



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**ANDERSON NONATO DE FREITAS**

**UTILIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS DUNAS E BARREIRAS NA REGIÃO  
INDUSTRIAL DO PECÉM E (IN)JUSTIÇA AMBIENTAL NAS COMUNIDADES  
TRADICIONAIS E INDÍGENAS**

**FORTALEZA**  
**2020**

ANDERSON NONATO DE FREITAS

UTILIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS DUNAS E BARREIRAS NA REGIÃO INDUSTRIAL  
DO PECÉM E (IN)JUSTIÇA AMBIENTAL NAS COMUNIDADES TRADICIONAIS E  
INDÍGENAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica territorial e ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Jeovah de Andrade Meireles

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F036u Freitas, Anderson Nonato de.

Utilização dos Aquíferos Dunas e Barreiras na região industrial do Pecém e (in)justiça ambiental nas comunidades tradicionais e indígenas / Anderson Nonato de Freitas. – 2020.  
92 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Antônio Jeovah de Andrade Meireles.

1. Justiça Ambiental. 2. Aquífero. 3. Água. I. Título.

CDD 910

---

ANDERSON NONATO DE FREITAS

UTILIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS DUNAS E BARREIRAS NA REGIÃO INDUSTRIAL  
DO PECÉM E (IN)JUSTIÇA AMBIENTAL NAS COMUNIDADES TRADICIONAIS E  
INDÍGENAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará – UFC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área: Dinâmica territorial e ambiental.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Antonio Jeovah de Andrade Meireles (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Eduardo Lacerda Barros  
Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO/UECE)

Para meus pais, por sempre estarem ao meu lado.

## AGRADECIMENTOS

Deixo aqui meus mais sinceros agradecimentos, primeiramente a Deus por estar sempre iluminando o meu caminho.

Obrigado aos meus pais, Irapuan Freitas e Iraneuma Freitas por sempre me apoiarem e estarem ao meu lado em todos os momentos.

Obrigado à Vanessa Portela por todo o carinho, amor, atenção, dedicação e sempre estar atenta e pronta para ajudar. Você me faz ser melhor e uma pessoa mais feliz.

Deixo meus agradecimentos ao Prof. Jeovah Meireles pela orientação deste trabalho e também pela sua serenidade sem deixar de ser firme no combate às injustiças sociais e ambientais para com comunidades tradicionais e indígenas.

Obrigado ao Wagner Portela, a quem eu tenho como um irmão e também Eliésio e Stela e Cecília que são como uma segunda família para mim.

Obrigado ao Marcílio por ser um grande amigo e ter estado do meu lado.

Obrigado também a Andressa Mellany que além da amizade desde a graduação prontamente me ajudou com material de estudo para a seleção.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG UFC e todo o corpo docente que possibilitou visões diferentes para a pesquisa, e também ao Erandi e Edilene por sempre estarem dispostos a ajudar na secretaria.

Obrigado demais à turma do cross, uma válvula de escape em meio a realização do trabalho, e especialmente ao Gustavo, Naty, Dany, Paulinha, Cristiano, Bia, Iuri, Luciana, Baiano, Francisco, Nara, Suelen, Amanda, Joel e ao nosso coach Miltinho. Vocês fizeram com que os dias fossem mais leves.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. O autor agradece ao financiamento dos projetos CAPES PGPSE Proc. 88887.123947/2016-00: Sistemas Ambientais costeiros e ocupação econômica do Nordeste; CAPES PRINT Proc. 88887.312019/2018-00: *Integrated socio-environmental technologies and methods for territorial sustainability: alternatives for local communities in the context of climate change*; e Programa CAPES/FUNCAP Proc. 88887.165948/2018-00: Apoio às Estratégias de Cooperação Científica do Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFC.

Seria uma atitude ingênua esperar que as classes dominantes desenvolvessem uma forma de educação que proporcionasse às classes dominadas perceber as injustiças sociais de maneira crítica. (FREIRE, 1984, p. 89)

## RESUMO

A água é fundamental para o desenvolvimento da humanidade como parte integrante dos ecossistemas e necessária para manutenção da vida animal, vegetal e humana. O Estado do Ceará possui déficit hídrico devido aos períodos de estiagens e secas, bem como pela influência climática do semiárido. Em 2017, o Governo Estadual do Ceará iniciou um projeto para perfuração de poços profundos, com o objetivo de utilizar água do aquífero livre interdunar do Pecém e retirar águas do lençol freático, abastecendo as indústrias do Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP. Este trabalho teve como objetivo analisar os impactos que podem ocorrer devido à exploração das águas subterrâneas nos aquíferos Dunas e Barreiras, que ficam localizados na área do território indígena Anacé. Para a realização do estudo, analisou-se a compartimentação dos principais sistemas ambientais e, com base nos dados de outorgas da COGERH, verificou-se o volume de água que foi outorgado e a retirada de água do lençol freático com base no valor da Reserva Renovável dos aquíferos Dunas e Barreiras. A captação de água é realizada por perfuração dos poços profundos, contudo a superexploração do aquífero pode rebaixá-lo, reduzir a disponibilidade de água e promover impactos ambientais na dinâmica dos ecossistemas costeiros. Ao reduzir o nível de água do aquífero sem recarga efetiva, foi possível evidenciar riscos de salinização da mesma, assim como de redução da sua disponibilidade para a população local que utiliza poços artesanais e cacimbas, principalmente em setores com menor profundidade do aquífero. O prognóstico foi de um cenário de possíveis colapsos hídricos estruturais e relacionados com o incremento das indústrias hidrotensivas, dos extremos climáticos, impermeabilização do solo e contaminação pelos efluentes industriais e urbanos. Diante da possibilidade de salinização do aquífero e consequente insegurança hídrica da população que utiliza água subterrânea, é necessário repensar a utilização de água de modo que esses povos não sejam alvos de injustiça ambiental.

**Palavras-chave:** Justiça Ambiental. Aquífero. Água.

## ABSTRACT

Water is fundamental for the development of humanity as an integral part of ecosystems and necessary for the maintenance of animal, plant and human life. The State of Ceará has a water deficit due to periods of drought, as well as the climatic influence of the semiarid region. In 2017, the State Government of Ceará started a project for drilling deep wells, with the objective of using water from the Pecém interdunar free aquifer and removing water from the water table, supplying the industries of the Pecém Industrial and Port Complex - CIPP. This work aimed to analyze the impacts that may occur due to the exploration of groundwater in the Dunas and Barreiras aquifers, which are located in the area of the Anacé indigenous territory. To carry out the study, the compartmentalization of the main environmental systems was analyzed and, based on COGERH's grant data, it was verified the volume of water that was granted and the withdrawal of water from the water table based on the value of the Reserve Renewable from the Dunas and Barreiras aquifers. The capture of water is carried out by drilling deep wells, however overexploiting the aquifer can lower it, reduce the availability of water and promote environmental impacts on the dynamics of coastal ecosystems. By reducing the level of water in the aquifer without effective recharge, it was possible to show risks of its salinization, as well as reducing its availability to the local population that uses artisanal wells and cacimbas, especially in sectors with less depth of the aquifer. The prognosis was a scenario of possible structural water collapses and related to the increase of hydro-intensive industries, climatic extremes, soil waterproofing and contamination by industrial and urban effluents. In view of the possibility of salinization of the aquifer and the consequent water insecurity of the population that uses underground water, it is necessary to rethink the use of water so that these peoples are not targets of environmental injustice.

**Keywords:** Environmental Justice. Aquifer. Water.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização da área de estudo.....	20
Figura 2	– Linha do tempo com os principais acontecimentos no contexto da área de estudo.....	22
Figura 3	– Vilas de casas de reassentamento na Reserva Indígena Taba dos Anacé.....	23
Figura 4	– Notícias veiculadas em jornais sobre o conflito de utilização das águas.....	24
Figura 5	– Arranjo dos poços nos campos de dunas.....	25
Figura 6	– Localização dos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia	28
Figura 7	– Aquíferos livres e confinados.....	35
Figura 8	– Sistemas aquíferos do Ceará.....	37
Figura 9	– Etapas da pesquisa.....	44
Figura 10	– Detalhe do mapa etno-histórico de Curt Nimuendajú com os povos indígenas que habitavam o estado, com destaque a marcação da toponímia Anacé.....	47
Figura 11	– Localização da Reserva Indígena Taba dos Anacé.....	48
Figura 12	– Unidades geoambientais e alternativa locacional para o CIPP.....	50
Figura 13	– Sistemas ambientais e áreas ocupadas da área de estudo.....	52
Figura 14	– Campo de dunas móveis.....	53
Figura 15	– Dunas fixas.....	55
Figura 16	– Campos de dunas com espelho lacustre no centro.....	56
Figura 17	– Espelho d'água nas proximidades do CIPP.....	57
Figura 18	– Lagamar do Cauípe entremeado por carnaubais.....	57
Figura 19	– Barra do Cauípe.....	58
Figura 20	– Paisagem do Tabuleiro.....	59

Figura 21 – Geologia e principais sistemas aquíferos na região do CIPP.....	62
Figura 22 – Esteira transportadora de minério de ferro e carvão que liga o Porto do Pecém e o CIPP.....	64
Figura 23 – Mapa piezométrico do aquífero Dunas do Pecém/Paracuru.....	65
Figura 24 – Porcentagem de água acumulada nos reservatórios do Ceará em agosto de 2019 (a) e fevereiro de 2020 (b).....	67
Figura 25 – Porcentagem da ocorrência da seca baseado na delimitação Estado do Ceará (2014 – 2020).....	68
Figura 26 – Poços para retirada de água do aquífero livre dunar.....	69
Figura 27 – Localização das outorgas de uso de água da COGERH e dos poços cadastrados no SIAGAS nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante (SGA).....	71
Figura 28 – Localização dos poços outorgados pela COGERH e do SIAGAS nos sistemas aquíferos em Caucaia e São Gonçalo do Amarante....	76
Figura 29 – Plano Diretor do Complexo Industrial e Portuário do Pecém.....	80
Figura 30 – Dinâmica ambiental relacionada aos impactos do rebaixamento do aquífero livre (superfície potenciométrica) secando as cacimbas, os poços artesianos e alterando o nível sazonal do Lagamar do Cauípe.....	82
Figura 31 – Demanda crescente pelo uso de água na área do CIPP.....	83

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – População crescente dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante com previsão para os anos 2020 e 2030.....	29
Gráfico 2 – Previsão para 2030 do consumo anual de água por habitante nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante.....	29
Gráfico 3 – Número de artigos publicados ao longo dos anos sobre Segurança Hídrica.....	38
Gráfico 4 – Precipitação média acumulada anual (1974-2020) do posto pluviométrico São Gonçalo do Amarante.....	66
Gráfico 5 – Outorgas para retirada dos recursos hídricos liberadas pela COGERH no município de Caucaia.....	74
Gráfico 6 – Outorgas para retirada dos recursos hídricos liberadas pela COGERH no município de São Gonçalo do Amarante.....	73
Gráfico 7 – Quantidade de água outorgada e quantidade de outorgas de uso de água da COGERH para Caucaia.....	74
Gráfico 8 – Quantidade de água outorgada e quantidade de outorgas de uso de água da COGERH para São Gonçalo do Amarante.....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação dos intervalos de vulnerabilidade pelos índices DRASTIC e GOD.....	63
Tabela 2 – Quantidade de outorgas, volume outorgado e quantidade de poços registrados no SIAGAS nos sistemas aquíferos.....	77
Tabela 3 – Dimensão da área (m <sup>2</sup> ) dos Sistemas Dunas e Barreiras nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante.....	78
Tabela 4 – Valores de Reserva Renovável (Rr) dos Sistemas Dunas e Barreiras nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante.....	79
Tabela 5 – Quantidade de água outorgada por ano nos sistemas aquíferos.....	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Domínios conceituais e indicadores de insegurança hídrica.....	40
Quadro 2 – Classificações de utilização da Água.....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADECE	Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará S.A.
ANA	Agência Nacional de Águas
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CIPP	Complexo Industrial e Portuário do Pecém
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
COGERH	Companhia de Gestão de Recursos Hídricos
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MPF	Ministério Público Federal
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PNGC	Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RBJA	Rede Brasileira de Justiça Ambiental
SGA	São Gonçalo do Amarante
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
UFC	Universidade Federal do Ceará
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
VCAN	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>1.1</b>	<b>Problemática</b> .....	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>LOCALIZAÇÃO, ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E A DEMANDA POR ÁGUA</b> .....	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Referencial Teórico</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1.1</b>	<i>Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem</i> .....	<b>31</b>
<b>3.1.2</b>	<i>Águas Superficiais e Subterrâneas</i> .....	<b>33</b>
<b>3.1.3</b>	<i>Segurança Hídrica</i> .....	<b>38</b>
<b>3.1.4</b>	<i>Justiça Ambiental</i> .....	<b>40</b>
<b>3.1.5</b>	<i>Conflitos Ambientais</i> .....	<b>42</b>
<b>3.2</b>	<b>Procedimentos Metodológicos</b> .....	<b>44</b>
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA ÁREA E TERRITÓRIO ANACÉ</b> .....	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Território Anacé e Comunidades Tradicionais</b> .....	<b>47</b>
<b>4.2</b>	<b>Caracterização dos Sistemas Ambientais</b> .....	<b>49</b>
<b>4.2.1</b>	<i>Campos de Dunas Móveis</i> .....	<b>53</b>
<b>4.2.2</b>	<i>Dunas Fixas e Paleodunas</i> .....	<b>54</b>
<b>4.2.3</b>	<i>Espelhos d'água lacustres</i> .....	<b>55</b>
<b>4.2.4</b>	<i>Planície Fluvial (Lagamar do Cauípe)</i> .....	<b>57</b>
<b>4.2.5</b>	<i>Tabuleiros</i> .....	<b>59</b>
<b>5</b>	<b>USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA E DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS</b> .....	<b>60</b>
<b>5.1</b>	<b>Usos Múltiplos da Água</b> .....	<b>60</b>
<b>5.2</b>	<b>Vulnerabilidade e disponibilidade dos recursos hídricos</b> .....	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISE SOBRE A RETIRADA DE ÁGUA DO AQUÍFERO</b> .....	<b>70</b>
<b>6.1</b>	<b>Análise de todas as outorgas em Caucaia e São Gonçalo do Amarante</b> .....	<b>70</b>
<b>6.2</b>	<b>Análise das outorgas de água subterrânea nos aquíferos Dunas e Barreiras em Caucaia e São Gonçalo do Amarante</b> .....	<b>75</b>
<b>7</b>	<b>CENÁRIOS DE COLAPSOS E INJUSTIÇA AMBIENTAL</b> .....	<b>80</b>

<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>85</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>87</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A história nos mostra que o litoral, assim como as margens dos grandes rios, sempre foram berço da civilização. E também palco principal para aglomeração de grupos populacionais.

Moraes (2007) aponta que dois terços da humanidade ocupam a zona costeira, de modo que é fundamental o gerenciamento desse espaço para regular o uso dos recursos ambientais existentes, dentre eles, um de grande importância: a água. Logo, a água tem um papel fundamental no desenvolvimento da humanidade, pois ela é um elemento integrante dos ecossistemas e também necessária para manutenção da vida dos animais e humana.

Pearce e Warford (1993) atribuíram três funções principais da água, que são: a primeira é que ela faz parte como insumo do sistema produtivo; em segundo que tem fins de utilidade estética e lazer; e em terceiro, a água é um recurso natural essencial para a vida humana, manutenção de ecossistemas, regulação do ciclo hidrológico e atmosférico.

Filósofos gregos na antiguidade já relatavam sobre a necessidade de se entender mais sobre a água, visto que naquele tempo era considerada como um recurso natural renovável, mas hoje sabe-se que ela é exaurível do ponto de vista da potabilidade (CARVALHO E RODRIGUES, 2004).

A Organização das Nações Unidas – ONU, em seu Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, de 2019, alertou começando pelo seu título “Não deixar ninguém para trás”, fazendo uma referência aos povos que passam por dificuldade de abastecimento de água. Nesse contexto, com a pressão crescente mundial sobre os recursos hídricos, se a demanda no mundo acompanhar os níveis de utilizações atuais, haverá um aumento de 20% a 30% da demanda de água até 2050 (WWAP, 2019).

A ONU também adotou uma estratégia mundial chamada de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com algumas metas sociais, ambientais, econômicas e institucionais a serem atendidas. Entre um dos objetivos elencados, o sexto, engloba Água Potável e Saneamento, onde a ONU busca em contexto mundial que, até 2030, possa existir o acesso universal e equitativo de água potável e segura para todos.

Entre as metas desenvolvidas pelos ODS, existem algumas que também são mantidas pelo Brasil, que são: Melhorar a qualidade dos corpos hídricos, reduzindo pela metade a proporção de lançamento de efluentes não tratados e aumentando o reciclo e reuso seguro local; implementação de gestão integrada dos recursos hídricos em todas as instâncias de governo; proteção e restauração de ecossistemas; e dar apoio e fortalecimento das comunidades locais como melhoria na gestão da água e saneamento (IPEA, 2020).

Para esse estudo é importante ressaltar a zona costeira como ambiente de extrema dinâmica. E que no Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC a apresenta como “um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental” (BRASIL, 2018), fundamentado na interação entre os ambientes marinho, terrestre, atmosférico e a sociedade. A interação desses sistemas em um ambiente vulnerável, desencadeia variadas consequências na paisagem, acelerando colapsos hídricos, processos erosivos, poluição do solo e da água.

Também é importante comentar sobre a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, que tem como fundamento que a água é um domínio: de bem público; é um recurso natural limitado; que em situações de escassez, a utilização prioritária dos recursos hídricos deve ser para consumo humano e dessedentação de animais; e que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar usos múltiplos da água (BRASIL, 1997).

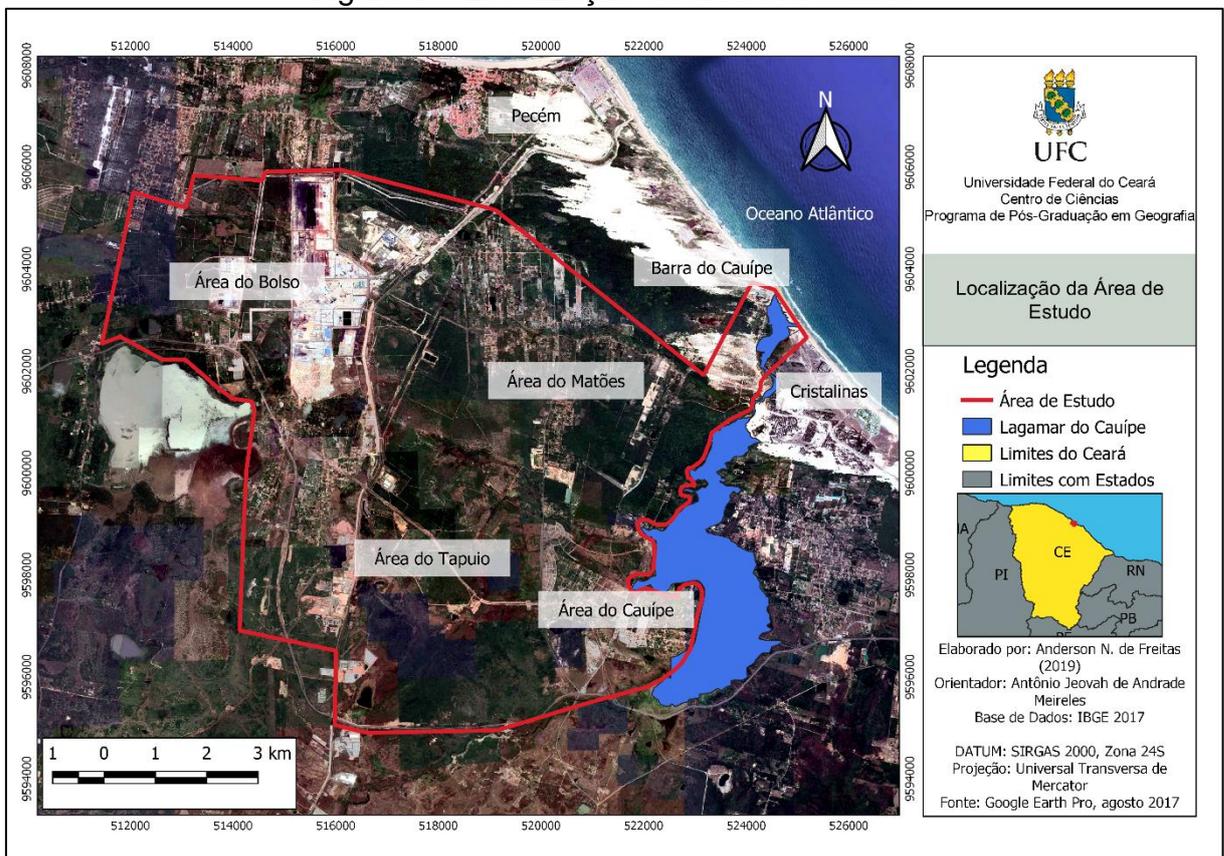
Além disso, é necessário apontar a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualizou o marco legal do saneamento, modificando parâmetros já estabelecidos com o objetivo de universalizar o saneamento no país, mas que causa controvérsias sobre como será efetivado (BRASIL, 2020).

O Brasil é conhecido pelo seu litoral e belas praias, tendo características como relevo, clima, temperatura e vegetação das mais diversas. Dessa forma, existe um grande e vasto meio para ser estudado, visto que é um local palco de conflitos por se tratar de ser um ambiente frágil com interconexões da atmosfera, hidrosfera, litosfera e sociedade.

O Estado do Ceará localiza-se na região Nordeste do Brasil e tem uma área estimada de 148.886,3 km<sup>2</sup>. Ao todo, possui 12 bacias hidrográficas formadas pelos rios Acaraú, Aracacatiaçu, Banabuiú, Coreaú, Curu, Jaguaribe, Parnaíba, Salgado, Cocó e Ceará, além de pequenos rios e riachos (IPECE, 2019) e tem predominância de uma estrutura geológica cristalina.

Para uma melhor compreensão da pesquisa, a área em estudo que foi delimitada (FIGURA 1) está localizada entre os municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia e surgiu a partir do mapa de ocupação Anacé (MEIRELES; BRISSAC; SCHETTINO, 2012) que engloba a divisa dos dois municípios. O local tem acesso através da BR-222 e CE-085 com uma distância média de 45km da capital do estado, Fortaleza. É necessário salientar que os estudos podem extrapolar o limite estabelecido, pois se tratam de aquíferos que não seguem uma delimitação imaginária como a que foi estabelecida, e que os limites dos aquíferos foram melhores descritos nos capítulos seguintes.

Figura 1 – Localização da área em estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante anos, a ideia que se tinha de abastecimento para o estado do Ceará, era feita através de reservatórios que serviriam para abastecer a população e a demanda criada de modo geral. Nesse sentido, atualmente o pensamento tem mudado e, para além dos reservatórios, a água subterrânea está no foco dos órgãos gestores de água para também servir de meio de abastecimento.

Dentre as dificuldades de se compreender a complexidade dos recursos subterrâneos, alguns deles são: o fato da deficiência sobre a disponibilidade de água do lençol freático, associados com uma regularidade de informações sobre os poços cadastrados, tais como vazão, profundidade do poço e do lençol freático. Dessa forma, a falta de cadastro de vários poços ou cacimbas que utilizam água subterrânea pela população de modo geral, dificulta a compreensão sobre o total de disponibilidade de água.

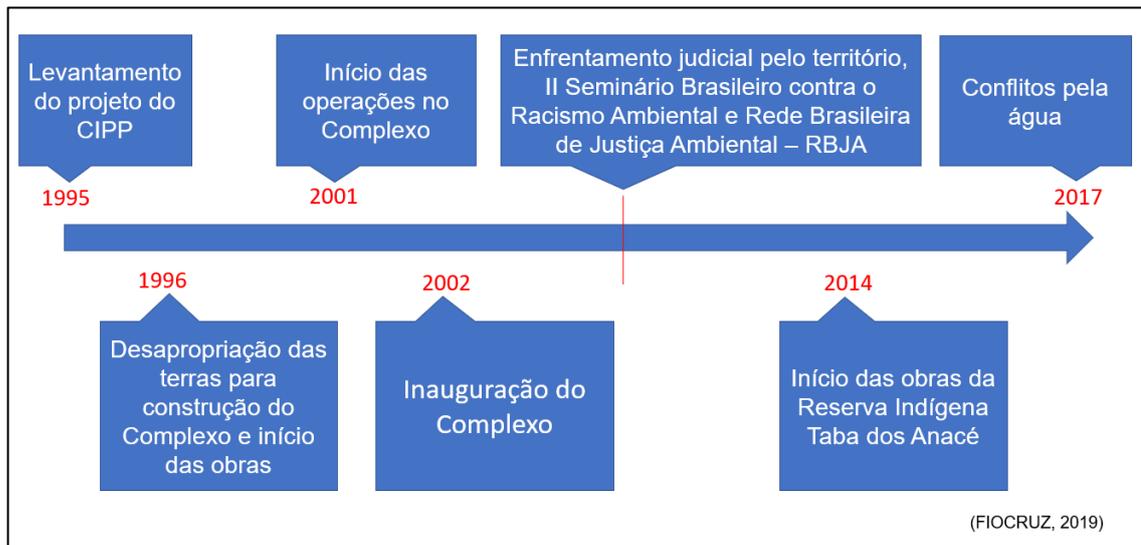
### **1.1 Problemática**

A distribuição de água se dá de forma irregular e, no contexto do Ceará, os fatores climáticos agravam o problema de distribuição, trazendo à tona a necessidade de melhor gestão das águas, pois devido a influências internas e externas do capital, ela nem sempre chega aos mais necessitados.

Antes da presença dos colonizadores em território cearense, ainda no século XVI, as terras que hoje se localizam ao Município de São Gonçalo do Amarante já eram habitadas por índios das nações Anacés, Guanacés e Jaguaruanas. Foram os povos que mais permaneceram na região, em decorrência de sua superioridade numérica. Habitavam entre as praias cearenses e as serras de Uruburetama. Segundo Carlos Studart Filho, os Anacés formaram uma das mais valentes nações indígenas do Ceará (CALDAS, 2008, p 19).

A área em estudo faz parte de terras de origem indígenas que remontam a origem Anacé, de acordo com o Mapa de Conflitos feito pela Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ. Estudos apontam que, desde os séculos XVII e XVIII, já havia a presença de populações de origem Anacé no local, (FIOCRUZ, 2019) assim como também explica os conflitos que se seguiram ao longo dos anos (FIGURA 2).

Figura 2 – Linha do tempo com os principais acontecimentos no contexto da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

No ano de 1995, foi feito o levantamento para implementação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP e, em março de 1996, o Governo do Estado por meio do Decreto Estadual nº 24.032/1996, declarou que as terras localizadas nos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia teriam fins de utilidade pública e assim poderiam ser desapropriadas. O local daria lugar ao que hoje tem transnacionais relacionadas com a produção de aço, a utilização de carvão mineral, correias aéreas transportadoras de minério de ferro, usinas termelétricas, parque de tancagem de derivados de petróleo, fábrica de fertilizantes e adutoras com estações de bombeamentos, canais de interligação com barragens para fornecer água para processos industriais hidrintensivas.

Em 1996, também se deu início às obras do CIPP e, em 2001, foram iniciadas as operações no Complexo, sendo esse inaugurado em 2002.

Ao longo dos anos, conflitos judiciais foram travados em ações do Ministério Público Federal em conjunto com a Fundação Nacional do Índio – FUNAI, contra o Governo do Estado no intuito de reivindicar o território tradicional do povo Anacé. Além das batalhas judiciais, o território Anacé também foi objeto de debate no II Seminário Brasileiro contra o Racismo Ambiental, tendo o povo apoio na mesma época da Rede Brasileira de Justiça Ambiental – RBJA, que repudiou o financiamento da termelétrica Pecém I (FIOCRUZ, 2019).

Em 2014, o Governo do Estado do Ceará definiu um prazo para início das obras da Reserva Taba dos Anacé (FIGURA 3), que viria a ser o novo local onde seriam reassentados os descendentes da etnia.

Figura 3 – Vilas de casas de reassentamento na Reserva Indígena Taba dos Anacé



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao longo dos anos o local continuou sendo palco de conflitos. Por volta do ano de 2017, aconteceram protestos pela reivindicação do território tradicional e, atualmente, pela utilização das águas superficiais e subterrâneas pelas indústrias do CIPP. No local, ainda são encontradas populações tradicionais e também descendentes de origem indígena, que temem pela redução dos recursos hídricos locais (FIOCRUZ, 2019).

Notícias veiculadas em jornais (FIGURA 4), evidenciaram os conflitos que surgiram a partir das obras para retirada de água do aquífero e do Lagamar do Cauípe.

Figura 4 – Notícias veiculadas em jornais sobre o conflito de utilização das águas



Fonte: Adaptado de G1 (2020), O POVO (2020) e Jangada Online (2020)

No local, podem ser identificadas 4 áreas da ocupação de origem Anacé: Bolso, Matões, Tapuio e Cauípe (MEIRELES, BRISSAC E SCHETTINO, 2012). Nestas áreas, há ocupação da comunidade tradicional, povos indígenas, e também do Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP, que abriga indústrias de metal mecânica, siderurgia e geração de energia elétrica. Nesse contexto, existindo esse encontro, são pautados os conflitos através da ocupação do território e principalmente pela utilização dos recursos hídricos.

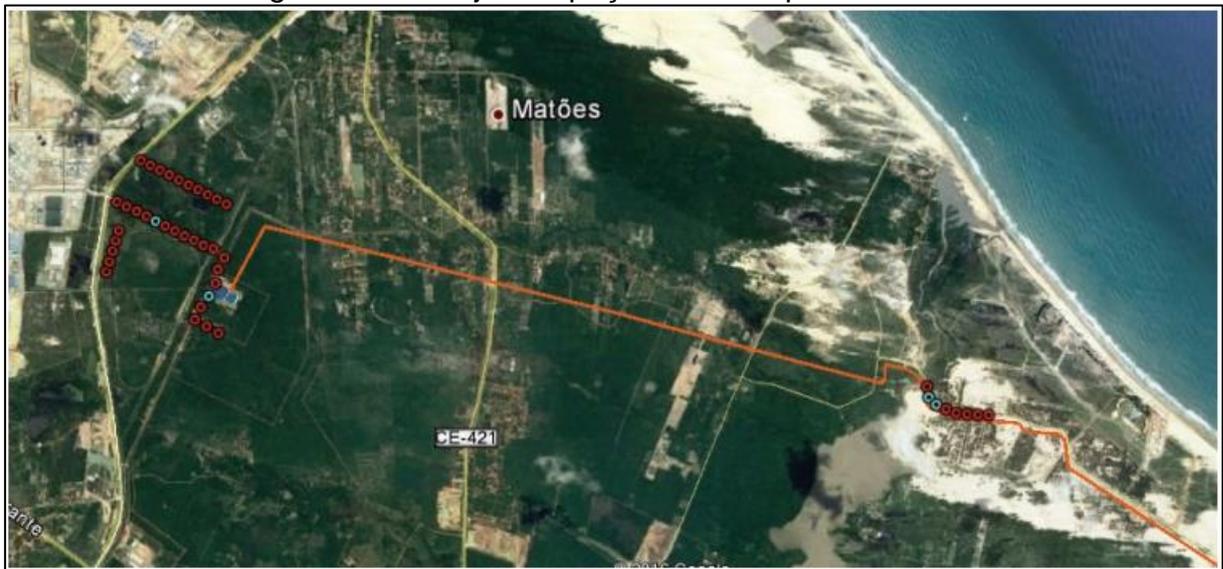
Devido às suas características e múltiplas utilizações, a água é objeto de conflitos entre seus vários usuários, principalmente se considerarmos a sua distribuição de forma irregular no planeta. Para uma melhor compreensão, é importante uma visão dos processos interligados a fim de se chegar a uma visão holística, estabelecendo um resultado de toda a dinâmica entre os elementos atuantes que compõem o ambiente. Assim, podemos compreender melhor as características do ambiente quando em conjunto com os aspectos sociais visando uma abordagem holística.

As pressões e modificações feitas através da expansão da urbanização, turismo, concentração populacional e alterações climáticas, estão ameaçando e modificando os sistemas litorâneos que já possuem uma intensa dinâmica devido a

todos os processos atuantes, de modo que as alterações feitas no ambiente podem ser irreparáveis (MEIRELES, 2011).

As indústrias demandam água para consumo dos trabalhadores e para a utilização em seus processos de uso consuntivo, onde há retirada da disponibilidade da água no espaço e no tempo. Assim, o Governo do Estado do Ceará, em 2016, iniciou um projeto para perfuração de 42 poços profundos, com o objetivo de utilizar a água do lençol freático nos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia, com uma vazão de 100 litros por segundo (FIGURA 5) e água do Lagamar do Cauípe para abastecimento das indústrias do Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP com vazão de 300 litros por segundo (CEARÁ, 2016).

Figura 5 – Arranjo dos poços nos campos de dunas



Fonte: CEARÁ (2016)

A partir da ideia de que a utilização da água do Lagamar do Cauípe e dos aquíferos Dunas e Barreiras pelo CIPP, implica em impactos para a comunidade local e população indígena, gerando conflitos entre a população, o governo e as empresas, a pesquisa partiu do seguinte questionamento: Como a utilização dos recursos hídricos subterrâneos, visando abastecer o CIPP, compromete o abastecimento e o modo de vida coletivo das comunidades tradicionais e indígenas?

Esta pesquisa tem como objetivo principal:

- Compreender os impactos causados nas comunidades tradicionais e indígenas frente a utilização e exploração da água subterrânea.

E como objetivos específicos:

- Realizar caracterização dos sistemas ambientais da área em estudo.
- Avaliar a disponibilidade da água subterrânea com base na retirada de água dos aquíferos Dunas e Barreiras.
- Analisar os impactos da utilização da água subterrânea para as comunidades tradicionais e indígenas com base nos princípios de justiça ambiental.

Este primeiro capítulo trata da apresentação do tema em estudo e do desenrolar dos acontecimentos que trazem à tona a problemática, partindo daí a questão da pesquisa e os objetivos deste trabalho.

No capítulo seguinte, foi apresentada a área em estudo de forma mais específica e contextualizada com os aspectos socioeconômicos, bem como a demanda por água, que tornam melhor a compreensão dos conflitos gerados pela disputa dos recursos hídricos.

No terceiro capítulo, apresenta-se os aspectos teórico-metodológicos onde foram divididos em dois. O primeiro ponto trata do referencial teórico essencial para discussão da pesquisa, discutindo os conceitos inerentes para a realização dos objetivos, que são: conceitos de paisagem, águas superficiais e subterrâneas, conflitos ambientais e a noção de justiça ambiental. O segundo ponto trata dos aspectos metodológicos, de como a pesquisa foi desenvolvida e quais passos foram tomados para que os objetivos pudessem ser alcançados.

Para a realização da pesquisa, alguns ajustes metodológicos tiveram que ser feitos devido à Pandemia de COVID-19, restringindo campos mais elaborados e assim necessitando de remodelação dos procedimentos metodológicos.

No quarto capítulo, apresenta-se uma caracterização do território indígena e comunidades tradicionais, assim como, caracterização dos sistemas ambientais da área, mostrando suas potencialidades e limitações que embasam o entendimento sobre a capacidade, retenção e armazenagem de água.

No quinto capítulo, compreende-se os usos múltiplos da água e como se dá a distribuição de água no aquífero. Também trata de analisar a vulnerabilidade dos sistemas aquíferos encontrados na área.

No sexto capítulo, trata-se das outorgas para uso de água de modo geral, assim como, mais específico nos sistemas aquíferos Dunas e Barreiras, confrontando os dados de reserva renovável com a água outorgada e quantidade de poços encontrados.

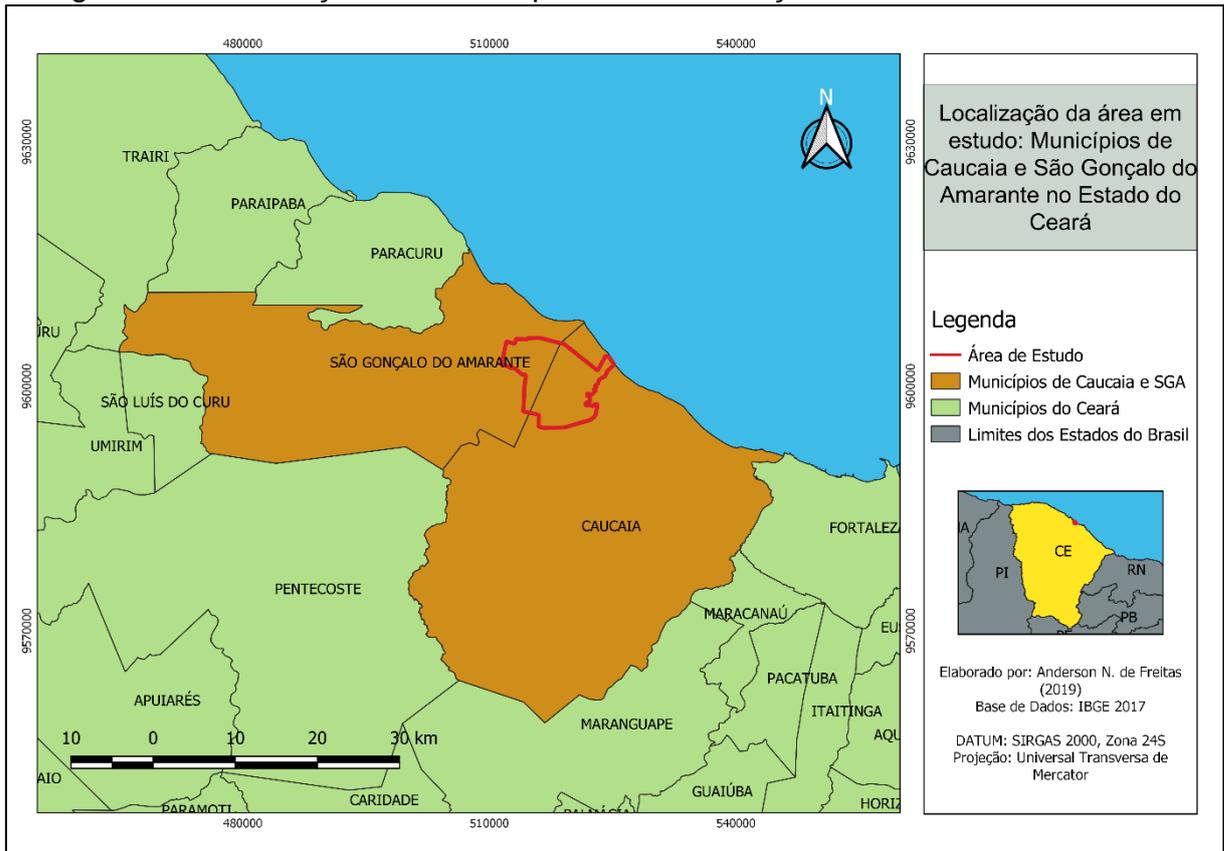
No sétimo capítulo, buscou-se compreender os colapsos relacionados ao ambiente com os usos destinados à água, bem como os seus impactos para as comunidades tradicionais e indígenas como injustiça ambiental.

Por fim, as considerações finais apresentam propostas e sugestões de como procurar reduzir/mitigar o efeito dos colapsos ambientais apresentados.

## 2 LOCALIZAÇÃO, ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E A DEMANDA POR ÁGUA

A área tem como base o estudo de Meireles, Brissac e Schettino (2012) e se encontra dentro dos limites de dois municípios do Estado do Ceará: São Gonçalo do Amarante e Caucaia (FIGURA 6).

Figura 6 – Localização dos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia



Fonte: Elaborado pelo autor

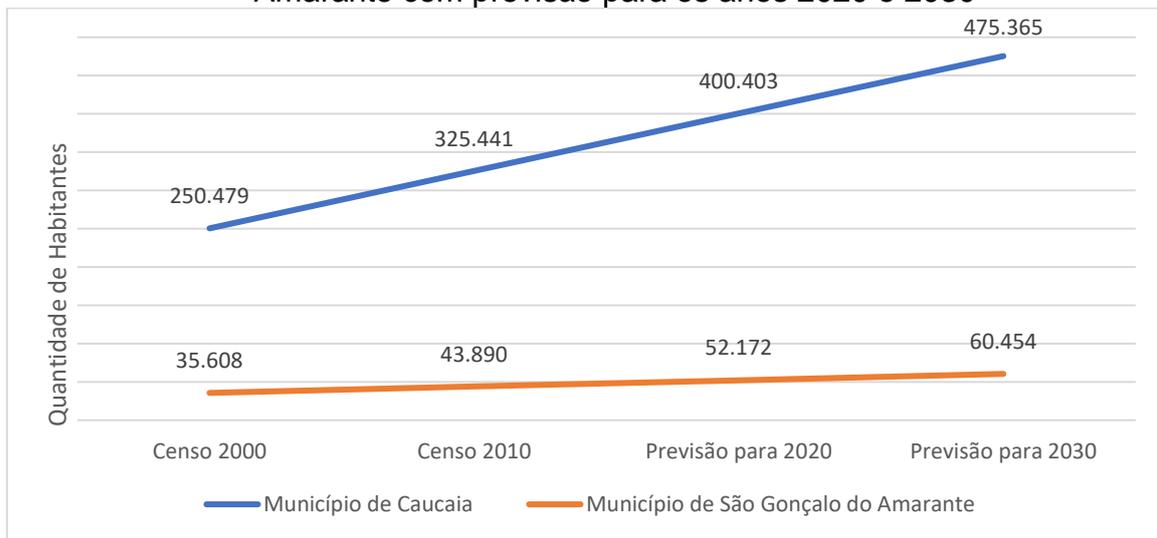
São Gonçalo do Amarante tem uma área de aproximadamente 833,894 km<sup>2</sup> e uma população estimada, em 2010, de 43.890 pessoas (IBGE, 2019) com um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM de 0,665.

O município de Caucaia possui uma área de 1.227,931 km<sup>2</sup> com população estimada de 325.441 pessoas, em 2010, e IDHM de 0,682.

Analisando a população dos dois municípios, de acordo com dados dos Censos de 2000 e 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IPECE, 2019), São Gonçalo do Amarante, seguindo a mesma linha, possuía uma população estimada em 43.890, uma predisposição para 52.172 habitantes para o ano de 2020 e 60.454 habitantes para 2030. Caucaia possuía, em 2010, uma população

de 325.441 habitantes e, seguindo a predisposição de crescimento em comparação com o Censo de 2000, pode-se estimar uma população de 400.403 habitantes para 2020 e de 475.365 em 2030 (GRÁFICO 1).

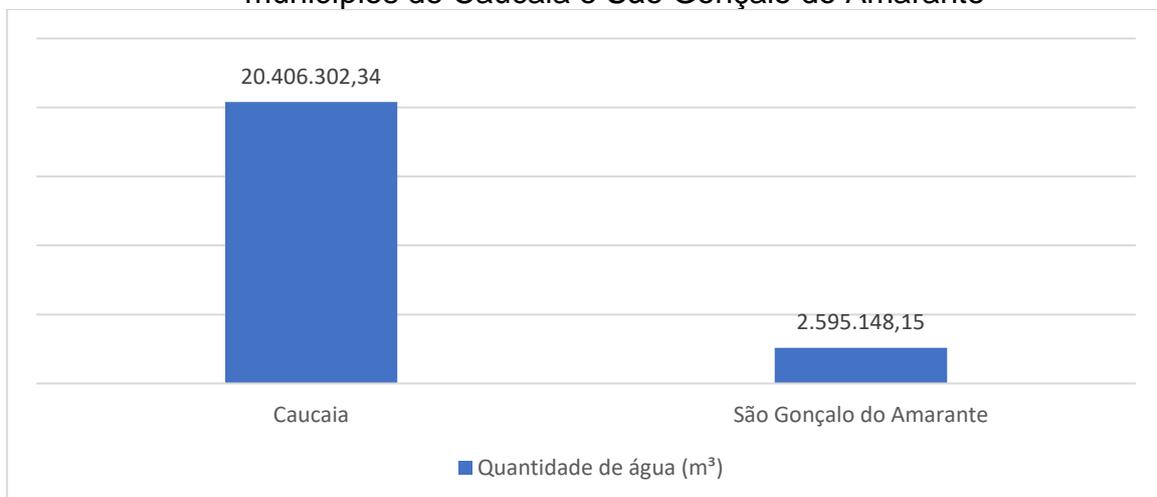
Gráfico 1 – População crescente dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante com previsão para os anos 2020 e 2030



Fonte: Adaptado de IPECE (2019)

Se considerarmos os dados do Diagnósticos do Serviço de Água e Esgoto de 2017 (SNIS, 2019), pode-se afirmar que cada habitante no Ceará consome em média 117,61 litros (0,11761m<sup>3</sup>) de água por dia, e podemos analisar o total de água que é necessária por ano para o consumo humano (GRÁFICO 2).

Gráfico 2 – Previsão para 2030 do consumo anual de água por habitante nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante



Fonte: Elaborado pelo autor.

Aliado ao crescimento populacional (IPECE, 2019), a disponibilidade dos aquíferos será elevada, o que incrementa os riscos de colapsos hídricos quando aliada à demanda por recursos hídricos do CIPP.

Além da média de água encontrada, é preciso lembrar que existem habitantes que vivem com muito menos água por dia, principalmente em regiões adentrando ao interior do estado ou também em localidades que são consideradas periféricas que sofrem com a falta de abastecimento de água.

A área em estudo comporta o CIPP que, segundo a Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará S.A. – ADECE, possui pelo menos 31 empresas de diversos serviços localizadas no complexo e, entre elas, uma siderúrgica e uma termelétrica, empresas que exigem uma alta demanda por utilização de recursos hídricos.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO**

Para a realização da pesquisa, se faz necessário o entendimento sobre alguns conceitos que embasaram o trabalho realizado. Este capítulo foi dividido em Referencial Teórico e Procedimentos Metodológicos. Assim, pode-se compreender melhor o ambiente, visando uma análise holística aliado aos processos e etapas que levaram aos conflitos ambientais e necessidade de justiça ambiental.

#### **3.1 Referencial Teórico**

##### ***3.1.1 Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem***

Seguindo o pensamento de Tricart (1977), para o estudo do espaço, é preciso inserir o mesmo dentro de uma dinâmica natural para entendermos melhor o local que estamos nos propondo a estudar, logo, para uma avaliação da dinâmica ambiental e da evolução dos sistemas, temos uma divisão dos meios ecodinâmicos visando contemplar o comportamento e as características da vulnerabilidade do ambiente, devido aos processos de degradação.

Nesse contexto, estes meios ecodinâmicos são divididos em: medianamente estáveis, onde há certa estabilidade do meio; os intergrades, que são um meio de transição entre os medianamente estáveis e instáveis; e, por fim, os meios instáveis, onde a morfogênese predomina na dinâmica da paisagem. Enquadrando o ambiente que queremos estudar dentro destes meios, podemos então avaliar suas potencialidades e limitações, de forma a procurar uma sustentabilidade e melhor uso do ambiente (SOUZA, 2009).

Atualmente, os estudos de paisagem assumem uma renovação na medida em que a emergência da questão ambiental, se apoiando na Geografia, busca entender de que forma o homem interfere na paisagem e os impactos que o mesmo projeta sobre os ecossistemas, assim, evidenciando um trabalho de zoneamento ambiental que possibilite a preservação ecológica e a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas.

Dessa forma, Bertrand (2004, p. 141) discorre sobre paisagem:

[...] a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Assim, o estudo da paisagem é elemento de fundamental importância para o trabalho, pois a paisagem é o resultado “final” que está em constante evolução fazendo parte de todos os processos e atuantes no meio e, assim, responde a demanda crescente da problemática ambiental em várias escalas: local, regional e global.

No âmbito do Geossistema, a Teoria Geral dos Sistemas é citada primeiramente por Bertalanffy, em 1950, e que foi posteriormente ratificada e melhor aplicada por Tricart, com a classificação das unidades ecodinâmicas do meio ambiente (ROSOLÉM; ARCHELA, 2010).

Tricart (1977, p. 19) define sistema como “um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxo de matéria e energia” e que, com base nisso, existe uma relação de dependência entre os fenômenos que leva ao entendimento do conceito de ecossistema, relacionando esses fluxos de matéria e energia com os seres vivos e a mesma dependência entre os componentes.

Ao mesmo tempo, Sotchava, em 1963, adaptou e formulou a Teoria do Geossistema, onde ele estabelecia uma diferença da concepção de geossistema para a de ecossistema. Para Sotchava, o conceito de ecossistema tem um viés ligado ao da ecologia e biologia, enquanto o geossistema se relaciona com as formações naturais e pode ser avaliado em várias escalas, desde o planetário até o topológico (ROSS, 2009).

Nesse contexto, Christofolletti (1999, p. 42) descreve melhor o Geossistema como:

[...] uma organização espacial resultante da interação dos elementos e componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, água, vegetação, animais, solo) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através de fluxos de energia e matéria, dominante numa interação areal.

Dessa forma, a análise Geossistêmica do ambiente proposta por Bertrand é dada de forma que o resultado das ações que modificam a paisagem, estão inseridas em um contexto de interação entre os elementos que integram o ambiente

através de fatores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, a exploração biológica e ação antrópica (BERTRAND, 2004). E, para além disso, que não podemos entender o ambiente de forma dissociada. Tudo o que temos hoje é um resultado de um processo no qual cada ação modifica o meio e, assim, podemos compreender o processo de forma holística. Dessa forma, tem-se a ideia de que todos os meios estão interligados e todos os atuantes e meios que permeiam o espaço relacionam entre si.

A produção do espaço se dá a partir das relações entre sociedade e natureza e para que possamos entender a complexidade dos processos e relações que acontecem no meio, é necessária uma visão de forma integrada para uma melhor compreensão das dimensões físicas e sociais que formam e modificam o espaço.

A injustiça ambiental é formada pelo resultado da lógica capitalista, onde empresas obtém lucro com a utilização dos recursos naturais ao mesmo tempo em que impõem riscos ambientais e sanitários a grupos que tem pouca representatividade no poder, discussão bem explicitada em Acselrad (2009).

A análise integrada da paisagem parte da ideia dos geossistemas e da integração entre todos os elementos, a fim de identificar os componentes geoambientais, caracterizar o espaço e a forma de ocupação, juntamente com atividades socioeconômicas e, por fim, avaliar as potencialidades e limitações do espaço (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2004), podendo assim contribuir para uma melhor distribuição e uso sustentável dos recursos ambientais.

### **3.1.2 Águas Superficiais e Subterrâneas**

Press et al. (2006) apontam que de toda a água existente no planeta, em torno de 95%, encontra-se nos oceanos e mares com água salgada e a outra porcentagem restante doce vai estar dividida entre as geleiras, águas subterrâneas, lagos e rios, atmosfera e biosfera.

A regulamentação de águas no Brasil é feita através da Agência Nacional de Águas – ANA, criada no ano de 2000, que tem como objetivo cumprir os objetivos e diretrizes da Lei das Águas do Brasil, a lei nº 9.433 de 1997. Dessa forma, ela atua na regulação, monitoramento, aplicação da lei e planejamento a nível nacional sendo responsável por coordenar e implementar a PNRH.

Hierarquicamente abaixo da ANA e voltada para o controle dos estados no Ceará, há a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH que, aliada a Companhia de

Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, coordena e faz o planejamento estratégico da infraestrutura hídrica do Estado.

Entre as atribuições do Estado no gerenciamento e gestão das águas, uma delas é o sistema de outorgas de direito de uso da água, que se trata da permissão que o governo concede para a utilização com fins diversos da água: industrial, para irrigação ou abastecimento humano e animal.

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA, embora o Brasil possua cerca de 12% da disponibilidade de água doce no planeta, ao analisá-la como recurso, percebe-se que não é bem distribuída para o consumo no país e ressalta-se que 80% está concentrada na região Norte, onde a população representa apenas 5% do país (ANA, 2018).

O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2018 (WWAP, 2018) mostra que, a utilização da água aumentou cerca de 6 vezes nos últimos 100 anos e continua crescendo 1% ao ano, de modo que a preocupação com a utilização dos recursos hídricos intensificou-se, levando a uma maior procura por captação de águas subterrâneas, ocorre, porém, que um terço desse sistema já se encontra em situação de perigo.

A Organização das Nações Unidas – ONU tem alertado, em seus relatórios durante os últimos anos, para a demanda crescente de água e informando que 3 entre cada 10 pessoas não tem acesso a água potável segura (WWAP, 2019).

A geologia, geomorfologia, pedologia e as condições climáticas de um ambiente são elementos importantes para o melhor entendimento dele e compreensão da paisagem atual. Os fatores são importantes sobre o funcionamento do sistema de recursos hídricos e sua distribuição no espaço.

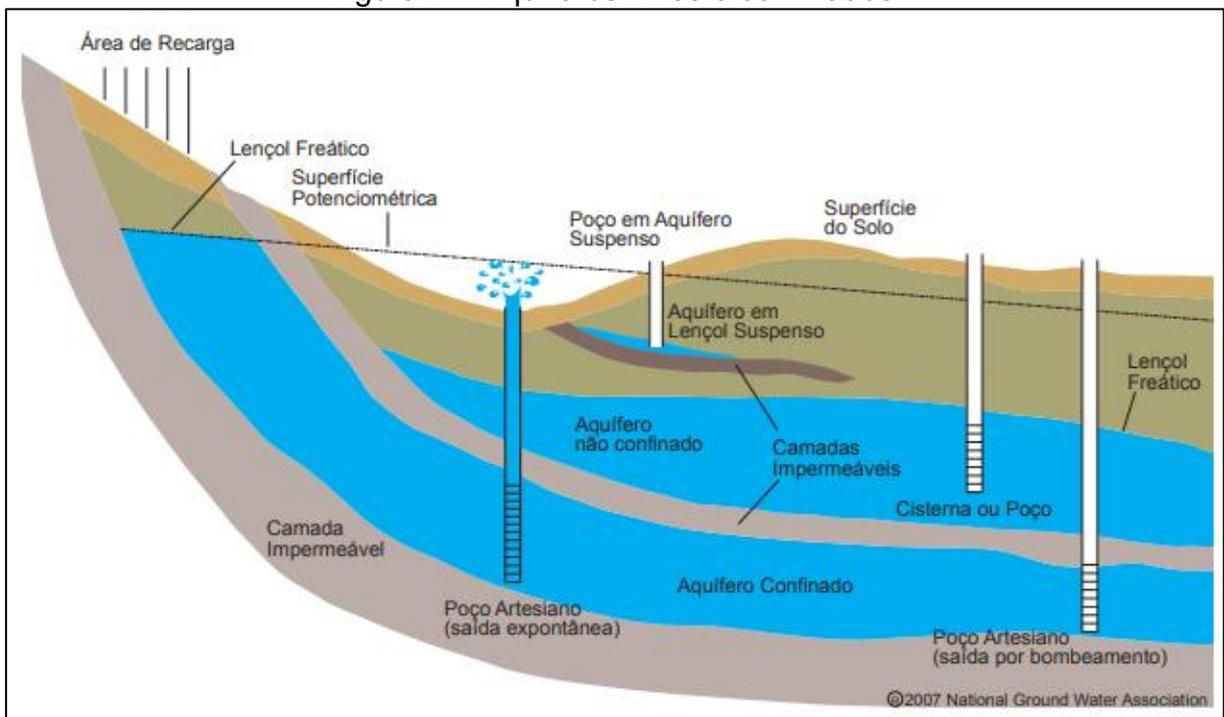
Houveram importantes eventos glaciais e interglaciais no Quaternário, causando oscilações no nível do mar e mudanças nos processos geoambientais em nível global e também no litoral brasileiro. Esses eventos foram identificados através de estudos de isótopos de oxigênio em sondagens, em diferentes regiões da Terra (MEIRELES; SILVA; THIERS, 2006).

A diferença de nível relativo do mar, encontrada através desses estudos, possibilitou compreender a evolução do litoral, que devido à sua plataforma continental plana e com pequena amplitude de oscilação do mar, ocasionou a exposição de áreas com sedimentos que poderiam ser facilmente transportados por via eólica. Eventos como esse auxiliam na compreensão da geomorfologia atual.

Como o Ceará não tem rios tão expressivos e de grande aporte hídrico se comparado a outras regiões, bem como por causa da predominância da estrutura cristalina, vários barramentos são feitos nos rios para armazenamento de água. Um estudo da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME teve como objetivo de mapear barragens acima de 20 de extensão, já tendo encontrado 89.490 barragens no Estado do Ceará (DIÁRIO DO NORDESTE, 2020). Além das barragens construídas pelo governo, várias outras menores, não oficiais, são construídas por proprietários de terras, nos mananciais dentro de suas propriedades, cansando impactos ao longo de toda a bacia na quantidade de água, como também na redução do transporte de sedimentos que são barrados e não conseguem chegar aos oceanos para alimentação da deriva litorânea.

A retirada de água subterrânea, em especial para o presente estudo se trata dos aquíferos livres (FIGURA 7) que são oriundos de formações permeáveis, onde todos os pontos superfície de saturação se encontram à pressão atmosférica, diferente do aquífero confinado que este está armazenado sob pressão (CPRM, 2018).

Figura 7 – Aquíferos livres e confinados



Fonte: PONTO BIOLOGIA, 2019

Villar (2018) evidencia que mesmo as águas subterrâneas sendo consideradas fundamentais para Brasil, foi priorizado a utilização de águas superficiais, e ocorre que a escassez dos últimos anos ajudou para que fosse voltada uma devida atenção aos aquíferos. Além disso, a ideia sobre crise hídrica e as preocupações acerca do tema se atenuaram a partir da década de 1990, dessa forma, se intensificou a preocupação para concepção de políticas de gestão hídrica relacionada com o acesso a água e seu uso, disponibilidade e degradação.

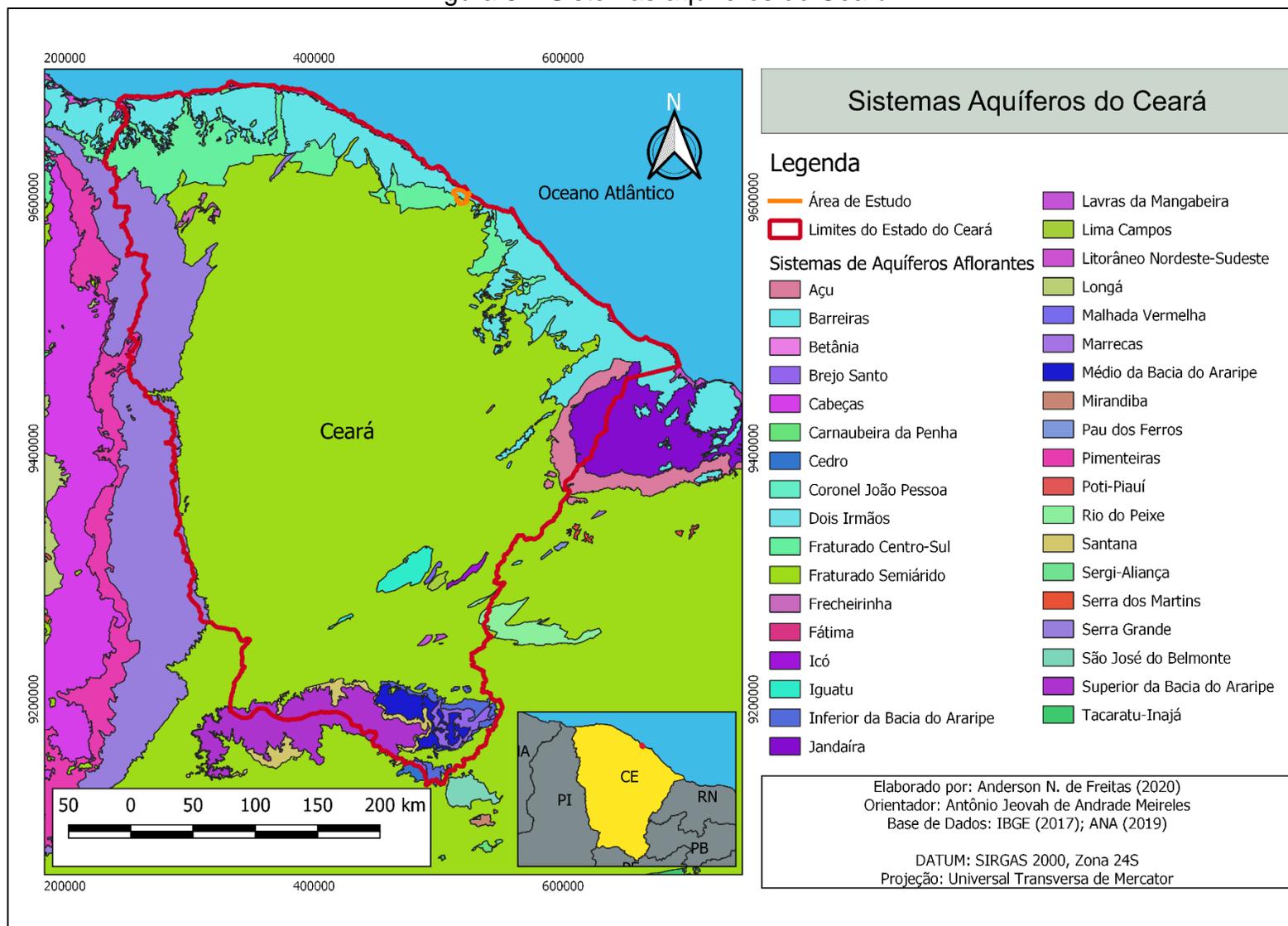
Os aquíferos podem se caracterizar em três tipos: sedimentar, fraturado e cárstico, tendo os de origem sedimentar um maior potencial de exploração. O Brasil possui um grande potencial aquífero, pois é onde se encontram dois dos maiores do mundo: o Alter do Chão, localizado na região Norte do país e o Guarani, que fica no entorno das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul.

O Ceará também possui um relativo potencial hídrico subterrâneo, atribuído principalmente nas localidades com predominância de embasamento sedimentar (FIGURA 8), e tem como principal influência o aquífero Barreiras.

De acordo com Rebouças (2006), o aumento da utilização das águas subterrâneas se deu devido à alguns fatores, como: avanço da hidrogeologia, técnicas de perfuração de poços, redução dos custos de extração, menor fator climático de influência direta, qualidade das águas, demanda crescente e degradação dos recursos hídricos superficiais.

Segundo Meireles (2011), as características topográficas, climáticas, geológicas e morfológicas criam condições que associam o aquífero aos corpos d'água como lagoas interdunares, lagunas e estuários. Dessa forma, as lagoas interdunares, de tempos em tempos, irão ocupar espaços diferentes devido ao deslocamento das dunas e alterações no nível do aquífero.

Figura 8 – Sistemas aquíferos do Ceará

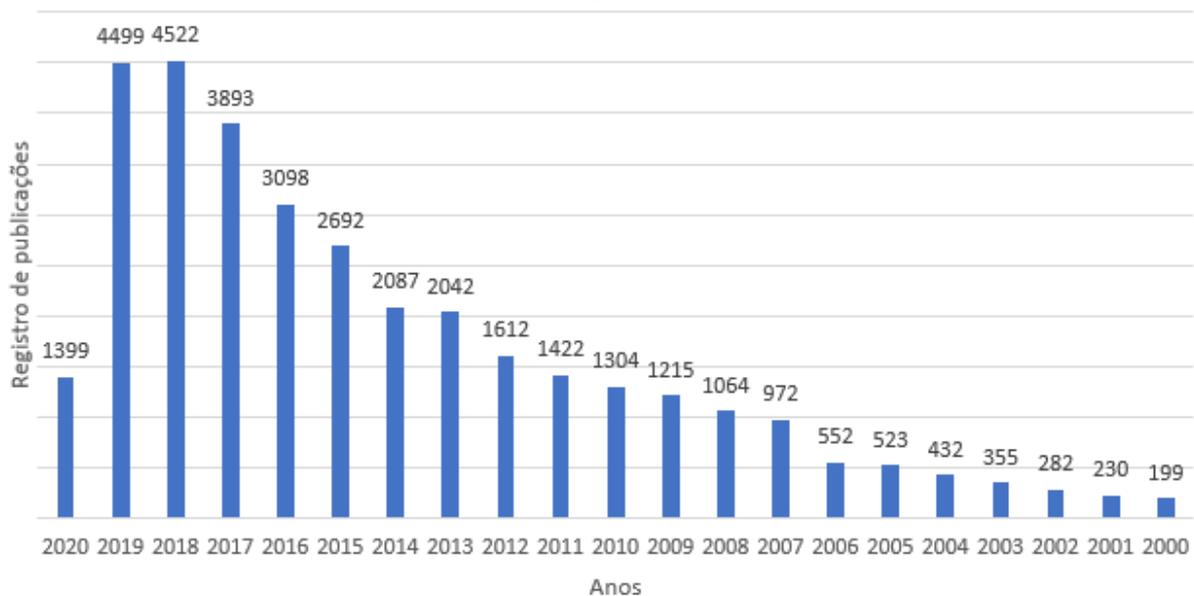


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.1.3 Segurança Hídrica

Sobre o assunto, Cook e Bakker (2012), ao debaterem sobre segurança hídrica, lecionam que os estudos sobre o assunto tem aumentado consideravelmente desde ao longo dos anos (GRÁFICO 3), e também que o conceito de segurança hídrica tem sido objeto de debate por instituições, como a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO e o Fórum Mundial Econômico.

Gráfico 3 – Número de artigos publicados ao longo dos anos sobre Segurança Hídrica



Fonte: WEB OF SCIENCE (2020)

Os sistemas aquíferos identificados no Ceará com maior expressividade são o Barreiras, Fraturado Centro-Sul, Serra Grande, Superior e Inferior da Bacia do Araripe e o Jandaíra, além do Fraturado Semiárido.

Nas áreas onde há o afloramento desses sistemas aquíferos principais, é possível ver a demanda de água que é criada, principalmente por conta de maior aglomeração populacional, industrial e atividade agrícola que, entre outros fatores, como solo e clima, necessitam também de água para suas atividades.

A crescente demanda por pesquisa sobre segurança hídrica é derivada da necessidade atual de obtenção de um melhor gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que há uma degradação acelerada desses recursos, causando conflitos entre as populações.

A Organização das Nações Unidas (ONU) define segurança hídrica, desde 2013, como:

A capacidade de uma população de salvaguardar o acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade para garantir meios de sobrevivência, o bem estar humano, o desenvolvimento socioeconômico; para assegurar proteção contra poluição e desastres relacionados à água, e para preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política (UN WATER, 2018, p1).

O conceito proposto demonstra o papel fundamental da água para as atividades humanas e para o funcionamento dos ecossistemas. Para além disso, a segurança hídrica alerta, principalmente diante do uso perdulário por indústrias hidrointensivas, monocultivos e desperdícios no consumo humano, para a importância da gestão das águas e sua utilização sustentável.

Nesse contexto, Jepson (2017), aponta que a segurança hídrica passa por vários focos de entendimento, como nos setores econômicos, escalas, influências externas e atuantes no ambiente, sendo possível a análise desse conceito de diferentes formas, como: viés de análise de risco, desenvolvimento sustentável ou qualidade da água.

No contexto de segurança hídrica, pode-se inferir que existem momentos em que há necessidade de comportamentos diferentes na sociedade, como o caso de isolamento social, devido a pandemia do COVID-19 em 2020, que trouxe modificações no modo de vida da população, aumentando a demanda por água para utilização em casa, visto que, o tempo passado em casa está sendo maior se comparado a outros momentos.

É importante salientar que Soares (2017), mostra que os indicadores de segurança hídrica possuem várias classificações (QUADRO 1), a definir pelo domínio conceitual que remete a uma orientação da utilização de água e suas respectivas áreas de interesse.

Quadro 1 – Domínios conceituais e indicadores de insegurança hídrica.

Domínio Conceitual	Referente	Orientação	Arena de Interesse	Indicadores de insegurança hídrica
Desenvolvimento humano	Família	Reprodução social; saúde humana e bem-estar	Doméstico	Escala de segurança hídrica doméstica (JEPSON, 2014; JEPSON; VANDEWALLE, 2016); Índice de Pobreza Hídrica (KORC; FORD, 2013); Requisito Básico de Água (GLEICK, 1996)
Sustentabilidade	Processos ecológicos	Serviços de ecossistemas; Alocação de recursos entre usos concorrentes	Biofísico	Índice de sustentabilidade de segurança hídrica (NORMAN et al., 2013); Índice de Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica (CHAVES; ALIPAZ, 2007); Índice de Avaliação da Segurança Hídrica Urbana (HUANG et al., 2015)
Geopolítica	Estado-nação	Segurança nacional; Segurança das infra-estruturas; Capacidades de produção; estabilidade política	Político	Índice de pobreza hídrica (SULLIVAN, 2002); Disponibilidade de água (FALKENMARK et al., 1989)
Vulnerabilidade e riscos	População	Saúde humana e bem-estar	Regional	Disponibilidade de água (SCOTT et al., 2013)

Fonte: Cook e Bakker (2012), Jepson (2014), Jepson et al., (2017a).

Fonte: Adaptado de SOARES (2017)

Através desses indicadores, é possível mensurar e verificar a situação que determinada população pode-se encontrar em caso de insegurança hídrica. Dessa forma, Rijsberman (2006), aponta como a situação onde o indivíduo não teria acesso a água segura para satisfazer suas necessidades básicas e de subsistência.

Nesse contexto, a necessidade de segurança hídrica para manutenção das necessidades dos indivíduos que precisam de água no dia-a-dia, coloca em evidência a ideia de justiça ambiental, que em um de seus vieses procura atenuar os efeitos da má distribuição, má utilização e acesso dos recursos hídricos.

### 3.1.4 Justiça Ambiental

Sobre o assunto, Ross (2009), mostra que há uma relação entre o aumento da exploração dos recursos naturais e o desenvolvimento tecnológico, científico e

socioeconômico da sociedade. Os padrões crescentes de desenvolvimento e demanda demográfica aumentam cada vez mais a pressão por recursos no ambiente.

Antes de conceituar a justiça ambiental, é importante compreender o como acontece a injustiça ambiental:

[...] o mecanismo pelo qual sociedades desiguais, do ponto de vista econômico e social, destinam a maior carga dos danos ambientais do desenvolvimento às populações de baixa renda, aos grupos raciais discriminados, aos povos étnicos tradicionais, aos bairros operários, às populações marginalizadas e vulneráveis (ACSELRAD, 2004, p.14).

A injustiça ambiental aumenta as desigualdades sociais, pois os grupos sociais discriminados, por não terem recursos ou influência no campo político para realizar as mudanças no local, são cada vez mais marginalizados por essa “bola de neve” que se acumula cada vez mais.

Logo, o conceito de justiça ambiental surgiu na década de 1960 nos Estados Unidos, através de organizações de populações afrodescendentes que lutavam por seus direitos civis e que foram socialmente discriminados quanto à exposição a riscos ambientais, através de resíduos industriais químicos e radioativos que eram depositados nas adjacências dessas comunidades.

Conforme explica Acselrad (2004), a justiça ambiental busca um tratamento justo e igualitário entre toda a sociedade. Os seus princípios carregam a concepção de que, nenhum grupo de pessoas deve suportar uma parcela desproporcional das consequências ambientais negativas de qualquer impacto ambiental que possa ser causado.

Não há como chamar de progresso e desenvolvimento o processo de empobrecimento e envenenamento dos que já não pobres. Entendem os atores defensores de uma aproximação entre as lutas sociais e ambientais que não é justo que os altos lucros das grandes empresas se façam às custas da miséria e degradação do espaço de vida da maioria. Mais do que isso, os propósitos da justiça ambiental não podem admitir que a prosperidade dos ricos se dê através da expropriação ambiental dos pobres (ACSELRAD, 2004, p.12).

Assim, a concentração dos recursos ambientais nas mãos dos mais ricos pode ser vista de forma inversamente proporcional, se analisarmos os impactos negativos que estes mesmos agentes recebem, quando comparamos às populações mais carentes. Com isso, podemos perceber a íntima ligação da justiça ambiental e a

justiça social, bem como o comprometimento com a redução das desigualdades e do racismo ambiental.

Dessa forma, Acselrad (2004), leciona que acerca do debate ambiental atual, o termo “crise ambiental” é utilizado de forma repetitiva representando o conceito malthusiano, recriando uma ideia objetiva de que apenas os recursos são finitos em relação ao crescimento econômico exponencial sobre os mesmos. Ocorre que, vendo apenas por esse ângulo, desconsidera-se que a problemática tem raízes mais profundas e que, além da demanda, devem ser incluídas na discussão as dinâmicas sociais e culturais atuantes.

A ideia de conflito ambiental é assim pré-construída como intrínseca à problemática da escassez e as estratégias associadas de diagnóstico, fundadas na objetividade suposta da escassez quantitativa, tendem ora a esvaziar o debate político – que é absorvido pela busca do aperfeiçoamento dos indicadores técnico-científicos da crise ambiental – ora a justificar soluções autoritárias e meritocráticas [...] em nome da salvação da Humanidade ou da segurança internacional (ACSELRAD, 2004, p.14).

Logo, a injustiça ambiental causa e intensifica os conflitos ambientais sem propostas de soluções que atendam a todos os interessados no ambiente.

### **3.1.5 Conflitos Ambientais**

Conforme aponta Acselrad (2004), a relação entre a sociedade e sua apropriação do mundo pode se dar através de três práticas. A primeira é através da apropriação técnica do mundo material, extraindo, transformando, deslocando materiais e modificando o ambiente. A segunda é através das práticas de apropriação social que levam a uma distribuição dos recursos de forma desigual, restringindo o acesso e o controle de territórios e fontes. Por fim, a terceira é a apropriação cultural do mundo material que se estendem para além da apropriação técnica e social, pois os fatos culturais englobam ações e usos de representações coletivas das mais diversas formas.

Adentrando aos conflitos ambientais no Brasil, Malagodi (2015), leciona que estes começaram a partir de 1980 com intervenções do Estado brasileiro e um momento “desenvolvimentista”, ampliando a área de influência capitalista em áreas que não eram exploradas. Dessa forma, destruiu ecossistemas, causando deslocamento em populações que utilizavam recursos de uma área para outras que,

muitas vezes, eram menos férteis e de pouca qualidade. Desde então, com essa expropriação que faz parte da lógica capitalista, movimentos sociais foram crescendo e a luta por seus direitos sendo reconhecida.

A década de 1980 também tem grande importância do ponto de vista ambiental, pois após a morte de Chico Mendes, conceitos de uso sustentável e povos da floresta foram consolidados. Assim, indígenas, ribeirinhos e grupos tradicionais se tornaram atuantes no desenvolvimento sustentável proposto pela Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – CNUMAD, que aconteceu no Rio de Janeiro em 1992, também conhecida como Eco-92. A conferência é um marco para as políticas ambientais pois pautava o desenvolvimento com base na coexistência entre a economia, a ecologia e a equidade social (ZHOURI E LASCHEFSKI, 2017).

Logo, a partir dos anos 1990, ocorreu a segunda fase dos conflitos ambientais, de forma que foi promovida uma flexibilização das leis ambientais e dos próprios órgãos de fiscalização, assim, criando e intensificando os conflitos ambientais no país.

Ocorre, porém, que o discurso sobre o desenvolvimento sustentável foi sendo, deste então, deslocado daquele sentido pretendido pela luta dos “povos da floresta” e dos ambientalistas. Para estes, os modos de vida dos grupos locais – incluindo suas respectivas formas de apropriação material e simbólica da natureza - representavam um contraponto ao modo de vida da sociedade urbano-industrial que, nesta concepção, seria insustentável. Mas a visão política que se consolidou, ao contrário, fez emergir um paradigma que pretende “adequar” o pleito socioambiental ao modelo clássico de desenvolvimento (ZHOURI E LASCHEFSKI, 2017, p1).

Essa adequação consolidada acabou por deturpar a ideia de que, para além de adaptar o modelo de desenvolvimento, era necessário reestruturar o modelo de produção da sociedade. A partir daí, objetivando soluções para os embates ambientais, os grupos ambientalistas começaram a procurar formas de parcerias com empresas que se utilizavam desses recursos, sendo uma tentativa do que a autora chama de “pedagogia” do capitalismo.

Zhourí e Laschefski (2017) classificam os conflitos ambientais em três tipos: Os conflitos ambientais distributivos, territoriais e espaciais. Os conflitos ambientais distributivos, podem ser entendidos como os que acontecem devido à distribuição desigual dos recursos ambientais, sendo palco de lutas para delimitação de territórios em busca de ter acesso a determinado recurso.

Os conflitos ambientais territoriais são os que acontecem não devido à distribuição irregular, mas porque dentro de um mesmo território estão indivíduos que tem reivindicações diferentes para os recursos ambientais situados naquele local. Como classificação final, os conflitos ambientais espaciais são aqueles que acontecem para além do território, sendo os efeitos e impactos dos atuantes no local ultrapassam os limites territoriais e atingem outros grupos sociais.

Para uma melhor compreensão dos conflitos ambientais existentes no Brasil, a FIOCRUZ lançou o Mapa de Conflitos Envolvendo Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil, que aponta, entre outros, os conflitos aqui estudados.

### 3.2 Procedimentos Metodológicos

Considerando a quantidade de pessoas residentes, metrópoles e indústrias que se localizam em regiões litorâneas O litoral do Brasil possui 7.400km de extensão e nele vive um quarto da população brasileira, aproximadamente 36,5 milhões de pessoas em aproximadamente 500 municípios (LOUREIRO FILHO, 2014). Logo, é necessário o gerenciamento dos recursos ambientais existentes para que todos possam coexistir utilizando o mesmo espaço.

Baseado em Ross (2006), foi utilizada a sugestão teórico-metodológica sistêmica e as tecnologias de informação para planejamento ambiental na geografia, para divisão das etapas a serem realizadas na pesquisa (FIGURA 9).

Figura 9 – Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o desenvolvimento deste trabalho, inicialmente, foi realizado um extenso levantamento bibliográfico sobre a área e o tema em estudo. Além de levantamento cartográfico da área e busca por notícias que fomentavam a ideia de que houveram conflitos por território e pelos recursos hídricos, de forma a embasar a questão da pesquisa. O levantamento bibliográfico foi essencial para a pesquisa, com início do problema sendo suscitado através de notícias em jornais (O POVO, 2008), sobre os conflitos que estavam ocorrendo no local.

Como primeiro passo, foi realizada uma busca em livros, relatórios técnicos, documentos oficiais, trabalhos publicados em eventos, artigos, dissertações e teses. Os arquivos utilizados foram consultados na biblioteca física da Universidade Federal do Ceará - UFC, em acervos digitais da própria biblioteca da Universidade e de outras instituições e órgãos oficiais, como a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos – COGERH, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE e também em consulta à periódicos nacionais e internacionais.

Após a reunião de material para análise, foi iniciada a construção do referencial teórico com os temas que embasaram a pesquisa, de modo que a análise e coleta de dados foi dividida em duas etapas: gabinete e campo. A primeira etapa de gabinete consistiu na realização dos estudos e pesquisas através da reunião de referencial teórico e para melhor compreensão de como se originam os conflitos, foi escolhida uma visão do espaço por meio da Análise Integrada da Paisagem (SOUZA, MENELEU E SANTOS, 2000; NASCIMENTO E SAMPAIO, 2005), que possibilita entender o meio físico e social de forma integrada para, com isso, entender como a sociedade como um todo afeta a demanda e disponibilidade de água na área, fator esse que origina os conflitos.

Após a reunião de material bibliográfico e embasamento do problema, junto a revisão de literatura, foram analisados produtos cartográficos que corroboram a evolução de uso e ocupação do solo, possibilitando visão dos impactos gerados pela ocupação e utilização da água. Dessa forma, com dados populacionais e de utilização dos recursos hídricos, foi avaliada a disponibilidade e como as indústrias poderiam afetar a demanda de água no local em estudo.

Os dados sobre o uso de água são de março de 2020 e foram obtidos através das planilhas disponibilizadas pela COGERH, com os dados de outorga de

uso de água, assim como também dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, que disponibiliza dados sobre poços cadastrados e bases cartográficas do IBGE.

Com base nesses dados, foram calculados os índices de reserva renovável utilizando metodologia aplicada por Cavalcante (1998), do aquífero Dunas e Barreiras. Os dados foram especializados no *software* QGIS compondo os mapas e estatísticas apresentados neste trabalho.

Com foco na área em estudo, foram analisadas as outorgas liberadas nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, e também as finalidades para qual esses recursos foram destinados. Por fim, analisada também a quantidade de água outorgada por cada município.

A segunda etapa da pesquisa foi o momento de campo, que permitiu que a visão obtida através da literatura pudesse ser colocada em prática e haver a constatação dos conceitos e de como estão se dando os conflitos por recursos hídricos. Foi realizado trabalho de campo para reconhecimento do local, com visita também à reserva indígena Taba dos Anacé, principal etnia indígena da área em estudo.

Como antes informado, foi necessário realização de ajustes metodológicos nos procedimentos inicialmente idealizados, em razão da pandemia de COVID-19, que causou o fechamento das divisas dos municípios do estado, instalação de barreiras sanitárias e necessidade de adaptação à nova realidade de isolamento social para prevenção da população. Em virtude disso, entrevistas semiestruturadas que estavam previstas com as comunidades tradicionais e indígenas, não puderam ser realizadas, visto que trariam riscos de contaminação.

Para superar essa dificuldade e proporcionar uma melhor compreensão sobre a utilização da água e justiça ambiental, foi dado um enfoque maior na quantidade de água outorgada e nos possíveis colapsos que são consequência da exploração de água, além de um campo voltado para registros fotográficos e compreensão melhor da realidade estudada.

Para finalização da pesquisa, as informações de gabinete e campo, após analisadas, foram sintetizadas de modo a buscar respostas para os objetivos propostos e compreensão da dinâmica socioambiental da área em estudo.

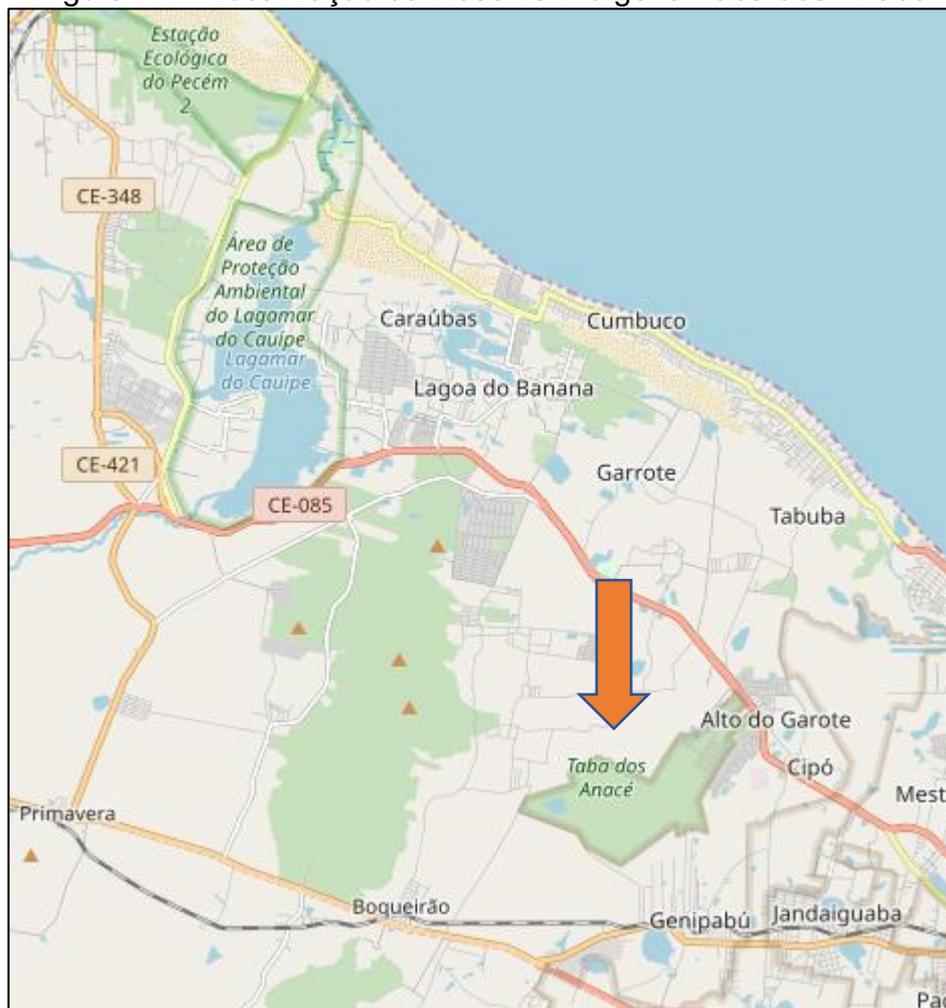


Conforme aponta a FIOCRUZ (2019) no Mapa de Conflitos, Fernão Carrilho, em 1694 era o administrador colonial e reconhecia a oito léguas norte de Fortaleza, a etnia Anacé e um Relatório Provincial, em 1863, declarou a extinção desse povo.

Com o início das obras do CIPP e desapropriações das terras em 1996, o povo Anacé, reivindicou em 2003 o seu território tradicional junto à Fundação Nacional do Índio – FUNAI.

O Ministério Público Federal – MPF, diante das reivindicações, determinou que fosse realizado estudos junto à FUNAI para reconhecimento e delimitação do povo Anacé, culminando com a assinatura do termo de compromisso em 2013, que oficializou a criação da Reserva Indígena Taba dos Anacé (FIGURA 11).

Figura 11 – Localização da Reserva Indígena Taba dos Anacé



Fonte: Adaptado de © contribuidores do OpenStreetMap (2020)

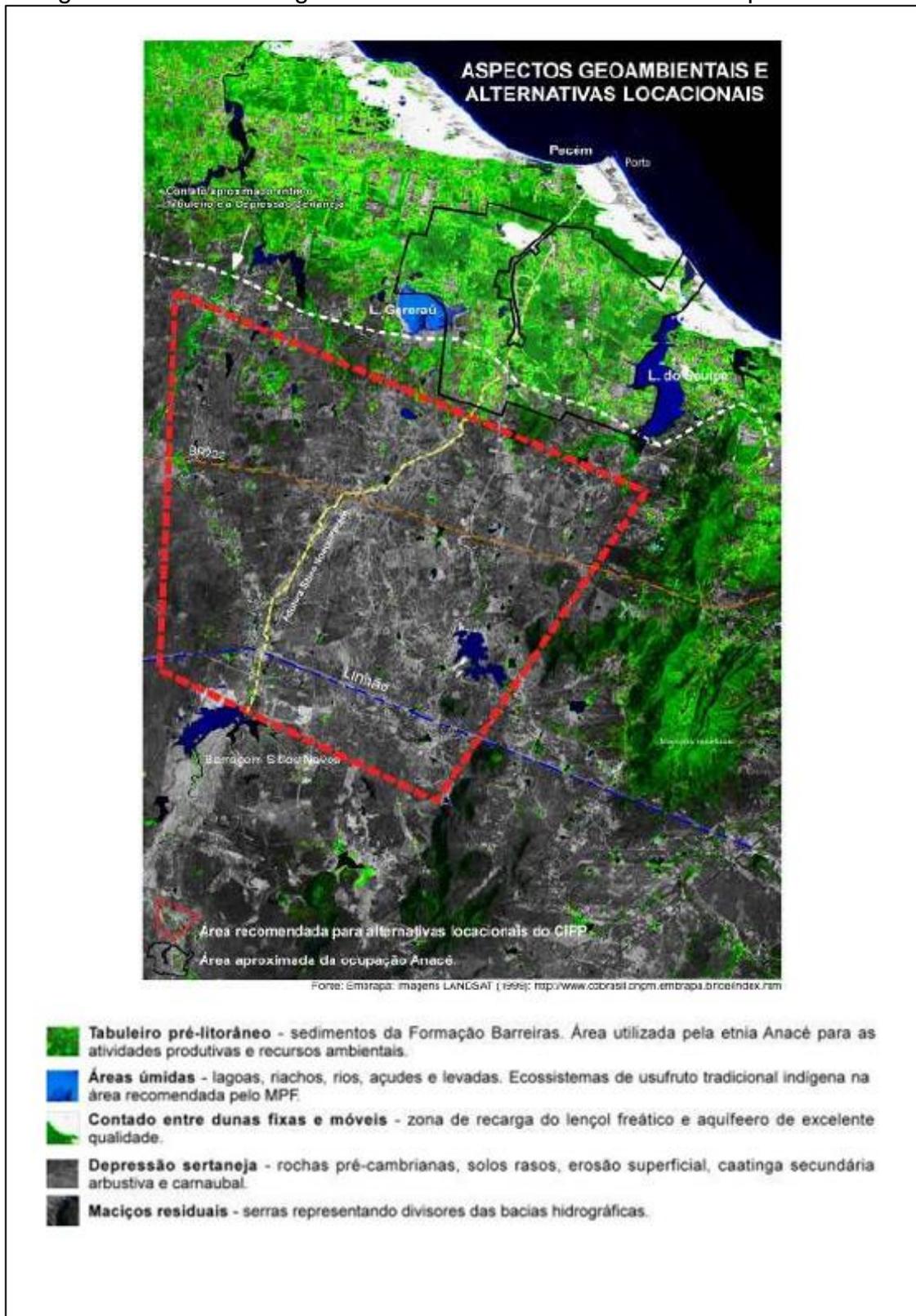
## 4.2 Caracterização dos Sistemas Ambientais

A área em estudo está localizada em uma região litorânea, logo, não pode-se passar despercebido a influência da dinâmica costeira e também dos sistemas ambientais, característicos desse tipo de ambiente.

É necessária a caracterização ambiental da área em estudo, pois no mesmo local onde estão condicionadas as populações, empresas e conflitos são resultantes devido aos recursos dos sistemas ambientais que ali se encontram e que dão suporte ao uso dos recursos ambientais, com enfoque aqui na água.

Meireles, Brissac e Schettino (2012) em seus estudos, já haviam delimitado as principais unidades geoambientais com a divisão do tabuleiros pré-litorâneo e a depressão sertaneja, de modo que, a partir dos estudos feitos, definiram alternativas locais para a instalação do CIPP, que não acarretasse grandes impactos negativos para o meio ambiente e para as comunidades tradicionais e povos indígenas (FIGURA 12).

Figura 12 – Unidades geoambientais e alternativa locacional para o CIPP



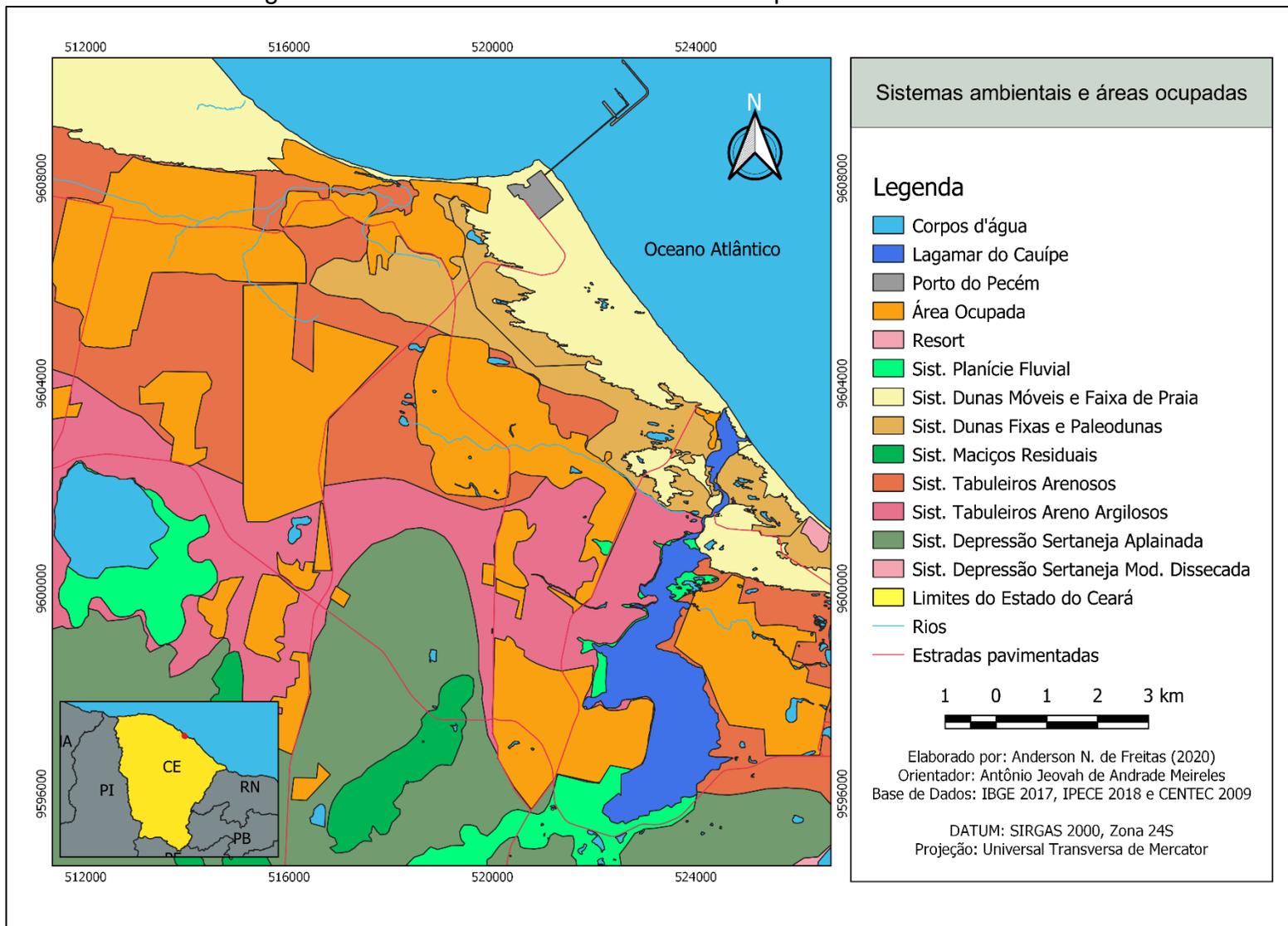
Fonte: MEIRELES, BRISSAC E SCHETTINO (2012)

A alternativa locacional dada para o CIPP se localizava bordejando o tabuleiro e adentrando à depressão. A delimitação dos sistemas ambientais e áreas ocupadas (FIGURA 13), foi realizada através de análise de imagem de satélite, constatações de campo e usando de base o estudo realizado pelo CENTEC (2009). Analisando a imagem de satélite, também foi inserida a situação atual de ocupação contemplando as áreas com ocupação urbana, industrial e outras atividades como agricultura.

É possível visualizar de forma mais expressiva os sistemas ambientais da Planície fluvial, Dunas móveis, fixas e paleodunas, Tabuleiro e adentrando um pouco mais a Depressão sertaneja.

Embasado através de estudos de campo e trabalhos de Souza (2003) e Muehe et al. (2018), foi elaborada uma compartimentação dos sistemas ambientais, definindo, assim, potencialidades, limitações e impactos de uso do solo nos sistemas.

Figura 13 – Sistemas ambientais e áreas ocupadas da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.1 Campo de Dunas Móveis

Por ser uma área litorânea, os campos de dunas móveis têm significativa importância para a dinâmica ambiental local. São depósitos de areia de origem marinha e/ou continental, transportadas por ação eólica, sem praticamente nenhuma cobertura vegetal (SOUZA, 2003) (FIGURA 14).

Figura 14 – Campo de dunas móveis



Fonte: Elaborado pelo autor.

“É mediante a relação de interdependência de morfologias definidas como praia, dunas móveis, canais estuarinos e promontórios, que se processa parte da dinâmica costeira no decurso do litoral nordestino, com a manutenção de um fluxo contínuo de areia para a faixa de praia, por via da participação de sedimentos provenientes dos campos de dunas móveis” (Meireles, 2019, p.92).

A importância vai além da dinâmica sedimentar, mas também é devido a sua permeabilidade e ausência de solo, que apresentam boas condições para aquíferos livres, de modo que são a principal fonte de retirada de água subterrânea. Sobre a dinâmica e vulnerabilidade, podemos considerar esse sistema como um ambiente fortemente instável e com alta vulnerabilidade, devido às ocupações.

Como potencialidades do ambiente, podem ser ressaltadas: o potencial paisagístico, atividades de ecoturismo, potencial de recursos hídricos, incentivos à educação ambiental e pesquisa científica.

A alta dinâmica de mobilidade e transporte de sedimentos é uma limitação do local, que é necessário para manutenção dos processos de erosão e deposição eólica, sendo um ambiente protegido através da Resolução CONAMA 303/02 e altamente vulnerável à contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

Devido à aproximação do Porto do Pecém e do CIPP, bem como o intenso fluxo de veículos de cargas pesadas, também tem sido, ao longo dos últimos anos, fortemente ocupado gerando alguns impactos, como: perda patrimônio paisagístico, intensificação dos processos erosivos comprometendo o fluxo de sedimentos, descarte de resíduos sólidos nas praias e nas margens das estradas. Dessa forma, com a utilização do aquífero Dunas, há possibilidade de rebaixamento e salinização do lençol freático. Estudos de Moura, Sabadia e Cavalcante (2016) apontam para a alta vulnerabilidade de poluição e contaminação desse ambiente, bem como de Dunas Fixas e Paleodunas.

#### ***4.2.2 Dunas Fixas e Paleodunas***

Com características muito parecidas das dunas móveis, as dunas fixas e paleodunas apresentam dinâmicas semelhantes. Ocorre que, com a presença da vegetação que reduz a dinâmica sedimentar, apresentam depósitos de areia de gerações de dunas mais antigas, que passaram por processos de semi-edafização com cobertura vegetal de porte arbóreo-arbustivo (SOUZA, 2003). Assim, a dinâmica e vulnerabilidade caracterizam esse ambiente de moderadamente a fortemente instável, sendo altamente vulnerável à ocupação (FIGURA 15).

Figura 15 – Dunas fixas



Fonte: Elaborado pelo autor.

As dunas fixas e paleodunas apresentam diversas potencialidades, como: aproveitamento do potencial paisagístico, preservação do patrimônio cultural e histórico, através da possibilidade de encontrar sítios arqueológicos, atividades de ecoturismo, recursos hídricos subterrâneos e superficiais.

O ambiente, assim como os campos de dunas móveis, embora não apresente a mesma dinâmica eólica devido a presença de vegetação, também possui as mesmas limitações, sobre construção de edificações, construção de vias e vulnerabilidade de contaminação de recursos hídricos.

Atualmente, o uso e ocupação do local tem impactado nos processos de erosão e deposição de sedimentos, pois vias já construídas e em construção, dividem o ambiente em dois, dificultando ainda mais a ação dos ventos. Há possibilidade também de degradação de possíveis sítios arqueológicos, devido ao local ter sido uma região de ocupação indígena, assim como possíveis impactos de poluição e contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

#### **4.2.3 Espelhos d'água lacustres**

Souza (2003) aponta que os espelhos d'água que aparecem como lagoas e lagunas litorâneas, tem origem principalmente como um afloramento do lençol freático do aquífero Dunas, bem como de origem fluvial. São corpos d'água com profundidades variadas.

Sobre a dinâmica e vulnerabilidade, pode ser classificada como um ambiente instável e de vulnerabilidade alta. A manutenção desses corpos d'água depende da manutenção de nível do aquífero (FIGURA 16).

Figura 16 – Campos de dunas com espelho lacustre no centro



Fonte: Elaborado pelo autor.

As potencialidades encontradas são de aproveitamento paisagístico, atividades de recreação e turismo, exploração de recursos hídricos, atividades de educação ambiental e pesquisa científica.

Os espelhos d'água encontrados no local estão associados aos aquíferos subterrâneos e também à dinâmica das dunas. São ambientes vulneráveis à ocupação, possível poluição, contaminação da água e conseqüentemente da água subterrânea, devido a estarem interligados com o lençol freático (FIGURA 17).

O uso e ocupação do local tem trazido alguns impactos, causando a degradação da mata ciliar, devido à construção de edificações e vias muito próximas desses recursos, despejo de efluentes nos mananciais causando poluição, contaminação da água e assoreamento de lagoas.

Figura 17 – Espelho d'água nas proximidades do CIPP



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.2.4 Planície Fluvial (Lagamar do Cauípe)**

Meireles (2014) demonstra que as lagoas costeiras, em sua maioria no litoral nordestino, estão associadas com o fechamento da desembocadura dos rios através dos campos de dunas e flechas de areia. Assim, o Lagamar do Cauípe, que se apresenta como uma planície fluvial, apresenta características de área plana e rebaixada com acumulação de depósitos sedimentares do baixo curso do rio (FIGURA 18).

Figura 18 – Lagamar do Cauípe entremeado por carnaubais



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Ambiente é tipicamente revestido com mata ciliar, principalmente a carnaúba (*Copernicia prunifera*). É o maior corpo d'água superficial encontrado na área de estudo, sendo objeto também de retirada de água para abastecimento de usos múltiplos. Na sua foz, local chamado de Barra do Cauípe, há atividade turística com barracas e prática do esporte *kitesurf* (FIGURA 19).

Figura 19 – Barra do Cauípe



Fonte: Elaborado pelo autor.

A dinâmica e vulnerabilidade, pode ser classificada como um ambiente de transição medianamente instável e com vulnerabilidade moderada à ocupação. O Lagamar possui grande potencial paisagístico que pode ser aproveitado para atividades de lazer e ecoturismo, além de ser utilizado para pesca artesanal pela população local.

Mesmo sendo um ambiente legalmente protegido, apresenta sinais de degradação, principalmente próximo da sua foz, onde o turismo tem impactado o local com a deposição de lixo por pessoas que utilizam os serviços das barracas na Barra do Cauípe e nas Cristalinas, locais que são muito visitados por turistas no lagamar.

O uso e ocupação do local tem impactado a área com o despejo de efluentes e resíduos sólidos, degradação da mata ciliar com construções próximas das margens do lagamar, assoreamento do lagamar e, mais recentemente, a

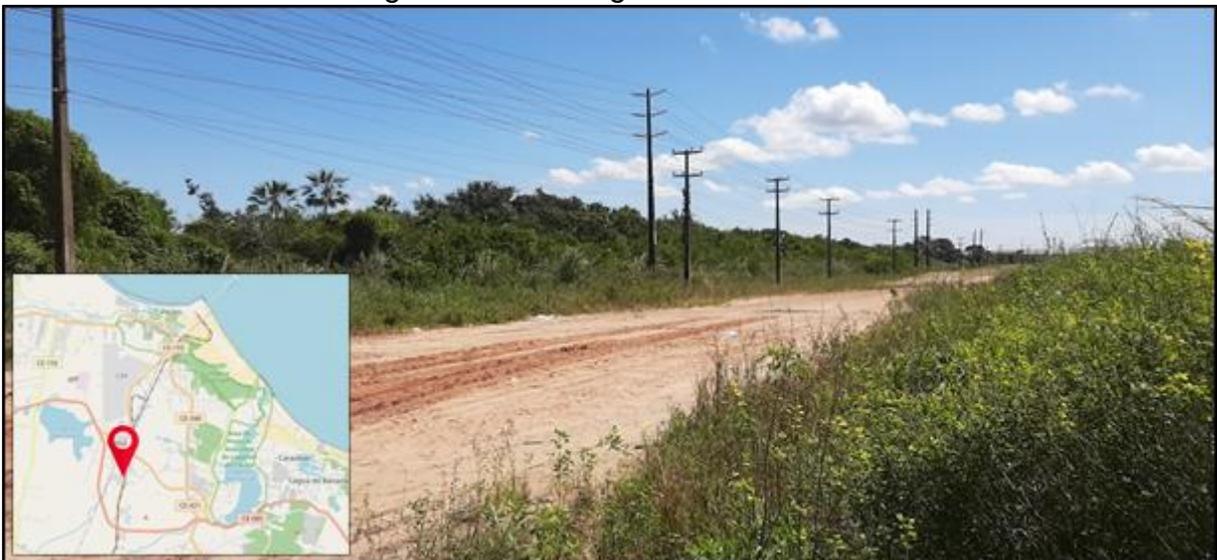
possibilidade de redução do aporte hídrico com a retirada de água do lagamar para abastecimento de usos múltiplos.

#### **4.2.5 Tabuleiros**

Os tabuleiros apresentam características de superfície com topografia suave, com interflúvios predominantemente tabuliformes formados por terrenos firmes e estáveis, com solos espessos de modo que a dinâmica e vulnerabilidade pode ser classificada como um ambiente estável e de vulnerabilidade baixa à ocupação (SOUZA, 2003) (FIGURA 20).

Esta área apresenta um potencial maior para ser edificada, sendo propensa à expansão urbana, obras viárias e atividade agrícola. Os impactos de uso e ocupação do solo são a erosão em áreas degradadas, compactação do solo com máquinas de grande porte nas áreas industriais, além de impactos também da mineração principalmente para a retirada de areia para a construção civil.

Figura 20 – Paisagem do Tabuleiro



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5 USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA E DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS

### 5.1 Usos Múltiplos da Água

A água possui papel fundamental para o desenvolvimento da sociedade e dos seres humanos do ponto de vista biológico. Além disso, a água faz parte de processos industriais e pode até mesmo ter uma representatividade cultural, servindo de elemento para atividades culturais e de lazer.

Nesse contexto, dentre os principais atributos geoambientais que incidem sobre os recursos hídricos superficiais, estão: clima, natureza do terreno e litotipos, geologia e geomorfologia, unidades vegetacionais e uso/ocupação da terra (NASCIMENTO, 2011).

Visando o atendimento de usos variados, para uma melhor gestão da água, ela pode ser classificada quando ao uso sendo consuntivo e não consuntivo (QUADRO 2).

Quadro 2 – Classificações de utilização da Água

Gestão		Planejamento; administração; regulamentação
Oferta		Nucleação artificial; represamento; poços; cisternas
U s o	Consuntivo	Abastecimento, irrigação, abastecimento industrial, aquíicultura, abastecimento urbano.
	Não Consuntivo	Geração hidrelétrica, navegação fluvial, lazer, pesca e piscicultura extensiva, assimilação de esgotos.
Preservação		Lazer, turismo, manutenção do ciclo hidrológico e higidez hídrica, recarga de aquíferos, manutenção microclimática e da biodiversidade.
Complementares		Ciência e tecnologia, meio ambiente, planejamento global, incentivos econômicos, defesa civil

Fonte: Nascimento (2011)

O uso não consuntivo, segundo Nascimento (2011), se baseia quando não há retirada de água do manancial e que não demanda padrões rígidos de qualidade, estando condicionado a atividades de recreação, lazer, transporte, navegação e diluição de dejetos. O uso consuntivo se baseia na retirada de água do manancial que vai ser utilizada para um determinado fim, logo, exigem melhores padrões de qualidade por englobarem o abastecimento público, industrial, agroindustrial e consumo humano.

O abastecimento industrial e para agricultura transformam a água para obtenção do seu produto final. Isto traz em questão o conceito de água virtual que

Carmo (2007) propõe, como a água incorporada em cada produto, o que configura o Brasil como um dos maiores exportadores de água do mundo. Ocorre, porém, que é conflitante visto às disparidades de abastecimento de água no país e no Estado do Ceará.

Seguindo a ideia de água virtual, outro conceito que é necessário salientar é o de pegada hídrica, que trata de um cálculo do volume total de água utilizada pelos bens e serviços que são consumidos (BLENINGER; KOTSUKA, 2015). Isso demonstra que, para além da água embutida em um produto, existe um total de água necessária para que determinado produto, bem ou serviço seja feito.

Como resultante de vários interesses, surgem os conflitos entre os vários atuantes na utilização dos recursos hídricos, caracterizados por uma sobreposição dos direitos da água do mercado às comunidades tradicionais e povos indígenas. Há uma priorização das águas para utilização em equipamentos hidrintensivos, ficando a segurança hídrica da população ameaçada.

## **5.2 Vulnerabilidade e disponibilidade dos recursos hídricos**

Para uma melhor compreensão dos conflitos recorrentes, é importante apontar que existem três tipos de sistemas aquíferos na área em estudo, sendo estes o Fissural, o Barreiras e o Dunas.

Moura, Sabadia e Cavalcante (2016) realizaram um estudo analisando os 3 sistemas aquíferos, através da metodologia DRASTIC e GOD, chegando a níveis de vulnerabilidade para cada um. DRASTIC e GOD são dois métodos utilizados para determinação de vulnerabilidade de aquíferos.

Segundo Guiguer e Kohnke (2002), o método DRASTIC foi desenvolvido pela EPA (*Environmental Protection Agency*) para determinar a vulnerabilidade de aquíferos para eventos potencialmente poluidores, partindo das premissas:

1. Contaminante inserido na superfície;
2. Contaminante percola no solo e chega do lençol freático;
3. Mobilidade do contaminante na água;
4. Área avaliada tem que ser menor que 40ha.

Conforme Melo Junior (2008), os fatores são utilizados um em relação ao outro em uma fórmula para conclusão do potencial de contaminação.

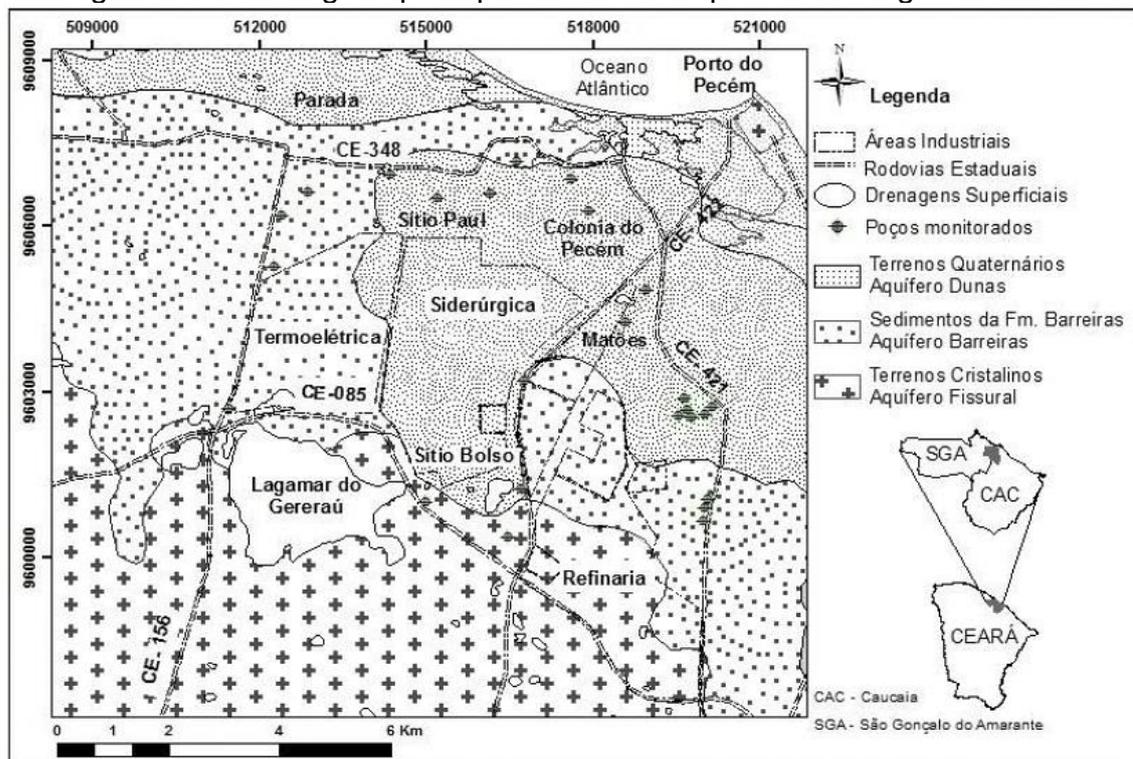
O método GOD (*Groundwater occurrence, Overall lithology of the unsaturated zone, Depth to the water table*), de acordo com Guiguer e Kohnke (2002), foi desenvolvido pela Organização Mundial da Saúde – OMS e utiliza os seguintes indicadores:

1. Ocorrência do lençol freático;
2. Litologia da zona vadosa e camadas confinantes;
3. Profundidade do lençol freático.

Para cada um destes fatores, é atribuído um índice e tem-se como resultados valores que identificam a baixa vulnerabilidade e alta vulnerabilidade.

Com base nisso, Moura, Sabadia e Cavalcante (2016) identificaram na região do entorno do CIPP que o sistema de aquífero Fissural recobre em torno de 14% da área formado por um embasamento cristalino; o aquífero Barreiras compoendo 36% da área embasado por rochas sedimentares; e o aquífero Dunas que compõe 50% da área em forma de aquíferos livres, formado principalmente por sedimentos do quaternário e areias quartzosas com intercalações em pontos de níveis silto-argilosas e argilosas (FIGURA 21).

Figura 21 – Geologia e principais sistemas aquíferos na região do CIPP



Fonte: MOURA, SABADIA E CAVALCANTE (2016)

Ao analisarmos a área, podemos ver zonas que são altamente vulneráveis à ocupação, como campos de dunas móveis e fixas. A partir da identificação dos aquíferos, Moura, Sabadia e Cavalcante (2016) chegaram aos resultados do DRASTIC e GOD. A análise sobre a vulnerabilidade apontou os seguintes dados: alta vulnerabilidade do aquífero Dunas e moderada vulnerabilidade no aquífero Barreiras (TABELA 1).

Tabela 1 – Relação dos intervalos de vulnerabilidade pelos índices DRASTIC e GOD

Sistema Aquífero	DRASTIC				GOD		
	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito Alta	Moderada	Alta
Dunas	-	-	-	25,1%	24,7%	12,5%	36,5%
Barreiras	-	23,0%	13,7%	-	-	36,7%	0,4%
Fissural	12,7%	0,8%	-	-	-	9,8%	4,1%
<b>Total</b>	<b>12,7%</b>	<b>23,8%</b>	<b>13,7%</b>	<b>25,1%</b>	<b>24,7%</b>	<b>59%</b>	<b>41%</b>

Fonte: MOURA, SABADIA E CAVALCANTE (2016)

Analisando os resultados, é possível perceber a vulnerabilidade do aquífero Dunas que é agravado devido à concentração populacional. O estudo chama atenção também para a vulnerabilidade a respeito do aquífero Dunas e sua capacidade de manutenção da cunha salina.

Buscando compreender também sobre a vulnerabilidade do aquífero na mesma área, Morais (2016), utilizando a metodologia GATNEK (baseada em análises de granulometria, ambiente hidrológico, transmissibilidade, nível estático e condutividade elétrica), obteve 3 índices de vulnerabilidade. O aquífero Dunas foi classificado como ambiente de alta vulnerabilidade, o aquífero barreiras com moderada vulnerabilidade e o aquífero Fissural como baixa vulnerabilidade. A alta vulnerabilidade no local está associada, principalmente, devido às indústrias e toda a logística que envolve a atividade industrial instalada na região, com potencial de contaminação do aquífero (FIGURA 22).

Figura 22 – Esteira transportadora de minério de ferro e carvão que liga o Porto do Pecém e o CIPP

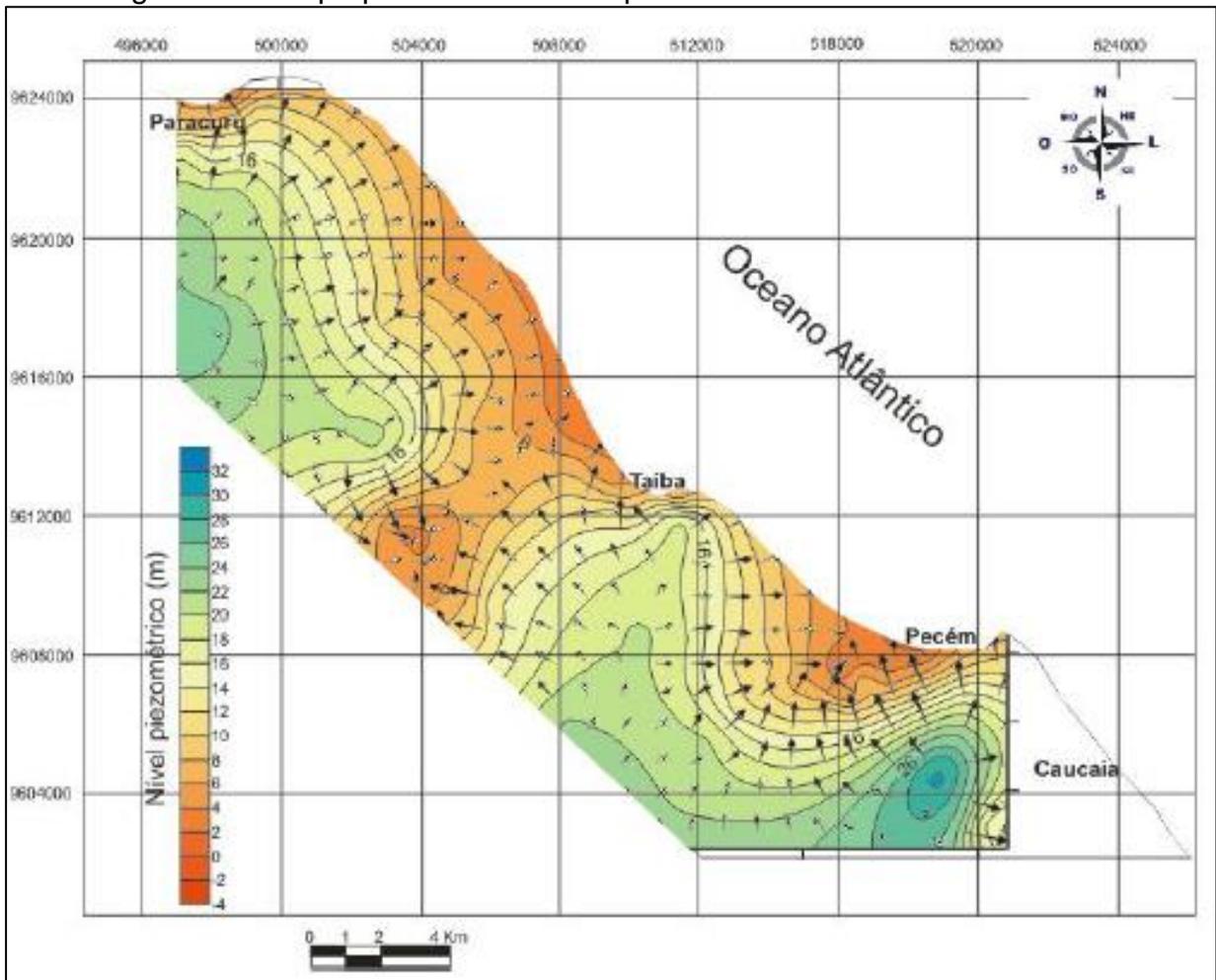


Fonte: Elaborado pelo autor.

Associado aos índices estabelecidos sobre a vulnerabilidade e utilização do aquífero interdunar, Teixeira e Lousada (2013), evidenciam a demanda crescente de água devido às atividades industriais, complexos turísticos e residências de veraneio. O estudo feito sobre a potencialidade do aquífero Dunas do Pecém/Paracuru, mostra que a espessura da camada aquífera varia de 2,8m a 23,3m (FIGURA 23). Todavia, o mapa piezométrico mostra um predomínio de cotas de 6m a 8m, principalmente na faixa litorânea onde se localizam os distritos de Pecém, Taíba e Paracuru.

É importante salientar que, Cavalcante (2006), em seus estudos sobre a penetração da cunha salina na área do Pecém, verificou que a intrusão salina se encontrava a uma profundidade de 20m na zona do aquífero Dunas e 70m de profundidade no aquífero Barreiras.

Figura 23 – Mapa piezométrico do aquífero Dunas do Pecém/Paracuru



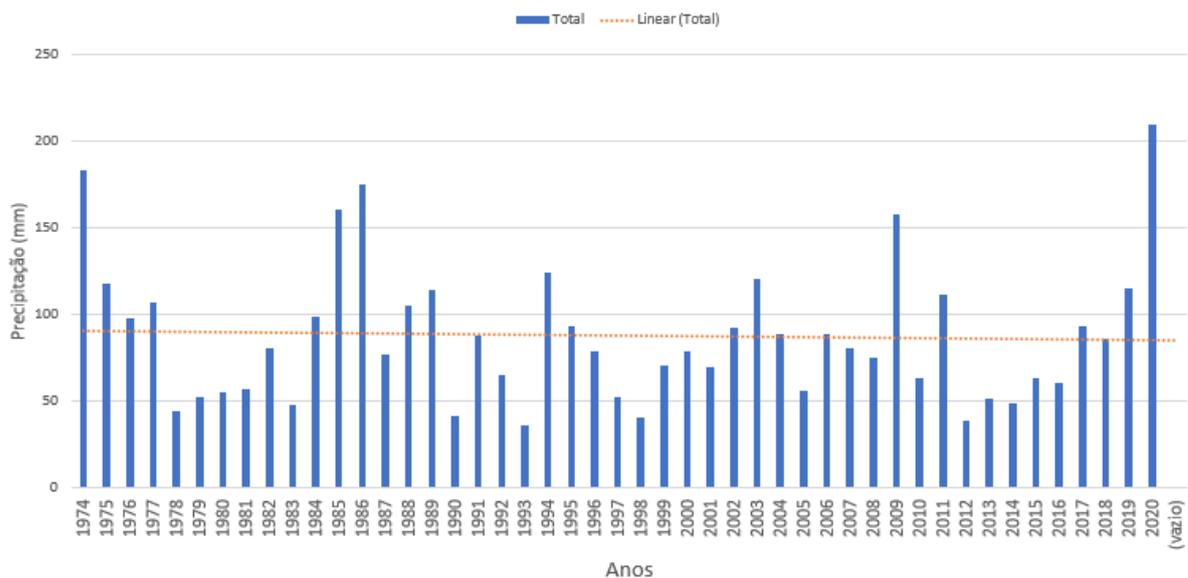
Fonte: TEIXEIRA E LOUSADA (2013)

Outro ponto necessário para a compreensão do aquífero é o fator climático, no qual o Ceará possui predominância do clima Tropical Quente Semiárido. Há nas áreas litorâneas o aparecimento do Tropical Quente Semiárido Brando e algumas manchas com o Tropical Quente Subúmido (IPECE, 2019), com períodos de chuvas concentrado entre fevereiro e maio. Principalmente por causa da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e, também, outros sistemas, como os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), as Linhas de Instabilidade e brisas marinhas (MEIRELES, 2011).

É possível ver o comportamento instável do regime de precipitações na região (GRÁFICO 4), que no ano de 2020 já alcançou o valor médio de 209mm até o mês de julho, após um longo período de secas desde 2012, onde chegou a ter um valor médio anual de precipitação de 38mm. Além de que, pela série histórica, o ano

de 1993 foi o que teve o menor regime pluviométrico entre as médias com 36mm anuais.

Gráfico 4 – Precipitação média acumulada anual (1974-2020) do posto pluviométrico São Gonçalo do Amarante.



Fonte: Adaptado de FUNCEME (2020)

A ZCIT acompanha o Equador Térmico e tem uma movimentação que, na América, se posiciona entre os 5° S, em março, e depois vai para o hemisfério norte, atingindo a posição em média de 10° N (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Durante o deslocamento, enquanto estiver localizada mais ao norte, há um longo período de estiagem no Ceará.

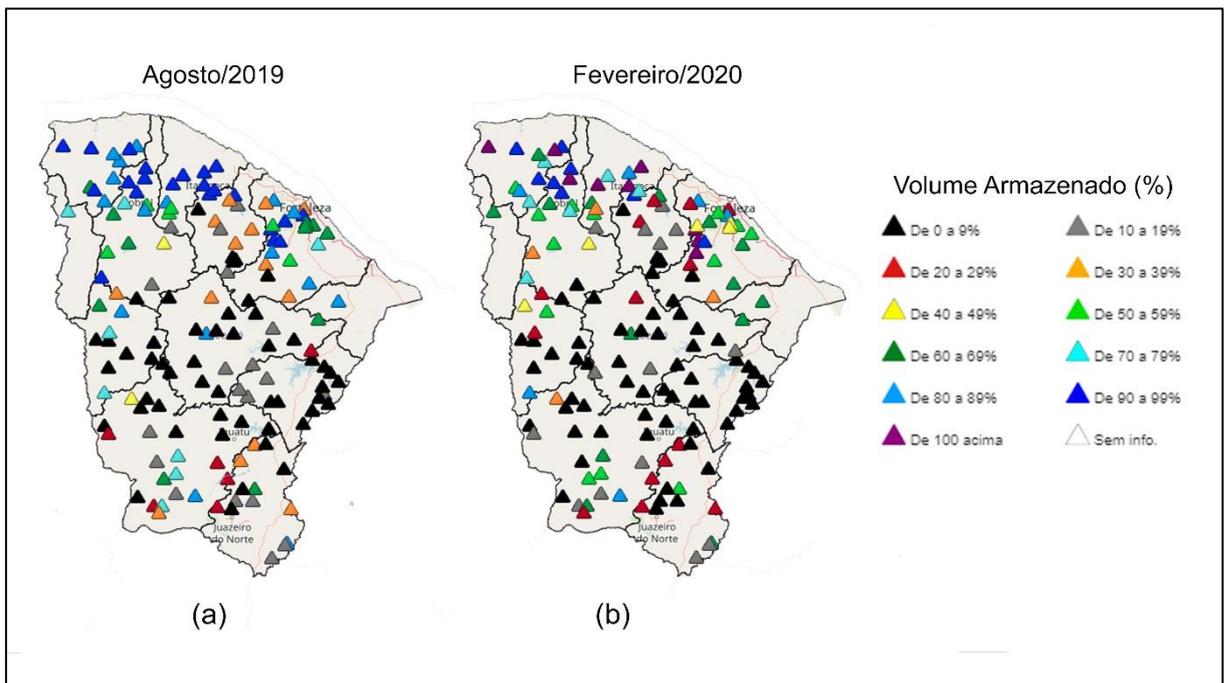
A geologia, geomorfologia e condições climáticas de um ambiente são essenciais na definição de comportamento do mesmo e compreensão da paisagem atual. Os três fatores são importantes atuantes no funcionamento do sistema de recursos hídricos e sua distribuição no espaço.

Embora o Ceará possua estrutura geológica com predominância do cristalino, há também estruturas sedimentares, que favorecem a infiltração de água e são responsáveis pelo acúmulo de água em aquíferos.

O Ceará passou por prolongados períodos severos de seca, desde 2012, dificultando a recarga dos açudes monitorados pela COGERH (FIGURA 24), que mostra a porcentagem de volume armazenado de água nos reservatórios de açudes em agosto de 2019 (a), antes das chuvas concentradas e logo depois fevereiro de

2020 (b). Ainda que concentradas precipitações tenham causado alagamentos em várias cidades, principalmente as situadas no clima subúmido, na região central a quantidade de chuvas não foi suficiente para encher os reservatórios.

Figura 24 – Porcentagem de água acumulada nos reservatórios do Ceará em agosto de 2019 (a) e fevereiro de 2020 (b)

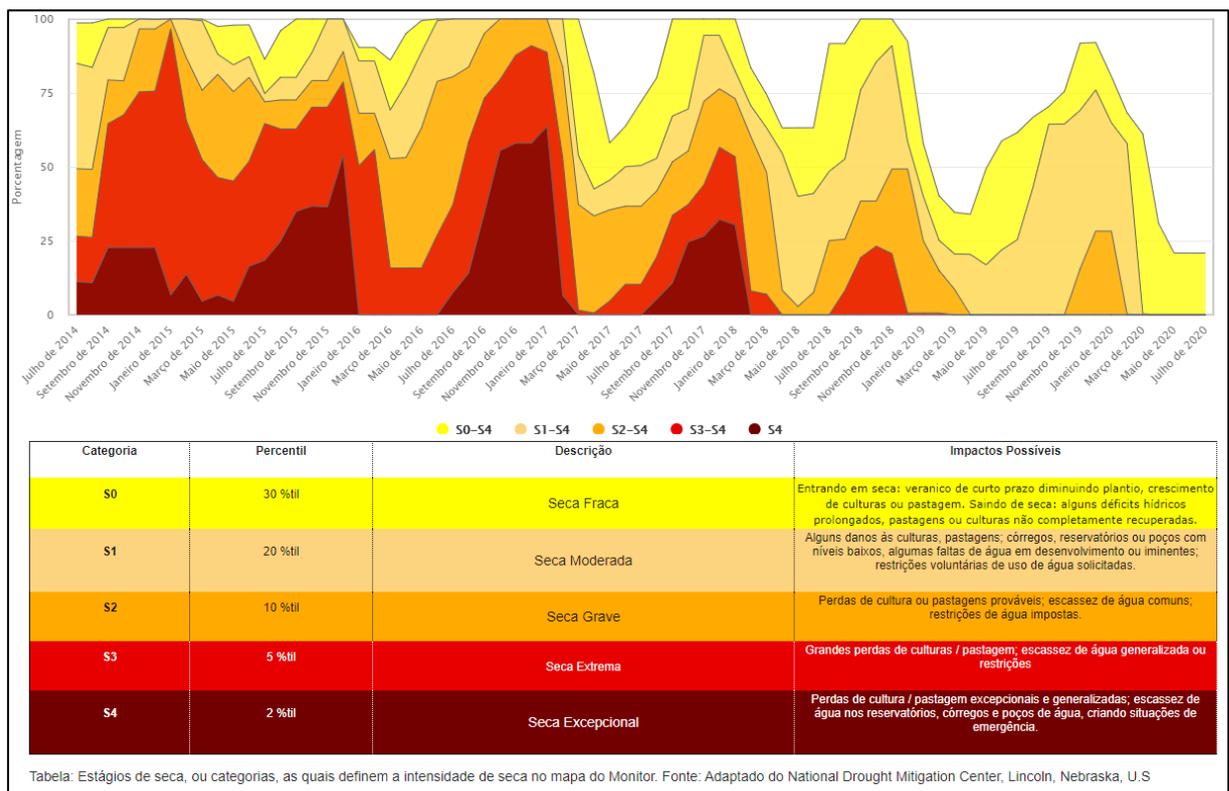


Fonte: COGERH (2019)

O relatório PROGERIRH II (COGERH, 2016) aponta para os níveis de precipitação, em função da média, mas não chama atenção para os baixos índices de pluviometria, principalmente nos períodos de estiagem.

Dessa forma, outro ponto importante de ser contextualizado é o Monitor de Secas da FUNCEME, com dados para o Estado do Ceará, desde 2014 até o período mais recente, que mostra como a seca está se dando no Estado. Nesse contexto, evidencia a média de precipitações e o período de seca pelo qual o Ceará passou desde 2012 (FIGURA 25). Os dados são mostrados em categorias de S0 a S4, que representam os níveis de seca variando de Seca Fraca até Seca Excepcional.

Figura 25 – Porcentagem da ocorrência da seca baseado na delimitação Estado do Ceará (2014 – 2020)



Fonte: Adaptado de MONITOR DE SECAS (2020)

Os reservatórios têm o objetivo de garantir a segurança hídrica do Estado, mas existem as variabilidades climáticas/secas, baixo aportes de água acumulada e interesses conflitantes no tocante à distribuição de recursos hídricos. Em busca de uma saída para a deficiência do aporte hídrico, há uma ideia de retirar a água dos aquíferos (FIGURA 26).

É importante ressaltar o Eixão das Águas, projeto do Governo do Estado do Ceará, que tem o objetivo de trazer água do Açude Castanhão para abastecimento da cidade de Fortaleza e para o CIPP. Grande parte da outorga concedida pela COGERH é disponibilizada através dessa integração, embora exista o risco do abastecimento de água não ser suficiente, pois o Castanhão tem operado ao longo da década com valores abaixo da sua capacidade. O projeto tem o objetivo de melhorar a condição hídrica do Estado, podendo contribuir para o problema do abastecimento, sendo necessário fazer análises futuras para acompanhamento do processo.

Figura 26 – Poços para retirada de água do aquífero livre dunar



Fonte: Elaborado pelo autor

## **6 ANÁLISE SOBRE A RETIRADA DE ÁGUA DO AQUÍFERO**

### **6.1 Análise de todas as outorgas em Caucaia e São Gonçalo do Amarante**

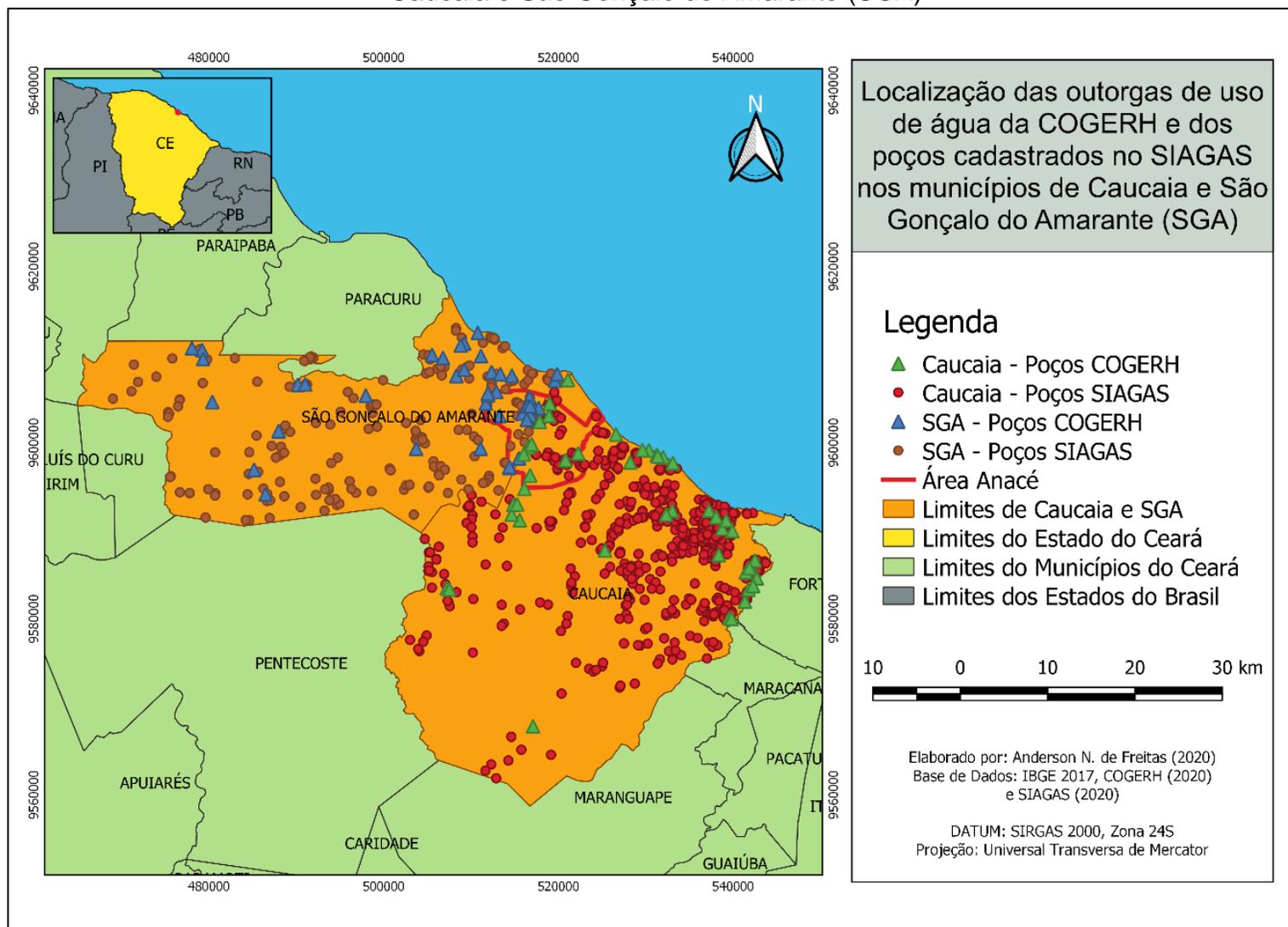
Entre outros recursos ambientais utilizados no meio industrial, a água é um recurso essencial para o funcionamento das indústrias, e sua utilização para usos múltiplos se dá por meio de outorgas dadas pela COGERH.

Como ilustração da exploração dos recursos hídricos (FIGURA 27), a COGERH disponibiliza a relação de outorgas concedidas e em vigência até o momento. No mapa também constam todos os poços retirados da base do SIAGAS que, embora não integrem a rede de outorgas e haja falta de alguns dados, também são importantes para a análise de modo geral da utilização de água subterrânea. O SIAGAS não possui dados de água outorgada, mas conta com informações de localização dos poços e da situação na qual se encontram, embora o sistema ainda conte com falta de algumas informações que seriam importantes para a análise.

No município de Caucaia foram encontradas 158 outorgas, totalizando 240.658.616,67 m<sup>3</sup>/ano de água atendendo a múltiplos usos, enquanto que em São Gonçalo do Amarante, haviam 78 outorgas com um total de 15.486.580,87 m<sup>3</sup>/ano de água.

Além das outorgas de direito de uso de água, classificadas como outorgadas, também contam em registro o total de 36 outorgas para Caucaia e 13 para São Gonçalo do Amarante, que ainda constam “em análise”, estes não se apresentam como o volume de água outorgado.

Figura 27 – Localização das outorgas de uso de água da COGERH e dos poços cadastrados no SIAGAS nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante (SGA)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em 2016, a COGERH elaborou um relatório no qual foi estudado o aquífero livre do Campo de Dunas do Pecém/Paracuru, obtendo-se o valor de 85.914.010 m<sup>3</sup>/ano para a reserva renovável, que é um volume de água que faz parte do ciclo hidrológico em uma escala de tempo.

Como o estudo aponta (COGERH, 2016), esse volume de água faz parte do ciclo hidrológico, alimentando rios e o ecossistema. Logo, a retirada intensa de água pode causar impactos para o ciclo hidrológico, de modo que, ao longo dos anos, a quantidade de água que compõem os sistemas ambientais pode vir a ser reduzida, inclusive rebaixando o nível do aquífero.

Nesse contexto, torna-se difícil definir limites para o aquífero livre, uma vez que nos limites da área em estudo, estão localizados os três sistemas aquíferos. A análise de potencial hidrogeológica da COGERH (2016) engloba parte do município de Caucaia, São Gonçalo do Amarante e Paracuru.

Pode-se perceber que de todo o volume outorgado (COGERH, 2020) em Caucaia para múltiplos usos, observa-se os dados seguintes (GRÁFICO 5):

- ✓ 153.189.832,00 m<sup>3</sup>/ano são retirados do Eixão das Águas;
- ✓ 1.045.851,43 m<sup>3</sup>/ano são retirados do Lagamar do Cauípe, e;
- ✓ 2.813.421,74 m<sup>3</sup>/ano são retirados da água subterrânea através da bateria de poços, poços rasos, poços profundos e poços tubulares

Gráfico 5 – Outorgas para retirada dos recursos hídricos liberadas pela COGERH no município de Caucaia



Fonte: Adaptado de COGERH (2020)

Em São Gonçalo do Amarante o volume outorgado para múltiplos usos é o seguinte (COGERH, 2020) (GRÁFICO 6):

:

- ✓ 5.792.410,5 m<sup>3</sup>/ano são retirados do Canal e Adutora Sítios Novos;
- ✓ 8.726.588,07 m<sup>3</sup>/ano são retirados de águas subterrâneas através da perfuração da bateria de poços rasos, profundos e tubulares;
- ✓ 196.720,40 m<sup>3</sup>/ano são retirados da Lagoa do Pecém;

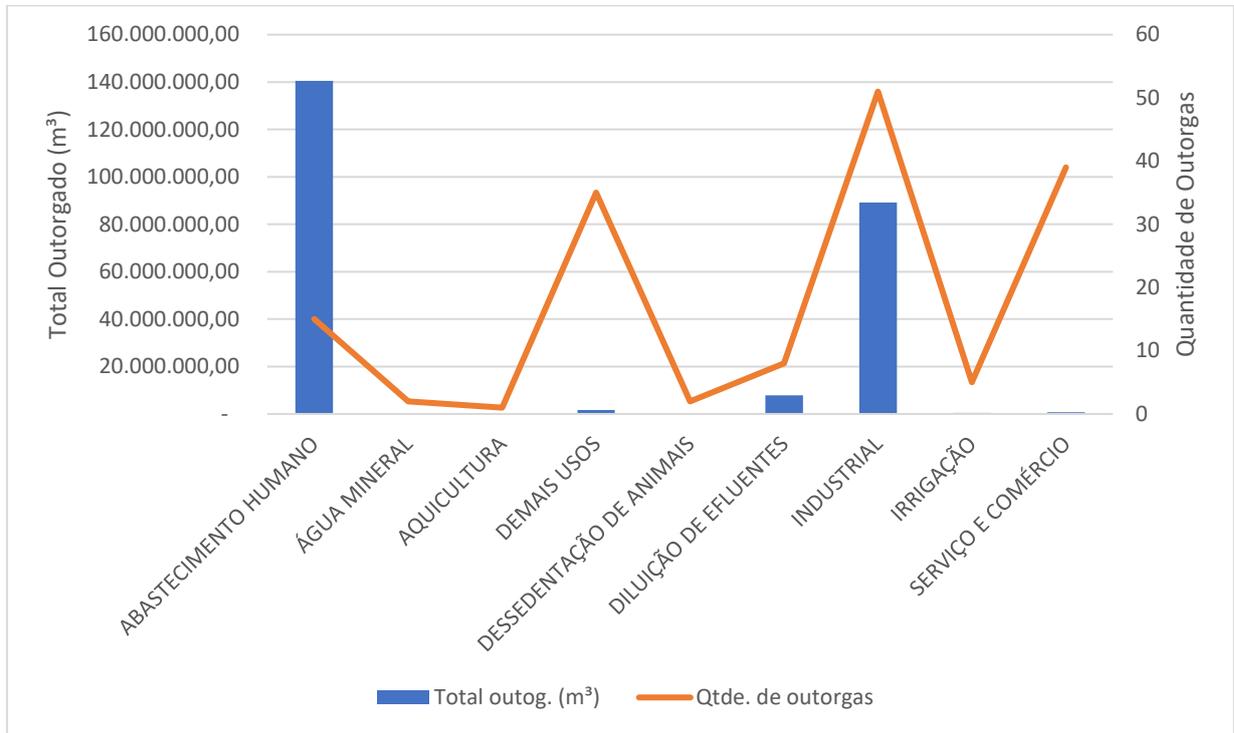
Gráfico 6 – Outorgas para retirada dos recursos hídricos liberadas pela COGERH no município de São Gonçalo do Amarante



Fonte: Adaptado de COGERH (2020)

Outra análise que pode ser feita é sobre as outorgas de uso de água, com finalidade dos usos múltiplos, definidos com o total de água outorgado e a quantidade de outorgas definidas para usos específicos. Em Caucaia, as maiores quantidades de água outorgadas são para abastecimento humano e uso industrial, porém os usos que demandam mais outorgas são o industrial, de comércio e serviços (GRÁFICO 7).

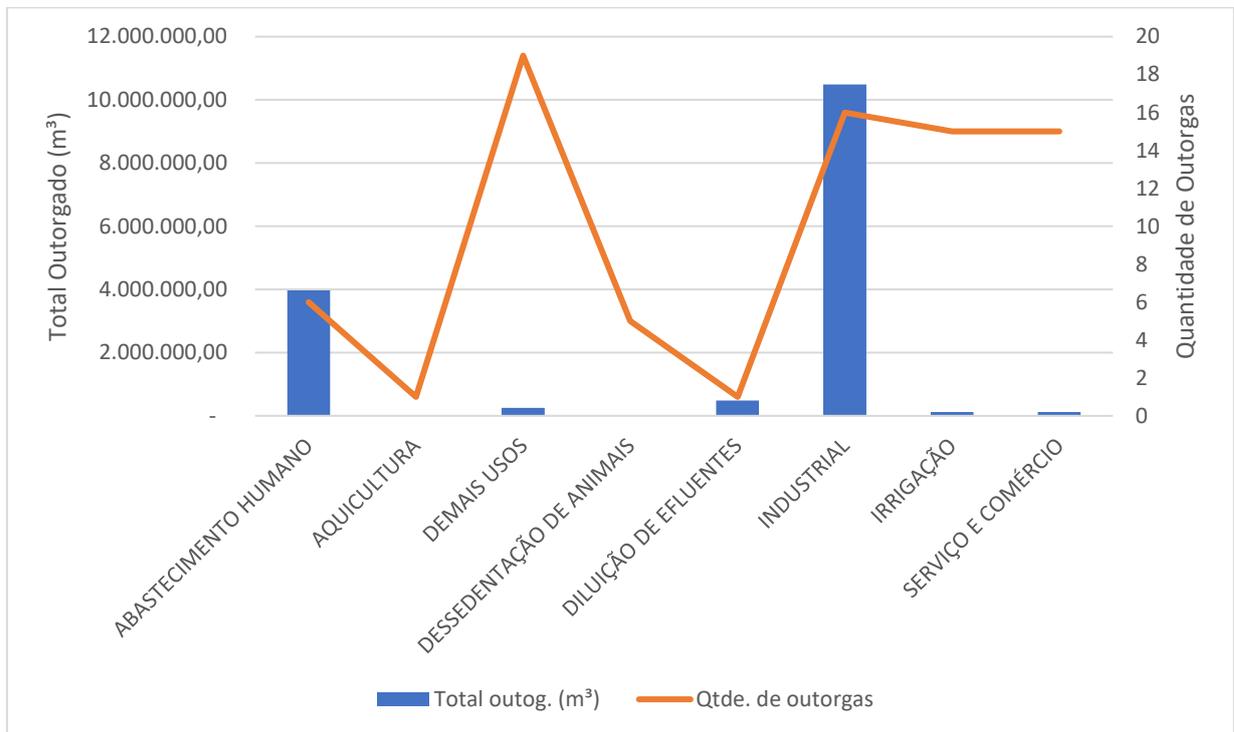
Gráfico 7 – Quantidade de água outorgada e quantidade de outorgas de uso de água da COGERH para Caucaia.



Fonte: Adaptado de COGERH (2020)

Em São Gonçalo do Amarante, pode-se perceber que a quantidade de água outorgada para uso industrial é superior à quantidade de água outorgada para abastecimento humano, assim como a quantidade de outorgas para a atividade industrial supera os outros usos de água (GRÁFICO 8).

Gráfico 8 – Quantidade de água outorgada e quantidade de outorgas de uso de água da COGERH para São Gonçalo do Amarante.



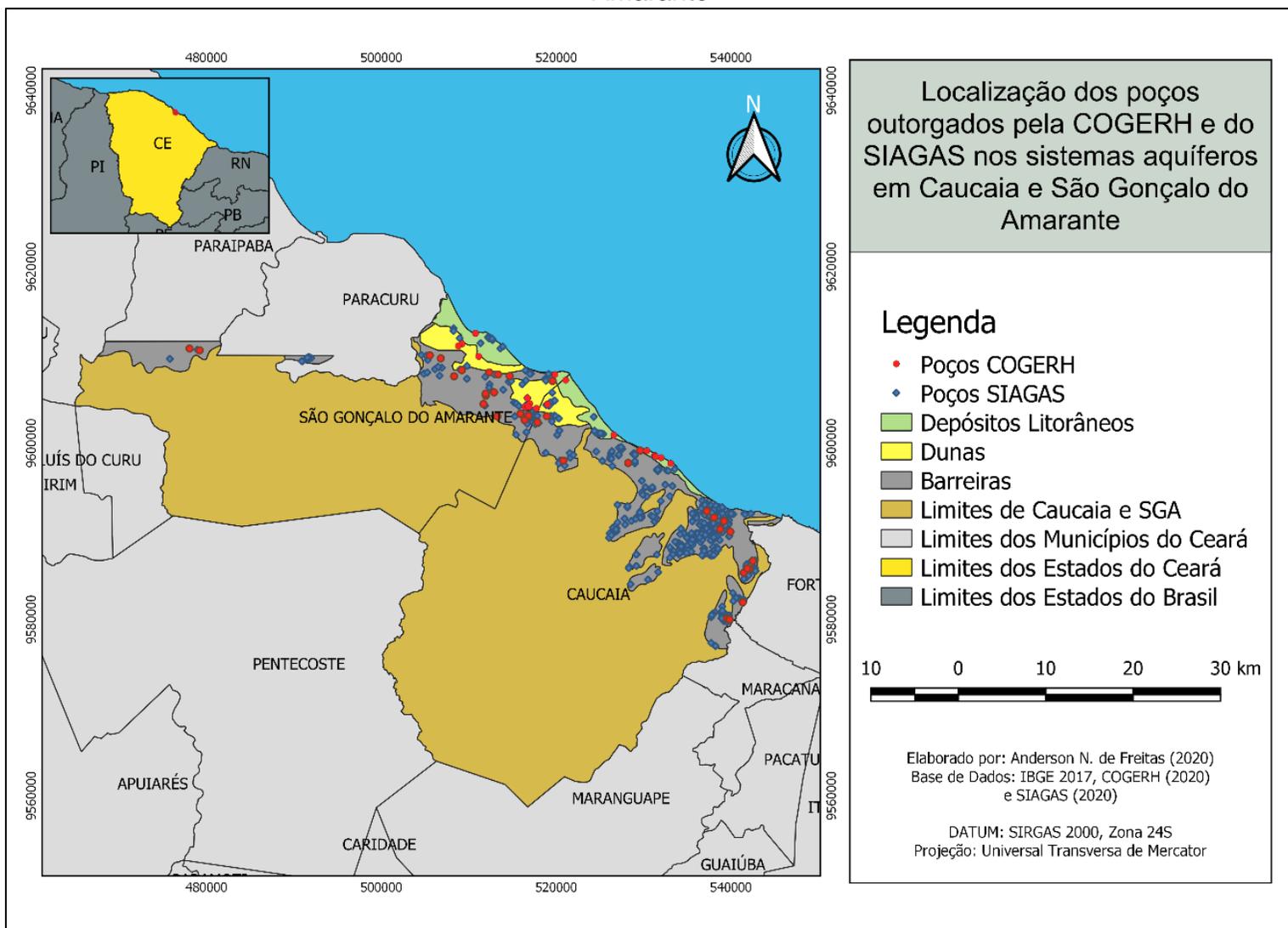
Fonte: Adaptado de COGERH (2020)

## 6.2 Análise das outorgas de água subterrânea nos aquíferos Dunas e Barreiras em Caucaia e São Gonçalo do Amarante

De forma mais verticalizada, foram analisadas as outorgas de uso de água para os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, com base nos aquíferos Dunas e Barreiras. As análises foram voltadas para esses dois, pois o aquífero Fissural se encontra em domínio cristalino, de forma que este não compreende o aquífero livre.

Com base nos dados do SIAGAS (CPRM, 2020), foram delimitados os limites dos aquíferos em cada um dos municípios (FIGURA 28) onde aqui se encontram os Depósitos Litorâneos, Dunas e Barreiras. Para a análise os Depósitos Litorâneos e Dunas, foram considerados como um domínio só, sendo tratados aqui como Sistemas Dunas.

Figura 28 – Localização dos poços outorgados pela COGERH e do SIAGAS nos sistemas aquíferos em Caucaia e São Gonçalo do Amarante



Fonte: Elaborado pelo autor.

No município de Caucaia, foram encontrados 9 poços no Sistema Dunas e 21 no Sistema Barreiras. No município de São Gonçalo do Amarante, foram encontrados 12 poços no aquífero Dunas e 21 no aquífero Barreiras, considerando as outorgas de uso de água da COGERH.

Os totais de poços compreendidos foram relacionados para melhor compreensão das dimensões das quantidades de poços encontradas em cada sistema de cada município (TABELA 2), ocorre que foram desconsiderados os poços do SIAGAS considerados fechados ou em abandono.

Pode-se ver que a quantidade de poços registrados no SIAGAS traz à tona que um grande volume de água pode estar sendo usado, sem ser contabilizado para o volume total de outorgas.

Tabela 2 – Quantidade de outorgas, volume outorgado e quantidade de poços registrados no SIAGAS nos sistemas aquíferos

Sistemas	Quantidade de Outorgas COGERH	Volume Outorgado COGERH (m <sup>3</sup> )	Quantidade de Poços registrados no SIAGAS
Caucaia Dunas	9	652.609,00	28
Caucaia Barreiras	21	1.358.218,01	455
SGA Dunas	12	4.663.279,84	24
SGA Barreiras	21	3.800.982,13	67

Fonte: Adaptado de COGERH (2020) e SIAGAS (2020)

Para compreensão da disponibilidade da água, baseado nos dados encontrados, foi aplicada a fórmula para obtenção do valor de reserva renovável do aquífero. A reserva renovável compreende parte do aquífero que se renova anualmente, conforme o ciclo hidrológico, de modo que a água pode ser retirada sem grandes impactos para o sistema aquífero como um todo. A obtenção desse valor se dá através da fórmula:

$$R_r = A \times \Delta h \times \mu_e$$

Onde:

$R_r$  – Reservas renováveis ( $m^3/ano$ )

$A$  – Área aflorante do sistema aquífero ( $m^2$ )

$\Delta h$  – Flutuação anual do nível d'água

$\mu_e$  – Porosidade efetiva

A metodologia para obtenção da Reserva Renovável ( $R_r$ ) fora utilizada por Cavalcante (1998) e Moraes (2011), em trabalhos na mesma área de estudo. Dessa forma, serão considerados neste trabalho, os mesmos valores de flutuação anual do nível d'água e porosidade efetiva, sendo alterado o valor da área de cada sistema aquífero. Logo, os valores utilizados para cada sistema foram:

Aquífero Dunas:

$\Delta h = 1,5m$

$\mu_e = 0,15$  ou 15%

Aquífero Barreiras:

$\Delta h = 0,5m$

$\mu_e = 0,05$  ou 5%

As áreas (TABELA 3) foram calculadas através do *software* QGIS com base nos limites de cada sistema aquífero do SIAGAS (CPRM, 2020).

Tabela 3 – Dimensão da área ( $m^2$ ) dos Sistemas Dunas e Barreiras nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante.

Município de Caucaia	Área ( $m^2$ )
Sistema Dunas	35.127.317,06
Sistema Barreiras	168.440.069,78
Município de São Gonçalo do Amarante	Área ( $m^2$ )
Sistema Dunas	58.859.570,64
Sistema Barreiras	109.198.017,03

Fonte: Adaptado de COGERH (2020)

Utilizando os dados e aplicando na fórmula para encontrar os valores de reserva renovável, foi constatado para a área (TABELA 4).

Tabela 4 – Valores de Reserva Renovável (Rr) dos Sistemas Dunas e Barreiras nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante

Município de Caucaia	Reserva Renovável (m <sup>3</sup> /ano)
Sistema Dunas	7.903.646,34
Sistema Barreiras	4.211.001,75
Município de São Gonçalo do Amarante	Reserva Renovável (m <sup>3</sup> /ano)
Sistema Dunas	13.243.403,39
Sistema Barreiras	2.729.950,43

Fonte: Adaptado de COGERH (2020)

A partir disso, foi analisada a quantidade de água que é outorgada em cada um desses sistemas e constatado que, embora a quantidade de água outorgada nos outros sistemas seja inferior ao valor de reserva renovável, a quantidade de água outorgada no Sistema Barreiras em São Gonçalo do Amarante está sendo superior à capacidade de água da reserva renovável deste mesmo sistema (TABELA 5).

Tabela 5 – Quantidade de água outorgada por ano nos sistemas aquíferos

Município de Caucaia	Quantidade de água outorgada (m <sup>3</sup> /ano)
Sistema Dunas	652.609,00
Sistema Barreiras	1.358.218,01
Município de São Gonçalo do Amarante	Quantidade de água outorgada (m <sup>3</sup> /ano)
Sistema Dunas	4.663.279,84
Sistema Barreiras	3.800.982,13

Fonte: Adaptado de COGERH (2020)

Embora a quantidade de água que está sendo outorgada não signifique esgotamento do aquífero em todos os sistemas, o Sistema Barreiras de São Gonçalo do Amarante apresenta valores mostrando que pode haver rebaixamento do aquífero, causando danos para a população que também se utiliza da água subterrânea diariamente.



A instalação de um complexo dessa proporção, nesse ambiente, já teve impactos ambientais relacionados com a perda de biodiversidade, de áreas para produção de alimento e moradia, contaminação do solo e da atmosfera, doenças respiratórias e uso de extensivo das águas superficiais e subterrâneas (MEIRELES; MELO e SAID, 2018).

Tavares (2019) já apontou em estudos que a localidade do Pecém carece de segurança hídrica em alguns de seus bairros, que no conceito considerado como segurança hídrica, também foram considerados recursos hídricos superficiais e subterrâneos, como poços e cacimbas.

Desta forma, a justiça ambiental busca através de seus princípios, evitar ou mostrar que os povos e comunidades mais pobres, não devem receber impactos ambientais maiores do que outra parcela da população mais rica.

A Rede Brasileira de Justiça Ambiental – RBJA em sua declaração de fundação explica:

Por justiça ambiental designamos o conjunto de princípios e práticas que asseguram que nenhum grupo social, seja ele étnico, racial ou de classe, suporte uma parcela desproporcional das consequências ambientais negativas de operações econômicas, de decisões políticas e de programas federais, estaduais, locais, assim como da ausência ou omissão de tais políticas (ACSELRAD, 2009, p.61).

Nesse contexto, Meireles (2018), aponta que como a captação de água compreende o Lagamar do Cauípe e também a captação por meio de poços que fazem retirada de água do aquífero, a perfuração dos poços profundos e a superexploração do aquífero livre pode reduzir a disponibilidade de água no Lagamar do Cauípe e promover impactos ambientais na dinâmica dos ecossistemas costeiros. Ao reduzir o nível de água do aquífero sem recarga efetiva, poderá haver a salinização da água e redução da disponibilidade da água para a população local que utiliza poços artesanais e cacimbas, principalmente em zonas onde a profundidade do aquífero é menor (FIGURA 30).

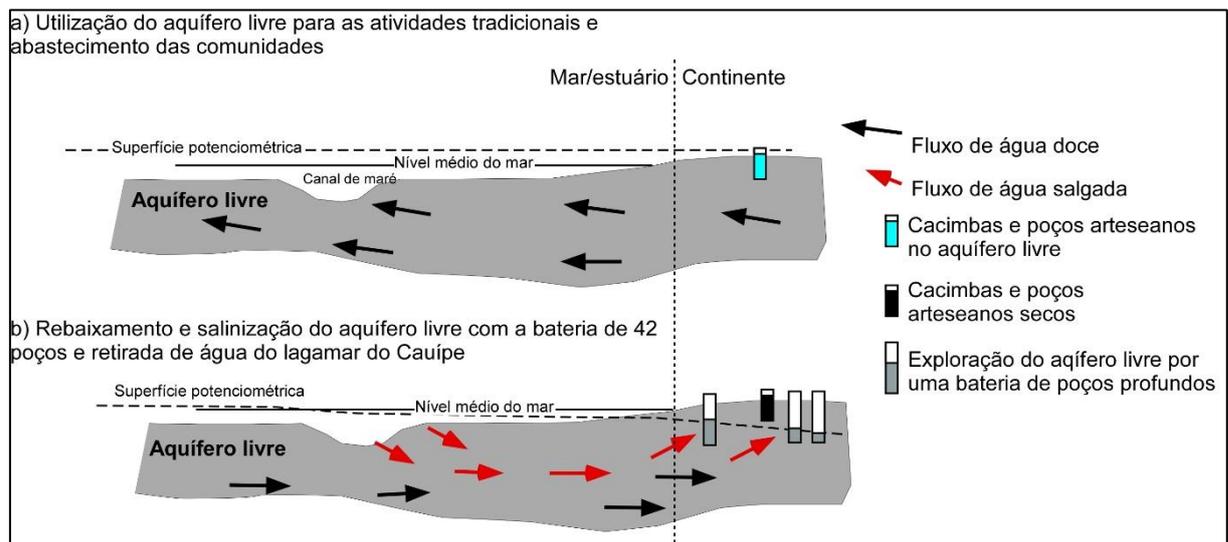
Além do rebaixamento do aquífero, a salinização também é um impacto negativo de possível ocorrência, que ocorre quando a água salgada contamina o reservatório doce dos aquíferos não confinados superficiais, que são (MORELLI, 2003):

- Movimento de água salgada na subsuperfície;

- Infiltração de água salgada de canais relativos à maré e fluxos;
- Movimento superior de água salgada cognata de formações detríticas mais rasa devido a retiradas em poços no campo.

Evidenciou-se, ainda, prognósticos que podem provocar colapsos hídricos estruturais e relacionados com o incremento das indústrias hidroativas, dos extremos climáticos, impermeabilização do solo e contaminação pelos efluentes industriais e urbanos com base em prognósticos do IPCC (2014).

Figura 30 – Dinâmica ambiental relacionada aos impactos do rebaixamento do aquífero livre (superfície potenciométrica) secando as cacimbas, os poços artesanais e alterando o nível sazonal do Lagamar do Cauípe.



Fonte: MEIRELES, 2018.

Já foram evidenciados os efeitos negativos da salinização de aquíferos costeiros, que causam problemas ambientais em diversos países (BARLOW, 2003; ANTONELLINI et al., 2008; VINSON et al., 2011), onde a cunha salina adentra o continente, atingindo áreas agriculturáveis e zonas industriais com demanda elevada por água e assentamentos populacionais urbanos.

A crescente demanda por recursos hídricos também tende a aumentar os conflitos na área de estudo, com a urbanização dessa faixa costeira dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, com casas de segunda residência, novos loteamentos e o fluxo migratório incrementado com o CIPP, podem ser potencializados os riscos de recarga ineficiente (FIGURA 31).

Como parte dessa demanda crescente, se enquadram também a chegada de novas indústrias, como está estruturado no projeto do plano diretor do CIPP, que projeta a instalação de uma nova termelétrica e o acréscimo de novas outorgas de uso de água com a instalação de novas indústrias, como as outorgas exemplificadas anteriormente, que não participaram da base de cálculo de água utilizada deste trabalho, por ainda não terem volume outorgado definido e não estarem ativas oficialmente.

Desse modo, a tendência de colapsos ambientais nos ecossistemas devido à escassez de recursos hídricos, vai sendo acrescida. Fazendo com que, cada vez mais, as populações tradicionais e indígenas que não tem água encanada e usam água subterrânea ou de mananciais superficiais, tenham a segurança hídrica cada vez mais ameaçada por esgotamento desses recursos.

Figura 31 – Demanda crescente pelo uso de água na área do CIPP



Fonte: Elaborado pelo autor adaptado de Google (2019).

Além de problemas relacionados com os riscos ambientais associados à salinização do lençol freático, com a sobre-exploração do aquífero livre para suprir água bruta às indústrias hidroativas do CIPP, foram caracterizados nas atividades de campo e conversas com lideranças locais os principais danos socioambientais:

i. Rebaixamento nível hidrostático que aflora nas cacimbas, nos poços artesanais, nas áreas úmidas e lagoas, interferindo diretamente na disponibilidade de águas para as atividades tradicionais e étnicas e para os ecossistemas.

ii. Impactos cumulativos com o incremento dos poços profundos devido ao último período de estiagem (2010-2016), expansão das indústrias hidroativas e as projeções de crescimento populacional e fluxos migratórios motivados pelo CIPP.

iii. Elevada vulnerabilidade do aquífero livre dunar, acarretando riscos socioambientais de colapso na regularidade do abastecimento humano e na segurança alimentar das comunidades tradicionais e indígenas, nas áreas de influência direta da bateria de poços profundos para obtenção de água doce para as indústrias.

Ao ligarmos a atual ocupação do solo, as demandas de água cumulativas coexistentes no local, entre elas a indústria termelétrica, alimentada por carvão mineral, siderúrgica, cidades, comunidades tradicionais e indígenas, agricultura, diversos usos e disponibilidade da água nos ecossistemas, pode-se incrementar o risco da salinização sazonal dos aquíferos, principalmente no período de estiagem no segundo semestre do ano.

Analisando os eventos extremos (MARENGO, et al., 2009), e o último período de estiagem de 6 anos (2010-2016) (CORTEZ; LIMA; SAKAMOTO, 2017), com deficiência prolongada na recarga do aquífero livre, há maior consolidação para o cenário de escassez hídrica e avanço da cunha salina no aquífero livre.

Além das correlações com usos e ocupação do solo, a dinâmica climática regional, as conexões com o sistema atmosfera-oceano e as previsões relacionadas com extremos climáticos (maiores e mais prolongados períodos de déficits hídricos) (IPCC, 2013).

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de uma política mais eficiente e visando uso sustentável dos recursos ambientais, em especial os recursos hídricos, se faz cada vez mais necessária, uma vez que o Estado do Ceará se encontra em uma região semiárida que necessita de um controle eficiente do uso de água em períodos de estiagem.

As notícias de veículos de comunicação apontaram para a preocupação da população com relação a retirada de água subterrânea e do Lagamar do Cauípe, mostrando os conflitos sobre a distribuição e abastecimento de água no local

Visando os princípios de justiça ambiental, a gestão dos recursos hídricos deve ser pensada não apenas do ponto de vista econômico, mas também do ponto de vista das populações que utilizam água.

Ao longo da pesquisa foi verificado a tendência de alta vulnerabilidade de contaminação da água subterrânea do aquífero Dunas, sendo necessária uma devida atenção com obras e intervenções feitas nas proximidades dos campos de Dunas.

O monitoramento dos reservatórios no Ceará feito pela COGERH, é uma ferramenta importante para compreensão do nível em que estes se encontram e também para o planejamento de como a água pode ser distribuída da melhor forma. O monitoramento dos aquíferos ainda é carente de pesquisa e, nesse contexto, são necessários mais estudos para saber sobre a situação na qual se encontram os aquíferos para se propor sugestões de utilização sustentáveis.

Além dos estudos, também há necessidade de um cadastro eficiente dos poços que não são outorgados pela COGERH, mas constam na lista de poços do SIAGAS, logo, fazer o cálculo de água que está sendo utilizada para além dos poços outorgados pela COGERH se torna um trabalho de difícil realização, pois não se tem o volume total outorgado específico. Assim, o volume de água subterrânea que é retirado pode ser muito superior e comprometer a reserva renovável do aquífero.

Com a previsão de chegada de nova termelétrica e novas empresas do setor de metalmeccânica na região do complexo, há a tendência de um crescimento dos conflitos por território e por água, com agravamento dos riscos ambientais de maior rebaixamento e salinização do aquífero.

Os períodos de estiagem associados aos extremos climáticos, aumento da demanda de água e também de outorgas, podem causar o rebaixamento do aquífero e avanço da cunha salina, salinizando os aquíferos Dunas e Barreiras e reduzindo a

qualidade de água dos poços e das populações que os utilizam como forma de garantia de água.

Em trabalhos futuros, pode ser analisada de forma mais profunda como está ocorrendo a intrusão salina no lençol freático e também identificar junto à população, os poços que já tiveram seus níveis rebaixados e hoje estão secos.

A perfuração dos poços para atender a demanda industrial, em conjunto com o bombeamento contínuo da água do sistema ambiental Lagamar do Cauípe, poderá incrementar riscos na dinâmica das lagoas, nos sistemas fluviais e na dinâmica do aquífero livre.

Os impactos gerados no abastecimento de água, através do Eixão das Águas, poderão ser analisados futuramente para compreensão de mudanças ocorridas nos reservatórios e como isso pode influenciar na dinâmica de utilização de água do aquífero.

Embora as populações tradicionais e indígenas, as quais nem sempre tem acesso à água encanada, utilizem os mananciais superficiais (riachos e lagoas) e subterrâneos (poços) para garantia relativa de segurança hídrica, estes podem se tornar vulnerabilizados devido aos riscos de contaminação da água, rebaixamento e salinização do aquífero, em períodos de estiagem e extremos climáticos.

## REFERÊNCIAS

ACSELRAD, Henri. Conflitos ambientais: a atualidade do objeto e as práticas espaciais e o campo dos conflitos ambientais. *In*: ACSELRAD, Henri. **Conflitos ambientais no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará; Fundação Heinrich Böll, 2004. p. 7-35.

ACSELRAD, Henri; HERCULANO, Selene; PÁDUA, José Augusto. **Justiça ambiental e cidadania**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004.

ANTONELLINI, M; MOLLEMA, P.; GIAMBASTIANI, B.; BISHOP, K.; CARUSO, L.; MINCHIO, A.; PELLEGRINI, L.; SABIA, M.; ULAZZI, E. e GABBIANELLI, G. Salt water intrusion in the coastal aquifer of the southern Po Plain, Italy. **Hydrogeology Journal**, vol. 16, 1541–1556p, 2008.

ANA. Agência Nacional de águas. **Quantidade da água**. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em: 15 nov. 2018.

BARLOW, P.M. **Ground Water in Freshwater-Saltwater Environments of the Atlantic Coast**. Circular 1262 U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, 2003. Disponível em [https://pubs.usgs.gov/circ/2003/circ1262/pdf/circ1262\\_opt.pdf](https://pubs.usgs.gov/circ/2003/circ1262/pdf/circ1262_opt.pdf). Acesso em: 11 nov. 2018

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 8, p.141-152, 31 dez. 2004. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389>.

BLENINGER, Tobias; KOTSUKA, Luziadne Katiucia. Conceitos de água virtual e pegada hídrica: estudo de caso da soja e óleo de soja no Brasil. **Revista Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 36, n. 1, p.15-24, maio 2015. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rh36n1-2>.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei. Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF, Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 06 mai 2019.

BRASIL. **Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de

agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm). Acesso em: 15 set. 2019.

CALDAS, Sérgio Túlio. **Portos do Brasil: A História Passa Pelo Mar**. São Paulo: Horizonte, 2008.

CARMO, Roberto Luiz do; OJIMA, Andréa Leda Ramos de Oliveira; OJIMA, Ricardo and NASCIMENTO, Thais Tartalha do. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande "exportador" de água. **Ambient. soc.** [online]. 2007, vol.10, n.2, pp.83-96. ISSN 1414-753X. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200006>.

CARVALHO, Osires; RODRIGUES, Flávio. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável (escala de necessidades humanas e manejo ambiental). **Geographia**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 12, p.111-125, 10 dez. 2004. Pro Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - UFF. <http://dx.doi.org/10.22409/geographia2004.v6i12.a13482>. Disponível em: <http://periodicos.uff.br/geographia/article/view/13482/8682>. Acesso em: 13 abr. 2019.

CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará**. 1998. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CAVALCANTE, Maria Valfrida Ávila. **Caracterização do aquífero costeiro do Pecém CE com base em dados geofísicos (FEM) e hidrogeológicos**. 2006. 68p. Dissertação (Mestrado em Geologia) Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

CEARÁ. GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Plano de Segurança Hídrica da Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Ceará, 2016. Disponível em: <http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PLANO-SEGURANCA-HIDRICA-RMF-CAGECE-PDF.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

CEARÁPORTOS. **Complexo Industrial e Portuário do Pecém**. Disponível em: <http://www2.cearaportos.ce.gov.br/complexo.asp>. Acesso em: 10 abr. 2020.

CENTEC (Ceará). **Instituto Centro de Ensino Tecnológico. Estudo de Impacto Ambiental - EIA e Relatório de Impacto Ambiental - RIMA do Complexo Industrial e Portuário do Pecém**. Fortaleza: Centec, 2009.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem dos Sistemas Ambientais**. 1ª Edição – São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

COGERH. 2016. **Avaliação hidrogeológica quali-quantitativa do campo de dunas Pecém/Paracuru, no Estado do Ceará**. PROGERIRH II. Relatório final. 84p.

COGERH. **Outorgas Concedidas e Vigentes**. Disponível em: [http://outorgasvigentes.cogerh.com.br/paginaSemValidacao/outorgaVigente/outorgas\\_fh.xhtml](http://outorgasvigentes.cogerh.com.br/paginaSemValidacao/outorgaVigente/outorgas_fh.xhtml). Acesso em: 23 mar. 2020.

COGERH. **Portal Hidrológico do Ceará**. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/acude/nivel-diario>. Acesso em: 23 mar. 2020.

COOK, Christina. BAKKER, Karen. **Water Security: Debating an emerging paradigm**. *Global Environmental Change*, 22(1): 94-102. 2012.

CORTEZ, H.S.; LIMA, G.P.de e SAKAMOTO, M.S. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Revista Parcerias Estratégicas**, v.22, n.44, 83-118p, 2017.

CPRM. **Aquíferos**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Aquiferos-1377.html>. Acesso em: 12 nov. 2018

CPRM. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>. Acesso em: 17 abr. 2020.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Estudo inédito estima a existência de quase 90 mil barragens no CE**. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/estudo-inedito-estima-a-existencia-de-quase-90-mil-barragens-no-ce-1.2969982>. Acesso em: 15 set. 2020.

FIOCRUZ. **Mapa de Conflitos Envolvendo Justiça Ambiental e Saúde no Brasil: CE – Povo indígena Anacé, pescadores, agricultores e outras comunidades tradicionais lutam e resistem contra impactos negativos do Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP**. Disponível em: <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/>. Acesso em: 20 jul. 2019.

FREIRE, Paulo. **Ação cultural para a liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1984.

FUNCEME. **Download de Séries Históricas**. Disponível em: [http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Download\\_de\\_series\\_historicas/DownloadChuvasPublico.php](http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Download_de_series_historicas/DownloadChuvasPublico.php). Acesso em: 10 set. 2020.

G1. **Indígenas protestam contra retirada de água do Lagamar do Cauípe, no Ceará**. Disponível em: <https://g1.globo.com/ceara/noticia/indigenas-protestam-contrar-retirada-do-lagamar-do-cauипе-no-ceara.ghtml>. Acesso em: 02 mar. 2020

GOOGLE. **Google Earth**. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em: 02 dez. 2029.

GUIGUER, N.; KOHNKE, M. W. Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos. **Águas Subterrâneas**, n. 1, 2002.

IBGE. **Panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>. Acesso em: 02 set. 2019.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change. AR5, 2013**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Acesso em: 10 mai .2018.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change. AR5, 2014**. Disponível em <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>. Acesso em: 10 de jan. 2019.

IPEA. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods6.html>. Acesso em: 15 set. 2020.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Ceará em Mapas**. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/>. Acesso em: 08 mar. 2019.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Ceará em Números 2017**. Disponível em: [http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara\\_em\\_numeros/2017/index.htm](http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2017/index.htm). Acesso em: 08 mar. 2019.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **IPECEDATA - Sistema de Informações Geossocioeconômicas do Ceará**. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/>. Acesso em: 03 jul. 2019.

JANGADA ONLINE. **Guerra pela água do Lagamar do Cauípe**. Disponível em: <https://jangada.online/videos/guerra-pela-agua-do-lagamar-do-cauipe/>. Acesso em: 02 mar. 2020

JANGADA ONLINE. **Obras no Lagamar do Cauípe são retomadas**. Disponível em: <https://jangada.online/videos/obras-no-lagamar-do-cauipe-sao-retomadas/>. Acesso em: 02 mar. 2020

JANGADA ONLINE. **Secretário diz na TV que a obra de retirada de água do Lagamar do Cauípe vai continuar**. Disponível em: <https://jangada.online/opiniao/cogerh-cauipe-agua-retirada-lagamar/>. Acesso em: 02 mar. 2020

JEPSON, Wendy. et al. Advancing human capabilities for water security: A relational approach. **Water Security**, v. 1, p. 46–52, 2017b.

LOUREIRO FILHO, Lair da Silva. **A competência do município na zona costeira urbana**. 2014. 225 f. Tese (Doutorado) - Curso de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2134/tde-11022015-075759/publico/A\\_competencia\\_do\\_Municipio\\_na\\_zona\\_costeira\\_urbana\\_integral.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2134/tde-11022015-075759/publico/A_competencia_do_Municipio_na_zona_costeira_urbana_integral.pdf). Acesso em: 15 set. 2020.

MALAGODI, M. A.S. Geografias do dissenso: sobre conflitos, justiça ambiental e cartografia social no Brasil. **Espaço e Economia [online]**, 2012. Disponível em: <http://espacoeconomia.revues.org/136> . Acesso em 20 jan. 2015.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P.; ALVES, L. M.; CUADRA, S.V.; VALVERDE, M. C.; TORRES, R. R.; SANTOS, D. C.; FERRAZ, S. E. T. **Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models.** *Climate Dynamics*. 2009. Acesso em 20 jan. 2015.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. Danos Socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. In: GORAYEB, Adryane; BRANNSTROM, Christian; MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. **Impactos Socioambientais da implantação de parques de energia eólica no Brasil.** Fortaleza: Edições Ufc, 2019. p. 83-105.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. **Síntese dos danos socioambientais relacionados à exploração do lençol freático através de 42 poços e retirada de água do Lagamar do Cauípe.** Fortaleza: UFC, 2018. 3 p.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade., 2011. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. **Confins** [Online], v. 11, 1-23. doi: 10.4000/confins.6970. 2011.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade; BRISSAC, Sérgio Goes Telles; SCHETTINO, Marco Paulo Fróes. O povo indígena Anacé e seu território tradicionalmente ocupado. **Cadernos do LEME.** v. 4, p. 115-235, 2012.

MEIRELES, A. J. A.; MELO, J.A.T ; SAID, M. A. Environmental Injustice in Northeast Brazil: The Pecém Industrial and Shipping Complex. **Research in Political Economy**, v. 33, p. 171-187, 2018.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade; SILVA, Edson Vicente da. e THIERS, Paulo Roberto Lopes. Os campos de dunas móveis: fundamentos dinâmicos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira. **Revista Geosp - Espaço e Tempo**, São Paulo, nº 20, 2006. p.101 - 119.

MELO JUNIOR, H. R. Método DRASTIC: uma proposta de escala para normatização dos índices finais de vulnerabilidade. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, **Anais.** Natal: ABAS, 11-14 nov. 2008.

MONITOR DE SECAS. **Monitor de Secas do Brasil.** Disponível em: <http://monitordesecas.ana.gov.br/dados-tabulares?tipo=1&area=23>. Acesso em: 15 set. 2020

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil:** elementos para uma geografia do litoral brasileiro. São Paulo: Annablume, 2007.

MORAIS. João Bosco Andrade de. **Caracteres hidrogeológicos do Aquífero Dunas para a gestão de recursos hídricos na Região Metropolitana de**

**Fortaleza - Ceará.** 112 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

MORAIS, João Bosco Andrade de. **Vulnerabilidade e riscos à poluição / contaminação das águas subterrâneas na área do complexo industrial portuário do Pecém – Estado do Ceará.** 2016. 240 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

MOURA, Pâmela.; SABADIA, José Antonio Beltrão.; CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno. 2016. Mapeamento de vulnerabilidade dos aquíferos dunas, barreiras e fissural na porção norte do complexo industrial e Portuário do Pecém, Estado do Ceará. **Revista Geociências**, 35(1): 77-89.

MUEHE, Dieter. M. LINS-DE-BARROS, Flavia. BULHOES, Eduardo & KLUMB-OLIVEIRA, Leonardo. PINTO, Nara. DIAS, Marcelo. (2018). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil.** Capítulo Ceará.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais. **Revista da Anpege**, v. 07, n. 01, p.81-97, out. 2011. ANPEGE - Revista. <http://dx.doi.org/10.5418/ra2011.0701.0008>.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do; SAMPAIO, José Levi Furtado. Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 6, n. 1, p.167-179, 2004. Disponível em: <http://www.uvanet.br/rcgs/index.php/RCGS/article/view/130/160>. Acesso em: 14 abr. 2019.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues; SAMPAIO, José Livi Furtado. Geografia Física, Geossistema e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da Casa de Sobral**, Sobral, v.6/7, n 1, p. 167-179, 2004/2005.

NIMUENDAJÚ, Curt. **Mapa etno-histórico do Brasil e regiões adjacentes.** Brasília: IPHAN, IBGE, 2017.

OPENSTREETMAP. **Taba dos Anacé.** Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/>. Acesso em: 15 set. 2020.

O POVO. **Manifestantes reivindicam paralisação de obras para retirada de água das dunas.** Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/ceara/saogoncalodoamarante/2018/07/manifestantes-reivindicam-paralisacao-de-obras-para-retirada-de-agua-d.html>. Acesso em: 02 mar. 2020

O POVO. **Povo Anacé luta pela proteção da água no Ceará.** Fortaleza, 20 jul. 2018. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/ceara/saogoncalodoamarante/2018/07/manifestantes-reivindicam-paralisacao-de-obras-para-retirada-de-agua-d.html>. Acesso em: 02 mar. 2020.

PEARCE, D. W. WARFORD, J. J. **World without End – Economics, Environment**

**and Sustainable Development.** Oxford University Press, New York, 1993.

PEREIRA, Guilherme Reis; CUELLAR, Miguel Dragomir Zanic. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p.115-137, ago. 2015. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142015000200008>.

PONTO BIOLOGIA. **É possível vender ou privatizar o aquífero guarani?** Disponível em: <https://pontobiologia.com.br/possivel-vender-privatizar-aquifero/>. Acesso em: 03 jul. 2019.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

REBOUÇAS, A. C. Águas Subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C; BRAGA, B; TUNDISI, J.G. (Orgs). **Águas doces no Brasil:** Capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

RIJSBERMAN, Frank R. Water scarcity: Fact or fiction?, **Agricultural Water Management**, 80, (1-3), 5-22, 2006.

ROSOLEM, Nathália Prado; ARCHELA, Rosely Sampaio. GEOSSISTEMA, TERRITÓRIO E PAISAGEM COMO MÉTODO DE ANÁLISE GEOGRÁFICA. In: VI SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 7., 2010, Coimbra. **Anais.** Coimbra: Aaa, 2010. p. 1 - 9. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema1/nathalia>. Acesso em: 08 set. 2019.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil:** Subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2017.** Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>. Acesso em: 20 jun. 2019.

SOARES, Marcelo Henrique Viana. **Segurança hídrica doméstica frente à fragilidade ambiental no distrito costeiro do Pecém (São Gonçalo do Amarante – Ceará).** 2019. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SOUZA, M. J. N, MENELEU, J., SANTOS, J.O. **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza:** Subsídios ao Macrozoneamento Ambiental e á Revisão do Plano Diretor Participativo - PDPFor. 1ª Edição. Prefeitura de Fortaleza: Fortaleza, 2009

SOUZA, M.J.N. Unidades Geoambientais. In: **A zona costeira do Estado do Ceará:** Diagnóstico para a Gestão Integrada. Coord. Alberto Alves Campos [et al]. Fortaleza. AQUASIS: 2003, p: 29-40.

TAVARES, Caroline Lima. **Segurança hídrica nas áreas de expansão urbana do complexo industrial e portuário do Pecém – CE**. 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

TEIXEIRA, Zulene Almada; LOUSADA, Enéas Oliveira. Avaliação Hidrogeológica do Aquífero Dunas/Paleodunas na Região do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 3., 2013, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, 2013. p. 1 - 4. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27480/17751>. Acesso em: 08 fev. 2019.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

UN WATER. Organização das Nações Unidas. **What is Water Security?** Disponível em: <http://www.unwater.org/publications/water-security-infographic/>. Acesso em: 16 nov. 2018.

VILLAR, Pilar Carolina. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo v. XIX, n. 1 p. 83-102 jan.-mar. 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n1/pt\\_1809-4422-asoc-19-01-00085.pdf](http://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n1/pt_1809-4422-asoc-19-01-00085.pdf). Acesso em: 16 nov. 2018.

WEB OF SCIENCE. **Publicações com o termo “water security”**. Disponível em: [www.webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com). Acesso em: 28 mai. 2020.

WWAP (UNESCO World Water Assessment Programme). 2019. **The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind**. Paris, UNESCO, 2019.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water. 2018. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water**. Paris: UNESCO, 2018.

ZHOURI, Andrea.; LASCHEFSKI, Klemens. **Desenvolvimento e conflitos ambientais: um novo campo de investigação**. In ZHOURI, Andrea; LASCHEFSKI, Klemens (orgs.). **Desenvolvimento e Conflitos ambientais**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017, 484p.