade e de características estéticas, sobretudo em relação à sua função paisagística, o que engloba o uso para a recreação e lazer, transporte, navegação e a geração de energia hidrelétrica (ANA, 2019).

Quadro 1- Usos consuntivos e não consuntivos

Usos Consuntivos	Usos Não Consuntivos
Abastecimento Humano	Energia Hidrelétrica
Industria	Navegação
Dessedentação	Lazer
Irrigação	Pesca

Fonte: Adaptado de Tucci (2006).

No entanto, tanto as atividades consuntivas quanto as não consuntivas, em todas as escalas de uso, oferecem riscos aos corpos d'águas quando gerenciadas sem o controle e fiscalização corretos (SOUZA et al. 2014). Assim, a caracterização e definição dos usos múltiplos das águas em uma bacia hidrográfica são essenciais para a gestão desse recurso, sua implementação deve atender os diferentes usos, com o objetivo de evitar ao máximo os conflitos gerados pela utilização desse bem.

### 3.3 Território hidrológico

Com a evolução da sociedade, novas formas de interação social, políticas e econômicas trouxeram diferentes vertentes para o conceito de território. Segundo Lucena (2015) entre essas vertentes, pode-se destacar:

- Jurídico – Político: o território é visto como um espaço delimitado e controlado por um poder, geralmente estatal.
- Cultural: prioriza dimensões simbólicas e subjetivas, apropriação feita através do imaginário ou identidade social.
- Econômica: a desterritorialização em sua perspectiva material, como produto espacial do embate entre classes sociais e da relação capital-trabalho.

Ferreira (2015) destaca que quando a gestão de território está atrelada a questão dos recursos hídricos, uma nova vertente surge a partir de um conceito ramificado da ideia de território, com o intuito de auxiliar na análise de conflitos que giram em torno da gestão das águas. Torre e Vianna (2008) relacionam vários autores que apresentam suas visões sobre o conceito de hidroterritório que são essenciais para a compreensão das configurações territoriais:

- Jaques Bethemont (1995): foi um dos pioneiros ao definir “*espace hydraulique*”, que caracterizou a gestão de recursos hídricos como o articulador principal do planejamento territorial, onde todos estes aspectos são derivados do controle das águas.
- Stéphane Ghiotti (2006): afirma que a gestão territorial das águas é uma das chaves de compreensão da organização do território e de seu funcionamento.
- Danièle Lacerna (1999): ao estudar as comunidades mediterrâneas enfatiza que a gestão dos recursos hídricos quase sempre determina uma organização social original a ela vinculada, sendo a formatação territorial definida pela interdependência estrutural da rede hídrica.

Hermano e Fonseca (2019) entendem que o hidroterritório está associado às dimensões “clássicas” do conceito de território, como a política, a econômica, a sociocultural e a dimensão ambiental sendo, portanto, uma categoria socioambiental que nos permite a análise de fenômenos que vão do uso e gestão até as relações ambientais que se estabelecem no tempo e no espaço.

Com base nessas ideias Ferreira (2015) classifica o hidroterritório em três tipos:

- a) Hidroterritórios Privados: totalmente mercantilizados, que expressam um valor econômico por quantidades de água, distinto do pagamento de serviço de tratamento e distribuição;
- b) Hidroterritórios de Luta: resistentes à mercantilização e que não reconhecem a água como mercadoria, travando assim uma luta de classe, denotados por questões de exploração econômicas e sociais;
- c) Hidroterritórios Livres: situação em que a política de gestão da água deve ser de total socialização, tornando-a inalienável e disponível para as gerações futuras. Esses últimos apresentam raízes profundas da cultura, das crenças e costumes, dos que habitam esse território. Ao negar a prática da água mercantilizada, os aparelhos ideológicos culturais demonstram a autonomia de identidade.

Martins (2013) ressalta que ao se basear no recorte da bacia hidrográfica apenas enquanto unidade pautada nas características físicas naturais, não será possível

identificar os vários territórios e territorialidades, como os modos de produzir, modos de gerir a água, tradições, costumes, e outros que estão ali presentes, tendo em vista que o limite bacia hidrográfica nem sempre faz parte das práticas e do imaginário geográfico dos que ali habitam.

Assim, o conceito de território hidrológico ou hidroterritório permite analisar a relação da organização territorial com a gestão dos recursos hídricos que o permeia, a partir do âmbito cultural, social, econômico e/ ou político, no intuito entender e ajudar nos possíveis conflitos que possam existir no território.



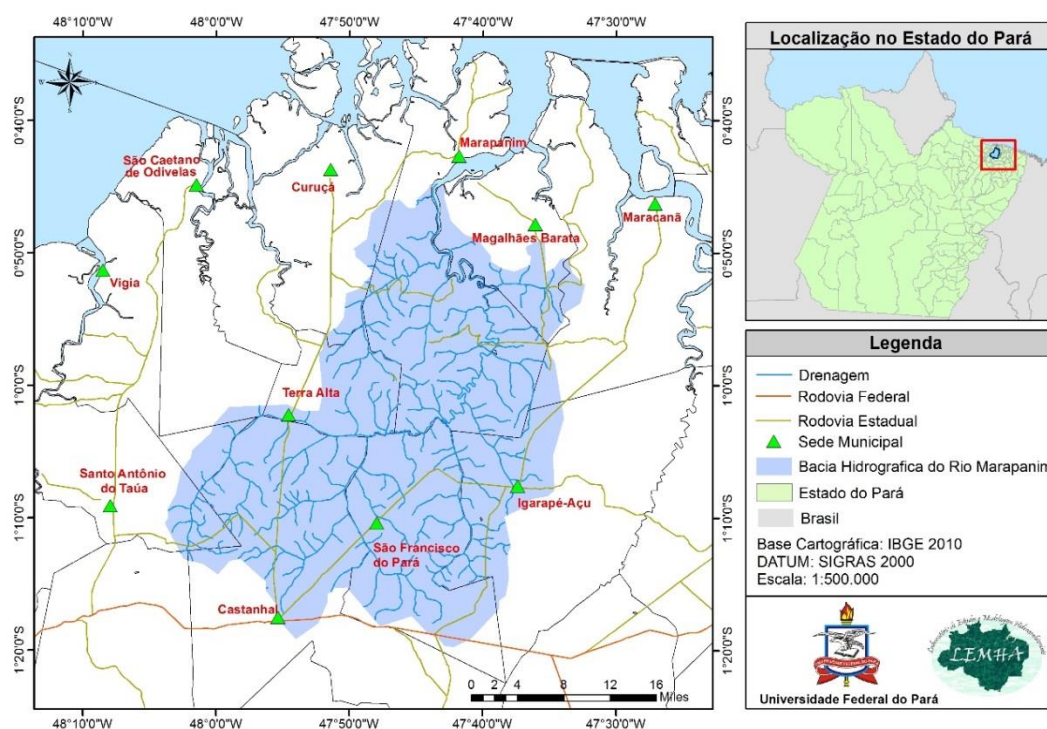
## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Marapanim (Figura 2) está localizada no estado do Pará, na Mesorregião Nordeste Paraense, inserida na Macrorregião Hidrográfica Costa Atlântica Nordeste Ocidental, Sub-região Hidrográfica Costa Atlântica. Com uma área de 2.101 km<sup>2</sup>, abrangendo 12 municípios, Castanhal, Curuçá, Igarapé-Açu, Magalhães Barata, Maracanã, Marapanim, Santa Isabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas, São Francisco do Pará, Terra Alta e Vigia. Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se o critério dos municípios que apresentassem sua sede municipal dentro da área da bacia. Assim, as cidades selecionadas foram Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta.

Por estarem inseridas na mesma bacia hidrográfica, as cidades analisadas apresentam características físicas semelhantes. A hidrografia das cidades apresenta influência direta no rio Marapanim, que é o principal curso d'água da bacia do rio Marapanim. Sua nascente principal está localizada a noroeste da sede do município de Castanhal até a foz na baía do Marapanim, totalizando uma extensão de 127,80 km e seus principais rios afluentes são os rios Maú e Paramaú (TEIXEIRA, 2015; SANTOS, 2018).

Figura 2- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim.



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

O município de São Francisco do Pará tem como principal ascendente o braço direito do rio Marapanim que tem como afluente direto o Igarapé - Açú que está localizado próximo a sede municipal de Igarapé - Açú. Já o município de Terra Alta tem o perímetro urbano da cidade delimitado pelo braço esquerdo do rio Marapanim, ao sul, que dá origem a vários balneários da cidade (FAPESPA, 2016a).

Segundo a classificação de Köppen-Geiger o clima da bacia hidrográfica do rio Marapanim é classificado como *Am*, temperatura média, durante todo o ano, em torno de 28°C. A precipitação anual é elevada, com forte concentração entre os meses de dezembro a maio e sendo mais baixa de junho a novembro (SANTOS, 2018a).

Porém, no que diz respeito as dinâmicas econômicas, as sedes municipais são distintas. A cidade de Castanhal foi uma das primeiras cidades desse eixo, apresenta uma economia voltada para o setor alimentício, sendo um importante polo industrial que abastece e mantém estreita ligação com a capital do Estado, abastecendo-os, bem como comercializando-os com o restante do Brasil (BAHIA; GARVÃO, 2015).

Segundo Rodrigues e Vieira (2017) a implantação da rodovia Belém - Brasília beneficiou diretamente a Cidade de Castanhal, ficou conhecido como o município do entreposto comercial agrícola, tornando-se o centro comercial mais importante na região. Assim que em 2016, o município teve o maior PIB *per capita* entre as sedes municipais selecionadas com um faturamento de R\$ 18.709,66 (Tabela 1).

O município de São Francisco do Pará, antigamente conhecido com Anhangá, teve seu povoamento iniciado a partir da Estrada de Ferro Belém - Bragança. Fez parte dos territórios de Castanhal e Igarapé – Açú. Até que em 1944 passou a ter status de município (FAPESPA, 2016a). A principal economia vem da agropecuária, seguido de indústria e serviços administrativos. O PIB *per capita* em 2016 foi de 12.651,52 reais, sendo o segundo com maior renda dentre as sedes selecionadas (IBGE, 2018).

O município de Igarapé - Açú também teve sua colonização com a implantação da estrada de Ferro Belém - Brasília. A economia do município apresenta um padrão produtivo, onde houve um aumento crescente de produtos de valor no mercado, como a pimenta-do-reino, maracujá e dendê; ao mesmo tempo em que se continua a produzir cultivos tradicionais, como milho, arroz, feijão e a mandioca, principal produto da lavoura temporária (MIRANDA, 2012). Em 2016 o PIB *per capita* foi de 8.890,96 reais e apresentado a agricultura com sua principal fonte de renda (IBGE, 2018).

É importante ressaltar que além do desenvolvimento urbano por meio de vias terrestres, o nordeste paraense teve sua organização e arranjo sócio espacial ligado aos quilômetros de rios navegáveis e aos inúmeros igarapés, ao longo dos quais surgiram as vilas e povoados, que deram origem a cidades conectadas através da dinâmica fluvial, onde as embarcações significavam o principal meio de transporte (SANTOS, 2018a). Assim, os municípios de Marapanim e Terra Alta tiveram seus povoados construídos as margens do Rio Marapanim e do braço esquerdo do rio Marapanim, respectivamente (FAPESPA, 2016; TERRA ALTA, 2018).

O Município de Marapanim apresenta uma localização litorânea dividida em região praiana e sede municipal, onde as comunidades do litoral são caracterizadas pelas atividades agrícolas e extrativistas, principalmente, a agricultura, o extrativismo de crustáceos e moluscos, a mariscagem e a pesca artesanal para fins de aquisição de alimentos e renda, além de outras formas de uso e apropriação dos recursos naturais (ALVES et al., 2018). Com isso o município teve PIB *per capita* de 7.949,56 reais no ano de 2016, e parte desse valor foi faturado pela agropecuária (IBGE, 2018).

Já o município de Terra Alta, tem como base econômica a agricultura familiar e as principais culturas de subsistência são: mandioca, feijão, milho e arroz, notadamente a primeira que detém primazia sobre as demais. A pecuária está restrita a médios produtores, sendo esses situados em uma faixa pouco significativa, se comparada ao universo existente, que em sua maioria são lavradores (TERRA ALTA, 2018).

Tabela 1- Panorama do Municípios de Castanhal, Igarapé – Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta.

Indicadores IBGE	Municípios				
	Castanhal	Igarapé-Açu	Marapanim	São Francisco do Pará	Terra Alta
Habitantes (hab) - 2010	173.149	35.887	28.220	15.060	10.262
Dens. Demográfica (hab/km <sup>2</sup> ) - 2010	168,29	45,66	33,42	31,4	49,72
Área da unid. Territorial (km <sup>2</sup> ) - 2018	1.030,26	785,983	804,76	479,565	204,97
PIB per capita (R\$) - 2016	18.709,66	8.890,96	7.949,56	12.651,52	6.181,26

Fonte: IBGE (2018).

#### 4.2 Caracterização dos usos múltiplos da água

Para realizar a caracterização dos usos múltiplos da água foi feito o levantamento de dados primários e secundários sobre os usuários de água da bacia hidrográfica do rio Marapanim. Para a coleta de dados primários, foram realizadas visitas aos órgãos gestores das sedes de Castanhal, Igarapé - Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta, onde foi aplicado um questionário semiestruturado que abordou questões sobre saneamento básico, problemas ambientais relacionados ao consumo e uso da água.

A coleta de dados secundários foi feita junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Sustentabilidade (SEMAS), Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) e Fundação Amazônica de Amparo e estudos e Pesquisas (FAPESPA). É importante ressaltar que o para a formulação dos resultados foram utilizados tanto os dados das sedes municipais, quanto os dados gerais do município.

A partir dos dados de SNIS (População total; População urbana; População urbana atendida por abastecimento de água; e Consumo médio *per capita* de água em l/hab.dia) foi avaliado o consumo médio da população urbana atendida para as sedes municipais de 2008 até 2018; e estimado o consumo médio (m<sup>3</sup>/dia) com o aumento da população urbana atendida até o ano 2028.

Para o cálculo da estimativa foi utilizado a equação 1 na população total que gerou uma taxa de crescimento e foi aplicada aos anos seguintes até 2028.

$$Taxa\ de\ Crescimento = \frac{\sum_{2008}^{2018}}{2018 - 2008} \quad (1)$$

Com isso, os dados foram analisados por meio de estatística descritiva para determinação de médias, elaboração de gráficos e tabelas. E foram classificados, conforme os usos da água consultivos.

### 4.3 Índice De Sustentabilidade Hídrica

O índice de sustentabilidade hídrica das bacias hidrográficas foi aplicado a cada sede municipal que está inserida na bacia do Rio Marapanim, utilizando uma adaptação da metodologia aplicada por Chaves e Alipaz (2007), que propõem indicadores chaves compostos em 4 grupos: Hidrológico (H - *hydrology*), Ambiental (E - *environment*), Social (L - *life*) e Política (P - *policy*), e são estruturados por uma matriz de pressão, estado e resposta (PER), conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2- Indicadores de Hidrológicos, Ambientais, Sociais e Políticos.

Indicadores	Parâmetros		
	Pressão	Estado	Resposta
Hidrológicos (Hydrology)	% Variação do índice de atendimento urbano de água no período de 2013 - 2017	% Índice de atendimento urbano de água - 2017	Evolução na eficiência de uso de água na sede municipal no período de 2013 - 2017
	% Variação do índice de esgotamento sanitário no período de 2013 - 2017	% Índice de Esgotamento Sanitário (2017)	Evolução no tratamento e disposição de esgotos na sede municipal, no período de 2013 - 2017
Ambientais (Environment)	Índice de Pressão Antrópica (EPI): período de 1999 e 2017	% Área de Vegetação natural remanescente nas sedes municipais em 2017	Evolução nas áreas protegidas (Reservas e Boas Práticas de manejo) na bacia entre 1999 a 2017
Sociais (Life)	Variação no IDH-Renda per capita, no período 2000 e 2010	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (2010)	Evolução do IDHM (2018)
Políticos (Policy)	Variação do índice de Desenvolvimento Humano Municipal-Educação (2010)	Capacidade institucional e legal em Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos na Bacia (2019)	Evolução dos gastos com gerenciamento integrado de Recursos Hídricos na bacia (2017 - 2019)

Fonte: Adaptado de Chaves e Alipaz (2007).

Cada indicador chave apresenta uma estimativa que pode variar de 0 (zero) a 1(um), sendo dividido em escala de 0; 0,25; 0,5; 0,75; e 1, sendo que 0 (zero) significa condições ruins e 1 (um) condições boas. O índice de sustentabilidade das bacias hidrográficas (WSI) foi obtido pela equação 2.

$$WSI = \frac{H + E + L + P}{4} \quad (2)$$

Chaves e Alipaz (2007) afirmam que apesar de considerarem que todos os indicadores têm o mesmo peso, no entanto, reconhecem que os pesos dos indicadores podem variar de bacia para bacia, e este deve ser escolhido por consenso entre as partes

interessadas, pois, usando o mesmo peso, evita-se a distorção dos resultados e permite-se o respeito mútuo entre os diferentes setores e partes interessadas.

#### 4.3.1 Indicadores Hidrológicos

De acordo com Dias (2018) os indicadores hidrológicos podem ser divididos em 2 grupos. O primeiro está relacionado aos indicadores quantitativos, que são geralmente baseados em informações do sistema biofísico. O segundo está atrelado a avaliação qualitativa, sendo mais ligado aos aspectos da gestão das águas.

Neste trabalho foram feitas adaptações em relação aos indicadores hidrológicos. Originalmente, Chaves e Alipaz (2007) utilizaram para o cálculo do sub indicador hidrológico de quantidade, a disponibilidade per capita do país. Por conta da falta de dados, foram adaptados os valores de índice de atendimento do abastecimento urbano do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), porém foi mantido o mesmo nível e peso para os dados.

O segundo indicador hidrológico a ser considerado é a qualidade da água. Chavez e Alipaz (2007) utilizam originalmente a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) que está correlacionada com outros parâmetros de qualidade de água, como, oxigênio dissolvido, turbidez, concentração de poluentes e outros. No estudo proposto por Maynard et al (2017), eles substituem a demanda bioquímica de oxigênio pelo índice de qualidade da água (IQA), o qual destaca-se por reunir em um único valor diversos parâmetros de qualidade de água.

A resolução do CONAMA 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluente, considerasse que a qualidade da água do rio deve atender essas especificações, e quando a cidade apresenta um baixo nível de coleta e tratamento de esgoto, possivelmente os efluentes estão sendo despejados diretamente nos rios. Com isso, lançar o efluente sem o adequado tratamento no corpo hídrico, compromete a qualidade da água nas áreas urbanas, causando impacto na saúde da população, além de dificultar o atendimento de usos a jusante, como abastecimento humano, balneabilidade, irrigação, dentre outros (ANA, 2018).

Considerando a falta de dados relacionados ao índice de qualidade de água neste trabalho, foi feita a substituição do IQA, pelo índice de esgotamento sanitário, que será utilizado nos municípios Castanhal, Marapanim, Terra Alta, São Francisco do Pará e Igarapé-Açu.

O índice de esgotamento utilizado será de acordo com a metodologia proposta por Lopes et al (2016), que determina um Índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário (IDSES) para a cidade de Campina Grande, Paraíba. Os indicadores selecionados foram a população conectada à rede coletora (IQS<sub>1</sub>) e Tratamento de esgoto (IQS<sub>2</sub>), que são calculados a partir das equações 3 e 4, respectivamente e expressadas em %. Com os valores encontrados será feita a média aritmética entre os resultados e classificada de acordo com a Tabela 3.

$$IQS_1 = \frac{\text{População atendida pelo serviço de esgoto}}{\text{População total}} \times 100 \quad (3)$$

$$IQS_2 = \frac{\text{Volume de esgoto tratado}}{\text{Volume de esgoto gerado}} \times 100 \quad (4)$$

Tabela 3- Classificação do IDSES.

Valores atribuídos IDSES (%) Lopes et al. (2016)	Classificação Lopes et al. (2016)	Classificação Chaves e Alipaz (2007)
0 - 25	Péssimo	0,00
26 - 40	Ruim	0,25
41 - 55	Regular	0,50
56 - 75	Bom	0,75
75 - 100	Ótimo	1,00

Fonte: Lopes et al. (2016), Chaves e Alipaz (2007).

Para o cálculo da evolução da eficiência do uso da água foi considerada a variação do índice de perdas (IP) do sistema de abastecimento na distribuição. Com o resultado do IP (%) foi utilizada a classificação de Mayard, Cruz e Gomes (2017) adaptada de Tsutiya (2006), que classifica o Índice de Perdas de distribuição de água no sistema de abastecimento em:

- $P < 25\%$ : o sistema de abastecimento de água é classificado como “bom”, tendo uma pontuação adaptada para o WSI igual a 1,0;
- $25 \leq P < 40\%$ : o sistema é classificado como “regular” e recebe uma pontuação para o cálculo do WSI igual a 0,5;
- $P \geq 40\%$ : o sistema é classificado como “ruim” e recebe a pontuação mínima, 0,0.

Para o cálculo da Evolução no tratamento de esgoto foi considerado o índice de coleta e tratamento de esgoto. Vale ressaltar que os dados utilizados para encontrar os

resultados do indicado hidrológico foram fornecidos pelo SNIS. Na Tabela 4 são apresentadas as adaptações dos indicadores hidrológicos, e seus respectivos pesos.

Tabela 4- Indicador Hidrológico

<b>HIDROLÓGICO</b>				
	<b>Parâmetro</b>	<b>Nível</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Base de dados</b>
<b>PRESSÃO</b>	% Variação do índice de atendimento urbano de água no período de 2013 - 2017	0% - 25%	0.00	Sede Municipal - SNIS (2019)
		26% - 40%	0.25	
		41% - 55%	0.50	
		56% - 75%	0.75	
		75% - 100%	1.00	
	% Variação do índice de esgotamento sanitário no período de 2013 - 2017	0% - 25%	0.00	Sede Municipal - SNIS (2019)
		26% - 40%	0.25	
		41% - 55%	0.50	
		56% - 75%	0.75	
		75% - 100%	1.00	
<b>ESTADO</b>	% Índice de atendimento urbano de água (2017)	0% - 25%	0.00	Sede Municipal - SNIS (2019)
		26% - 40%	0.25	
		41% - 55%	0.50	
		56% - 75%	0.75	
		75% - 100%	1.00	
	% Índice de Esgotamento Sanitário (2017)	0% - 25%	0.00	Sede Municipal - SNIS (2019)
		26% - 40%	0.25	
		41% - 55%	0.50	
		56% - 75%	0.75	
		75% - 100%	1.00	
<b>RESPOSTA</b>	Evolução na eficiência de uso de água na sede municipal no período de 2013 - 2017	Muito Pobre	0.00	Sede Municipal - SNIS (2019)
		Pobre	0.25	
		Regular	0.50	
		Boa	0.75	
		Excelente	1.00	
	Evolução no tratamento e disposição de esgotos na sede municipal, no período de 2013 - 2017	Muito Pobre	0.00	Sede Municipal - SNIS (2019)
		Pobre	0.25	
		Regular	0.50	
		Boa	0.75	
		Excelente	1.00	

Fonte: Adaptado de Chaves e Alipaz (2007) e Lopes et al (2016).



### 4.3.2 Indicadores Ambientais

Para calcular os indicadores de *Pressão, Estado e Resposta*, foram utilizados dados de imagens de satélites do Landsat 7 e 8, a partir da análise do NDVI, tratadas pelo código do Google Earth Engine, no ano de 1999 e 2017 e dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), foi utilizado as bandas 3 e 4 (Landsat 7) no ano de 1999 e bandas 4 e 5 (Landsat 8) no ano de 2017, para gerar o NDVI a partir da equação consiste na utilização das bandas do vermelho e infravermelho próximo, como se segue:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (3)$$

Onde:

IVP: valor da reflectância da banda no Infravermelho próximo;

V: valor de reflectância da banda no vermelho.

A vegetação verde e sadia exibe contraste entre a região do visível, principalmente a do vermelho e infravermelho próximo e que, quanto maior for esse contraste, haverá maior vigor da vegetação na área. Assim que, em áreas ocupadas por vegetação mais densa tendem a apresentar valores de NDVI próximos a 1, variando em uma escala de -1 a 1 (ARIES et al, 2017). Para os valores próximos a zero ou negativos, caracterizam consequentemente áreas com poucas ou nenhuma ocorrência de clorofiliana, podendo ser classificadas com áreas com edificações e/ou solo exposto.

Para encontrar o valor do Índice de Pressão Antrópica (EPI) foi adotado o percentual de área urbanizada das sedes municipais escolhidas, mais a porcentagem da população urbana da sede municipal. Assim que o EPI (%) pode ser calculado pela equação 4.

$$EPI = \frac{\% \text{ área urbanizada} + \% \text{ da população urbana da sede municipal}}{2} \quad (4)$$

Em relação a Evolução nas áreas protegidas (Reservas e Boas Práticas de manejo), no parâmetro resposta, foi considerada a diferença em percentual entre a quantidade de área verde do ano de 1999 para o ano de 2017, analisadas a partir do NDVI, tratadas

pelo código do Google Earth Engine. Na Tabela 5, são apresentadas as adaptações dos indicadores ambientais, e seus respectivos pesos.

Tabela 5- Indicador Ambiental

AMBIENTAL				
	Parâmetro	Nível	Pontuação	Base de dados
<b>PRESSÃO</b>	Índice de Pressão Antrópica (EPI): período de 1999 e 2017	$EPI > 20\%$	0.00	Município - Landsat 7 (1999); Landsat 8 (2017); IBGE (2019)
		$20\% \geq EPI > -10\%$	0.25	
		$10\% \leq EPI < 5\%$	0.50	
		$5\% \leq \Delta < 0\%$	0.75	
		$EPI \leq 0\%$	1.00	
	Parâmetro	Nível	Pontuação	Base de dados
<b>ESTADO</b>	% Área de Vegetação natural remanescente nas sedes municipais em 2017	$Av < 5$	0.00	Município - Landsat 7 (1999); Landsat 8 (2017);
		$5 \leq Av < 10$	0.25	
		$10 \leq Av < 25$	0.50	
		$25 \leq Av < 40$	0.75	
		$Av \geq 40$	1.00	
	Parâmetro	Nível	Pontuação	Base de dados
<b>RESPOSTA</b>	Evolução nas áreas protegidas (Reservas e Boas Práticas de manejo) na bacia	$\Delta < -10\%$	0.00	Município - Landsat 7 (1999), Landsat 8 (2017)
		$-10\% \leq \Delta < 0\%$	0.25	
		$0\% \leq \Delta < 10\%$	0.50	
		$10\% \leq \Delta < 20\%$	0.75	
		$\Delta \geq 20\%$	1.00	

Fonte: Adaptado de Chaves e Alipaz (2007).

Importante destacar que a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo foi feito a partir dos dados do Mappiomas (2020) tratadas pelo código do Google Earth Engine, no ano de 1999 e 2017.

#### 4.3.3 Indicadores Sociais

Chaves e Alipaz (2007) e UNESCO (2008) utilizaram o PIB per capita para o cálculo do parâmetro *Pressão*. Porém, para este estudo optou-se pela adaptação utilizada por Maynard, Cruz e Gomes (2017), que utiliza o IDH - Renda. Em relação aos parâmetros *Estado e Resposta* será selecionado o valor do ano de 2010 e % da variação do Índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) de cada município, respectivamente. Os dados necessários para o cálculo foram obtidos no Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil. Na Tabela 6, são apresentados os indicadores sociais, e seus respectivos pesos.

Tabela 6- Indicador Social

<b>SOCIAL</b>				
	<b>Parâmetro</b>	<b>Nível</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Base de dados</b>
<b>PRESSÃO</b>	Variação no IDH-Renda per capita, no período 2000 e 2010	$\Delta < -20\%$	0.00	Município - Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil
		$-20\% \leq \Delta < -10\%$	0.25	
		$-10\% \leq \Delta < 0\%$	0.50	
		$0\% \leq \Delta < +10\%$	0.75	
		$\Delta \geq +10\%$	1.00	
<b>ESTADO</b>	IDHM	IDH < 0,5	0.00	Município - Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil
		$0,5 \leq \text{IDH} < 0,6$	0.25	
		$0,6 \leq \text{IDH} < 0,75$	0.50	
		$0,75 \leq \text{IDH} < 0,9$	0.75	
		IDH $\geq 0,9$	1.00	
<b>RESPOSTA</b>	Variação no IDHM	$\Delta < -10\%$	0.00	Município - Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil
		$-10\% \leq \Delta < 0\%$	0.25	
		$0\% \leq \Delta < 10\%$	0.50	
		$10\% \leq \Delta < 20\%$	0.75	
		$\Delta \geq 20\%$	1.00	

Fonte: Adaptado de Chaves e Alipaz (2007).

#### 4.3.4 Indicadores Políticos

De acordo com Chaves e Alipaz (2007) e UNESCO (2008) a utilização do Índice de Desenvolvimento de Educação tem como objetivo medir o nível de escolaridade da população, os valores positivos do IDHM-Educação correlacionam a capacidade e a vontade da população de se envolver na gestão de bacias hidrográficas, colocando mais pressão sobre as decisões. Para o cálculo e classificação do indicador Estado, foi feita uma adaptação da Tabela 7 elaborada por Rocha (2017). E em relação ao parâmetro de Resposta, foi utilizado a metodologia de UNESCO (2008), conforme a equação 5.

$$\Delta = \frac{\text{investimentos no período Atual (2019)} + \text{investimentos no período Anterior(2018)}}{\text{investimentos no período Anterior (2018)}} \times (100) \quad (5)$$

Tabela 7- Parâmetros para a avaliação da gestão dos municípios.

Variáveis	Classificação	Peso
Legislação Ambiental	Existente	1
	Inexistente	0
Secretaria do Meio Ambiente	Individual	1
	Associada	0.5
	Inexistente	0
Conselho Municipal de Meio Ambiente	Existente	1
	Inexistente	0
Acesso as Informações Sobre Gestão Ambiental via Internet	Sim	1
	Não	0
Realiza Ações de Educação Ambiental no Município	Sim	1
	Não	0
Possui Plano de Diretor Municipal	Sim	1
	Não	0
Possui Plano de Saneamento Básico	Sim	1
	Não	0
Possui Política Municipal de Saneamento	Sim	1
	Não	0

Fonte: Adaptado de Rocha (2017).

Os dados obtidos foram coletados a partir do Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, disponível no Portal da Transparência do Governo Federal do Brasil e pesquisas realizadas junto aos órgãos públicos responsáveis em todas as sedes municipais. E na Tabela 8, são apresentados os indicadores sociais, e seus respectivos pesos.

Tabela 8- Indicador Político

POLÍTICO				
	Parâmetro	Nível	Pontuação	Base de dados
PRESSÃO	Variação do IDH-Educação no período 2000 - 2010	$\Delta < -20\%$	0.00	Município - Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil
		$-10\% \leq \Delta < -20\%$	0.25	
		$-20\% \leq \Delta < 0\%$	0.50	
		$0\% \leq \Delta < +10\%$	0.75	
		$\Delta \geq +10\%$	1.00	
ESTADO	Capacidade legal e institucional em gerenciamento integrado de recursos hídricos (GIRH) da sede municipal	Muito Pobre	0.00	Prefeituras das Sedes Municipais
		Pobre	0.25	
		Regular	0.50	
		Boa	0.75	
		Excelente	1.00	
RESPOSTA	Evolução nos gastos em Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos (GIRH) no município	$\Delta < -10\%$	0.00	Município - Portal da Transparência do Governo Federal
		$-10\% \leq \Delta < 0\%$	0.25	
		$0\% \leq \Delta < 10\%$	0.50	
		$10\% \leq \Delta < 20\%$	0.75	
		$\Delta \geq 20\%$	1.00	

Fonte: Adaptado de Chaves e Alipaz (2007).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Usos múltiplos da água

As sedes municipais, por estarem inseridas na mesorregião do nordeste paraense, apresentam similaridades em relação a quantidade de chuva, com a pluviosidade de 2.250 a 2.500 mm anuais; onde as chuvas não se distribuem igualmente durante o ano, sendo a maior concentração no período de janeiro a junho (80%) (CORDEIRO et al., 2017). Porém, isto não significa que a mesma seja uniforme em a região e na bacia hidrográfica do rio Marapanim se converta em recarga direta para as águas superficiais e subterrâneas. Esta discussão será mais detalhada ao final deste item.

#### 5.1.1 Sistema de abastecimento de água

As sedes municipais de Castanhal, Marapanim e São Francisco do Pará são abastecidas pela COSANPA, enquanto a Igarapé – Açú e Terra Alta são abastecidas pela Prefeitura, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9- Prestadores do serviço de abastecimento de água das sedes municipais

Sede municipal	Sistema de abastecimento de água
Castanhal	COSANPA
Marapanim	
São Francisco do Pará	
Igarapé-Açu	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAAE)
Terra Alta	Prefeitura Municipal de Terra Alta

Fonte: SNIS (2019).

A sede de Castanhal possui um sistema de abastecimento de água (SAA) com 14 unidades operacionais, onde 11 são integradas e atendem a área central da sede, e outras três isoladas (independentes) que contemplam as áreas periféricas. O SAA não utiliza água de mananciais superficiais, somente subterrâneos, produzindo um volume total de 22.470 m<sup>3</sup>/dia. (CASTANHAL, 2020).

Vale ressaltar que a pesar da COSANPA obter concessão do abastecimento do município, não chega a atender toda a sede, parte é feita pela prefeitura, principalmente nas áreas periféricas e rural. Na Tabela 10 são apresentados os sistemas operacionais integrados e isolados, como também a quantidade poços por cada sistema, sua profundidade e vazão referente a área urbana.

Tabela 10- Sistema de Abastecimento Água da sede municipal de Castanhal.

Sistemas Interligados						
SAA Unidade Operacional	Poços (unidade)		Comprimento (metros)		Vazão (m³/h)	
	Raso	Profundo	Raso	Profundo	Raso	Profundo
Usina	13	1	18	97	60	80
Assis/Coronel Leal	8	1	22	74	60	80
Milagre	-	2	-	110,37	-	80
				120,2	-	70
Salgado Grande**	8	-	18	-	-	-
Propira	-	1		112	-	35
Caiçara	17	0	18	-	140	-
Santa Helena	-	1	-	100	60	-
Imperador	-	1	-	191,16	-	54
Lanetama	-	1	-	193,59	-	91,52
Redentor	-	1	-	100	-	75
COHAB	12	1	18	120	65	-
Sistemas isolados						
SAA Unidade Operacional	Poços (unidade)		Comprimento (metros)		Vazão (m³/h)	
	Raso	Profundo	Raso	Profundo	Raso	Profundo
Jaderlândia	-	3	-	180, 89	-	100
				148,7		122
				167,66		153
Titanlândia*	-	1	114	-	-	70
Apeú	-	1	-	-	-	-

\*não foi informado o comprimento do poço e a vazão

\*\* sistema desativado

Fonte: Castanhal (2020).

A sede municipal de Marapanim possui sistema de abastecimento de água com captação por mananciais subterrâneos, que dispõe de 21 poços, com profundidade média de 9 m e um poço artesiano com profundidade de 200 m (TEIXEIRA, 2015).

Em São Francisco do Pará o sistema de abastecimento da área urbana utiliza captação do manancial superficial, Igarapé Pouso, onde são aduzidos 1.800 m³/dia de água, com consumo médio de 170 L/habitantes (SÃO FRANCISCO DO PARÁ, 2014). É importante destacar que durante a visita de campo realizada em nas sedes de Marapanim e São Francisco do Pará não disponibilizaram dados de atuais referente ao sistema abastecimento de água.

Na área urbana de Igarapé - Açú, a gestão do SAA é feita pela autarquia municipal de Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAAE), a captação de água é realizada em mananciais subterrâneos, por oito poços com profundidade de 180 m, 140 m, 40 m e 50 m que capta um volume estimado em de 300 m<sup>3</sup>/dia de água.

Conforme foi relatado pelo responsável do SAAE, durante a visita de campo em Igarapé - Açú, não há nem macro e micromedicação, porém é feita uma estimativa do volume captado a partir da vazão e horário de funcionamento das duas bombas que compõe o sistema de adução. A cobrança é feita em forma de taxa para cada domicílio. Além disso, há déficit de abastecimento, principalmente no verão. E o tratamento é feito por desinfecção simples por partilha de cloro.

Em Terra Alta, o SAA é gerenciado totalmente pela Prefeitura, que capta água de aquíferos subterrâneos, por dois poços com 120 m de profundidade. Destaca-se que durante a visita de campo, a prefeitura não soube informar o volume certo de água captada pelas bombas, justamente por não haver medição, além disso, relataram que a falta de água na área urbana é recorrente, principalmente nas horas de pico de consumo.

Vale comentar que no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) são disponibilizados dados de água, como população atendida por abastecimento de água, volume produzido, consumo médio per capita, perdas na distribuição entre outros. Esse banco de dados é alimentado diretamente pelas prefeituras de cada município.

Com isso, foi considerado a base de dados do SNIS para avaliar o consumo médio da população urbana atendida de cada sede, para isso, utilizou dados de 2008 até 2018, referentes a: população total; População urbana; População urbana atendida por abastecimento de água; e Consumo médio per capita de água (l/hab.dia). Com esses dados, foi estimado o consumo médio (m<sup>3</sup>/dia) e o aumento da população urbana atendida, a partir da taxa média de crescimento da população total até o ano 2028 (Figura 3 e Figura 4).

Em função dos dados serem preenchidos pelas prefeituras, a sede municipal de Igarapé – Açú disponibilizou apenas dados de 2009, 2011 e 2014. Já o município de Terra Alta, só apresentou dados de 2016 até 2018. A inconsistência e pouca disponibilidade de dados acabam influenciando na análise de crescimento da população urbana atendida e no consumo real de água, como também no cálculo das estimativas, o que pode afetar na execução de programas, projetos e obras de abastecimento de água, por não ter o conhecimento real da situação.

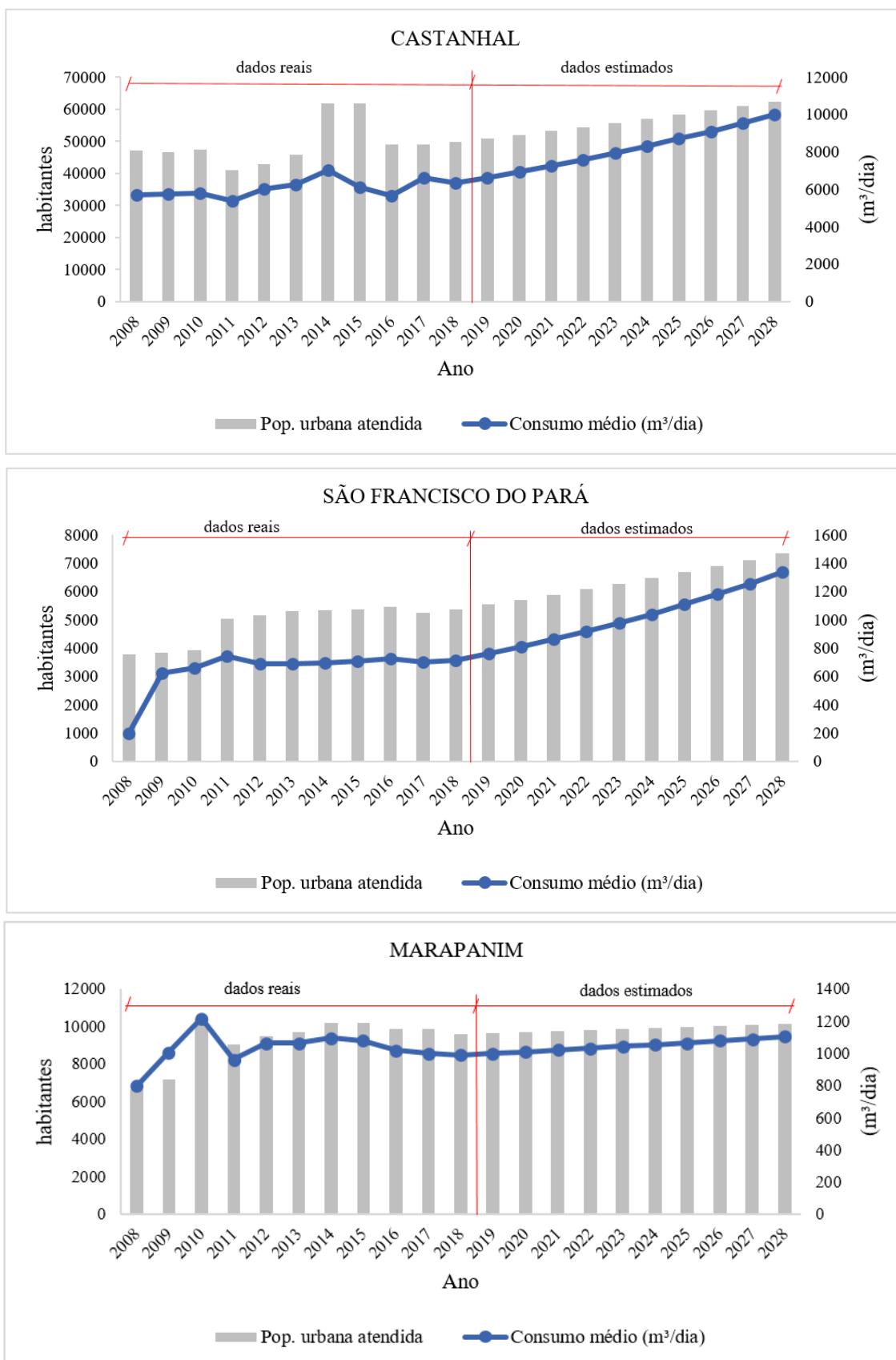
Apesar da variação de consumo e atendimento, é possível perceber que houve um aumento no número de habitantes atendidos nas sedes de Marapanim (43,96%), São Francisco do Pará (42,67%), Igarapé – Açu (11,13%), Castanhal (5,72%) e Terra Alta (0,95). Em relação as estimativas de atendimento e consumo médio de água, as sedes de municipais apresentaram diferentes taxas de crescimento até o ano de 2028. São Francisco do Pará apresentou a maior variação, com 36, 58%; seguida por Castanhal com 25,71%; Terra Alta com 20,58%; Igarapé-Açu com 17,01% e Marapanim com a menor variação calculada, com 5,71%. Carmo et al. (2014) ressaltam que o consumo de água nas áreas urbanas, a tendência tem sido de crescimento da demanda em termos de volume. Esse aumento ocorre pela conjunção de dois fatores: ampliação do número de domicílios a serem atendidos, o que é extremamente relevante em termos de extensão do serviço de abastecimento para toda a população, garantindo melhores condições de vida e de saúde; e aumento do consumo *per capita*, que está relacionado principalmente com a maior capacidade econômica das famílias.

Com ampliação do número de domicílios sem a devida estrutura, parte da população urbana se direcionada para o afastamento do centro urbano (TUCCI, 2008). Essas zonas, por terem sido criadas de maneira irregular, acabam sendo prejudicadas pela falta de infraestrutura, principalmente no sistema de abastecimento de água, e quando há algum tipo de atendimento, na maioria dos casos, não apresentam um controle de macro e micromedição, ocasionado um consumo irregular (TSUTIYA, 2006).

Segundo Boscaglia (2013) o consumo do uso doméstico também varia como o nível socioeconômico da população, sendo maior quanto mais elevado for este padrão. O aumento do consumo pode ser relacionado a mudanças de hábitos comportamentais ou atitudes dos moradores decorrentes da alteração dos rendimentos familiares. Como exemplo, pode-se imaginar que uma família, ao ter acesso a maior renda, adotasse práticas comportamentais que incorressem em maior frequência de banhos, lavagem de carros, preparo de alimentos, festas, limpezas da residência, dentre outras (DIAS; MARTINS; LIBIANO, 2010).

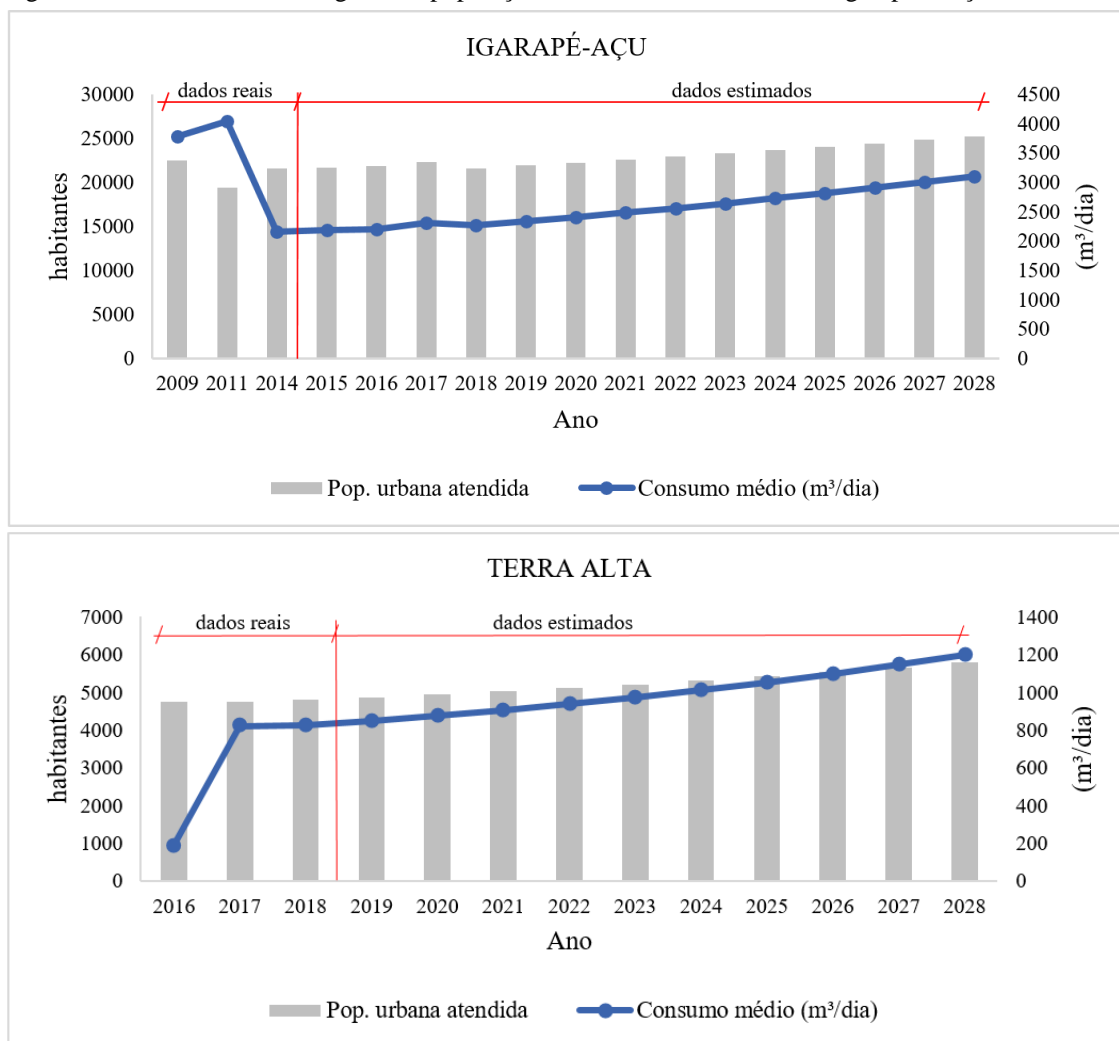


Figura 3- Consumo médio de água e da população urbana atendida nas sedes: Castanhal, São Francisco do Pará e Marapanim.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 4- Consumo médio de água e da população urbana atendida nas sedes: Igarapé – Açú e Terra Alta.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 5.1.2 Agricultura

Castanhal apesar de ser uma fonte de econômica baseada no serviço de comércio, possui a maior produção por hectare dentre os municípios analisados, seguido por Terra Alta, São Francisco do Pará, Marapanim e Igarapé - Açú. A produção agrícola permanente, a laranja apresenta a maior produção por hectare, seguida pelo dendê e banana. Entre as lavouras temporárias, a mandioca possui o maior valor de kg/ha no ano de 2018.

O crescimento constante das áreas agrícolas no país tem gerado uma demanda maior a cada dia por água limpa. A agricultura é um dos maiores consumidores de água, que anualmente é responsável por 70% do uso e 87% do consumo de água total no mundo (GANDOLFO et al., 2008). Em relação a agricultura irrigada no Brasil, é responsável por 46% das retiradas nos corpos hídricos e por 67% do consumo (água que

não retorna diretamente), no ano de 2015, a retirada de água foi de 969 mil litros por segundo, com um consumo de 745 mil litros/segundo (ANA, 2019).

Na Tabela 11 apresenta a quantidade de água necessária para a produção de um quilo por hectare, com isso foi possível estimar a quantidade de água para cada cultivo.

Tabela 11- Estimativa de produção e consumo de água na agricultura no ano de 2017

Produção Agrícola Permanente							
Cultura	Castanhal	Igarapé-Açu	Marapanim	São Francisco do Pará	Terra Alta	Vol. de água p/ produção (l/Kg)	Referência
Banana (cacho)	8.000,00	11.000,00	12.000,00	12.000,00	10.000,00	6.320,00	Pegada Hídrica
Coco-da-baía (Mil frutos)	10.000,00	15.000,00	8.000,00	10.000,00	10.000,00	-	-
Dendê (cacho de coco)	18.000,00	1.100,00	-	15.000,00	18.000,00	-	-
Laranja	15.000,00	14.000,00	8.000,00	18.000,00	15.000,00	8.400,00	Pegada Hídrica
Pimenta-do-reino	2.501,20	2.400,00	2.000,00	2.121,21	2.487,18	-	-
Produção agrícola Temporária							
Abacaxi (Mil frutos)	30.000,00	-	25.000,00	15.000,00	32.000,00	420,00	Cuesta (2017)
Arroz (em casca)	-	-	600,00	-	-	2.500,00	
Feijão (em grão)	900,00	900,00	875,00	900,00	566,67	5.053,00	
Mandioca	20.000,00	15.000,00	14.117,65	15.000,00	16.000,00	2,00	
Milho (em grão)	608,11	1.100,00	1.200,00	600,00	800,00	955,00	
<b>Total</b>	<b>105.009,31</b>	<b>60.500,00</b>	<b>71.792,65</b>	<b>88.621,21</b>	<b>104.853,85</b>	-	

Fonte: FAPESPA (2017).

É importante destacar que não foram encontradas referências oficiais sobre a quantidade de água necessária para a produção de Dendê, Coco de Baía e Pimenta do Reino por L/Kg. Entretanto, segundo Alves et al. (2013) estima-se que para a produção de 1 tonelada de óleo de dendê, utiliza-se 6,03 m<sup>3</sup> de água, esse valor é devido a grande disponibilidade de água na região que é oriundo de poços artesianos. O estado do Pará concentra 90% da produção do plantio no Brasil e água utilizada para a produção de óleos é capitada de poços artesianos.

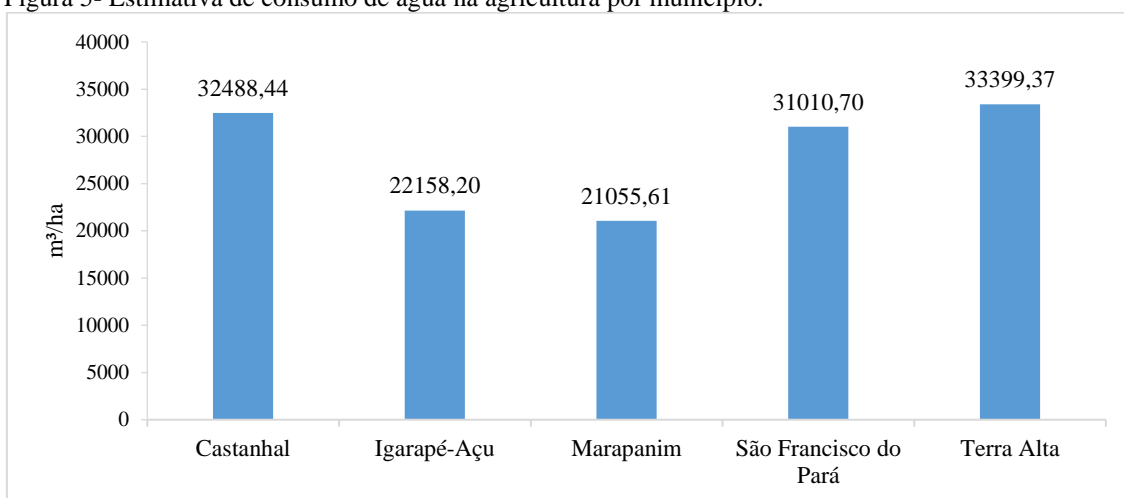
Em relação do Coco de Baía, segundo EMBRAPA (2002) o regime pluviométrico ideal para a produção do coqueiro é caracterizado por uma precipitação anual de 1.500 mm, com pluviosidade mensal nunca inferior a 130 mm.

Já o cultivo de pimenta do reino na região Amazônica, a EMBRAPA (2004) recomenda que o total pluviométrico anual seja entre 1.500 mm a 3.000 mm; e em termos de *déficit* hídrico, embora tenha sido verificado que o cultivo ocorre sob ampla

faixa (entre 30 mm e 400 mm) tem-se que a pimenta é exigente, precisando de bom suprimento de água principalmente durante a floração e frutificação, havendo assim a necessidade de se manter o solo irrigado para evitar queda de produção.

Considerando o volume de produção desses cultivos, estima-se que a demanda pela água na agricultura seja maior do que registrada no Figura 5, que mostra o volume total de água usada na agricultura em cada município pertencente a bacia hidrográfica do rio Marapanim, onde Terra Alta apresenta o maior consumo de água, seguido por Castanhal, São Francisco do Pará, Igarapé-Açu e Marapanim.

Figura 5- Estimativa de consumo de água na agricultura por município.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Peres (2017) destaca que a atividade agrícola brasileira, tem se tornado cada vez mais intensa, com o conseqüente aumento do uso de águas subterrâneas, os poços artesianos se utilizam em grande parte de aquíferos profundos, confinados e semi-confinados, que tem em geral uma taxa de recarga muito lenta, podendo variar de anos a séculos. E a falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes acabam contribuindo para a exploração dos mananciais subterrâneos de maneira predatória.

Em relação ao uso da água no cultivo, destaca-se o uso de agrotóxicos. Segundo Gandolfo et al. (2008) a maioria dos agrotóxicos aplicados na agricultura utiliza como veículo a água, com ou sem o auxílio de aditivos. Steffen, Steffen e Antonioli, (2011) afirmam que as águas superficiais e subterrâneas podem ser contaminadas por componentes oriundos de agrotóxicos, já que além do princípio ativo tóxico, muitos destes produtos apresentam elementos ou compostos potencialmente poluidores, como metais pesados, surfactantes, emulsificantes, conforme os trabalhos de Oliveira et al (2018); Cruz e Farias (2017); Veiga e Rodrigues (2016).

Segundo Veiga e Rodrigues (2016) as monoculturas são as principais utilizadoras de agrotóxicos. No estado do Pará, a expansão do cultivo de dendê já apresenta impactos ambientais no nordeste paraense, além do desmatamento praticados pelas empresas em lotes de agricultura familiar para a implantação do cultivo, os agrotóxicos utilizados contaminam igarapés que são afluentes de rios, como Pará, Tocantins, Moju, Acará, Acará Miri, Capim, Auiçu, Maracanã e Camari, entre outros (CRUZ; FARIAS, 2017).

### 5.1.3 Criação de animais

Os maiores usos consuntivos da água, em escala global, são agropecuários. No Brasil, que possui alguns dos maiores rebanhos do mundo, a demanda de água nas estruturas de dessedentação, criação e ambiência de animais é elevada (ANA, 2020). Segundo Cuesta (2017) para calcular o volume utilizado de água é necessária a utilização de dados médios de volume de água requerida para tal produção; uma vez que, os valores de quantidade de água variam segundo a idade e peso de cada animal, entre outras variáveis, conforme apresentado na Tabela 12.

O volume total de água utilizado para a criação de animais dos 5 municípios analisados, é de 4.499,13 m<sup>3</sup>/dia, sendo Castanhal o maior consumido de água, com 2.102,48 m<sup>3</sup>/dia, seguido por São Francisco do Pará com 1.023,68,16 m<sup>3</sup>/dia, Igarapé-Açu com 999,16 m<sup>3</sup>/dia, Marapanim com 209,49 m<sup>3</sup>/dia e Terra Alta com 164,32 m<sup>3</sup>/dia, conforme mostrado na Figura 6.

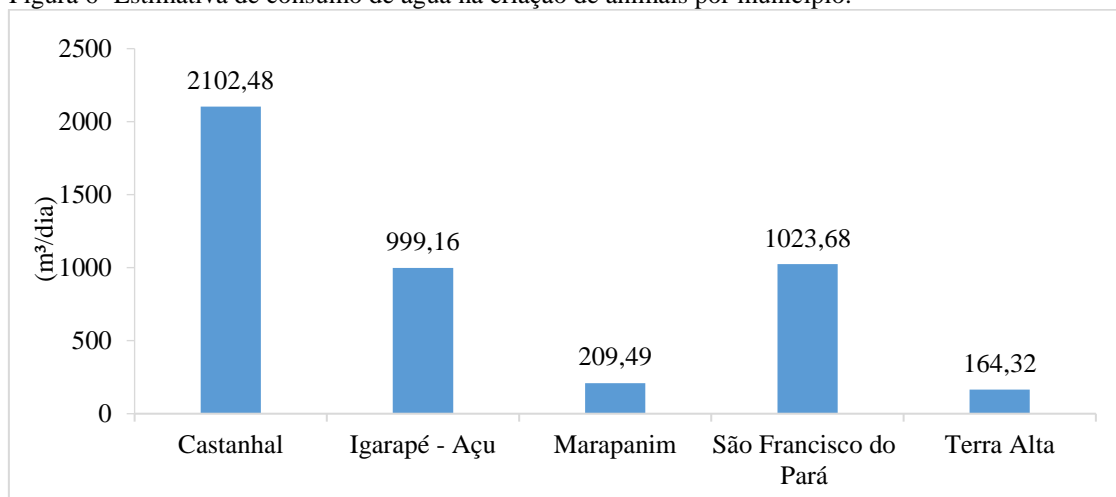
Tabela 12- Estimativa de consumo de água para criação de animais.

Espécie	Castanhal	Igarapé - Açu	Marapanim	São Francisco do Pará	Terra Alta	Vol. água p/ produção (l/dia)*
	Quantidade (cabeça)					
Bovino	35.360	16.141	4.475	17.562	3.390	45
Equino	320	350	40	65	25	43
Suíno	1.600	2.300	400	600	600	5
Caprino	320	650	10	300	10	8
Ovino	280	280	30	50	30	3,8
Galináceos	3.239.300	1.600.000	28.000	1.500.000	50.000	0,15
<b>Total</b>	<b>3.277.180</b>	<b>1.619.721</b>	<b>32.955</b>	<b>1.518.577</b>	<b>54.055</b>	-

Fonte: FAPESPA (2017).

\*Referência: Cuesta (2017).

Figura 6- Estimativa de consumo de água na criação de animais por município.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

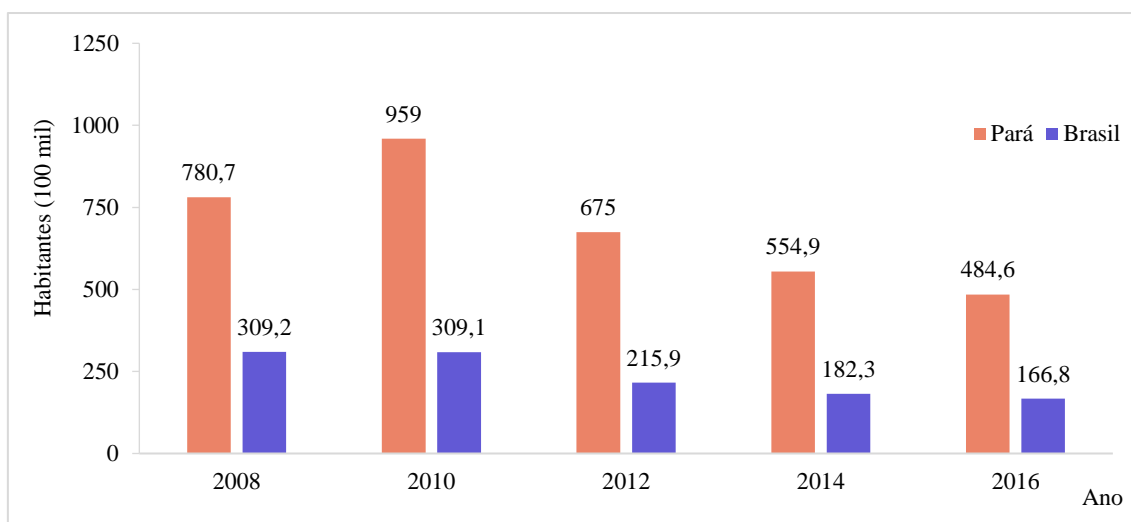
É importante destacar que ao analisar o consumo de água na agricultura e na pecuária, a acabam pressionando a gestão de uso da água, justamente pela falta de dados. Os municípios não sabem o valor real que é retirado de água para esses usos. Segundo Faggion et al (2009) o uso eficiente da água com conhecimento adequado e a utilização de alternativas que otimizem o seu uso podem contribuir para aumentar a sua disponibilidade, reduzindo problemas de déficit provocados pelo aumento da demanda social em relação à oferta ambiental.

#### 5.1.4 Esgoto domiciliar

A coleta, transporte e tratamento do esgoto das cidades é um problema recorrente no Brasil. Não diferente dessa realidade, em quase todas as sedes municipais visitadas, nenhuma apresentou um sistema de coleta, transporte e tratamento de esgoto. A exceção foi o município de Castanhal que possui uma pequena rede unificada que coleta tanto água da chuva quanto de esgoto, porém o efluente é lançado diretamente nos igarapés da cidade.

O despejo do esgoto não tratado diretamente nos corpos hídricos ocasiona diversos impactos negativos com o decorrer do tempo, e trazem como consequência problemas de saúde na população através de diversas doenças infecciosas e parasitárias têm no meio ambiente uma fase de seu ciclo de transmissão, como por exemplo, as de veiculação hídrica, com transmissão feco-oral. A Figura 7 ilustra o número de internações durante um período de 8 anos no Brasil e no estado do Pará, que reúne quantitativo de doenças de transmissão feco-oral, contato com a água, relacionadas a higiene, geo-helmintos e teníases.

Figura 7- Número de internações hospitalares por doenças relacionadas a falta de saneamento



Fonte: IBGE (2017).

Com a falta de um sistema de esgotamento sanitário nas sedes, a população utiliza de soluções individuais para resolver esse a partir da instalação de fossas rudimentares ou sépticas. Segundo Jordão (2009) a fossa séptica é um dispositivo de tratamento de esgoto destinado a receber a vazão de um ou mais domicílios e com a capacidade de dar um grau de tratamento compatível com a sua simplicidade e custo. Já a fossa negra ou rudimentar é apenas uma escavação feita no solo sem nenhum tipo de vedação ou impermeabilização, que acaba sendo prejudicial ao meio ambiente, contaminando solo e corpos subterrâneos.

Na Tabela 13 são apresentados a quantidade de fossas rudimentares e sépticas em cada município, segundo o censo demográfico do IBGE (2010), Castanhal, por ser a maior sede, apresenta uma quantidade maior de fossas, se comparadas outras. Esses dados só evidenciam a utilização de alternativas individuais da população para intervir na falta de coleta e tratamento de esgoto na região, um serviço que é garantido pela Lei 11.445/2007.

Tabela 13- Perfil do esgotamento sanitário.

Município	Quantidade (n. de registros)				Total
	Tinham banheiro		Tinham sanitário		
	Fossa Séptica	Fossa Rudimentar	Fossa Séptica	Fossa Rudimentar	
Castanhal	14.581	22.015	332	2.254	39.182
Igarapé - Açú	68	5.501	8	782	6.359
Marapanim	106	3.901	36	1.350	5.393
São Francisco do Pará	1.490	962	9	870	3.331
Terra Alta	15	1.570	-	72	1.657

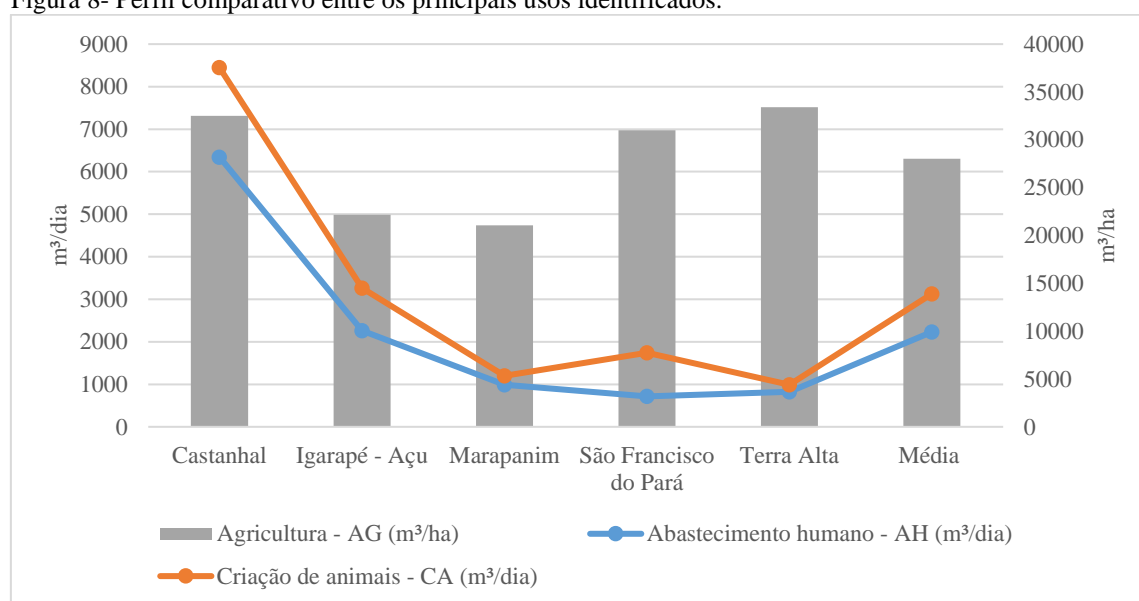
Fonte: IBGE (2010).

### 5.1.5 Perfil do consumo de água nas sedes municipais componentes da bacia do rio Marapanim

A

synetiza a contabilidade estimada para a bacia segundo as sedes municipais componentes. Apesar da escala da atividade agrícola ter sido diferenciada ( $m^3/ha$ ), observa-se que a distribuição de valores realmente é mais significativa para a área agrícola. E a média do abastecimento para criação de animais é aproximadamente 35% do equivalente para o consumo humano. Na Tabela 14 é mostrado a quantidade total de água para cada município de acordo com cada uso.

Figura 8- Perfil comparativo entre os principais usos identificados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tabela 14- Volume total de água por município de acordo com o uso da água.

Município	Abastecimento humano - AH (m³/dia)	Criação de animais - CA (m³/dia)	Agricultura - AG (m³/ha)
Castanhal	6344,7	2102,48	32488,44
Igarapé - Açú	2265,4	999,16	22158,2
Marapanim	989,2	209,49	21055,61
São Francisco do Pará	715,8	1023,68	31010,7
Terra Alta	825,8	164,32	33399,37
Média	2228,18	899,826	28022,464

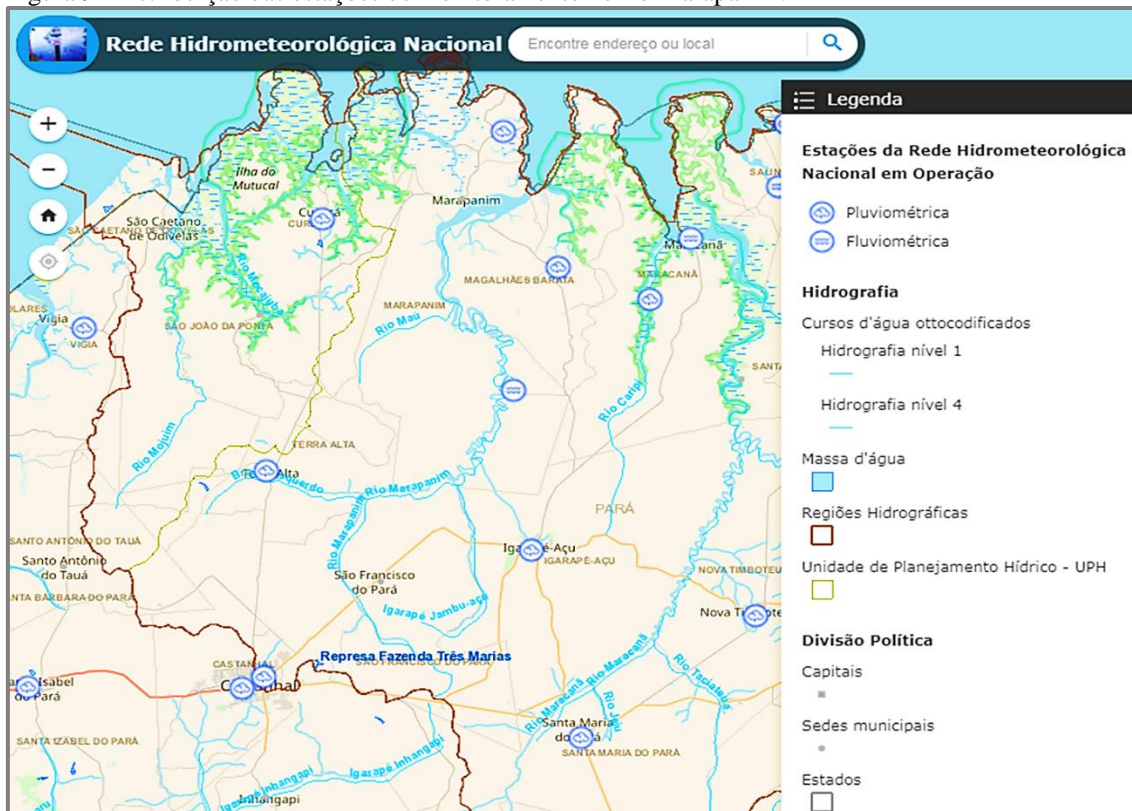
Fonte: Elaborado pelo autor. (2020).

A bacia do rio Marapanim não tem monitoramento relativo as componentes descarga do rio (vazão) e variação de nível (cota). Havendo apenas a cobertura de



monitoramento pluviométrico realizada por estações automáticas (Estações de Magalhães Barata, código 47007; Igarapé - Açú, código 147010; Castanhal, código 147007; Terra Alta, código 147017; Marapanim, código 47005). Existe a Estação de Magalhães Barata (código 32120000), destinada a qualidade das águas e implantada em 2016, conforme observado pela rede hidrometeorológica nacional, gerenciada pela ANA, representada na Figura 9.

Figura 9- Distribuição das estações de monitoramento no rio Marapanim.



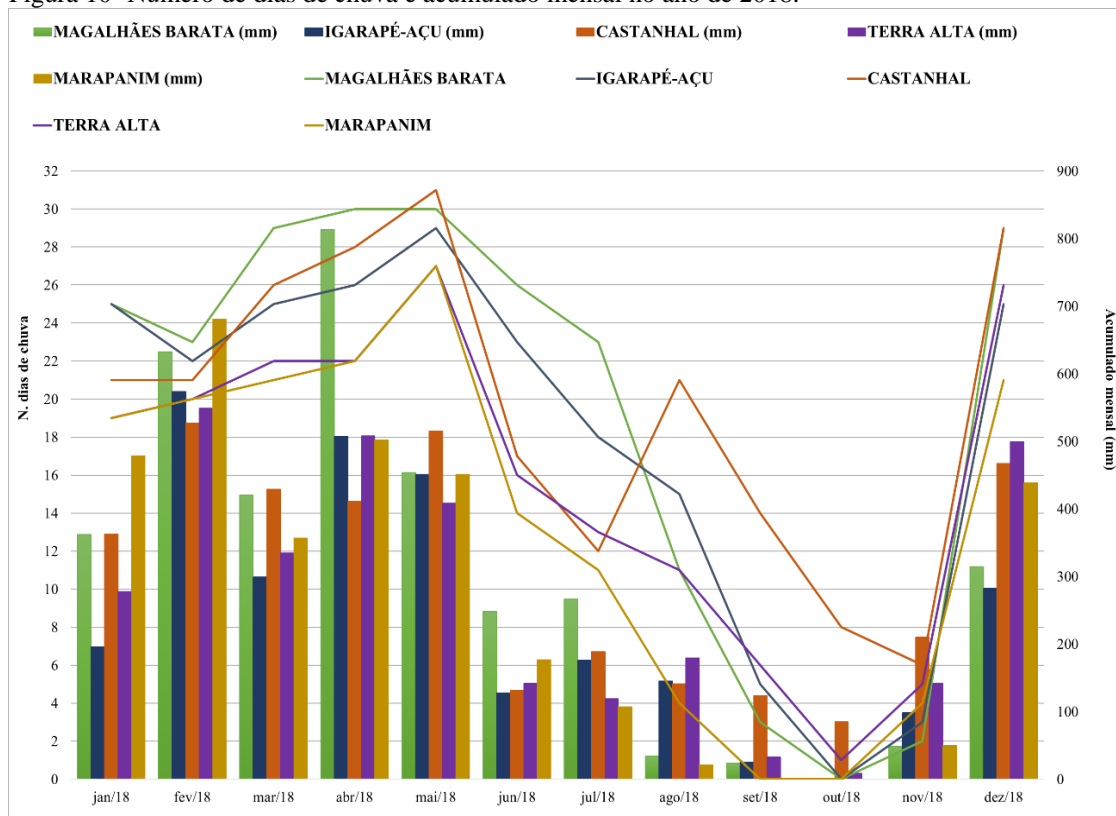
Fonte: Rede Hidrometeorológica Nacional (2019).

Considerando apenas o comportamento das chuvas, e tomando como exemplo o ano de 2018 (2019 encontra-se incompleto ainda algumas estações), que setembro-outubro-novembro são meses com poucos dias de chuvas, ficando o maior percentual de volume de chuvas do mês concentrado em poucos dias (Figura 10).

Admitindo as demandas identificadas e ainda subestimadas dada a falta de atualização relativa ao consumo humano, comercial e agrícola de maior detalhe; verifica-se que a ausência de um monitoramento sistemático próximo as sedes conduzem a uma zona de incerteza da real estimativa de disponibilidade e demanda hídrica para região. Ficando o resultado obtido como indicador de que existe necessidade do período chuvoso observado, que é bem expressivo de fevereiro a maio, onde chove quase todos os dias do mês, ser eficiente para a irrigação das culturas locais

e recarga superficial e subterrânea da região, já que ocorre uma queda significativa em relação ao período menos chuvoso. No apêndice C é detalhado o número de dias de chuva e acumulado mensal no ano de 2018.

Figura 10- Número de dias de chuva e acumulado mensal no ano de 2018.



Fonte: ANA (2018).

Considerando o contexto de hidroterritório, em que a água tem o papel dominante na organização territorial, e relacionando as demandas (abastecimento de água para consumo humano, água na agricultura e pecuária) e disponibilidade (quantidade de chuvas na região) as sedes apresentam multiplicidade no uso da água.

Segundo a classificação de Ferreira (2015), levando em conta o contexto da sede municipal, o território pode ser apontado com privado, pelo fato da maioria da população pagar pelo abastecimento de água, apesar de não haver uma gestão eficiente, onde o índice de atendimento ainda é baixo, como em Castanhal, Marapanim e São Francisco, e a falta de água é recorrente, nos municípios de Terra Alta e Igarapé-Açu. E ainda pode ser analisado, também como um território de luta, justamente por essa demanda de água não atender toda sede da maneira adequada, o que leva parte da população utilizar da captação subterrânea para suprir suas necessidades sociais.

É importante ressaltar que na maioria das vezes esses poços particulares não são outorgados, comprometendo a sustentabilidade dos aquífero, por não haver um controle

da captação. Conicelli e Hirata (2016) corrobora que a exploração implica em problemas associados à falta de sustentabilidade (ou superexploração) das extrações de água subterrânea (sobretudo para uso no abastecimento público urbano); aos conflitos entre usuários, causando a perda do recurso e aumento dos custos de exploração; e à contaminação de aquíferos pela degradação induzida pelo bombeamento não planejado.

## 5.2 Uso e cobertura da terra

A Mesorregião Nordeste Paraense, uma das mais antigas áreas de colonização da Amazônia, caracterizada pela intensa antropização da paisagem, com perda substancial de suas características naturais (SAMPAIO et al., 2017). Inseridas nessas áreas estão os municípios de Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta que tiveram sua colonização a partir da abertura de estradas, avanço da agropecuária e ocupação pelas margens dos rios. Na Tabela 15 são apresentados o quantitativo da área urbana, agropecuária e floresta dos municípios de Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta, do ano de 1999 e o ano de 2017.

Tabela 15- Distribuição percentual das classes de uso e cobertura da terra, para os anos de 1999 e 2017. Admitindo os limites municipais das sedes de Marapanim, Terra Alta, Castanhal, São Francisco do Pará e Igarapé - Açu.

1999					
Município	Castanhal	Igarapé-Açu	Marapanim	São Francisco do Pará	Terra Alta
<b>Área total</b>	1.029,30	785,98	804,63	479,44	209,97
<b>Urbano (km<sup>2</sup>)</b>	19,89	2,81	3,09	0,07	0,03
<b>%</b>	1,93	0,36	0,38	0,01	0,02
<b>Agropecuária (Km<sup>2</sup>)</b>	501,66	384,38	147,45	255,00	95,04
<b>%</b>	48,74	48,90	18,33	53,19	45,26
<b>Floresta (Km<sup>2</sup>)</b>	551,83	404,51	500,79	226,69	122,55
<b>%</b>	53,61	51,47	62,24	47,28	58,37
2017					
<b>Urbano (km<sup>2</sup>)</b>	35,86	3,66	6,07	1,48	6,49
<b>%</b>	3,48	0,47	0,75	0,31	3,09
<b>Agropecuária (Km<sup>2</sup>)</b>	552,62	426,49	157,90	277,78	96,55
<b>%</b>	53,69	54,26	19,62	57,94	45,98
<b>Floresta (Km<sup>2</sup>)</b>	443,25	360,39	485,10	202,50	110,35
<b>%</b>	43,06	45,85	60,29	42,24	52,55

Fonte: IBGE (2019); MapBiomas (2020).

As variações observadas podem ser relacionadas a vários contextos socioeconômicos que marcam a região. Dentre estes, tem-se que o incremento de áreas classificadas como agropecuária, pode ter relação com o aumento do rebanho bovino e a expansão do dendê. Só no município de São Francisco do Pará houve um aumento da quantidade de cabeças de gado de 96,2% do ano de 1999 para 2018, seguido de Igarapé-

Açu com 79,34%, Castanhal com 60,73%, Marapanim com 11,88% e Terra Alta com 8,7% (IBGE, 2018).

Em relação a agricultura, o cultivo de dendê se destacou pela sua expansão acelerada. Segundo Ferreira, Lima e Correa (2017) a área do cultivo durante o período de 6 anos, entre 2004 a 2010 dobrou de tamanho, incentivado principalmente pela política do biodiesel.

A expansão do dendê recebe diversas críticas por conta dos impactos socioeconômico e ambiental causados, como a exploração da mão de obra sem autonomia e sem vínculos legais; trabalho penoso e desgastante; ameaça às áreas quilombolas e à biodiversidade local; uso de agroquímicos; dependência com relação à agroindústria; transformação de comunidades tradicionais em produtores de dendezeiros, descaracterizando a categoria de pequenos produtores (COSTA et al., 2017).

Além disso, deve-se considerar o crescimento populacional das sedes municipais, que impulsionam a expansão da área urbana. Segundo Stamm et al. (2013) na maioria das vezes essas cidades medias e pequena não acompanham aumento do contingente populacional acelerado, porém mesmo que esse crescimento seja lento, sem a devida organização e planejamento, os impactos negativos, como uso do solo de maneira incorreta, na ocupação de áreas de risco, falta de infraestrutura, principalmente em saneamento são eminentes. Freitas et al. (2013) ainda ressalta que esses impactos pressionam ainda mais os recursos naturais disponíveis, como áreas de floresta, contaminação dos corpos hídricos, entre outros.

Em se tratando da bacia do rio Marapanim, destaca-se que as sedes analisadas (a exceção de São Francisco do Pará) são periféricas as bordas da bacia, localizando desta forma na região de cabeceira/foz da mesma. O que sempre é um fator de comprometimento, uma vez que segundo os dados de saneamento observados não existe esgotamento sanitário nestas, nem aterro sanitário, o que gera um fator de pressão e comprometimento direto sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

As sedes municipais, a exceção de Marapanim, comportam-se com áreas centrais de alteração na bacia, tendo potencial de constituir um corredor de alteração, que abrangeria o médio - baixo curso da bacia com possíveis consequências nas nascentes formadoras dos principais cursos d'água. Nas Figura 12 e Figura 13 são apresentadas o uso e cobertura da terra no municípios pertencentes a bacia. O uso do solo representa

um indicador geral, justamente por não haver um elemento quantitativo que avalia essas perdas de água da região, com isso, é possível perceber a perda da cobertura vegetal da bacia em torno da sede, impulsionada pela expansão urbana e agropecuária na região.

Outro ponto ser analisado é a evolução do índice de cobertura vegetal (NDVI) das sedes municipais. De acordo com Barbosa et al (2017) o NDVI, permite identificar a presença de vegetação e caracterizar sua distribuição espacial e sua evolução no decorrer do tempo, a partir da normalização do Índice de Vegetação da Razão Simples, para o intervalo de -1 a +1, considerando a relação entre as medidas espectrais de duas bandas, a infravermelho próximo e a vermelha, que auxiliam na aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores de satélites. Aboud Neta (2018) reforça que a análise do NDVI em áreas urbanas é utilizada como ferramenta para medir e monitorar a qualidade ambiental de uma cidade, além de acompanhar a expansão urbana e de regiões com maiores incidências de desmate ao longo dos anos.

Na figura 13, é apresentado o gráfico de NDVI das sedes municipais durante o período de 1999 até 2017, processados pela plataforma Google Earth Engine, com a base de dados do MapBiomas (2020). O município de Marapanim, é o que apresenta maior variação na área do gráfico, isso se dá pela maior disponibilidade de dados na plataforma, em comparação com os outros municípios. Além disso, todas as sedes apresentam uma tendência de diminuição do NDVI, ou seja, os valores se analisados durante os anos, estão cada vez mais se aproximando de zero, o que indica a diminuição de áreas com vegetação natural.

Vale destacar que ao analisar o NDVI, deve considerar as condições climáticas da região. Segundo Cavalcante et al (2020), a diferença entre os picos de NDVI, geralmente se dá durante a transição entre os períodos menos e mais chuvoso na região amazônica, onde o crescimento da vegetação tende-se a ser maior, isso explica a oscilação em cada sede municipal.

Porém, apesar da variação durante os anos analisados, é possível perceber de modo geral que houve uma redução na cobertura vegetal, conforme observado na Tabela 16, onde todas sedes municipais estão com percentual negativo, ou seja, a diminuição dessa escala para mais próxima de zero, significa o aumento de áreas com solo exposto ou com edificações.

Esses resultados ainda ficam mais evidentes se comparar a Tabela 15, onde mostra o percentual de crescimento urbano das sedes entre o ano de 1999 e 2017, onde

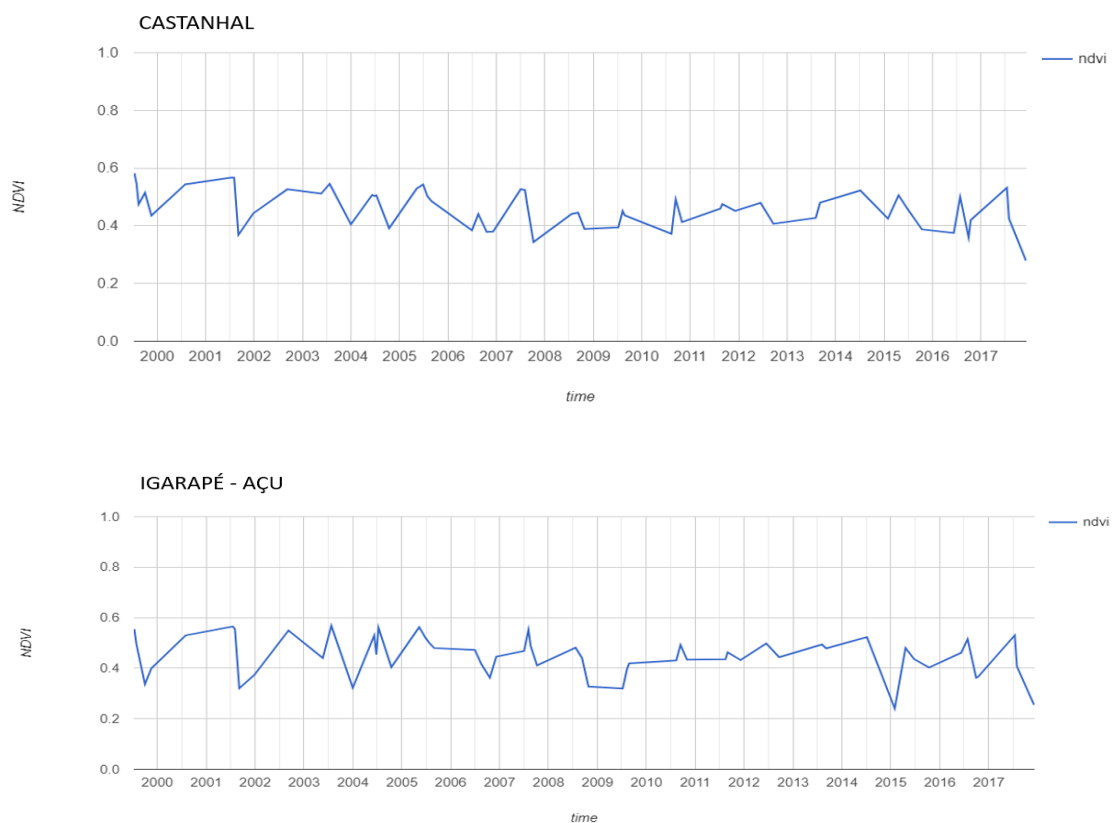
todas as sedes tiveram um crescimento do perímetro urbano, o que reforça a expansão da área urbana sem o comprometimento com o conforto ambiental

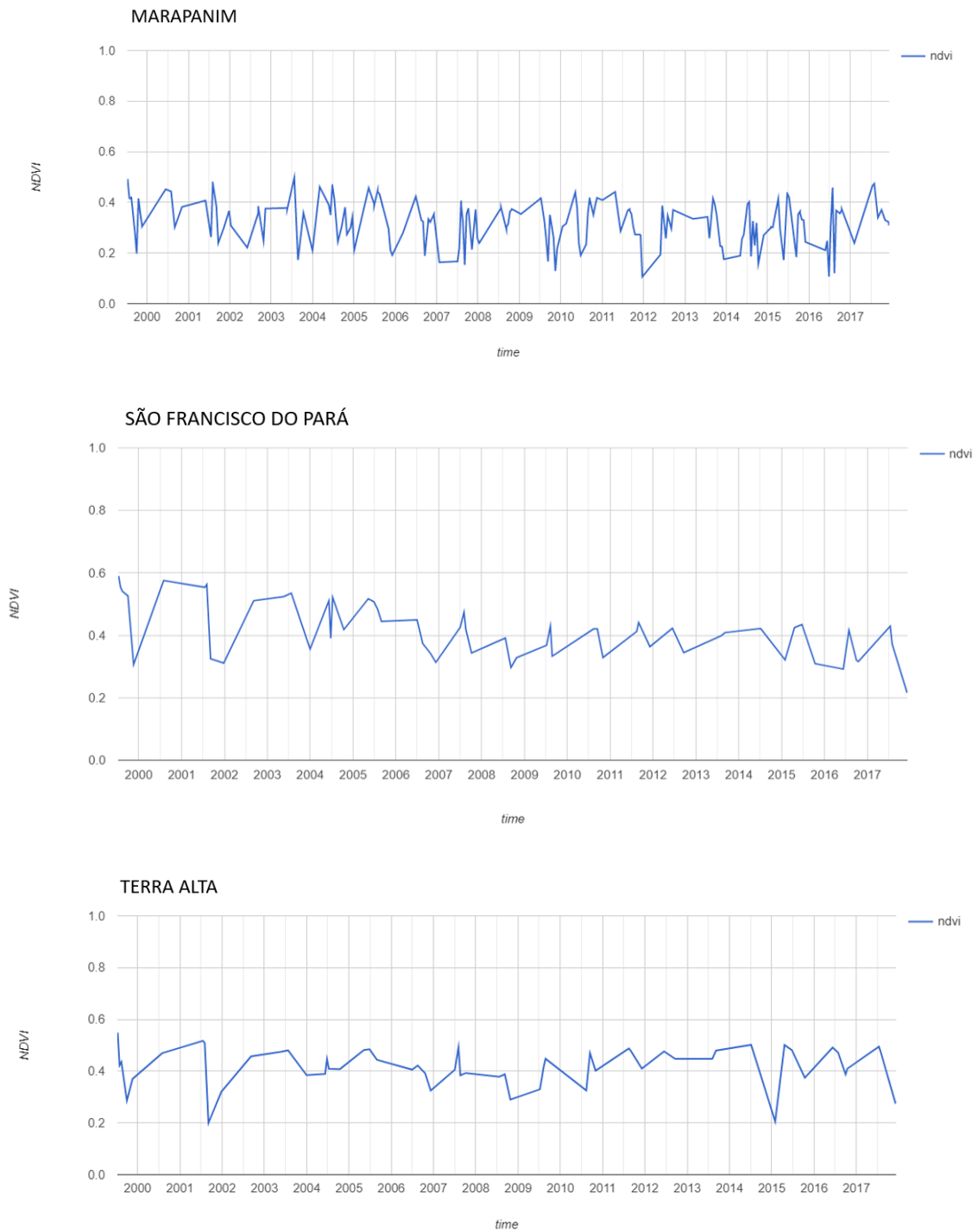
Tabela 16- NDVI – resultado da avaliação temporal.

Município	NDVI		
	1999	2017	Diferença percentual
Castanhal	0,48	0,425	-11,45
Igarapé-Açu	0,448	0,397	-11,38
Marapanim	0,413	0,335	-18,88
São Francisco do Pará	0,541	0,372	-31,23
Terra Alta	0,455	0,422	-7,25

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

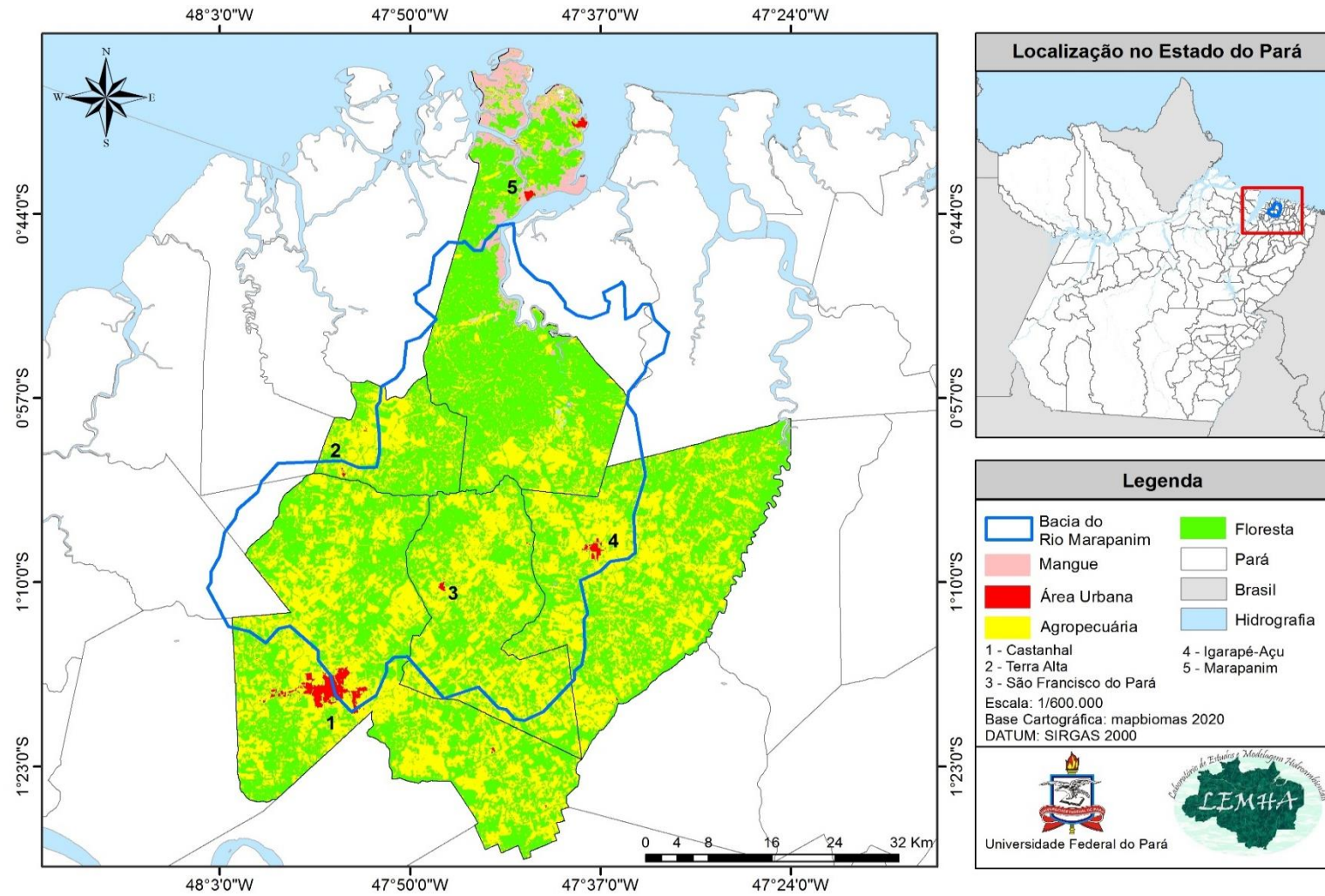
Figura 11- Evolução do NDVI do ano de 1999 até 2017.





Fonte: MapBiomias (2020).

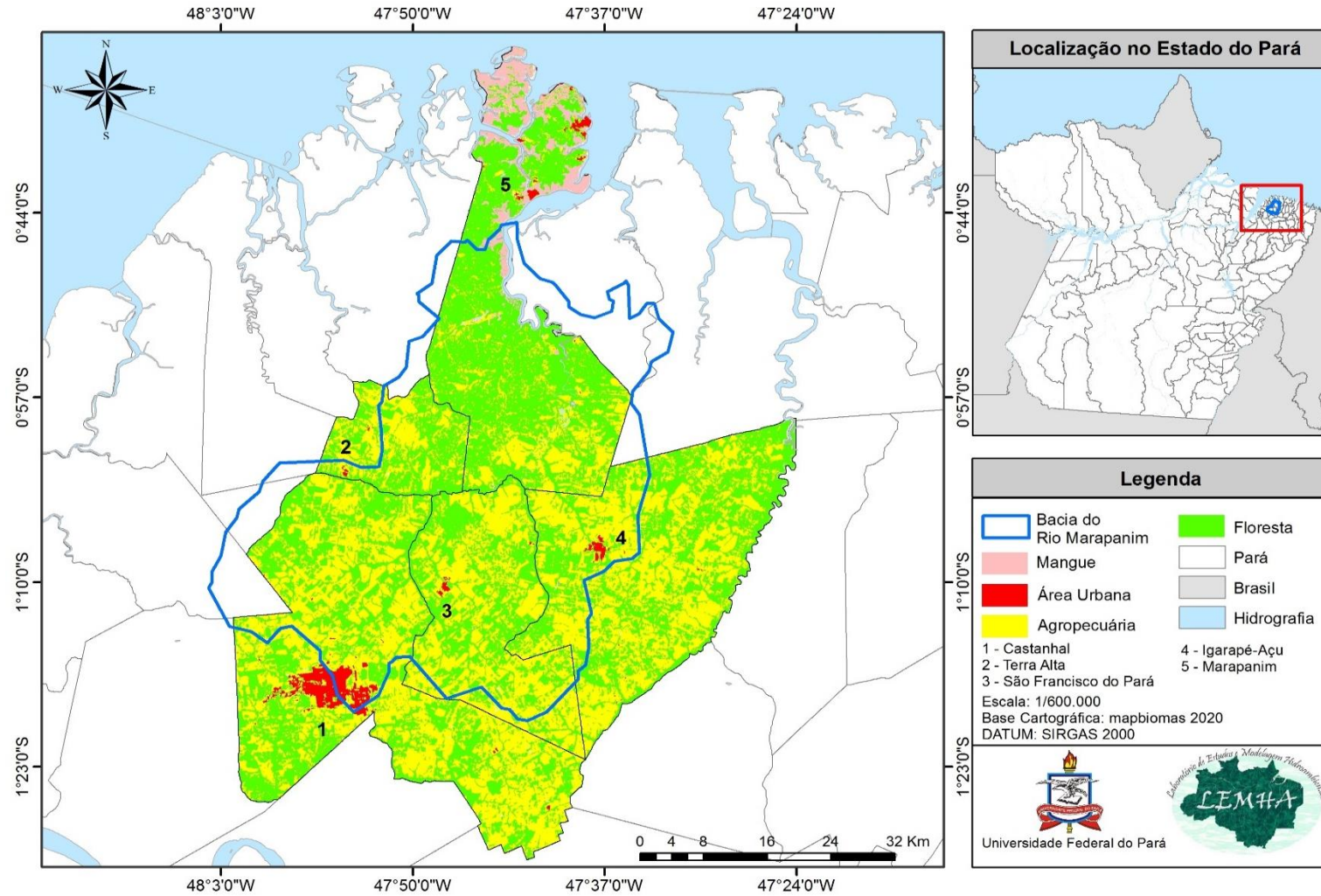
Figura 12- Uso e cobertura da terra - ano de 1999.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).



Figura 13-Uso e cobertura da terra - ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 5.3 Índice de sustentabilidade hídrica

Tendo como base os levantamentos realizados e os produtos obtidos de demanda hídrica, uso da terra e as alterações feitas na metodologia de Chaves e Alipaz (2007) foram definidas as ponderações de cada um dos indicadores hidrológico (Tabela 4), ambiental (Tabela 5), social (Tabela 6), e político (Tabela 8), que foram utilizadas para calcular o indicador PER das sedes municipais de Castanhal, Igarapé - Açu, Marapanim, São Francisco e Terra Alta, conforme é detalho no apêndice B.

A pontuações de cada PER, foram encontradas através da média aritmética do HELP, pela equação 1, resultando no índice de sustentabilidade para cada cidade. De acordo com a classificação de Chaves e Alipaz (2007) as sedes municipais de Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim e Terra Alta, obtiveram o índice de sustentabilidade 0,40; 0,50; 0,44; 0,54 e 0,50 respectivamente, o que representa um valor regular. Já a cidade de São Francisco alcançou um resultado de 0,54, classificada como um bom índice, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17- Resultados do índice de sustentabilidade de cada sede municipal

Município	Hidrológico	Ambiental	Social	Político	WSI	Classificação Chaves e Alipaz (2007)
Castanhal	0,25	0,00	0,58	0,75	<b>0,40</b>	Regular
Igarapé-Açu	0,33	0,50	0,58	0,58	<b>0,50</b>	Regular
Marapanim	0,17	0,33	0,67	0,58	<b>0,44</b>	Regular
São Francisco	0,33	0,25	0,67	0,92	<b>0,54</b>	Bom
Terra Alta	0,50	0,42	0,67	0,42	<b>0,50</b>	Regular

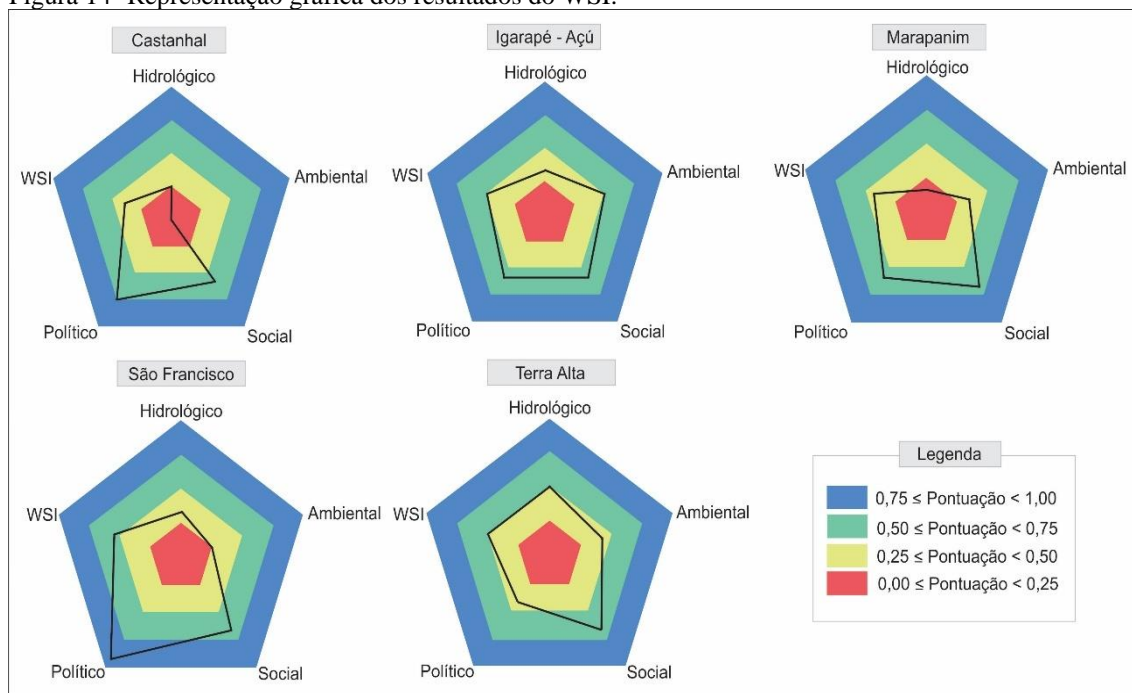
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

É importante destacar apesar que a sede de São Francisco do Pará, ficar com uma classificação boa, em comparação com as outras sedes, apresenta os mesmos problemas. O único ponto que diferencia é o indicador político (figura 14), mostrando que pelo menos existe a intenção, porém não tem a implementação, o que acaba compensando falta é resposta de dos outros indicadores.

Em consideração ao contexto da área da bacia hidrográfica do rio Marapanim. O município de Castanhal por estar localizada na cabeceira da área da bacia, acaba pressionando uma expansão do uso do solo como um todo na região, sendo um indutor de pressão nos municípios menores.

A Figura 14 ilustra a associação entre as sedes municipais e a pontuação de cada indicador, com as cores de acordo com a classificação metodológica desenvolvida por Maynard, Cruz e Gomes (2017).

Figura 14- Representação gráfica dos resultados do WSI.



Fonte: Elaborada pelo autor (2019).

Dentre os indicadores analisados, o sub indicador hidrológico qualitativo (Tabela 13), que utiliza dados de coleta, tratamento e índice de cobertura de esgotamento sanitário na área urbana, foi o que apresentou maior fragilidade em todos os indicadores PER de cada sede, confirmando um cenário comum no Estado do Pará, onde índice de atendimento de esgoto é menor de 10% (BRASIL, 2017).

A falta de suporte por parte das prefeituras e concessionárias para coleta e tratamento de esgoto faz com que a população busque alternativas através de soluções individuais, como a construção de fossas sépticas, negras ou ligações de esgoto diretas para canais ou rios. De acordo com Tischer (2017) o uso de fossas em centros urbanos pode ocasionar a contaminação do solo e principalmente prejudicar a qualidade da água, por estarem próximas dos lençóis freáticos.

Além disso, o descarte sem tratamento do esgoto diretamente em corpos d'água traz várias consequências negativas para a sociedade, que impactam diretamente na saúde da população, ocasionando o aumento de diversas doenças, como as feco-orais (COSTA; GUILHOTO, 2014). E esse problema fica evidente nos números de internações por transmissão feco-oral no Estado do Pará, que apresentou um aumento de 9,8 % no ano de 2016 em comparação ao ano de 2015 (IBGE, 2019).

É importante destacar que no sub indicador hidrológico quantitativo em relação a pressão e estado, que usa os dados de atendimento de abastecimento de água,

disponibilizados pelo SNIS, estes podem conter inconsistências em função do cálculo da população atendida adotada pelos prestadores, fazendo com que muitos municípios apresentem um índice de atendimento igual ou até mesmo superior a 100% (BRASIL, 2014). Isso acaba mascarando o resultado do índice de sustentabilidade de cada sede, por não representar em escala real o atendimento sobre o sistema de abastecimento da água (SAA).

Quanto a relação oferta e demanda de água é compatível e apresenta uma boa gestão dos recursos hídricos, evidencia-se uma diversificação dos usos, e consequentemente a redução de conflitos (CAMPOS; FRACALANZA, 2010). Contudo, quando há uma má gestão dos recursos hídricos, a distribuição de água acaba sendo prejudicada, demonstrando um baixo índice de atendimento de água em áreas urbanas (PEDROSA, 2017), como ocorre nas sedes de Castanhal e Marapanim.

Para Razzolini e Günther (2008) o déficit na distribuição de água potável condiciona um fator de risco e contribui para os efeitos à saúde, que podem favorecer o incremento da incidência de doenças de transmissão hídrica, pois tanto a coleta de água, como seu transporte e armazenamento, caso necessário, pode ser realizada de forma inadequada.

Outro ponto a ser considerado, e que interfere diretamente na cobertura do abastecimento de água, é o índice de perdas do SAA, no qual todas as sedes apresentaram valores críticos, com exceção de Terra Alta, que obteve o melhor resultado.

Tsutiya (2006) e Heller e Pádua (2013) afirmam que as elevadas perdas de água ocorrem principalmente pela deterioração dos sistemas de transporte e distribuição de água mais antigos que não tem a adequada manutenção e recuperação, contribuindo para a baixa capacidade institucional e gestão dos sistemas; além da extensão das redes até áreas periféricas dos sistemas e consequentemente no baixo índice de cobertura de água.

Combater e controlar as perdas é uma questão fundamental em cenários em que há, por exemplo: escassez e conflitos pelo uso; elevados volumes de águas não faturadas, comprometendo a saúde e ambientes de regulação, em que os indicadores que retratam as perdas de água estão entre os mais valorizados para a avaliação de desempenho. (HELLER; PÁDUA, 2013).

Na análise dos indicadores ambientais, todas as sedes municipais apresentaram valores críticos em relação ao indicador de Pressão, o que indica a expansão urbana sem

o planejamento ambiental adequado. Em relação aos indicadores de Estado e Resposta que analisa o percentual de área verde no perímetro urbano no ano de 2017 e o percentual de vegetação durante o ano de 1999 e 2017, as cidades apresentaram distintas pontuações. Igarapé - Açú e Terra Alta mostram as áreas com maiores valores, seguida de São Francisco, Marapanim e Castanhal com área bem inferior de cobertura. Convém ressaltar que a cidade de Castanhal, foi a única das sedes que apresentou pontuação crítica em todos os indicadores PER, indicando a forte urbanização durante o período de 1999 até 2017.

Segundo Isernhagen, Le Bourlega e Carboni (2009) nos países em desenvolvimento o crescimento populacional e expansão desordenada das cidades levam a diversos conflitos, principalmente pelo uso da terra, tendo como consequência a procura e uso de espaços que poderiam torna-se parques ou outros tipos de áreas verdes. Além disso, a ausência de arborização nas cidades reflete o agravamento da questão ambiental, pois à medida que as cidades se expandem e se apropriam demasiadamente dos recursos naturais, transformam o espaço natural, reduzindo a qualidade de vida da população ali residente (MOREIRA; VITORINO, 2017)

No entanto, quando as cidades dispõem de áreas verdes, vias arborizadas e praças, promovem-se ganhos significativos no ambiente urbano, principalmente no que se refere a redução da poluição atmosférica, à minimização das temperaturas, ao conforto lumínico e acústico, além de promover bem-estar físico e psíquico ao ser humano, atuando, conseqüentemente, na sua qualidade de vida (COSTA; FERREIRA, 2009).

Os indicadores sociais que analisam o IDHM - Renda e o IDHM, foram os que apresentaram melhores resultados em todas as sedes, mostrando que houve um progresso dos anos 2000 em comparação com ano de 2010. Todavia, a análise de IDHM - Renda e IDHM é feita a cada década e por não disponibilizarem dados atualizados acabam influenciando no resultado final do índice de sustentabilidade.

Mas, apesar da falta de dados atuais, o IDHM é importante por preencher um importante vazio no universo de indicadores de bem-estar social adaptados ao contexto brasileiro e representa uma referência consagrada e adotada amplamente em diferentes níveis técnicos, gerenciais e estratégicos, ajudando a orientar as políticas públicas do município (FIGUEIREDO FILHO et al., 2013).

Vale destacar que o cálculo do IDHM é uma adaptação metodológica do IDH global em nível municipal, feito pelo PNUD, IPEA e Fundação João Pinheiro, e ambos

agregam as dimensões saúde, educação e renda, que permite conhecer a realidade do desenvolvimento humano do território brasileiro, facilitando a comparação entre localidades (PNUD. 2013).

Nos indicadores Políticos, o indicador de Pressão que analisa a variação do IDHM - Educação, apresentou em todas as sedes municipais uma excelente pontuação, indicando uma melhora significativa nos índices de educação para o período de 2000 até 2010. Para Cortés et al. (2012), quando os indicadores de educação são baixos, dificultarão a participação ativa, informada e responsável dos cidadãos (engajamento da sociedade) em iniciativas integradas de gestão de recursos hídricos e desenvolvimento sustentável. Lira e Cândido (2013) ressaltam que é importante o engajamento da população, referente aos projetos e leis das prefeituras, podendo garantir uma sustentabilidade dos serviços prestados.

No que diz a respeito da Capacidade Institucional e Legal das sedes, todas obtiveram valores críticos, com exceção de São Francisco, que foi a única cidade a apresentar um plano de saneamento básico (2014) e política municipal de saneamento básico (2013). Entretanto, por meio de visita a prefeitura e através de coletas de dados do SNIS, não há coleta e tratamento do esgoto gerado pelos domicílios, o que comprova que não há aplicação da lei de forma concreta.

Em relação aos investimentos feitos pelas sedes municipais nas áreas de saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, no período de janeiro de 2018 a janeiro de 2019, São Francisco apresentou um aumento de 20% na arrecadação para essas áreas, seguidas por Castanhal e Igarapé - Açu. Marapanim e Terra Alta foram as únicas sedes que tiveram regressão nos seus investimentos.

É importante ressaltar que a criação de leis e políticas públicas que visem a proteção dos recursos hídricos, do meio ambiente e estimulem a regulação dos serviços de saneamento básico, não garante sua aplicabilidade, geralmente causadas por falta de gestão e fiscalização dos órgãos públicos competentes.

Com isso, para a evolução positiva dos indicadores nas sedes municipais sugere-se que seja feito primeiramente a elaboração e execução do plano diretor municipal, que tem como objetivo o desenvolvimento urbano ambiental, visando maior inserção de áreas verdes como parque, bosques e praças nas cidades, além de investimentos em programas de educação ambiental nas escolas, visando reduzir as desigualdades socioespaciais e garantir a melhoria na qualidade de vida da população e o alcance da sustentabilidade.

Também deve ser feito conjuntamente ao plano direto, o plano de saneamento básico, que tem como finalidade promover a universalização dos serviços de saneamento básico, com base nas diretrizes da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei 11.445/2007) e assim diminuir os déficits de coleta e tratamento de esgoto sanitário, os níveis de perdas na distribuição de água e melhorar o atendimento no abastecimento de água.

## 6. CONCLUSÕES

A luz do conceito de território hídrico, as sedes de Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim, São Francisco do Pará e Terra Alta estarem localizadas em solo amazônico, podem lhes configurar uma boa disponibilidade hídrica, (apesar da estimativa não ser exata) tanto pela quantidade de chuvas, quanto pela quantidade de rios e aquíferos subterrâneos disponíveis. Entretanto essa disponibilidade, que garante o consumo para pecuária e a agricultura e da vazão aos efluentes de esgotamento sanitário, não é gerenciada de maneira eficiente nas sedes municipais.

Conforme foi exposto neste trabalho, a falta de dados é uma das principais dificuldades para o monitoramento, pois acaba comprometendo a real demanda das sedes e sem o comprometimento com políticas públicas, o que reflete em problemas de gestão dos recursos hídricos, como o déficit de abastecimento de água, perdas na distribuição, falta de micro e macromedição da rede, além de não possuírem nenhum tipo de tratamento para o esgoto gerado, o que pode vir a comprometer a disponibilidade desse recurso hídrico.

As demandas de consumo, como o abastecimento de água urbana se intensificam com o crescimento da cidade, que nem sempre está relacionado ao desenvolvimento sustentável, o que pode ser comprovado pela análise do índice de sustentabilidade das sedes, onde todas as sedes foram classificadas como regular em relação a sustentabilidade, com exceção de São Francisco que apresentou um índice bom. Apesar de Castanhal, Igarapé – Açu, Marapanim, São Francisco e Terra Alta estarem disposta dentro de um mesmo território, cada uma tem a sua particularidade em relação aos indicadores de PER, e também apresentaram fragilidades em comum, principalmente no indicador hidrológico e no ambiental.

Assim conclui-se que a caracterização dos usos múltiplos da água, são essenciais para entender as relações de disponibilidade e demanda de água que acontecem na bacia hidrográfica do rio Marapanim, e a aplicação do índice de sustentabilidade a partir do modelo de Pressão – Estado – Resposta, permite uma avaliação integrada dos indicadores hidrológico, ambiental, político e social, o que evidenciam a falta de comprometimento das sedes municipais com a sustentabilidade de seus territórios. Essas ferramentas possibilita uma visão mais direcionadas as necessidades de cada território, ajudando assim a orientar a tomada de decisão dos gestores.



Para trabalhos futuros sugere que seja feito uma abordagem dos indicadores, com ponderações mais específicas para cada sede, considerando suas particularidades e deficiências.

## REFERÊNCIAS

- ADOUD NETA, S. R.; BIAS, E. S.; BRITES, R. S.; SANTOS, C. A. M. Aplicação de um modelo de NDVI para detecção multitemporal de mudanças no usos e cobertura do solo. **Anuário do Instituto de Geociências** (UFRJ), v. 41, n. 3, p. 592-604. 2018.
- ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G. Dinâmica da Cobertura Vegetal e uso da terra no município de São Francisco do Pará (Pará, Brasil) com o uso da técnica de sensoriamento remoto. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, Belém, v. 3, n. 1, p. 81-92, jan.- abr. 2008.
- ALVES, R. J. M. *et al.* Análise do uso e ocupação do solo em Marapanim-PA a partir de dados do projeto TerraClass. **HOLOS**, ano 34, v. 01, p. 81-90, 2018.
- ALVES, S. A.; AMARAL, W. A. N.; HORBACH, M. A.; ANTIQUEIRA, L. M. O. R.; DIAS, I. F. S. Indicadores de sustentabilidade da agroindústria do dendê no Estado do Pará. **Revista Energia na Agricultura**. v. 28, n.4, p.240-246, out-dez. 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas de esgotos**. 2018. Disponível em <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Agência Nacional de Águas. Brasília, DF, 2019. Acesso em: 20 nov. 2019.
- ANDRADE, A. S. *et al.*. Alterações ambientais na Bacia Hidrográfica do rio Marapanim, Pará, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.13, n. 2, p. 208-216, 2018.
- ANDRADE, N. L. R. *et al.*. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso – MT. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 27,F n. 2, p. 237-248, 2008.
- ARAÚJO, M. D.; RIBEIRO, M.M.R.; BRAGA, C. F. C. Integrando a modelagem da alocação de água ao sistema de indicadores FPEIR: aplicação ao semiárido do Brasil **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental** v.24, n.6, p 1167-1181, nov-dez. 2019.
- ARIES, U. R. V.; MELO NETO, J. O. CAMPOS, J. A. Uso de NDVI para análise do comportamento do regime de vazões do rio Paraopeba, MG. **Revista Scientia Agraria**. v. 18 n. 3 p. 08-19. Jul/Set. 2017.
- BARBOSA, A. H. S.; CARVALHO, R. G.; CAMACHO, R. G. V. Aplicação do NDVI para a análise da distribuição espacial da cobertura vegetal na região Serrana de Martins e Porto Alegre – Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 33, p. 128-143, 2017.
- BITAR, O. Y. BRAGA, T. O. Indicadores ambientais aplicados à gestão municipal. *In*. PHILIP JR., A.; MALHEIROS, T. F. (org) **Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental**. Ed Manole, Barueri-SP, 2013.

BOSCAGLIA, F. **Dinâmica populacional e consumo na Serra- ES**: panorama atual e cenário futuro. 2013. 173f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

BRASIL. **Decreto nº 24.643**, de 10 de julho de 1934. 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm). Acesso em: 20 jan. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, 8 de janeiro de 1997. 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 20 jan. 2019.

BRASIL. **Portaria nº 5** de 28 de setembro de 2017. 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**, 2014. Acesso em: 20 nov. 2019.

BRASIL. Ministério das cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico anual de água e esgotos**, 2017. Acesso em: 20 nov. 2019.

CAMPOS, V. N. O.; FRACALANZA, A. P. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. **Ambiente e Sociedade** Campinas v. XIII, n. 2. p. 365-382, jul.-dez. 2010.

CARMO, R. J. ;DAGNINO, R. S. JOHANSEN, I. C. Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de População**. vol.31, n.1, pp.169-190, 2014.

CASTANHAL. **Plano municipal de saneamento básico**, 2020. Acesso em: 20 fev. 2020.

CAVALCANTE, J. da C.; ALMEIDA, C. A.; BANDEIRA CASTELO, T. Análise de NDVI e temperatura da superfície terrestre utilizando a plataforma do google earth engine em área de savana amazônica e floresta secundária, no município de VIGIA – PA. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 1, p. 64-70, 2020.

CONICELLI, B. P.; HIRATA, R. Novos paradigmas na gestão das águas subterrâneas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 19., 2016, Campinas-SP. **Anais** [...]. p. 1-18. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002967226>. Acesso em: 5 fev. 2020.

CHAVES, H. M. L.; ALIPAZ, S. An integrated indicator for basin hydrology, environment, live, and policy: the watershed sustainability index. **Water Resources Management**, v. 21, n. 5, p. 883-895, 2007.

CONAMA. **Resolução n. 357**, de 17 março de 2005. *In*: BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente; CONAMA; Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

CONAMA. **Resolução n. 396**, de 03 abril de 2008. *In*: BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente; CONAMA; Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

CONAMA. **Resolução n. 430**, de 13 março de 2011. *In*: BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente; CONAMA; Complementa e altera a Resolução nº 357/2005, págs. 89.

CORTÉS, A. E. *et al.*. Application of the Watershed Sustainability Index to the Elqui river basin, North-Central Chile. **Obras y Proyectos**. v. 12, p. 57-69. 2012.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestor. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. Edição Especial, p.51-60, 2014.

COSTA, M. R. T. **Atividade agropecuária no Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1073940/1/DOC432Ainfo.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

COSTA, R. G.; FERREIRA, C. C. M. Análise do índice de áreas verdes (IAV) na área central da cidade de juiz de fora. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba – SP, v.4, n.1, p.39-57, 2009.

COUTO, E. P.; SILVA, F. O. Desenvolvimento “(In) Sustentável. *In*: **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.10, n.18; p. 41, 2014.

CRUZ, R. H. R.; FARIAS, A. L. A. Impactos socioambientais de produção de palma de dendê na Amazônia paraense: uso de agrotóxicos. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 5, n. 10 p. 86–109 2017.

CUESTA, J. S. **Avaliação dos usos múltiplos das águas e do aproveitamento da água da chuva, na área da resex de são João Da Ponta, bacia hidrográfica do rio Mocajuba-PA**. 2017. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

DIAS, D.M.; MARTINEZ, C.B.; LIBÂNIO, M. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.2, p. 155-166, abr/jun 2010.

DIAS, I. C. L. **Indicadores de sustentabilidade da bacia hidrográfica e hidroquímica de poços no estado do Maranhão**: subsídios ao gerenciamento e conservação dos recursos hídricos. 2018. Tese (Doutorado) - Programa de Pós – Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2018.

EMBRAPA. **Sistema de produção para a cultura da pimenta-do-reino**. Brasília,DF: EMBRAPA/SEDE, 2004. Acesso em: 22 jan. 2020.

EMBRAPA. Sistema de produção para a cultura do coqueiro. *In*: FONTES, H. R.; FERREIRA, M. S.; SIQUEIRA, L. A.(org). **Embrapa tabuleiros costeiros**, 2002. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/download/SP1.pdf>. Acesso em 10 jan. 2020.

FAGGION, F.; OLIVEIRA, C. A. S.; CHRISTOFDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.2, n.1, p. 01-04, jan.- abr. 2009.

FARIAS, M. G. S. **Diagnóstico ambiental de nascente**: um estudo de casos da bacia hidrográfica do rio Marapanim-PA. 2018. 120f Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, 2018.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo**. 2006. 155f (Tese de Doutorado) - Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS (FAPESPA). **Anuário estático do Pará**. 2017. Disponível em: <http://www.fapespa.pa.gov.br/menu/163>. Acesso em: 22 jan. 2020.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS (FAPESPA). **Estatísticas municipais paraenses**: Marapanim. 2016. Acesso em: 22 jan. 2020.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS (FAPESPA). **Estatísticas municipais paraenses**: São Francisco do Pará. 2016a. Acesso em: 22 jan. 2020.

FELINTO, C. M.; RIBEIRO, M. M.; BRAGA, C. F. Aplicação do modelo força motriz-pressãoestado-impacto-resposta (FPEIR) para gestão dos recursos hídricos em João Pessoa-PB. **Revista DAE**. v. 67, n. 218, p. 118-136, 2019.

FERREIRA, D. **Conflito pelo uso da água na Amazônia brasileira**: uma análise envolvendo a atividade mineiro-metalúrgica e as comunidades Ilha São João e Curuperé no município de Barcarena-PA. 2015. 135f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

FERREIRA, S. C. G.; LIMA, A. M. M.; CORREA, J. A. M. Zoneamento da bacia hidrográfica do rio Moju (Pará): usos da água e sua relação com as formas de uso e cobertura do solo. **Revista Ambiente e Água**. v.12, n.4, p.680-693, 2017.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; PARANHOS, R.; ROCHA, E. C.; SILVA JR, J. A.; MAIA, R. G. Análise de componentes principais para construção de indicadores sociais. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.31, n.1, p.61-78, 2013.

FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.4, p. 443-449, 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662013000400013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013000400013). Acesso em: 22 jan. 2020.

GANDOLFO, M. A.; SAUER, A. V.; JESUS, F. T. de; AFONSO, M. Demanda de água atual e futura nas aplicações de agroquímicos. *In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE*, 1, 2008, Cuiabá. **Resumos**. Cuiabá, 2008. p. 01-14.

GOMES, J. L.; BARBIERI, J. C. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil, e no estado de São Paulo: um novo modelo de política pública. **Cadernos EBAPE.BR**. v 2, n. 3. p. 01-21, dez. 2004.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2013.

HERMANO, V. M.; FONSECA, A. I. A. Conflitos do hidrotérrio de Gorutuba. **Caderno de Geografia**, v.29, número especial 2, p. 118-128, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama dos Municípios Brasileiros**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acessado em novembro de 2019. Acesso em: 22 jan. 2019

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa da pecuária Municipal. **Efetivo dos Rebanhos, por tipo de rebanho**. 2018a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em 25 jan. 2020

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>. Acesso em: 22 jan. 2019

ISERNHAGEN, I. LE BOURLEGAT J. M. G. CARBONI, M. Trazendo a riqueza arbórea regional para dentro das cidades: possibilidades, limitações e benefícios **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba – SP, v.4, n.2, p.117-138, 2009.

JANNUZZI, P. M. Indicadores para diagnóstico, monitoramento e avaliação de programas sociais no Brasil. **Revista do Serviço Público**, Brasília,DF, v. 56, n. 2, p. 137 -160, 2005.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5 ed. [S.l.]: ABES, 2009.

JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, B.J.C. b Indicator-based water sustainability assessment: a review. **Science of the Total Environment**, n. 438 p. 357–371, 2012.

KEMERICH, P. D. C. *et al.* Avaliação da sustentabilidade ambiental em bacias hidrográficas mediante a aplicação do modelo P-E-R. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 10, p. 2140 - 2150, 2013.

KEMERICH, P. D. C.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM**, Santa Maria Revista. v. 13, n. 5, p. 3723-3736, 2014.

LAGO, A. A. C. **Conferências de desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF; Ed. FUNAG, 2013.

LEFF, H. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. 8 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2011.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHENICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219 - 228, 2005.

LIMA, V. M.; COSTA, S. M. F.; RIBEIRO, H. Uma contribuição da metodologia PEIR para o estudo de uma pequena cidade na Amazônia: Ponta de Pedras, Pará. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v.26, n.4, p.1071-1086, 2017.

LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. **Gestão sustentável do recursos naturais**: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013.

LOPES, W. S. *et al.* Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário. Estudo de caso: cidade de Campina Grande, Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 21 n.1. p. 01 - 10jan./mar. 2016

LUCENA, F. G. **Recursos hídricos no território: os conflitos socioambientais por acesso à água no município de São José do Egito, Sertão do Pajeú-PE**. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado em Serviço Social) - Programa de Pós-Graduação em Serviço Social, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

MACÊDO, H. C.; TORRES, M. F. A. Utilização do modelo pressão-estado-resposta na avaliação de indicadores ambientais do município de Brejo da Madre de Deus – PE. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, n. 5, p. 224-246, 2018.

MALHEIROS, T. F.; COUTUNHO, S. M. V.; PHILIP JR, A. Desafios do uso de indicadores na avaliação da sustentabilidade. *In*: PHILIP JR., A.; MALHEIROS, T. F. (org) **Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental**. Barueri-SP: Ed Manole, 2013.

MARTINS. R. H. **Hidroterritórios**: os territórios da água no córrego Sossego – Itarana/ES. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomass** – coleção 1999 e 2017 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, Disponível em: <https://code.earthengine.google.com/8ed5eadb8c5d37272da36cfd4c57c59c>. Acesso em 10 jan. 2020.

MAYNARD, I. F. N.; CRUZ, M. A. S.; GOMES, L. J. Aplicação de um índice de sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Japarutuba em Sergipe. **Ambiente & Sociedade**, v. XX, n. 2, p. 207 - 226, 2017.

MIGUEZ, M. G.; DI GREGORIO, L. T.; VERÓL, A. P. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

MIRANDA, R. R. Interfaces do rural e do urbano em área de colonização antiga na Amazônia: estudo de colônias agrícolas em Igarapé-Açu e Castanhal (PA). **Campo-território: Revista de geografia agrária**, v. 7, n. 14, p. 1-36, ago., 2012.

MOREIRA, F. S. A.; VITORINO, M. I. Relação de áreas verdes e temperatura da superfície para a cidade de Belém. **PAPERS DO NAEA (UFPA)**, v. 369, p. 1-25, 2017.

NASCIMENTO, F. R. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais: cenários e desafios. *In*: MEDEIROS, C. N.; GOMES, D. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; CRUZ, M. L. B. (org.) **Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades**. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, 2011.

NEAMTU, B. Measuring the social sustainability of urban communities: the role of local authorities. **Transylvanian Review of Administrative Sciences**, n. 37, p. 112 – 127, 2012.

OBREGÓN, C. E. E. T. El agua y los territorios hídricos en la región Metropolitana de Santiago de Chile. Casos de estudio: Tiltil, Valle de Mallarauco y San Pedro de Melipilla. **Estudios Geográficos**, v. LXXIV, 274, p. 255 – 285, 2013.

OLIVEIRA, L. K.; PIGNATI, W.; PIGNATTI, M. G. BESSERRA, L.; LEÃO, L. H. C. Processos sócio sanitários ambiental da poluição por agrotóxicos na bacia dos rios Jurema, Tapajós e Amazonas em Mato Grosso, Brasil. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v.27, n.2, p.573-587, 2018.

PARÁ. **Política de recursos hídricos do Estado do Pará**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Belém: SEMA, 2012. Acesso em: 22 jan. 2019.

PEDROSA, V. A. **Solução de conflitos pelo uso da água**. Espírito Santo: Ed. Arcelor Mittal, 2017. Disponível em: <https://brasil.arcelormittal.com/sala-imprensa/publicacoes-relatorios/tubarao/livro---solucao-de-conflitos-pelo-uso-da-agua-2019>. Acessado em novembro de 2019

PEGADA hídrica 2020. Disponível em: <https://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/product-gallery/>. Acesso em: 24 jan. 2019.

PELLIZZARO, P. C.; HARDT, L. P. A.; BOLLMANN, H. A.; HARDT, C. Urbanização em áreas de mananciais hídricos: estudo de caso em Piraquara, Paraná. **Cadernos Metrópole**, 1º sem., p 221 - 243, 2008.



PERES, R. T. **A água como recurso territorial na agricultura: o caso de Holambra/SP.** 2017. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Rio Claro, 2017.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Atlas do desenvolvimento humano.** 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 18 nov 2019.

PONTES, M. L. B.; SOUZA, P. H. N.; SANTOS, N. M.; SILVA FILHO, C. S.; OLIVEIRA, E. R. C. Diagnóstico ambiental da área de disposição irregular de resíduos do município de Igarapé-Açu. *In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS*, 9., 2018, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre, 2018. p. 01-09.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados** v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde e Sociedade.** São Paulo, v.17, n.1, p.21-32, 2008.

RIBEIRO, O. W. Entre a metrópole e a cidade média: a complexidade das interações espaciais e das dinâmicas de centralidade da cidade de Castanhal, no nordeste paraense. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 1, p. 115-129, 2016. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/96710>. Acesso em: 22 jan. 2019

ROCHA, N. C. V. **Avaliação da sustentabilidade hídrica segundo os modelos de uso e ocupação do território na bacia do rio Guamá - Pará, Amazônia Oriental.** 2017.119f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, 2017.

RODRIGUES, C. M.; VIEIRA, M. O. Cidades Amazônicas e urbanização: atuação dos agentes sociais sobre o município de Castanhal – PA. **Revista Univap.** São José dos Campos-SP-Brasil, v. 23, n. 43, p. 63-72, dez. 2017.

SAMPAIO, S. M. N.; VENTURIERI, A. CAMPOS, A. G. S. ELLERES, F. A. P. Dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra na mesorregião do Nordeste. *In: CORDEIRO, I. M. C.; VASCONCELOS, L. G. T. R.; SCHWARTZ, G. OLIVEIRA, F. A. (org) Nordeste paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias.* Belém: EDUFRA, 2017. Cap. 4, p. 131-159.

SANTOS, C. S. **Dinâmica da paisagem do alto curso da bacia hidrográfica do Igarapé - Açu - PA: subsídios ao planejamento ambiental.** 2018. 130f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, 2018.

SANTOS, L. B. **Modelagem de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Marapanim no Nordeste do Estado do Pará.** 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais) - Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará. Belém, Pará, 2018a.

SÃO FRANCISCO DO PARÁ. **Plano municipal de saneamento básico**, 2014. Disponível em: [www.saofranciscodopara.pa.gov.br/](http://www.saofranciscodopara.pa.gov.br/). Acesso em: 15 jan 2020.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Revista Ambiente e Sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137 - 148, 2007.

SILVA, E. A.; FREIRE, O. B. L.; SILVA, F. Q. P. O. Indicadores de sustentabilidade como instrumentos de gestão: uma análise da GRI, ETHOS e ISE. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 130-148, jan./abr. 2014.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. O.; DANTAS, J. N.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAUJO, L. E. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada Hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v. 17, n. 1, p. 100-105, 2013.

SOUSA, E. *et al.* Panorama situacional do serviço de esgotamento sanitário e sua relação com doenças de veiculação hídrica na região metropolitana de Belém - Pará. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 487 - 503, 2018.

SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A importância da qualidade de água e seus usos múltiplos: caso rio Almada, sula da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodepa**, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014.

SOUZA, R. S.; MENEZES, L. G. C.; FELIZZOLA, J. F.; FIGUEIREDO, R. O.; SÁ, T. D. A.; GUERRA, G. A. D. Água e saúde no município de Igarapé-Açu, Pará, Brasil. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v.25, n.4, p.1095-1107, 2016.

STAMM, C.; STADULO, J. A. R.; LIMA, J. F.; WADI, Y. M. A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. **Interações**, Campo Grande, v.14, n. 2, p. 251-265, jul./dez. 2013.

STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecnológica**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-21, 2011.

TEIXEIRA, B. A. N.; PARENTE, M. T.; ADEODATO, C. SIMBO, I.; SILVA, R. S. Indicadores de sustentabilidade: experiência do Projeto Jaboticabal Sustentável. *In*. PHILIP JR., A.; MALHEIROS, T. F. (org). **Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental**. Barueri-SP : Ed Manole, 2013. P. 159-189.

TEIXEIRA, J. M. J. **Diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Marapanim**: um olhar sobre o distrito de Marudá e a Sede Municipal. 2015. 116 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e desenvolvimento Local na Amazônia) – Núcleo de meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, 2015.

TERRA ALTA. **Prefeitura municipal de Terra Alta**. 2018. Disponível em <http://www.terraalta.pa.gov.br/institucional/#SobreTerraAlta>. Acesso em: 15 jan 2020.

TISCHER, V. Magnitude do impacto do esgotamento sanitário no Brasil. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 358-379, out./dez. 2017.

TORRES, A. T. G.; VIANNA, P. C. G. Hidroterritórios a influência dos recursos hídricos nos territórios do Semi-árido Nordeste. **Terra Livre**, v. 2, n. 31, p.145-162, 2008.

TSUTIYA. M.T. **Abastecimento de água**. 3ª ed. São Paulo – SP: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília,DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

TUCCI, C. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

UNESCO. 2008. Evaluación objetiva de la aplicación y cálculo del índice de sostenibilidad de cuenca en la cuenca hidrográfica del canal de Panamá. **Documentos Técnicos del PHI-LAC**, nº 12.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017**: resumo executivo. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_por). Acesso em: 18 jan 2020.

VAN BELLEN, Hans Michael. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Caderno EBAPE.BR.**, v.2, n.1, p.01-14, 2004.

VEIGA, J. P. C.; RODRIGUES, P. C. Arenas transnacionais, políticas públicas e meio ambiente: o caso de palma na Amazônia. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v.19 n.4, Oct./Dec. 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2016000400002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2016000400002&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 18 jan 2020.

## APÊNDICE A

### (1) Estimativas: abastecimento humano.

<b>Castanhal</b>					
Ano	População Total (hab)	População Urbana (hab)	População Atendida Urbana (hab)	Consumo médio per capita de água (l/dia.hab)	Consumo médio (m³/dia)
2008	159.110	143.526	47.054	121	5.708
2009	161.497	145.679	46.610	123	5.738
2010	173.149	153.378	47.367	123	5.807
2011	176.116	156.006	41.093	131	5.367
2012	178.986	158.549	42.856	140	6.004
2013	183.917	162.916	45.798	136	6.245
2014	186.895	165.554	61.720	114	7.011
2015	189.784	168.114	61.720	99	6.107
2016	192.571	170.582	49.107	115	5.667
2017	195.253	172.958	49.058	135	6.632
2018	198.294	175.652	49.747	127,5	6.344,7
2019	202.755	179.604	50.866	130,4	6.632,8
2020	207.337	183.662	52.016	133,3	6.935,9
2021	212.043	187.831	53.196	136,4	7.254,3
2022	216.877	192.113	54.409	139,5	7.588,9
2023	221.842	196.512	55.655	142,7	7.940,4
2024	226.944	201.031	56.935	146,0	8.309,8
2025	232.186	205.674	58.250	149,3	8.698,1
2026	237.572	210.445	59.601	152,8	9.106,3
2027	243.107	215.348	60.989	156,3	9.535,5
2028	248.795	220.386	62.416	160,0	9.987,0
<b>Igarapé-Açu</b>					
Ano	População Total (hab)	População Urbana (hab)	População Atendida Urbana (hab)	Consumo médio per capita de água (l/dia.hab)	Consumo médio (m³/dia)
2008					
2009	35.241	20.729	22.525	168	3.784
2010					
2011	35.241	20.729	5.720	150	857
2012					
2013					
2014	36.155	21.365	21.585	100	2.159
2015	37.112	21.753	21.709	101	2.184
2016	37.333	20.729	21.828	101	2.208
2017	37.547	20.729	22.311	103	2.306
2018	37.753	21.365	21.585	105,0	2.265,4
2019	38.588	21.931	21.917	106,6	2.335,6
2020	39.182	22.268	22.256	108,2	2.408,5
2021	39.788	22.613	22.603	109,9	2.484,1
2022	40.408	22.966	22.958	111,6	2.562,7
2023	41.042	23.326	23.320	113,4	2.644,2
2024	41.690	23.694	23.690	115,2	2.728,9
2025	42.352	24.070	24.069	117,0	2.816,8
2026	43.029	24.455	24.456	118,9	2.908,1
2027	43.721	24.848	24.852	120,8	3.003,0
2028	44.428	25.250	25.257	122,8	3.101,6
<b>Marapanim</b>					
Ano	População Total (hab)	População Urbana (hab)	População Atendida Urbana (hab)	Consumo médio per capita de água (l/dia.hab)	Consumo médio (m³/dia)
2008	26.890	11.829	6.660	120	798
2009	26.750	11.768	7.202	140	1.007
2010	26.605	11.704	10.419	117	1.218
2011	28.011	9.728	9.074	106	965
2012	27.727	9.630	9.492	112	1.067
2013	27.153	11.945	9.713	110	1.064

2014	27.262	11.993	10.198	108	1.099
2015	27.368	12.040	10.198	106	1.080
2016	27.471	12.085	9.869	103	1.020
2017	27.569	12.128	9.869	101	1.001
2018	28.220	12.414	9.588	103,2	989,2
2019	28.365	12.478	9.637	103,7	999,4
2020	28.513	12.543	9.687	104,2	1.009,8
2021	28.664	12.610	9.739	104,8	1.020,6
2022	28.820	12.678	9.792	105,4	1.031,7
2023	28.979	12.748	9.846	105,9	1.043,1
2024	29.142	12.820	9.901	106,5	1.054,9
2025	29.309	12.893	9.958	107,2	1.067,0
2026	29.479	12.968	10.016	107,8	1.079,5
2027	29.654	13.045	10.075	108,4	1.092,3
2028	29.833	13.123	10.136	109,1	1.105,5

#### São Francisco do Pará

Ano	População Total (hab)	População Urbana (hab)	População Atendida Urbana (hab)	Consumo médio per capita de água (l/dia.hab)	Consumo médio (m³/dia)
2008	11.986	4.640	3.764	53	199
2009	11.743	4.546	3.842	163	625
2010	15.060	5.113	3.938	168	662
2011	15.123	5.134	5.027	148	743
2012	15.184	5.155	5.155	133	687
2013	15.301	5.195	5.314	130	692
2014	15.341	5.208	5.334	131	697
2015	15.380	5.222	5.365	132	708
2016	15.418	5.235	5.456	133	726
2017	15.454	5.247	5.245	133	699
2018	15.833	5.375	5.370	133,3	715,8
2019	16.330	5.544	5.538	137,5	761,4
2020	16.843	5.718	5.713	141,8	810,1
2021	17.375	5.898	5.893	146,3	862,0
2022	17.925	6.085	6.080	150,9	917,5
2023	18.494	6.278	6.273	155,7	976,7
2024	19.083	6.478	6.472	160,7	1.039,9
2025	19.693	6.686	6.679	165,8	1.107,4
2026	20.325	6.900	6.893	171,1	1.179,6
2027	20.978	7.122	7.115	176,6	1.256,7
2028	21.655	7.352	7.345	182,3	1.339,1

#### Terra Alta

Ano	População Total (hab)	População Urbana (hab)	População Atendida Urbana (hab)	Consumo médio per capita de água (l/dia.hab)	Consumo médio (m³/dia)
2016	11.262	4.756	4.756	39	185
2017	11.399	4.814	4.756	173	822
2018	11.591	4.895	4.801	172,0	825,8
2019	11.758	4.965	4.870	174,5	849,7
2020	11.939	5.042	4.945	177,2	876,1
2021	12.135	5.125	5.026	180,1	905,1
2022	12.346	5.214	5.114	183,2	936,8
2023	12.573	5.310	5.208	186,6	971,6
2024	12.817	5.413	5.309	190,2	1.009,7
2025	13.078	5.523	5.417	194,1	1.051,3
2026	13.358	5.641	5.533	198,2	1.096,7
2027	13.657	5.768	5.657	202,7	1.146,4
2028	13.977	5.903	5.789	207,4	1.200,7

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## (2) Estimativas: agricultura.

<b>Castanhal</b>						
<b>Produção Agrícola Permanente</b>						
Cultura	Total de hectares produzido	produção (t.)	Produção (Kg/ha)	Quantidade de água (L/Kg)	Volume de água necessário para a produção (m³/ha)	Referência
Banana (cacho)	120,00	960,00	8.000,00	790,00	6.320,00	Pegada Hídrica
Coco-da-baía (Mil frutos)	150,00	1.500,00	10.000,00	-	-	
Dendê (cacho de coco)	1.000,00	18.000,00	18.000,00	-	-	
Laranja	100,00	1.500,00	15.000,00	560,00	8.400,00	Pegada Hídrica
Pimenta-do-reino	415,00	1.038,00	2.501,20	-	-	
<b>Produção Agrícola Temporária</b>						
Abacaxi (Mil frutos)	30,00	900,00	30.000,00	420,00	12.600,00	Cuesta (2017)
Feijão (em grão)	400,00	360,00	900,00	5.053,00	4.547,70	
Mandioca	4.000,00	80.000,00	20.000,00	2,00	40,00	
Milho (em grão)	370,00	225,00	608,11	955,00	580,74	
<b>Total</b>	6.585,00	104.483,00	105.009,31	-	<b>32.488,44</b>	
<b>Igarapé-Açu</b>						
<b>Produção Agrícola Permanente</b>						
Cultura	Total de hectares produzido	produção (t.)	Produção (Kg/ha)	Quantidade de água (L/Kg)	Vol. (m³/ha)	Referência
Banana (cacho)	6,00	66,00	11.000,00	790,00	8.690,00	Pegada Hídrica
Coco-da-baía (Mil frutos)	120,00	1.800,00	15.000,00	-	-	
Dendê (cacho de coco)	42.000,00	46.200,00	1.100,00	-	-	
Laranja	23,00	322,00	14.000,00	560,00	7.840,00	Pegada Hídrica
Pimenta-do-reino	1.000,00	2.400,00	2.400,00	-	-	
<b>Produção Agrícola Temporária</b>						
Feijão (em grão)	300,00	270,00	900,00	5.053,00	4.547,70	Cuesta (2017)
Mandioca	1.200,00	18.000,00	15.000,00	2,00	30,00	
Milho (em grão)	200,00	220,00	1.100,00	955,00	1.050,50	
<b>Total</b>	43.849,00	66.878,00	58.100,00	-	<b>22.158,20</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

<b>Marapanim</b>						
<b>Produção Agrícola Permanente</b>						
Cultura	Total de hectares produzido	produção (t.)	Produção (Kg/ha)	Quantidade de água (L/Kg)	Vol. (m³/ha)	Referência
Banana (cacho)	7,00	84,00	12.000,00	790,00	9.480,00	Pegada Hídrica
Coco-da-baía (Mil frutos)	50,00	400,00	8.000,00	-	-	-
Laranja	5,00	40,00	8.000,00	560,00	4.480,00	Pegada Hídrica
Pimenta-do-reino	10,00	20,00	2.000,00	-	-	
<b>Produção Agrícola Temporária</b>						
Abacaxi (Mil frutos)	3,00	75,00	25.000,00	420,00	10.500,00	Cuesta (2017)
Arroz (em casca)	5,00	3,00	600,00	2.500,00	1.500,00	
Feijão (em grão)	80,00	70,00	875,00	5.053,00	4.421,38	
Mandioca	1.700,00	24.000,00	14.117,65	2,00	28,24	
Milho (em grão)	50,00	60,00	1.200,00	955,00	1.146,00	
<b>Total</b>	1.907,00	24.677,00	46.792,65	-	<b>21.055,61</b>	
<b>São Francisco do Pará</b>						
<b>Produção Agrícola Permanente</b>						
Cultura	Total de hectares produzido	produção (t.)	Produção (Kg/ha)	Quantidade de água (L/Kg)	Vol. (m³/ha)	Referência
Banana (cacho)	90,00	1.080,00	12.000,00	790,00	9.480,00	Pegada Hídrica
Coco-da-baía (Mil frutos)	30,00	300,00	10.000,00	-	-	-
Dendê (cacho de coco)	270,00	4.050,00	15.000,00	-	-	-
Laranja	150,00	2.700,00	18.000,00	560,00	10.080,00	Pegada Hídrica
Pimenta-do-reino	165,00	350,00	2.121,21	-	-	
<b>Produção Agrícola Temporária</b>						
Abacaxi (Mil frutos)	15,00	225,00	15.000,00	420,00	6.300,00	Cuesta (2017)
Feijão (em grão)	300,00	270,00	900,00	5.053,00	4.547,70	
Mandioca	4.000,00	60.000,00	15.000,00	2,00	30,00	
Milho (em grão)	300,00	180,00	600,00	955,00	573,00	
<b>Total</b>	5.320,00	69.155,00	88.621,21	-	<b>31.010,70</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Terra Alta						
Produção Agrícola Permanente						
Cultura	Total de hectares produzido	produção (t.)	Produção (Kg/ha)	Quantidade de água (L/Kg)	Vol. (m³/ha)	Referência
Banana (cacho)	9,00	90,00	10.000,00	790,00	7.900,00	Pegada Hídrica
Coco-da-baía (Mil frutos)	5,00	50,00	10.000,00	-	-	-
Dendê (cacho de coco)	100,00	1.800,00	18.000,00	-	-	-
Laranja	10,00	150,00	15.000,00	560,00	8.400,00	Pegada Hídrica
Pimenta-do-reino	39,00	97,00	2.487,18	-	-	
Produção Agrícola Temporária						
Abacaxi (Mil frutos)	2,00	64,00	32.000,00	420,00	13.440,00	Cuesta (2017)
Feijão (em grão)	30,00	17,00	566,67	5.053,00	2.863,37	
Mandioca	800,00	12.800,00	16.000,00	2,00	32,00	
Milho (em grão)	60,00	48,00	800,00	955,00	764,00	
<b>Total</b>	1.055,00	15.116,00	104.853,85	-	<b>33.399,37</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

(3) Estimativas: criação de animais.

Castanhal			
Espécie	Quantidade (cabeça)	Água Requerida para a produção (l/dia)	Volume de água (m³/dia)
Bovino	35.360	45	1.591,20
Equino	320	43	13,76
Suíno	1.600	5	8,00
Caprino	320	8	2,56
Ovino	280	3,8	1,06
Galináceos	3.239.300	0,15	485,90
<b>Total</b>	<b>3.277.180</b>	-	<b>2.102,48</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).



<b>Igarapé - Açu</b>			
Espécie	Quantidade (cabeça)	Água Requerida para a produção (l/dia)	Volume de água (m³/dia)
Bovino	16.141	45	726,35
Equino	350	43	15,05
Suíno	2.300	5	11,50
Caprino	650	8	5,20
Ovino	280	3,8	1,06
Galináceos	1.600.000	0,15	240,00
<b>Total</b>	<b>1.619.721</b>	-	<b>999,16</b>
<b>Marapanim</b>			
Espécie	Quantidade (cabeça)	Água Requerida para a produção (l/dia)	Volume de água (m³/dia)
Bovino	4.475	45	201,38
Equino	40	43	1,72
Suíno	400	5	2,00
Caprino	10	8	0,08
Ovino	30	3,8	0,11
Galináceos	28.000	0,15	4,20
<b>Total</b>	<b>32.955</b>	-	<b>209,49</b>
<b>São Francisco do Pará</b>			
Espécie	Quantidade (cabeça)	Água Requerida para a produção (l/dia)	Volume de água (m³/dia)
Bovino	17.562	45	790,29
Equino	65	43	2,80
Suíno	600	5	3,00
Caprino	300	8	2,40
Ovino	50	3,8	0,19
Galináceos	1.500.000	0,15	225,00
<b>Total</b>	<b>1.518.577</b>	-	<b>1.023,68</b>
<b>Terra Alta</b>			
Espécie	Quantidade (cabeça)	Água Requerida para a produção (l/dia)	Volume de água (m³/dia)
Bovino	3.390	45	152,55
Equino	25	43	1,08
Suíno	600	5	3,00
Caprino	10	8	0,08
Ovino	30	3,8	0,11
Galináceos	50.000	0,15	7,50
<b>Total</b>	<b>54.055</b>	-	<b>164,32</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## APÊNDICE B

### (1) Indicadores ponderados.

<b>HIDROLÓGICO</b>											
<b>Parâmetro</b>		<b>Sedes</b>									
		<b>Castanhal</b>		<b>Igarapé-Açu</b>		<b>Marapanim</b>		<b>São Francisco do Pará</b>		<b>Terra Alta</b>	
		<b>Nível</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Nível</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Nível</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Nível</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Nível</b>	<b>Pontuação</b>
Pressão	% Variação do índice de atendimento urbano de água no período de 2013 - 2017	28,4	0,25	94,65	1	47,82	0,5	98,84	1	99,4	1
	% Variação do índice de esgotamento sanitário no período de 2013 - 2017	50,21	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Estado	% Índice de atendimento urbano de água - 2017	28,40	0,25	98,40	1	50,63	0,5	100,00	1	98,80	1
	Índice de Esgotamento Sanitário (2017)	49,72	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Resposta	Evolução na eficiência de uso de água na bacia no período de 2013 - 2017	46,81	0	69,73	0	51,04	0	53,79	0	91,07	1
	Evolução no tratamento e disposição de esgotos na bacia, no período de 2013 - 2017	1,63	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>AMBIENTAL</b>											
Pressão	EPI período de 1999 e 2017	80,63	0,00	56,06	0,00	66,88	0,00	33,22	0,00	50,52	0,00
Estado	% de Vegetação natural remanescente em 2017 (AV)	4,91	0,00	48,57	1,00	12,26	0,50	25,39	0,75	41,19	1,00
Resposta	Evolução nas áreas protegidas (Reservas e Boas Práticas de manejo) na bacia	-47,11	0,00	2,10	0,50	3,48	0,50	-46,96	0,00	-8,92	0,25
<b>SOCIAL</b>											
Pressão	Variação no IDH-Renda per capita, no período 2000 e 2010	6,1	0,75	8,1	0,75	9,2	0,75	1,9	0,75	4,3	0,75
Estado	IDHM da Sede Municipal	0,654	0,5	0,595	0,25	0,609	0,5	0,608	0,5	0,605	0,5
Resposta	Variação no IDHM	12,3	0,5	13,6	0,75	16,1	0,75	13,2	0,75	13,1	0,75
<b>POLÍTICO</b>											
Pressão	Variação do IDH-Educação no período 2000 - 2010	21,5	1	21,2	1	26,7	1	22,2	1	24,3	1
Estado	Capacidade legal e institucional em gerenciamento integrado de recursos hídricos (GIRH)	Regular	0,5	Pobre	0,25	Regular	0,5	Boa	0,75	Pobre	0,25
Resposta	Evolução nos gastos em Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos (GIRH)	17,35	0,75	7,45	0,50	-8,83	0,25	21,21	1,00	-97,98	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## (1) abastecimento de água e esgotamento sanitário (SNIS)

CASTANHAL (ÁGUA)									
ANO	População Total do Município (hab)	População Urbana (hab)	AG026 - População urbana atendida com abastecimento de água	AG006_Vol produzido de água (1000m³/ano)	AG010_Vol consumido de água (1000m³/ano)	IN022_AE - Consumo médio percapita de água (l.hab./dia)	IN023_AE - Índice de atendimento urbano de água (%)	IN049_AE - Índice de perdas na distribuição(%)	IN052_AE - Índice de consumo de água(%)
2017	195.253	172.958	49.058	6.358,36	2.421,69	v	28,4	61,06	38,94
2016	192.571	170.582	49.107	4.576,95	2.333,98	115,4	28,8	47,86	52,14
2015	189.784	168.114	46.779	4.761,00	2.228,81	98,9	27,8	51,13	48,87
2014	186.895	165.554	61.720	4.761,00	2.228,81	113,6	37,3	51,13	48,87
2013	183.917	162.916	45.798	4.129,00	2.206,00	136,4	28,1	45,38	54,62
2012	178.986	158.549	42.856	3.706,00	2.146,00	140,1	27	40,8	59,2
2011	176.116	156.006	41.093	3.962,00	2.109,00	130,6	26,3	45,57	54,43
2010	173.149	153.378	47.367	4.070,79	2.104,10	122,7	30,9	47,15	52,84
2009	161.497	145.679	46.610	5.500,75	2.094,94	122,6	32	61,06	38,93
2008	159.110	143.526	47.054	5.240,26	2.084,19	121,3	32,8	59,33	40,66
2007	152.126	137.226	47.089	5.744,42	2.169,49	121,7	34,3	61,36	38,63
2006	158.462	142.855	50.561	5.799,10	2.094,30	72,6	35,4	63,05	36,94
2005	154.811	139.563	107.550	6.569,70	1.749,85	49,3	77,1	72,95	27,04
2004	151.668	136.730	87.013	5.305,01	1.749,80	60,5	63,6	66,51	33,48
2003	144.485	130.254	71.540	5.305,00	1.523,00	58,6	54,9	71,29	28,7
2002	141.318	127.399	70.797	5.802,00	1.618,00	84,6	55,6	72,11	27,88

Fonte: SNIS (2019).

IGARAPÉ - AÇU (ÁGUA)									
ANO	População Total do Município (hab)	População Urbana (hab)	AG026 - População urbana atendida com abastecimento de água	AG006_Vol produzido de água (1000m³/ano)	AG010_Vol consumido de água (1000m³/ano)	IN022_AE - Consumo médio percapita de água (l.hab./dia)	IN023_AE - Índice de atendimento urbano de água (%)	IN049_AE - Índice de perdas na distribuição (%)	IN052_AE - Índice de consumo de água (%)
2014	37.112	21.931	21.585	1.720,00	996	100	98,4		143,31
2011	36.155	21.365	19.424	2.100,00	1.475,00	208,1	90,9	29,76	70,24
2009	35.241	20.729	22.555	1.933,00	1.695,00	164,4	100	12,31	87,69

Fonte: SNIS (2019).

MARAPANIM (ÁGUA)									
ANO	População Total do Município (hab)	População Urbana (hab)	AG026 - População urbana atendida com abastecimento de água	AG006_Vol produzido de água (1000m³/ano)	AG010_Vol consumido de água (1000m³/ano)	IN022_AE - Consumo médio percapita de água (l.hab./dia)	IN023_AE - Índice de atendimento urbano de água (%)	IN049_AE - Índice de perdas na distribuição(%)	IN052_AE - Índice de consumo de água(%)
2017	27.569	12.128	9.869	738,08	365,52	101,5	49,37	50,63	35,8
2016	27.471	12.085	9.869	741,53	378,47	103,3	47,82	52,18	35,93
2015	27.368	12.040	9.772	780	394,37	106	48,31	51,69	37,26
2014	27.262	11.993	10.198	741	391,73	107,8	45,97	54,03	37,41
2013	27.153	11.945	9.713	747	384	109,6	47,47	52,53	35,77
2012	26.890	11.829	9.492	736	381	112,5	47,08	52,92	35,3
2011	26.750	11.768	9.074	493	378	106,3	21,58	78,42	33,92
2010	26.605	11.704	10.419	492,4	376,1	117	21,91	78,09	39,16
2009	28.011	9.728	7.202	518,35	367,68	145,3	27,48	72,52	25,71
2008	27.727	9.630	6.660	535,17	282,4	119,8	46,05	53,95	24,02
2007	26.651	9.256	6.261	538,64	370,35	131,2	29,66	70,34	23,49
2006	28.141	10.804	9.208	556,5	380,9	74	29,98	70,02	32,72
2005	27.619	10.604	19.005	595,9	384,94	59,7	34,42	65,58	68,81
2004	27.171	10.432	16.306	594,7	384,9	66	34,29	65,71	60,01
2003	26.145	10.038	15.639	558	247	44,1	55,73	44,27	59,82
2002	25.692	9.864	15.089	565	236	57	58,23	41,77	58,73

Fonte: SNIS (2019).

TERRA ALTA (ÁGUA)									
ANO	População Total do Município (hab)	População Urbana (hab)	AG026 - População urbana atendida com abastecimento de água	AG006_Vol produzido de água (1000m³/ano)	AG010_Vol consumido de água (1000m³/ano)	IN022_AE - Consumo médio percapita de água (l.hab./dia)	IN023_AE - Índice de atendimento urbano de água (%)	IN049_AE - Índice de perdas na distribuição(%)	IN052_AE - Índice de consumo de água(%)
2017	11.399	4.814	4.756	350	300	172,8	98,8	12,79	87,21
2016	11.262	4.756	4.756	70	67,5	38,9	100	0	100

Fonte: SNIS (2019).

SÃO FRANCISCO DO PARÁ (ÁGUA)									
ANO	População Total do Município (hab)	População Urbana (hab)	AG026 - População urbana atendida com abastecimento de água	AG006_Vol produzido de água (1000m³/ano)	AG010_Vol consumido de água (1000m³/ano)	IN022_AE - Consumo médio percapita de água (l.hab./dia)	IN023_AE - Índice de atendimento urbano de água (%)	IN049_AE - Índice de perdas na distribuição(%)	IN052_AE - Índice de consumo de água(%)
2017	15.454	5.247	5.245	484,05	260,38	133,3	100	45	55
2016	15.418	5.235	5.221	515,73	262,81	133,1	99,7	47,9	52,1
2015	15.380	5.222	5.221	510	257,69	132	100	48,35	51,65
2014	15.341	5.208	5.208	469	253,85	130,6	100	44,69	55,31
2013	15.301	5.195	4.909	445	250	130,2	94,5	42,53	57,47
2012	15.184	5.155	5.155	453	249	133,3	100	43,79	56,21
2011	15.123	5.134	5.027	450	242	147,9	97,9	45	55
2010	15.060	5.113	3.938	447,76	238,62	168,1	77	45,51	54,49
2009	11.743	4.546	3.842	328,38	228,24	164,4	84,5	29,42	70,58
2008	11.986	4.640	3.764	234,95	72,11	52,9	81,1	68,62	31,38
2007	11.913	4.612	3.700	236,48	228,48	135,5	80,2	0,46	99,54
2006	16.186	5.576	5.538	225,9	225,9	93,1	99,3	-2,26	102,26
2005	15.890	5.474	7.765	256	217,59	83,6	100	13,72	86,28
2004	15.636	5.386	6.490	233,04	217,5	93,1	100	5,25	94,75
2003	15.054	5.186	6.316	210	198	87,1	100	5,71	94,29
2002	14.798	5.097	6.147	182	193	101	100	-6,04	106,04
2001	14.517	5.001	4.327	176	186		86,5	-5,68	105,68

Fonte: SNIS (2019).

CASTANHAL (ESGOTO)			
ANO	ES001 - População total atendida com esgotamento sanitário (hab)	ES005 - Volume de esgotos coletado (1000m³/ano)	IN024_AE - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (%)
2017	86.000	6.324,48	49,72
2016	85.010	5.520,90	49,84
2015	85.010	5.019,79	50,57
2014	85.010	5.000,00	51,35

Fonte: SNIS (2019).

## (3) Meio ambiente

CASTANHAL (MEIO AMBIENTE)									
Ano	Área urbana (%)	População Urbana (%)	EPI (%)	Média EPI	Área urbana (km <sup>2</sup> )	Área da sede municipal (km <sup>2</sup> )	Área verde (km <sup>2</sup> )	Área verde (%)	Diferença (%)
2017	95,09	88,58	91,84	80,63	58,05	61,05	3,00	4,91	<b>-47,11</b>
1999	47,98	90,87	69,43		29,29	-	31,76	52,02	
IGARAPÉ - AÇU (MEIO AMBIENTE)									
Ano	Área urbana (%)	População Urbana (%)	EPI (%)	Média EPI	Área urbana (km <sup>2</sup> )	Área da sede municipal (km <sup>2</sup> )	Área verde (km <sup>2</sup> )	Área verde (%)	Diferença (%)
2017	51,43	59,12	55,27	56,06	4,29	8,35	4,06	48,57	<b>2,10</b>
1999	53,53	60,15	56,84		4,47	-	3,88	46,47	
MARAPANIM (MEIO AMBIENTE)									
Ano	Área urbana (%)	População Urbana (%)	EPI (%)	Média EPI	Área urbana (km <sup>2</sup> )	Área da sede municipal (km <sup>2</sup> )	Área verde (km <sup>2</sup> )	Área verde (%)	Diferença (%)
2017	93,92	43,99	68,96	66,88	1,41	1,50	0,18	12,26	<b>3,48</b>
1999	91,23	38,39	64,81		1,37	-	0,13	8,77	
SÃO FRANCISCO DO PARÁ (MEIO AMBIENTE)									
Ano	Área urbana (%)	População Urbana (%)	EPI (%)	Média EPI	Área urbana (km <sup>2</sup> )	Área da sede municipal (km <sup>2</sup> )	Área verde (km <sup>2</sup> )	Área verde (%)	Diferença (%)
2017	31,0	34,0	32,5	33,2	1,5	5,0	1,3	25,4	<b>-47,0</b>
1999	27,7	40,3	34,0		1,4	-	3,6	72,3	
TERRA ALTA (MEIO AMBIENTE)									
Ano	Área urbana (%)	População Urbana (%)	EPI (%)	Média EPI	Área urbana (km <sup>2</sup> )	Área da sede municipal (km <sup>2</sup> )	Área verde (km <sup>2</sup> )	Área verde (%)	Diferença (%)
2017	58,81	42,23	50,52	48,91	0,85	1,45	0,60	41,19	<b>-8,92</b>
1999	49,90	44,69	47,29		0,72	-	0,73	50,10	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## (4) Social.

<b>CASTANHAL (SOCIAL)</b>				
<b>Ano</b>	<b>IDHM Renda</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,654	0,061	65,4	6,1
2000	0,593		59,3	
<b>Ano</b>	<b>IDHM</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,673	0,123	67,3	12,3
2000	0,55		55	
<b>Ano</b>	<b>IDHM Educação</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,587	0,215	58,7	21,5
2000	0,372		37,2	
<b>IGARAPÉ - AÇU (SOCIAL)</b>				
<b>Ano</b>	<b>IDHM Renda</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,579	0,081	57,9	8,1
2000	0,498		49,8	
<b>Ano</b>	<b>IDHM</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,595	0,136	59,5	13,6
2000	0,459		45,9	
<b>Ano</b>	<b>IDHM Educação</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,49	0,212	49	21,2
2000	0,278		27,8	
<b>MARAPANIM (SOCIAL)</b>				
<b>Ano</b>	<b>IDHM Renda</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,57	0,092	57	9,2
2000	0,478		47,8	
<b>Ano</b>	<b>IDHM</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,609	0,161	60,9	16,1
2000	0,448		44,8	
<b>Ano</b>	<b>IDHM Educação</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,521	0,267	52,1	26,7
2000	0,254		25,4	

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (2010).

<b>SÃO FRANCISCO DO PARÁ (SOCIAL)</b>				
<b>Ano</b>	<b>IDHM Renda</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,57	0,092	57	9,2
2000	0,478		47,8	
<b>Ano</b>	<b>IDHM</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,609	0,161	60,9	16,1
2000	0,448		44,8	
<b>Ano</b>	<b>IDHM Educação</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,521	0,267	52,1	26,7
2000	0,254		25,4	
<b>TERRA ALTA (SOCIAL)</b>				
<b>Ano</b>	<b>IDHM Renda</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,57	0,092	57	9,2
2000	0,478		47,8	
<b>Ano</b>	<b>IDHM</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,609	0,161	60,9	16,1
2000	0,448		44,8	
<b>Ano</b>	<b>IDHM Educação</b>	<b>Crescimento</b>	<b>%</b>	<b>Diferença percentual</b>
2010	0,521	0,267	52,1	26,7
2000	0,254		25,4	

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (2010) .



## (4) Gestão dos Municípios

<b>CASTANHAL (GESTÃO DOS MUNICÍPIOS)</b>			
<b>Variáveis</b>	<b>Classificação</b>	<b>Peso</b>	<b>Resultado</b>
<b>Legislação Ambiental</b>	Existente	1	1
	Inexistente	0	
<b>Secretaria do Meio Ambiente</b>	Individual	1	1
	Associada	0,5	
	Associada	0	
<b>Conselho Municipal de Meio Ambiente</b>	Existente	1	1
	Inexistente	0	
<b>Acesso as Informações Sobre Gestão Ambiental via Internet</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Realiza Ações de Educação Ambiental no Município</b>	Sim	1	1
	Não	0	
<b>Possui Plano de Diretor Municipal</b>	Sim	1	1
	Não	0	
<b>Possui Plano de Saneamento Básico</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Possui Política Municipal de Saneamento</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Média</b>			<b>0,625</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

<b>IGARAPÉ - AÇU (GESTÃO DOS MUNICÍPIOS)</b>			
<b>Variáveis</b>	<b>Classificação</b>	<b>Peso</b>	<b>Resultado</b>
<b>Legislação Ambiental</b>	Existente	1	1
	Inexistente	0	
<b>Secretaria do Meio Ambiente</b>	Individual	1	1
	Associada	0,5	
	Associada	0	
<b>Conselho Municipal de Meio Ambiente</b>	Existente	1	0
	Inexistente	0	
<b>Acesso as Informações Sobre Gestão Ambiental via Internet</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Realiza Ações de Educação Ambiental no Município</b>	Sim	1	1
	Não	0	
<b>Possui Plano de Diretor Municipal</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Possui Plano de Saneamento Básico</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Possui Política Municipal de Saneamento</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Média</b>			<b>0,375</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

<b>MARAPANIM (GESTÃO DOS MUNICÍPIOS)</b>			
<b>Variáveis</b>	<b>Classificação</b>	<b>Peso</b>	<b>Resultado</b>
<b>Legislação Ambiental</b>	Existente	1	1
	Inexistente	0	
<b>Secretaria do Meio Ambiente</b>	Individual	1	1
	Associada	0,5	
	Associada	0	
<b>Conselho Municipal de Meio Ambiente</b>	Existente	1	1
	Inexistente	0	
<b>Acesso as Informações Sobre Gestão Ambiental via Internet</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Realiza Ações de Educação Ambiental no Município</b>	Sim	1	1
	Não	0	
<b>Possui Plano de Diretor Municipal</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Possui Plano de Saneamento Básico</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Possui Política Municipal de Saneamento</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Média</b>			<b>0,5</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

<b>SÃO FRANCISCO DO PARÁ (GESTÃO DOS MUNICÍPIOS)</b>			
<b>Variáveis</b>	<b>Classificação</b>	<b>Peso</b>	<b>Resultado</b>
<b>Legislação Ambiental</b>	Existente	1	1
	Inexistente	0	
<b>Secretaria do Meio Ambiente</b>	Individual	1	1
	Associada	0,5	
	Associada	0	
<b>Conselho Municipal de Meio Ambiente</b>	Existente	1	1
	Inexistente	0	
<b>Acesso as Informações Sobre Gestão Ambiental via Internet</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Realiza Ações de Educação Ambiental no Município</b>	Sim	1	1
	Não	0	
<b>Possui Plano de Diretor Municipal</b>	Sim	1	1
	Não	0	
<b>Possui Plano de Saneamento Básico</b>	Sim	1	1
	Não	0	
<b>Possui Política Municipal de Saneamento</b>	Sim	1	1
	Não	0	
<b>Média</b>			<b>0,875</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

<b>TERRA ALTA (GESTÃO DOS MUNICÍPIOS)</b>			
<b>Variáveis</b>	<b>Classificação</b>	<b>Peso</b>	<b>Resultado</b>
<b>Legislação Ambiental</b>	Existente	1	1
	Inexistente	0	
<b>Secretaria do Meio Ambiente</b>	Individual	1	1
	Associada	0,5	
	Associada	0	
<b>Conselho Municipal de Meio Ambiente</b>	Existente	1	0
	Inexistente	0	
<b>Acesso as Informações Sobre Gestão Ambiental via Internet</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Realiza Ações de Educação Ambiental no Município</b>	Sim	1	1
	Não	0	
<b>Possui Plano de Diretor Municipal</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Possui Plano de Saneamento Básico</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Possui Política Municipal de Saneamento</b>	Sim	1	0
	Não	0	
<b>Média</b>			<b>0,375</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## (5) Investimentos (meio ambiente, saneamento e recursos hídricos)

<b>CASTANHAL - PORTAL DA TRANSPARÊNCIA</b>			
<b>Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos - Especificações</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
	<b>Investimento (R\$)</b>		
Preservação e Conservação Ambiental	1.350.000,00	-	-
Gestão da Política de Educação Ambiental	115.000,00	-	-
Vigilância Sanitária e Ambiental	373.000,00	-	-
Gestão Ambiental Municipal	-	1.818.548,09	2.303.010,00
Gestão e Recuperação de Bacias e Micro Bacias Hidrográficas	-	303.000,00	306.030,00
Gestão Programa de Preservação de Áreas Verdes	-	200.000,00	200.000,00
<b>Total</b>	<b>1.838.000,00</b>	<b>2.321.548,09</b>	<b>2.809.040,00</b>
<b>Resultado do investimento (%)</b>			<b>17,35</b>
<b>IGARAPÉ-AÇU - PORTAL DA TRANSPARÊNCIA</b>			
<b>Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos - Especificações</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Investimento (R\$)</b>
Abastecimento de água na zona urbana	130.236,08	126.442,80	130.236,08
Melhoria da qualidade do meio ambiente	10.609,00	10.300,00	18.150,00
Recuperação de áreas degradadas	21.218,00	20.599,99	21.780,00
<b>Total</b>	<b>162.063,08</b>	<b>157.342,79</b>	<b>170.166,08</b>
<b>Resultado do investimento (%)</b>			<b>7,54</b>
<b>MARAPANIM - PORTAL DA TRANSPARÊNCIA</b>			
<b>Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos - Especificações</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Investimento (R\$)</b>
Abastecimento de água na zona urbana	269.100,00	211.300,00	308.100,00
Proteção e Preservação de Ecossistemas	373.800,00	532.900,00	375.533,20
<b>Total</b>	<b>642.900,00</b>	<b>744.200,00</b>	<b>683.633,20</b>
<b>Resultado do investimento (%)</b>			<b>-8,83</b>
<b>SÃO FRANCISCO DO PARÁ - PORTAL DA TRANSPARÊNCIA</b>			
<b>Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos - Especificações</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Investimento (R\$)</b>
Desenvolvimento Ambiental	181.000,00	216.523,41	389.501,36
Áreas Degradadas	455.000,00	551.170,04	595.263,66
Ampliação do Sistema de água potável	44.000,00	52.234,87	56.413,66
<b>Total</b>	<b>642.900,00</b>	<b>744.200,00</b>	<b>683.633,20</b>
<b>Resultado do investimento (%)</b>			<b>21,21</b>
<b>TERRA ALTA - PORTAL DA TRANSPARÊNCIA</b>			
<b>Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos - Especificações</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Investimento (R\$)</b>
Saneamento Básico Urbano	535.480,00	210.000,00	216.300,00
Recuperação de áreas degradadas	39.930,00	32.200,00	33.810,00
Abastecimento de água na zona urbana	407.000,00	515.000,00	33.810,00
Proteção e Prevenção de recursos ambientais	66.550,00	24.000,00	25.200,00
Proteção de Florestas e Reflorestamento	73.205,00	-	-
Melhoria da Qualidade do Meio Ambiente	106.480,00	155.000,00	162.750,00
<b>Total</b>	<b>1.228.645,00</b>	<b>936.200,00</b>	<b>471.870,00</b>
<b>Resultado do investimento (%)</b>			<b>-98,40</b>

Fonte: Portal transparência Brasil (2019).

## (6) resultados dos índices de sustentabilidade por indicador

Castanhal							
Indicadores	Pressão		Estado		Resposta		Sub Total
	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	
Hidrológico Quantitativo	28,4	0,25	28,40	0,25	46,81	0	0,167
Hidrológico Qualitativo	50,205	0,5	49,72	0,5	Muito Pobre	0	0,33
Ambiental	80,63	0	4,91	0	-47,11	0	0,00
Social	6,1	0,75	0,654	0,5	12,3	0,5	0,58
Político	21,5	1	Regular	0,5	17,35	0,75	0,75
<b>WSI</b>							<b>0,40</b>
Igarapé-Açu							
Indicadores	Pressão		Estado		Resposta		Sub Total
	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	
Hidrológico Quantitativo	94,65	1	98,40	1	69,73	0	0,67
Hidrológico Qualitativo	0	0	0	0	Muito Pobre	0	0,00
Ambiental	56,06	0	48,57	1	2,10	0,5	0,50
Social	8,1	0,75	0,595	0,25	13,6	0,75	0,58
Político	21,2	1	Pobre	0,25	7,45	0,5	0,58
<b>WSI</b>							<b>0,50</b>
Marapanim							
Indicadores	Pressão		Estado		Resposta		Sub Total
	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	
Hidrológico Quantitativo	47,82	0,5	50,63	0,5	51,04	0	0,33
Hidrológico Qualitativo	0	0	0	0	Muito Pobre	0	0,00
Ambiental	66,88	0	12,26	0,5	3,48	0,5	0,33
Social	9,2	0,75	0,609	0,5	16,1	0,75	0,67
Político	26,7	1	Regular	0,5	-8,83	0,25	0,58
<b>WSI</b>							<b>0,44</b>
São Francisco							
Indicadores	Pressão		Estado		Resposta		Sub Total
	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	
Hidrológico Quantitativo	98,84	1	100,00	1	53,79	0	0,67
Hidrológico Qualitativo	0	0	0	0	Muito Pobre	0	0,00
Ambiental	33,22	0	25,39	0,75	-46,96	0	0,25
Social	1,9	0,75	0,608	0,5	13,2	0,75	0,67
Político	22,2	1	Boa	0,75	21,21	1	0,92
<b>WSI</b>							<b>0,54</b>
Terra Alta							
Indicadores	Pressão		Estado		Resposta		Sub Total
	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	
Hidrológico Quantitativo	99,4	1	98,80	1	91,07	1	1
Hidrológico Qualitativo	0	0	0	0	Muito Pobre	0	0,00
Ambiental	50,52	0	41,19	1	-8,92	0,25	0,42
Social	4,3	0,75	0,605	0,5	13,1	0,75	0,67
Político	24,3	1	Pobre	0,25	-97,98	0	0,42
<b>WSI</b>							<b>0,50</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## APÊNDICE C

### (7) Número de dias de chuva e acumulado mensal no ano de 2018.

Estação (código)														
Magalhães Barata		47007	Igarapé - Açú		147010	Castanhal		147007	Terra Alta		147017	Marapanim		47005
Período	N. dias de chuva	Acumulado mensal (mm)	Período	N. dias de chuva	Acumulado mensal (mm)	Período	N. dias de chuva	Acumulado mensal (mm)	Período	N. dias de chuva	Acumulado mensal (mm)	Período	N. dias de chuva	Acumulado mensal (mm)
jan/18	25	362.00	jan/18	25	196.30	jan/18	21	362.70	jan/18	19	277.50	jan/18	19	478.40
fev/18	23	632.40	fev/18	22	573.60	fev/18	21	526.70	fev/18	20	548.90	fev/18	20	680.80
mar/18	29	420.00	mar/18	25	299.10	mar/18	26	429.10	mar/18	22	334.40	mar/18	21	356.60
abr/18	30	813.00	abr/18	26	507.50	abr/18	28	410.70	abr/18	22	508.10	abr/18	22	502.20
mai/18	30	453.80	mai/18	29	451.20	mai/18	31	515.60	mai/18	27	408.20	mai/18	27	451.40
jun/18	26	248.20	jun/18	23	127.90	jun/18	17	131.30	jun/18	16	141.60	jun/18	14	176.60
jul/18	23	266.30	jul/18	18	175.90	jul/18	12	188.50	jul/18	13	119.20	jul/18	11	106.80
ago/18	11	34.20	ago/18	15	145.40	ago/18	21	141.00	ago/18	11	179.60	ago/18	4	21.40
set/18	3	23.90	set/18	5	25.30	set/18	14	124.10	set/18	6	32.60	set/18	0	0.00
out/18	0	0.00	out/18	0	0.00	out/18	8	85.20	out/18	1	8.70	out/18	0	0.00
nov/18	2	49.00	nov/18	3	98.40	nov/18	6	210.40	nov/18	5	142.00	nov/18	4	50.00
dez/18	29	314.50	dez/18	25	282.50	dez/18	29	467.30	dez/18	26	499.20	dez/18	21	438.40

Fonte: ANA (2018).