

4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

4.1 MEIO FÍSICO

O meio físico compreende os componentes abióticos dos geossistemas presentes nas áreas de influência deste estudo ambiental. Para esse estudo, levou-se em consideração alguns aspectos como: a geologia (litologia e a unidade litoestratigráfica), a geomorfologia (processos externos, formas do relevo e declividade), a pedologia (processo de formação e tipos de solos), a cobertura vegetal (classificação e identificação), a hidrologia (configuração da drenagem, bacias hidrográficas e águas subsuperficiais) e a climatologia (precipitação e tipos climáticos).

A caracterização do meio físico foi realizada através da coleta e tratamento dos dados ambientais da área do projeto. A mesma, no primeiro momento, se faz necessária para a composição do ambiente, e, no segundo, para o entendimento das relações entre as variáveis, subsidiando o cálculo da fragilidade ambiental em qualquer local da Terra.

4.1.1 Metodologia

A metodologia utilizada para o levantamento de dados e de informações que subsidiaram o detalhamento de cada item relacionado ao meio físico será descrita em um subitem dentro do seu respectivo tópico.

4.1.2 Clima e Condições Meteorológicas

A caracterização climática é de relevante importância para a compreensão ambiental de uma região, sendo imprescindível para a caracterização ambiental da mesma. O clima influencia os processos e formas geomorfológicas, bem como, o regime dos rios, a formação dos solos e a distribuição da cobertura vegetal. As atividades de origem antrópica, com ênfase nos processos industriais, pecuária, agricultura, transporte, turismo e lazer também exercem uma forte pressão sobre os

fatores climáticos. A região mais suscetível as mudanças climáticas é o Nordeste (MARENGO, 2008 apud NAE, 2005).

O Estado do Ceará localiza-se no Nordeste com domínios do clima semiárido, o qual estende-se por 720 mil km², tendo como principais peculiaridades de seis a sete meses sem precipitações, altas e constantes temperaturas e baixa amplitude térmica.

Essa região possui diversos sistemas de circulação atmosférica, sendo a mais complexa região brasileira no que diz respeito às condições climáticas. O clima na região é controlado na maior parte do ano pelo anticiclone semifixo do Atlântico Sul, caracterizado por temperaturas elevadas durante todos os meses do ano, baixas amplitudes térmicas e por um regime pluviométrico bem definido: um período chuvoso curto e irregular e um período seco prolongado.

Embora o regime pluviométrico seja bem definido, o volume de precipitação apresenta grande variabilidade no tempo e no espaço, ocorrendo anos secos, com baixos totais pluviométricos que causam grandes prejuízos socioambientais, e anos chuvosos, com impactos não menos danosos, principalmente relacionados a ocorrência de inundações nas áreas urbanas.

As maiores secas registradas ocorrem no Nordeste, recebendo destaque em relação as demais regiões. O semiárido é delimitado pelo Polígono das Secas, que foi criado com o intuito de combater a seca e diminuir seus impactos sobre a população.

Porém, vale salientar que em algumas áreas constituídas de serras o período chuvoso se prolonga, influenciado pelo efeito orográfico, e no litoral pela proximidade do oceano, onde vários sistemas atmosféricos atuam como produtores de chuvas.

As massas de ar que controlam as condições climáticas da porção norte do Estado do Ceará, onde estão situados os municípios analisados, a saber: São Gonçalo do Amarante e Caucaia, são identificadas como sendo as massas de ar Equatorial Atlântica e Tropical Atlântica. Tais massas de ar, em função de sua vortacidade anticiclônica e subsidência superior trazem estabilidade para o tempo, estabelecendo o período seco para região que no semi-árido pode durar até 9 meses (ZANELLA, 2014).

A massa de ar Equatorial Atlântica tem por característica geral ser quente e úmida, por se originar em uma zona de baixa latitude e em cima do oceano Atlântico na área do anticiclone dos Açores, que atua em todo o norte do Brasil, provocando chuvas fracas no verão e mais intensas no inverno.

Essa massa atua o ano todo no Nordeste. Sendo quente e úmida, tem origem no anticiclone de Santa Helena, provoca chuvas representativas no litoral leste do Nordeste, raramente transpondo a barreira orográfica provocada pela Borborema, causando chuvas no interior.

A precipitação da área de estudo engloba características típicas de regime tropical com a máxima no outono e a mínima no inverno. A precipitação média anual é entorno de 1.000 mm (sede municipal de São Gonçalo do Amarante). O desvio positivo máximo (precipitação acima da média histórica) foi de 78% e o desvio máximo negativo (precipitação abaixo da média histórica) foi de 51%, comprovando a irregularidade pluviométrica típica do semi-árido que ocorre principalmente no setor sul. Apresenta geralmente quatro meses chuvosos concentrados no final do verão, começo do outono, entre os meses de fevereiro, março, abril e maio.

Assim, o tipo climático dos municípios analisados, resultante da ação das massas de ar descritas, da marcha estacional das precipitações, da temperatura média estimada e do balanço hídrico é classificado em sua maior parte como Tropical Quente Semi-árido Brando. No entanto, Caucaia também apresenta as seguintes classificações: Tropical Quente Sub-úmido e Tropical Quente Úmido, presente nas proximidades da Serra de Maranguape (IPECE, 2017). Já de acordo com a classificação de Köppen, a área integra a região climática do tipo AW. Segundo esta classificação, o tipo climático corresponde ao clima quente e úmido, com chuvas de verão e outono.

Neste contexto, serão discutidas, a seguir, algumas variáveis climatológicas. É importante salientar que, para a área de estudo, somente há histórico dos dados de precipitação. As demais variáveis, a saber: temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, evaporação e transpiração foram adquiridas a partir da estação meteorológica de Fortaleza. Vale ressaltar que a proximidade da área em foco com a estação meteorológica, bem como a regularidade na morfologia, permite a utilização desses dados sem que haja variações nesses parâmetros.

4.1.2.1 Circulação Atmosférica Regional

A descrição da circulação regional da atmosfera aqui apresentada tem como base o trabalho de Ferreira e Mello (2005), dentre outras, que traz as principais características da circulação atmosférica da região tropical, os sistemas atmosféricos atuantes no Norte do Nordeste do Brasil e ainda a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. Em se tratando dos sistemas atmosféricos que atuam no tempo e no clima na região onde se insere a área em estudo, os mesmos serão aqui considerados, porém a ênfase maior será dada à Zona de Convergência Intertropical, principal mecanismo produtor de chuvas, e ao sistema de ventos alísios de SE, responsável pela estabilidade do tempo.

4.1.2.1.1 Alísios de SE

No estado do Ceará sopram ventos oriundos das altas pressões subtropicais, ou seja, do Anticiclone semifixo do Atlântico Sul, vinculados à Massa Equatorial Atlântica. Essa massa caracteriza-se por possuir vorticidade anticiclônica, com temperaturas elevadas por causa da forte irradiação solar recebida. Trata-se de uma massa homogênea e estável, assegurando condições de bom tempo durante a maior parte do ano. Sua penetração se faz sentir especialmente no inverno e, sobretudo na primavera, quando os ventos atingem as maiores velocidades.

A influência climática mais persistente ao longo do ano na região Nordeste “é a enorme zona subtropical de alta pressão sobre o Atlântico Sul, que origina os ventos predominantes de leste que sopram continuamente no litoral” (WEBB, 1979, IN: BEZERRA, et al.1997, p.22), embora no Estado do Ceará eles também sopram de SE, dependendo do período do ano.

A condição de estabilidade do tempo, condicionada por essa massa é anualmente alterada pela penetração dos sistemas produtores de chuvas atuando com maior intensidade no litoral.

4.1.2.1.2 Zona de Convergência Intertropical

A ZCIT é o sistema produtor de chuvas mais importante para a região Norte do Nordeste brasileiro. Ela se forma na confluência dos alísios de SE e NE e se desloca para os dois Hemisférios atuando de modo mais expressivo sobre o Estado do Ceará a partir de meados do verão, atingindo sua posição mais meridional no outono. Corresponde a uma região de intensa atividade convectiva, formação de nebulosidade e precipitação.

No Hemisfério Sul a ZCIT chega, em média, a aproximadamente 2 - 5° de latitude Sul, entre fevereiro a abril, ocasionando chuvas abundantes para toda a região. Em maio inicia o seu retorno em direção ao Hemisfério Norte, quando então, entra em declínio o período chuvoso para o Estado do Ceará.

As chuvas de fevereiro a maio que se distribuem na área objeto de estudo, são produzidas pela ZCIT, que nesse período do ano está posicionada sobre a região.

4.1.2.1.3 Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) atuam principalmente na pré-estação chuvosa e se estendem até março, com maior intensidade nos meses de janeiro e fevereiro (GAN e KOURSKY, 1982) “e o tempo de vida desses sistemas vai, em média, entre 7 a 10 dias” (FERREIRA e MELLO, 2005, p. 21).

4.1.2.1.4 Linhas de Instabilidades

De acordo com Ferreira e Mello (2005), sua formação se dá basicamente pelo fato de que com “a quantidade de calor incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento de nuvens cúmulus (organizadas em linhas), que atingem um número maior à tarde e início da noite, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas”. Na área em estudo, as Linhas de Instabilidade geram chuvas

principalmente em fevereiro e março, sendo que a influência da ZCIT contribui para o incremento das mesmas.

4.1.2.1.5 Os Complexos Convectivos de Meso-escala – CCM's

Os CCMs correspondem a aglomerados de nuvens que se formam em virtude de certas condições locais favoráveis, como a temperatura, o relevo, a pressão, etc., e provocam chuvas fortes e de curta duração (FERREIRA e MELLO, 2005). O sistema geralmente surge durante a noite e pode adquirir grandes proporções no início da manhã.

Os CCMs, em sua maioria, ocorrem de forma isolada e ocasionam eventos pluviométricos diários intensos, como o ocorrido em abril de 1997, quando, durante 13 horas, as chuvas atingiram 270mm em Fortaleza (entre 01:00h e 13:00h do dia 24/04), gerando muitos impactos (ZANELLA, 2006). Em São Gonçalo do Amarante o total pluviométrico diário atingiu 52,0mm. Podem se estender durante toda a quadra chuvosa.

4.1.2.1.6 Ondas de Leste

As ondas de leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de leste para oeste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil (FERREIRA e MELLO, 2005).

As chuvas que ocorrem nos meses de junho e julho no litoral do Pecém são ocasionadas pelas Ondas de Leste, quando se formam condições oceânicas e atmosféricas favoráveis, já que elas são mais comuns no NE oriental.

4.1.2.1.7 Sistema de Brisas

As brisas são formadas pela variação de temperatura e pressão geradas em áreas de contato terra-mar. A brisa marítima chega a penetrar até 100km dentro do continente, amenizando a sensação de desconforto térmico nas áreas onde atua.

No estado do Ceará, esse sistema de ventos nem sempre é percebido, pois os ventos alísios são persistentes e intensos durante todo o ano. As brisas, assim, contribuem para mudar um pouco a sua direção e a velocidade (FERREIRA e MELLO, 2005). Dependendo da orientação da costa, a velocidade do vento, resultante da superposição alísio-brisa, pode ser maior ou menor que a do alísio (VAREJÃO-SILVA, 2001).

4.1.2.1.8 Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região

Em anos de El Niño, quando as águas do Pacífico estão mais aquecidas no centro-leste, toda a convecção se desloca para o leste, alterando o posicionamento da Célula de Walker. Com a continuidade da circulação atmosférica, o ar quente daquela região é empurrado, originando um ramo descendente sobre o Oceano Atlântico, próximo à região Nordeste do Brasil (NEB) e à Amazônia oriental.

De acordo com a intensidade dessa célula de circulação e de sua fase de ocorrência, pode haver inibição da formação de nuvens e da descida da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e, como consequência, diminuição das chuvas na região do Nordeste brasileiro. Assim, o fenômeno El Niño é um dos responsáveis pela redução das chuvas na região norte do Nordeste do Brasil. (FERREIRA e MELLO, 2005).

Contudo, vários estudos têm demonstrado a influência do Oceano Atlântico Tropical (Dipolo do Atlântico) na distribuição das chuvas nas regiões tropicais da América do Sul, principalmente sobre o norte do Nordeste brasileiro, dentre os quais os de Hastenrath e Heller (1977); Moura e Shukla (1996); Uvo *et al.* (1994) e Ferreira e Mello (2005).

O fenômeno El Niño, por exemplo, dependendo da intensidade e período do ano em que ocorre, principalmente quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico, que é desfavorável à ocorrência de chuvas, é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos. O fenômeno La Niña, ao contrário, associado ao dipolo negativo do Atlântico (favorável às chuvas), é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região (FERREIRA e MELLO, 2005).

A ação conjugada desses sistemas oceânicos/atmosféricos com os fatores geográficos, como a latitude, o predomínio das baixas altitudes, as proximidades do oceano, entre outros, caracterizam as condições climáticas da região da área de influência do Parque Eólico Offshore Caucaia, expressas por temperaturas muito elevadas, porém amenizadas pelo sistema de ventos alísios e pelas brisas, contribuindo para o conforto térmico humano. As baixas amplitudes térmicas, os índices de nebulosidade baixos, a forte insolação, as elevadas taxas de evaporação e a acentuada irregularidade pluviométrica, completam o quadro climático da região estudada.

4.1.2.2 Metodologia

O clima regional objeto deste Estudo de Impacto Ambiental, foi inicialmente caracterizado a partir do levantamento de uma série de dados, obtidos por meio de consulta bibliográfica e pesquisa a diversos órgãos governamentais, tais como: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME, Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, Grupo de Eletricidade e Atmosfera – ELAT, INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Universidade Federal do Ceará - UFC, entre outros. A fonte de dados mais representativa e disponível para a área de estudo foi o banco de dados do INMET, na estação localizada no Município de Fortaleza, com latitude -3.81° , longitude -38.53° e Altitude 26.45 m, podendo os registros ser válidos para a área do empreendimento, justificado pela reduzida distância entre a área de observação da estação e a área do empreendimento.

As informações referentes aos dados de regime de precipitação apresentados foram compiladas a partir de dados disponibilizadas pela FUNCEME, no período de 1973 a 2018, registrados nas sedes do município de Caucaia e São Gonçalo do Amarante.

Enquanto que os dados referentes a temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, insolação e regime dos ventos foram disponibilizados pelo INMET, registrados nas sedes do município de Caucaia e São Gonçalo do Amarante. Umidade relativa do ar e insolação, observados no período de 1961 a 2016, pressão atmosférica de 1961 a 2017 e temperatura do ar e regime dos ventos de 1961 a 2018.

As análises dos níveis cerúicos foram realizadas com os dados obtidos por meio dos órgãos ELAT e INPE no período de 2016 e 2017, e informações divulgadas por esses órgãos nos anos de 2018 e 2019.

Para a caracterização dos fenômenos extremos foram analisados os dados do estudo de Monteiro (2016), com período abordado de 1980 a 2013 e aplicando sua metodologia de Técnica dos Quantis aos dados referentes aos municípios de Caucaia e São Gonçalo, que são o objeto desse estudo de impacto.

4.1.2.3 Regime de Precipitação

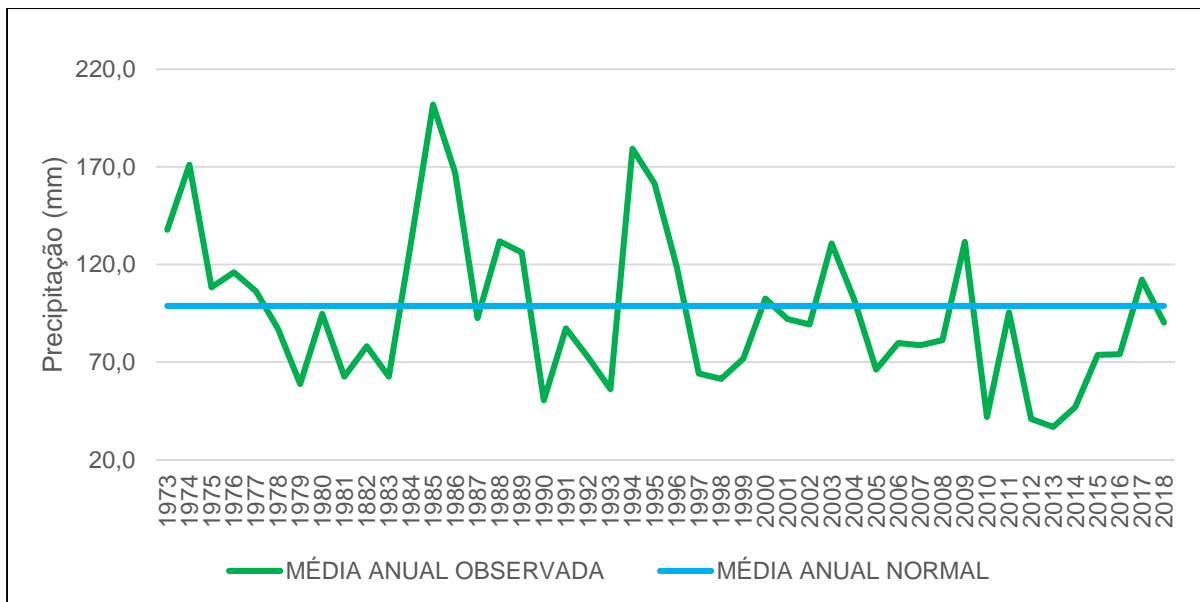
As variações anuais climatológicas encontram-se associadas ao movimento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), mas com atuação, também, de Vórtices Ciclônicos de Ar Superior, frentes frias, linhas de instabilidade, sistemas convectivos de mesoescala.

A estação com maior índice pluviométrico inicia-se no mês de dezembro, consolidando-se a partir da segunda quinzena de fevereiro, porém com precipitações de maior expressão ocorrendo entre os meses de março e maio, seguido por um período seco nos meses subsequentes, acentuadamente, entre os meses de setembro a novembro.

Segundo o IPECE (2015) o município de Caucaia apresenta as seguintes tipologias climáticas: Clima Tropical Quente Semiárido Brando, Tropical Quente Subúmido e Tropical Quente Úmido.

O Gráfico 4.1.2.3.1 apresenta a série histórica das médias anuais pluviométricas do município de Caucaia para o período de 1973 a 2018. Segundo a FUNCEME a normal climatológica para esse Município é de 98,81 mm. Diante do exposto, destacam-se por expressarem os maiores índices de precipitação os anos de 1985, 1994, e 1974, com os valores de 201,86 mm, 179,16mm e 171,05mm, respectivamente. Enquanto que os anos de 2013, 2012 e 2010, apresentaram valores de 36,95mm, 40,92mm e 42,01mm, respectivamente, com precipitações abaixo do normal.

Gráfico 4.1.2.3.1 - Média anual e normal de precipitação em Caucaia.



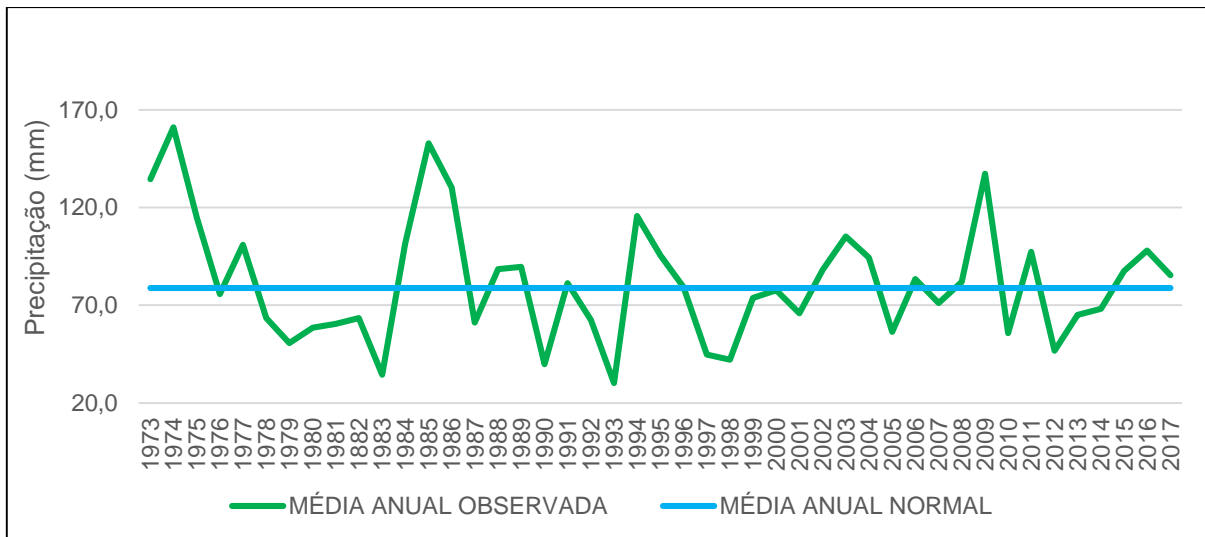
Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

De acordo com a média pluviométrica mensal, analisada nos anos de 1973 a 2018, para o município de Caucaia, observa-se que a quadra chuvosa predominante é composta pelos meses de fevereiro a maio, com destaque para o mês de março, que apresenta valores expressivos de precipitação em relação aos demais meses, com média de 275,88 mm. O período de estiagem, composto pelos meses de agosto a novembro, apresentou média de 6,22 mm. (Quadro 4.1.2.3.1 E Gráfico 4.1.2.3.2).

O município de São Gonçalo do Amarante apresenta um clima Tropical Quente Semiárido Brando (IPECE, 2015).

O Gráfico 4.1.2.3.3 apresenta a série histórica das médias anuais pluviométricas do município de São Gonçalo do Amarante, para o período de 1973 a 2018. Segundo a FUNCEME a normal climatológica para esse Município é de 78,80 mm. Diante do exposto, destaca-se por expressar os maiores índices de precipitação os anos de 1974, 1985 e 1973, com os valores de 161 mm, 152,84 mm e 134,47 mm, respectivamente. Enquanto que os anos de 1993, 1983 e 1990 apresentam valores de 30,20 mm e 34,46 mm e 39,86 mm, respectivamente, com a precipitação abaixo do normal.

Gráfico 4.1.2.3.3 - Média anual e normal de precipitação em São Gonçalo do Amarante.

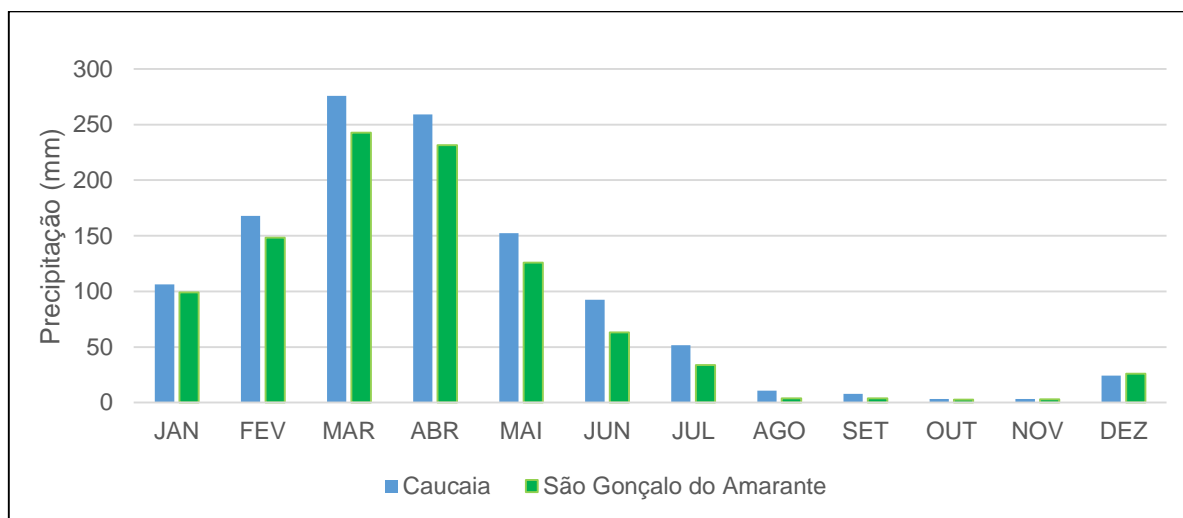


Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

Na média pluviométrica mensal, dos anos de 1973 a 2018, para o município de São Gonçalo do Amarante, observa-se que a quadra chuvosa predominante é composta pelos meses de fevereiro a maio, com destaque para o mês de março, que apresenta valores expressivos de precipitação em relação aos demais meses, com uma média de 242,56mm. O período de estiagem, composto pelos meses de agosto a novembro, apresentou média de 3,43 mm (Gráfico 4.1.2.3.2 e Quadro 4.1.2.3.1).

Raoni Ceci

Gráfico 4.1.2.3.2 - Médias pluviométricas mensais dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante.



Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019

Quadro 4.1.2.3.1 - Médias pluviométricas dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante.

MÊS	CAUCAIA	SÃO GONÇALO DO AMARANTE
Janeiro	106,30	99,03
Fevereiro	167,83	148,18
Março	275,89	242,57
Abril	259,03	231,61
Maio	152,36	125,76
Junho	92,45	63,15
Julho	51,54	33,75
Agosto	10,70	3,97
Setembro	7,76	3,90
Outubro	3,21	2,82
Novembro	3,21	3,03
Dezembro	24,18	25,92

Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

Como pode ser observado, as maiores concentrações de chuvas para os dois municípios estão presentes nos meses de fevereiro, março e abril, coincidindo com a presença da ZCIT na região, que começa a se deslocar para o Hemisfério Norte no mês de maio, o que também coincide com o declínio das precipitações nesse período.

No restante do ano, os níveis pluviométricos são baixos e irregulares, sofrendo influências das Ondas de Leste nos meses de junho a agosto. A partir daí as precipitações voltam a aumentar somente na pré-estação chuvosa.

Vale ressaltar que o município de Caucaia apresentou médias mensais maiores em relação ao município de São Gonçalo do Amarante, tal fato pode ser explicado pela influência da Serra de Maranguape na região, local de clima mais brando em relação ao semiárido.

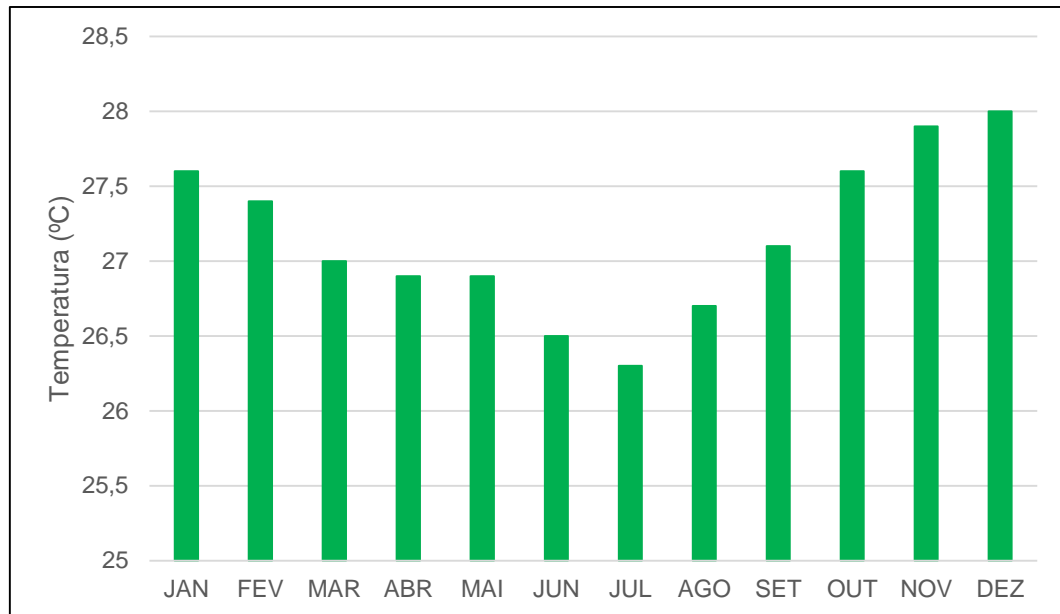
4.1.2.4 Temperatura do Ar

O regime térmico da região é caracterizado, basicamente, por temperaturas elevadas e amplitudes reduzidas. Por sua proximidade à linha do equador, as médias climatológicas das temperaturas mensais no Ceará, especialmente na faixa litorânea, têm uma amplitude de variação anual relativamente pequena (MMA).

Estudos no período de 1961 a 2018, indicam que as temperaturas médias anuais variam entre 26°C e 27°C, apresentando máximas de 31°C e 32°C, com a média mensal mais elevada de 28°C no mês de dezembro, podendo atingir uma média de 26,3°C no mês de julho. O Gráfico 4.1.2.4.1 mostra as temperaturas mensais médias estudadas.



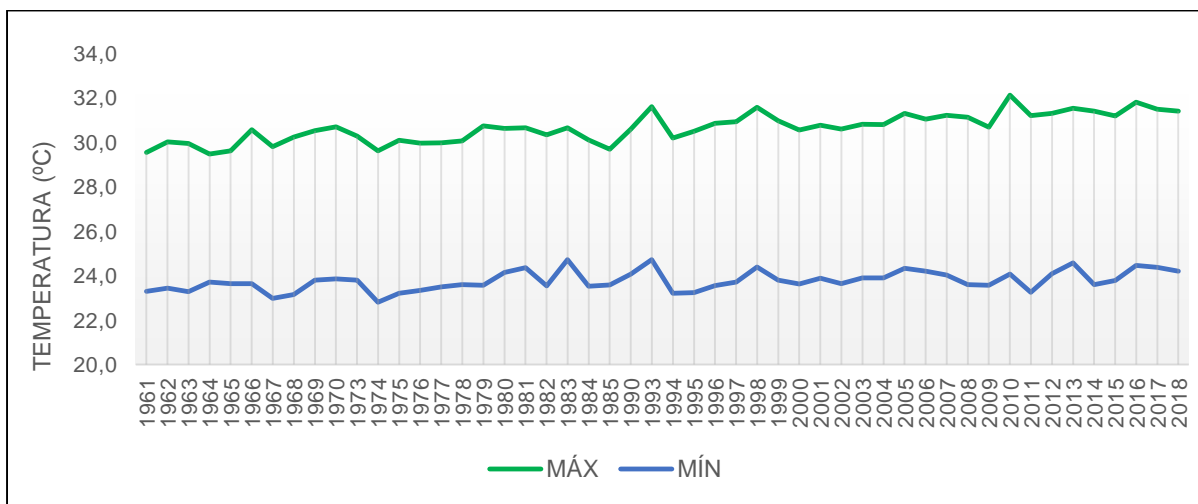
Gráfico 4.1.2.4.1 - Temperatura do ar média mensal.



Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

Os anos de 2010 e 2013, apresentaram as maiores médias anuais do período estudado, com 32,1°C e 31,6°C, respectivamente. Enquanto que as médias de 22,8°C e 23°C, nos anos de 1974 e 1967, respectivamente, representam as menores médias anuais analisadas. O Gráfico 4.1.2.4.2 mostra as temperaturas máximas e mínimas anuais médias.

Gráfico 4.1.2.4.2 - Temperatura do ar média máxima e mínima do ar anual.



Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

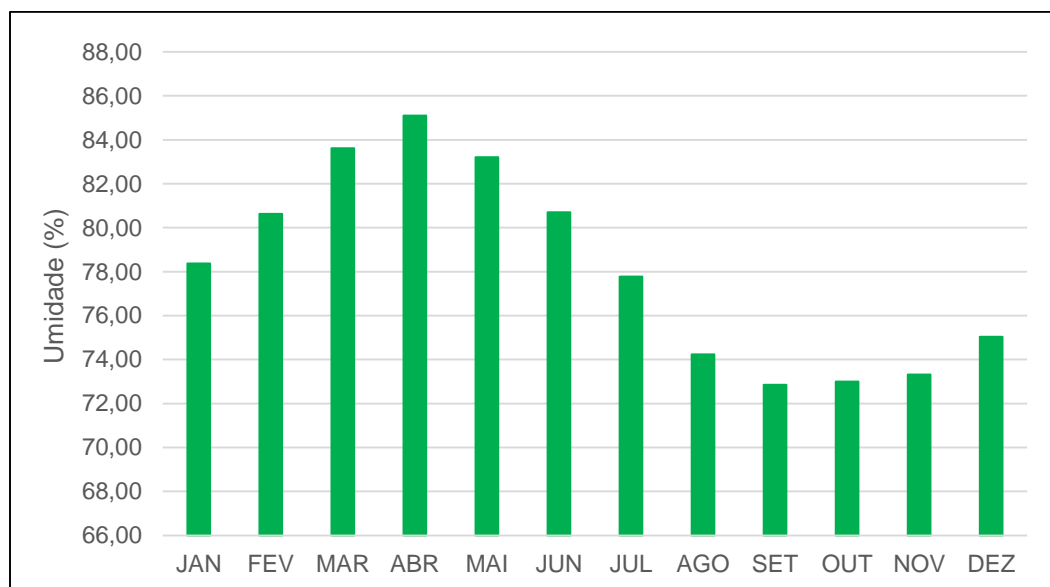
4.1.2.5 Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar mantém uma relação direta com a precipitação, ou seja, os maiores percentuais de umidade relativa ocorrem durante o período chuvoso, enquanto os percentuais mais baixos se dão no período seco.

Como resultante da influência marinha e da alta taxa de evaporação, a região do estudo apresenta uma média mensal de 78,15% de umidade relativa do ar. A média mínima mensal é de 72,86% em setembro e máxima de 85,10% em abril, comprovando que esses valores possuem relação direta com a precipitação analisada na região, variando de acordo com a ocorrência ou não da mesma. O Gráfico 4.1.2.5.1 apresenta as variações médias mensais da umidade relativa do ar no período de 1961 a 2016.

As maiores médias anuais de umidade relativa se dão nos anos de 1976, 1977 e 1985 com médias de 83,17%, 82,90% e 82,44%, respectivamente. Enquanto que em 1993, 1962 e 1961 com valores de 70,89%, 72,28% e 73,85%, respectivamente, encontram-se as menores médias. O Gráfico 4.1.2.5.2 apresenta as variações médias anuais da umidade relativa do ar no período de 1961 a 2016.

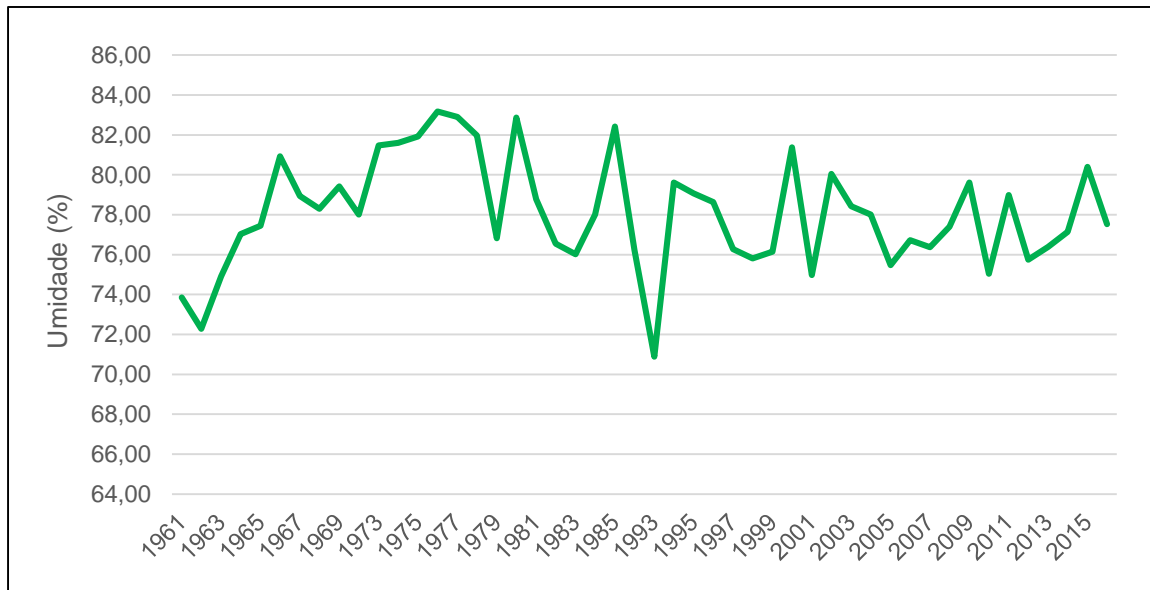
Gráfico 4.1.2.5.1 - Umidade relativa do ar mensal.



Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

Raoni Ceci

Gráfico 4.1.2.5.2 - Umidade relativa do ar anual.



Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

4.1.2.6 Pressão Atmosférica

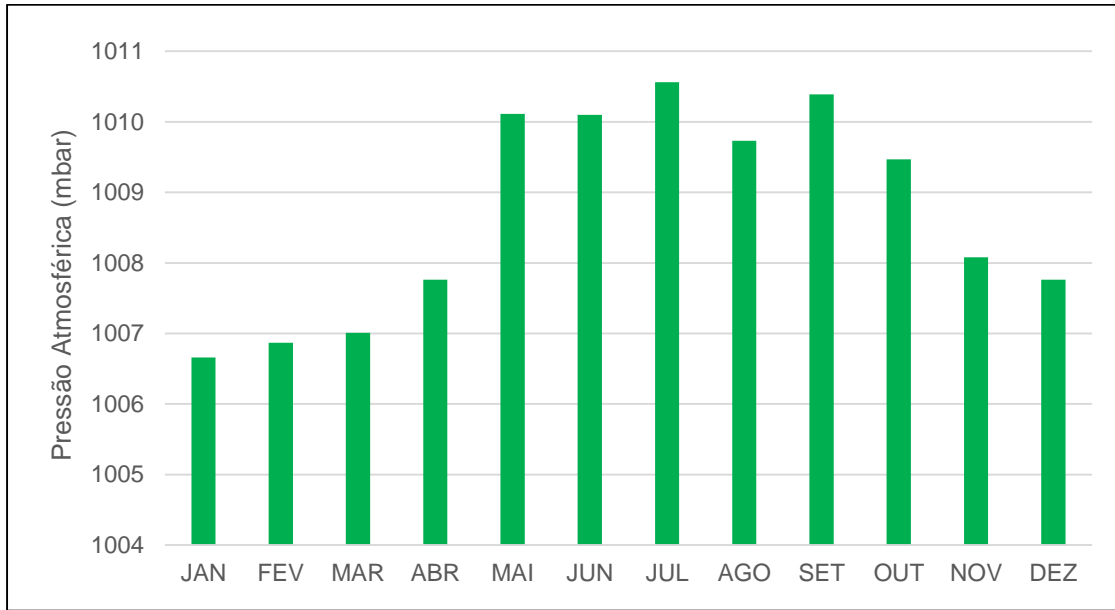
A força que o ar atmosférico exerce sobre uma superfície é denominada de pressão atmosférica, ocorre em consequência da força transmitida pelas moléculas de ar para a superfície. A pressão atmosférica ao nível do mar tomada como padrão é 10.013 mbar. (MENDONÇA & OLIVEIRA, 2007).

O período estudado vai de 1961 a 2017, a pressão atmosférica apresenta médias elevadas nos meses de maio a setembro e reduzidos de novembro a abril (Gráfico 4.1.2.6.1).

Durante o período estudado a pressão atmosférica média anual é de 1008,33 mbar. O ano de 2002 evidencia-se por apresentar a maior média anual, com 1011,64, mbar, e com a menor média, o ano de 1979, no qual foi observado o valor de 1003,98 mbar. (Gráfico 4.1.2.6.2). Por se tratar de uma região costeira, nota-se que a pressão atmosférica apresenta valores comuns aos locais que estão ao nível do mar.

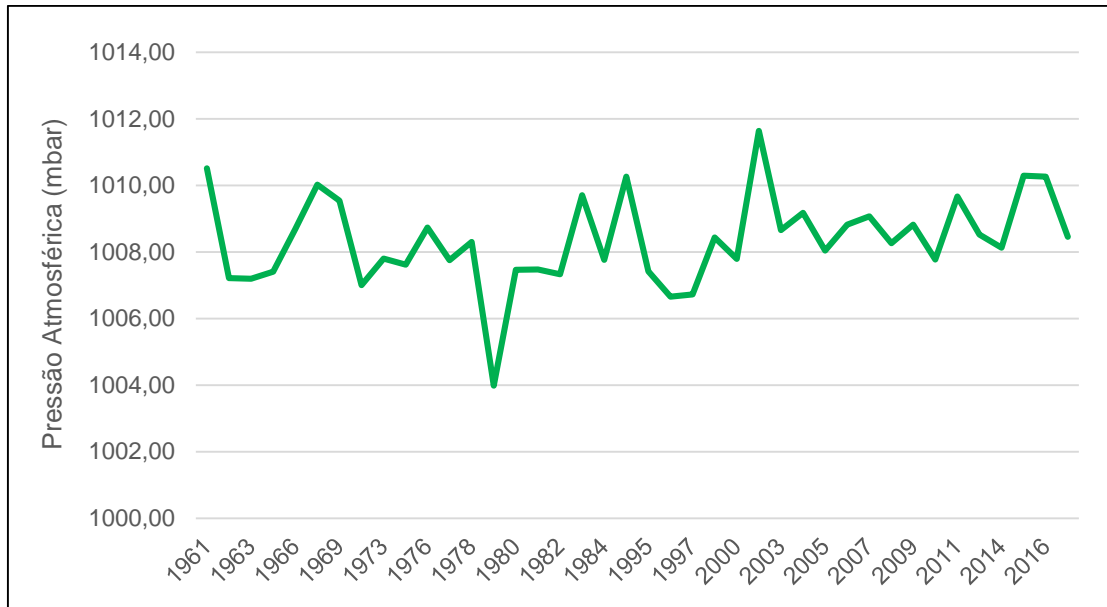
Raoni Ceci

Gráfico 4.1.2.6.1 - Pressão atmosférica mensal.



Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

Gráfico 4.1.2.6.2 - Pressão atmosférica anual.



Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

4.1.2.7 Insolação

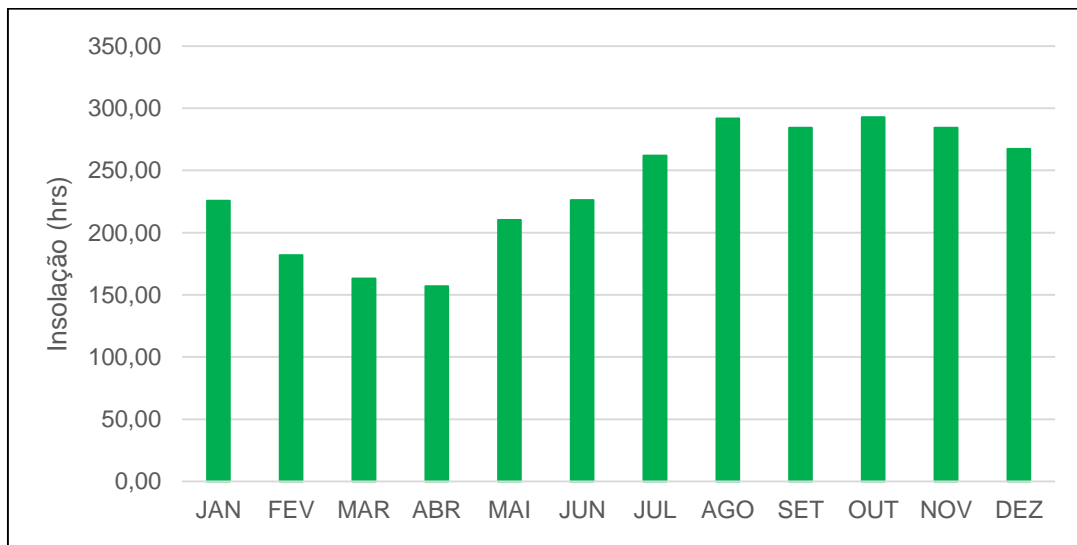
De acordo com Ayoad (2006), os fatores que identificam a insolação recebida em determinados locais são gerados pela duração do dia, latitude, altitude e distância do sol. A área de estudo localiza-se próximo a linha do equador, logo, suas máximas de insolação ocorrem no período do equinócio e mínimas no solstício.

De acordo com a série histórica estudada, que vai de 1961 e 2016, a média mensal da insolação apresentou um mínimo de 156,87 e 163,16 horas, durante o mês de março e abril, respectivamente, e máxima nos meses de agosto a novembro, o que vem confirmar a sua relação com a variação das precipitações. (Gráfico 4.1.2.7.1).

A insolação é bastante intensa na área litorânea, atingindo uma média anual de 2565,67 horas, sendo mais forte no mês de outubro, com 292,71 horas e decrescendo no mês de abril, com 156,87 horas. Durante todo o ano a incidência solar média diária varia em torno de 7,8 horas/dia. A sua média anual máxima foi no ano de 1993 e o valor mínimo de insolação foi em 1985 (Gráfico 4.1.2.7.2).

Percebe-se que a elevada insolação ocorre praticamente o ano todo, tendo uma queda no período de atuação da ZCIT, nos meses de fevereiro, março e abril, onde este sistema atmosférico age com maior intensidade, ocasionando chuvas.

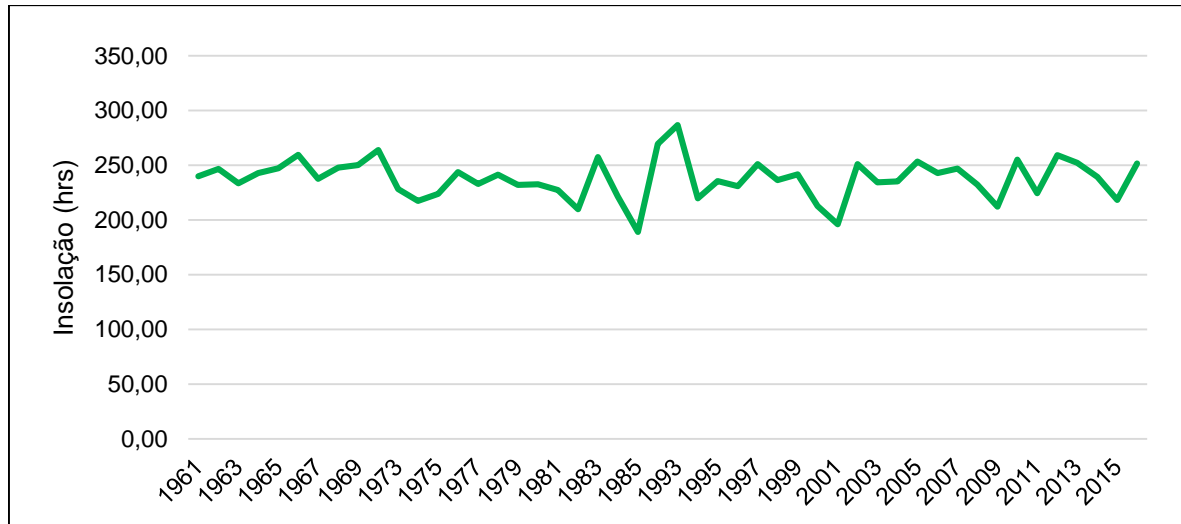
Gráfico 4.1.2.7.1 - Insolação mensal.



Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

Raoni Ceci

Gráfico 4.1.2.7.2 - Insolação anual.



Fonte: Adaptado de FUNCEME, 2019.

4.1.2.8 Regime dos Ventos

As medições dos dados da série histórica do INMET (1961 – 2018), são produzidas por uma estação meteorológica convencional composta de vários sensores isolados que registram continuamente os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, entre outros), que são lidos e enviados ao um centro de processamento de dados.

Na área de abrangência do empreendimento os ventos apresentam uma velocidade média de 3,8 m/s, onde o mês de abril (mês de maior pluviosidade) apresenta uma velocidade média de apenas 2,7 m/s. Ao longo do segundo semestre do ano, com a redução dos índices de pluviosidade e o aumento das médias de temperatura, os ventos apresentam uma média de 4,6 m/s, sendo que no mês de setembro, a velocidade alcança 5,1 m/s. Tal variação está relacionada com os aspectos climáticos regionais que possui no primeiro semestre a maior concentração pluviométrica, baixas taxas de insolação e evaporação, além das temperaturas mais reduzidas e no período de julho a dezembro a elevação da temperatura, com intensa insolação e queda da umidade relativa do ar.

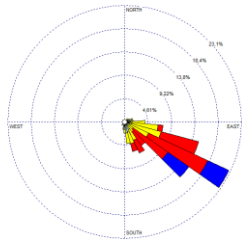
Considerando a frequência de distribuição dos ventos em função das velocidades, foi observada uma variação na faixa entre 0,5 m/s e 5,7 m/s, correspondendo a 77% de todo o período analisado, destacando-se as faixas entre 2,1 m/s a 3,6 m/s e 3,6 m/s a 5,7 m/s, com ocorrência de 25% e 28,2%, respectivamente, para uma velocidade média de 3,5 m/s. As velocidades dos ventos observadas embora baixas são relativamente mais elevadas quando comparadas a outras regiões.

A velocidade dos ventos é a principal responsável pela dispersão das partículas e poluentes presentes na atmosfera. Para caracterização do perfil de ventos que predominam na área de estudo foi construída a rosa dos ventos para cada mês de amostragem (Figura 4.1.2.8.1), estando a frequência dos ventos e suas respectivas classes apresentadas no Gráfico 4.1.2.8.1.

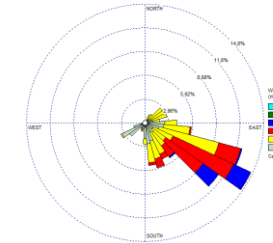
A análise das rosas dos ventos no período estudado mostra uma maior frequência dos ventos nos setores leste e sudeste, havendo também predominância na direção sul nos meses de outubro, novembro e dezembro, totalizando 66 % dos ventos nos meses de outubro e novembro e 68% dos ventos no mês de dezembro. Tal característica reflete o perfil do comportamento das massas de ar no litoral cearense, onde predominam os ventos de nordeste, sudeste e, sobretudo, leste, tal como foi verificado nos estudos de Lima (2015), Azevedo (2014), Leite e Frota (2010) e Silva et al. (2010). Segundo Leite e Frota (2010), a influência das edificações na intensidade e direção dos ventos pode ocasionar alterações dependendo de suas presenças e alturas em cada região.

Figura 4.1.2.8.1 - Rosas dos ventos mensais da série histórica na área do empreendimento.

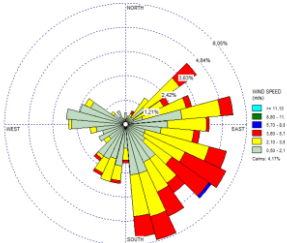
Médias Janeiro



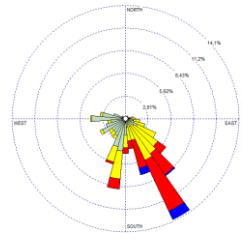
Médias Fevereiro



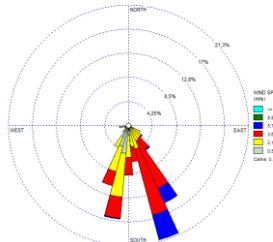
Médias Março



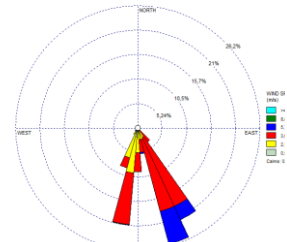
Médias Abril



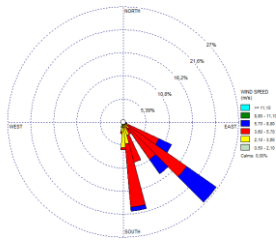
Médias Maio



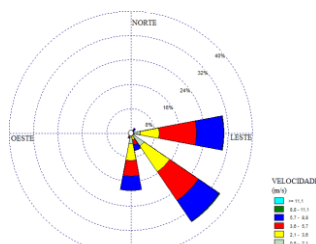
Médias Junho



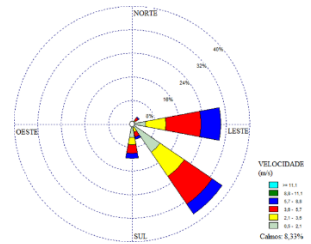
Médias Julho



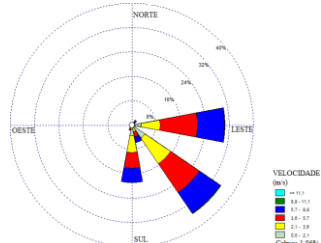
Médias Agosto



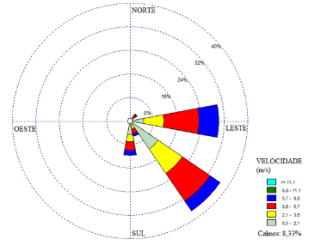
Médias Setembro



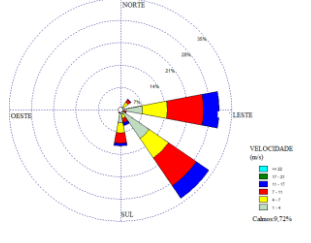
Médias Outubro



Médias Novembro



Médias Dezembro

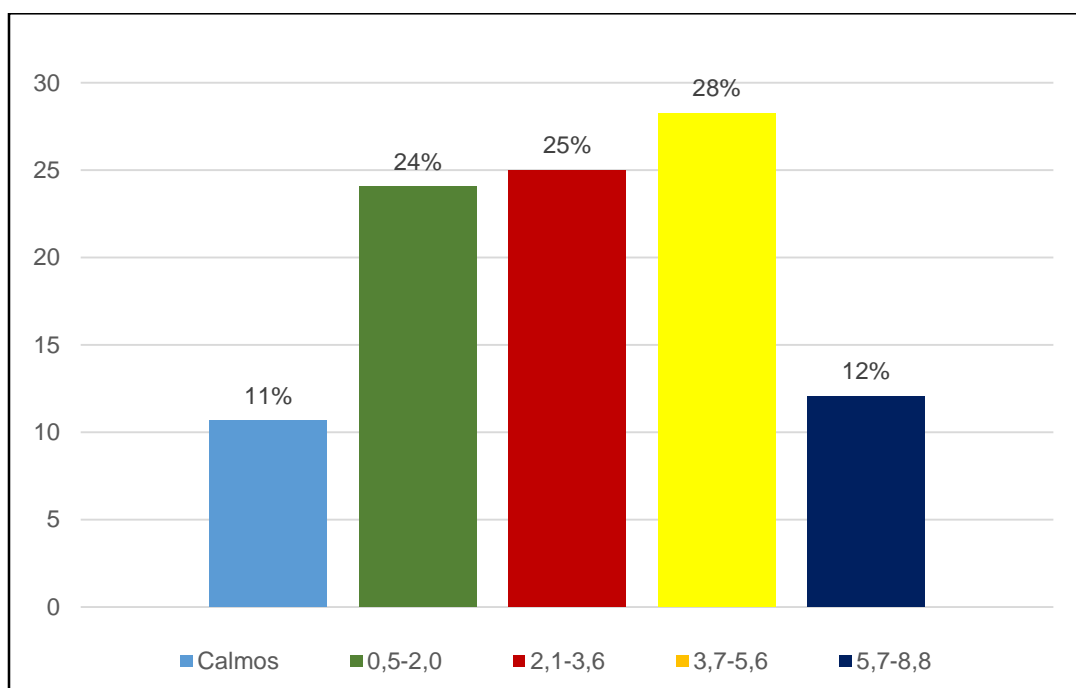


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Raoni Ceci

Considerando a frequência de distribuição dos ventos em função das velocidades, foi observada uma variação na faixa entre 0,5 m/s e 5,7 m/s, correspondendo a 7% de todo o período analisado, destacando-se as faixas entre 2,1 m/s a 3,6 m/s e 3,6 m/s a 5,7 m/s, com ocorrência de 25% e 28%, respectivamente.

Gráfico 4.1.2.8.1 – Frequência dos ventos mensais da série histórica na área do empreendimento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Em termos de direção de incidência dos ventos, tem-se a maior concentração na faixa de E a ESE, ver Quadro 4.1.2.8.1.

Quadro 4.1.2.8.1 – Direção preferencial dos ventos (azimute)

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Média	107,7	06	122,7	32	128,2	25	17	117,7	109,7	106,7	101,2	94,5

Fonte: Adaptado de INMET (1961-2018).

Na série histórica estudada, no primeiro semestre do ano, a direção de incidência dos ventos variou de 107,7° Az em janeiro para 125° Az em junho, e no segundo semestre, variou inversamente até dezembro quando os ventos registrados provinham de 94,5°Az. Em termos gerais, o que se percebe é uma predominância dos ventos de direção leste que, em linguagem percentual, correspondem a mais de 38% da incidência dos ventos ao longo do ano. De forma secundária, porém significativa, tem-se a ocorrência de ventos nas direções ESE (25%) e SE (13%). Vale frisar que, essas três direções juntas perfazem mais de 76% do total e são provenientes do quadrante leste.

4.1.2.9 Nível Ceráunico

Segundo dados do INPE (2015), entre 50 a 100 relâmpagos ocorrem por segundo no mundo, o que equivale a aproximadamente 10 milhões de descargas por dia, ou 3 bilhões por ano, e mesmo grande parte da terra sendo coberta por água, menos de 10% dos raios ocorrem sobre os oceanos. Isso ocorre por causa das variações de temperatura ao longo do dia, do relevo menos acidentado e da menor concentração de aerossóis sobre os oceanos em comparação com a superfície dos continentes, fator esse que influencia para a maior ocorrência de descargas sobre a terra, que ocorrem predominantemente no verão, resultado do maior aquecimento solar, porém nada impede que ocorram em qualquer período do ano.

Recentemente, a distribuição global de relâmpagos tem sido obtida por observações feitas com sensores ópticos a bordo de satélites. As observações de satélite confirmam que a maioria dos relâmpagos ocorre sobre os continentes e em regiões tropicais. De um modo geral, sabe-se que as principais regiões de ocorrência de relâmpagos no hemisfério norte são o centro da África, o sul da Ásia e o sul dos Estados Unidos. No hemisfério sul, as principais regiões são o Brasil (exceto pela região nordeste), o norte da Argentina, o sul da África, a ilha de Madagascar, a Indonésia e o norte da Austrália.

Em alguns pontos dessas regiões, como Uganda, o lago Maracaibo, na Venezuela, e a ilha de Java, a densidade de relâmpagos por ano atinge valores

próximos àqueles registrados no famoso edifício "Empire State" em Nova York, que, com seus 410 metros de altura, é atingido em média por 20 relâmpagos por ano.

Relâmpagos são raros em regiões de altas latitudes geográficas (latitudes maiores que 60°), por conta do ar muito frio, e em regiões desérticas, onde não há umidade suficiente para a formação das nuvens de tempestade.

Estudos recentes têm mostrado que a ocorrência de relâmpagos tem aumentado significativamente sobre grandes áreas urbanas em relação às áreas vizinhas. Acredita-se que este efeito esteja relacionado ao maior grau de poluição sobre essas regiões e ao fenômeno conhecido como "ilha de calor", aquecimento provocado pela alteração do tipo de solo e a presença de prédios e elementos que alteram a temperatura local (INPE, 2015).

O Brasil está entre os países onde há uma das maiores ocorrências de raios e relâmpagos no mundo, devido a sua grande extensão territorial e estar próximo ao equador geográfico, que se encontra entre duas zonas climáticas, a zona tropical e a temperada. Estima-se, com base em dados de satélite, que cerca de 50 milhões de relâmpagos nuvem-solo atinjam o solo brasileiro por ano, aproximadamente dois relâmpagos por segundo.

Contudo, estudos do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) apontam que o Brasil se encontra na posição de recordista em descargas atmosféricas, com a estimativa de que 50 a 70 milhões de incidências ocorrem, em média, por ano em solo brasileiro (PINTO JR., 2005, p. 05). Isto equivale a uma média de aproximadamente 7 relâmpagos por km² por ano.

Entre os principais órgãos de pesquisa e acompanhamento deste fenômeno em nosso país, destacam-se o INPE, FURNAS Centrais Elétricas S.A., Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Ao longo da última década muitos avanços ocorreram no sentido de se estudar as descargas atmosféricas em nosso território e também mapeá-las. Estes esforços resultaram na chamada rede BrasilDAT (Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas) operada pelo ELAT, integrante do INPE, que forneceu os dados para este estudo.

Optou-se neste trabalho por exibir os totais das ocorrências de descargas elétricas de acordo com o tradicional índice cerâmico, que leva em consideração apenas a quantidade de ocorrências dia. A distribuição das descargas elétricas ao longo deste estudo mostra que é possível dividi-las em duas temporadas. Uma primeira temporada, que vai de dezembro à julho, onde se encontram os maiores índices de descargas elétricas, o que corresponde, aproximadamente, à estação chuvosa do estado e uma segunda temporada, que vai de agosto à novembro, com índices menores, correspondente ao período de estiagem.

Esse comportamento se enquadra ao modelo climatológico proposto para os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante e possui uma relação direta com o fenômeno das descargas elétricas que ocorrem no período chuvoso.

Os quadros 4.1.2.9.1 e 4.1.2.9.2 exibem a incidência de descargas elétricas nos anos de 2016 e 2017, sendo possível perceber notável variação da ocorrência do fenômeno. Foi observado um decréscimo da incidência do número de descargas elétricas no ano de 2017, com 53 e 20 ocorrências para os municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia, respectivamente, e em relação ao ano de 2016, com 95 e 73 ocorrências para os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, respectivamente.

Vale salientar que apesar da baixa incidência de descargas elétricas nos municípios estudados quando comparados com o ranking de incidências do estado no período de 2016 e 2017, tal fato possui correlação direta com precipitação observada no período. Essa redução, segundo o Inpe, decorre de efeitos do fenômeno El Niño, que ocasiona uma redução na precipitação do estado.

Quanto à densidade de descargas elétricas, Caucaia recebe 0,894 descargas por km²/ano, sendo o número 4.550 no ranking nacional e 171 no ranking estadual, considerando que o Brasil possui 5.570 municípios e o estado do Ceará 187, pode-se observar que o mesmo se enquadra dentro do índice de baixa descargas atmosféricas. No entanto, apesar da proximidade geográfica, o município de São Gonçalo do Amarante possui uma densidade de descargas de 1,431 km²/ano, sendo o 4.220^o no ranking nacional e 137^o no ranking estadual, porém podendo ser enquadrado dentro do índice de baixas descargas atmosféricas (Figura 4.1.2.9.1).

Quadro 4.1.2.9.1 - Ranking 10 maiores incidências, inclusos os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante (2016)

RANKING	CIDADE	QUANTIDADE
1°	Granja	1291
2°	Santa Quitéria	946
3°	Sobral	941
4°	Viçosa do Ceará	530
5°	Uruoca	451
6°	Morada Nova	423
7°	Crateús	413
8°	Tamboril	412
9°	Cariré	404
10	Canindé	380
73°	Caucaia	95
94	São Gonçalo do Amarante	72

Fonte: Adaptado de ELAT, 2019.

Quadro 4.1.2.9.2 - Ranking 10 maiores incidências, inclusos os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante (2017)

RANKING	CIDADE	QUANTIDADE
1°	Crateús	961
2°	Granja	832
3°	Tamboril	698
4°	Sobral	542
5°	Nova Russas	518
6°	Santa Quitéria	498
7°	Canindé	395
8°	Viçosa do Ceará	319
9°	Forquilha	304
10	Quixeramobim	290
65°	São Gonçalo do Amarante	53
115°	Caucaia	2

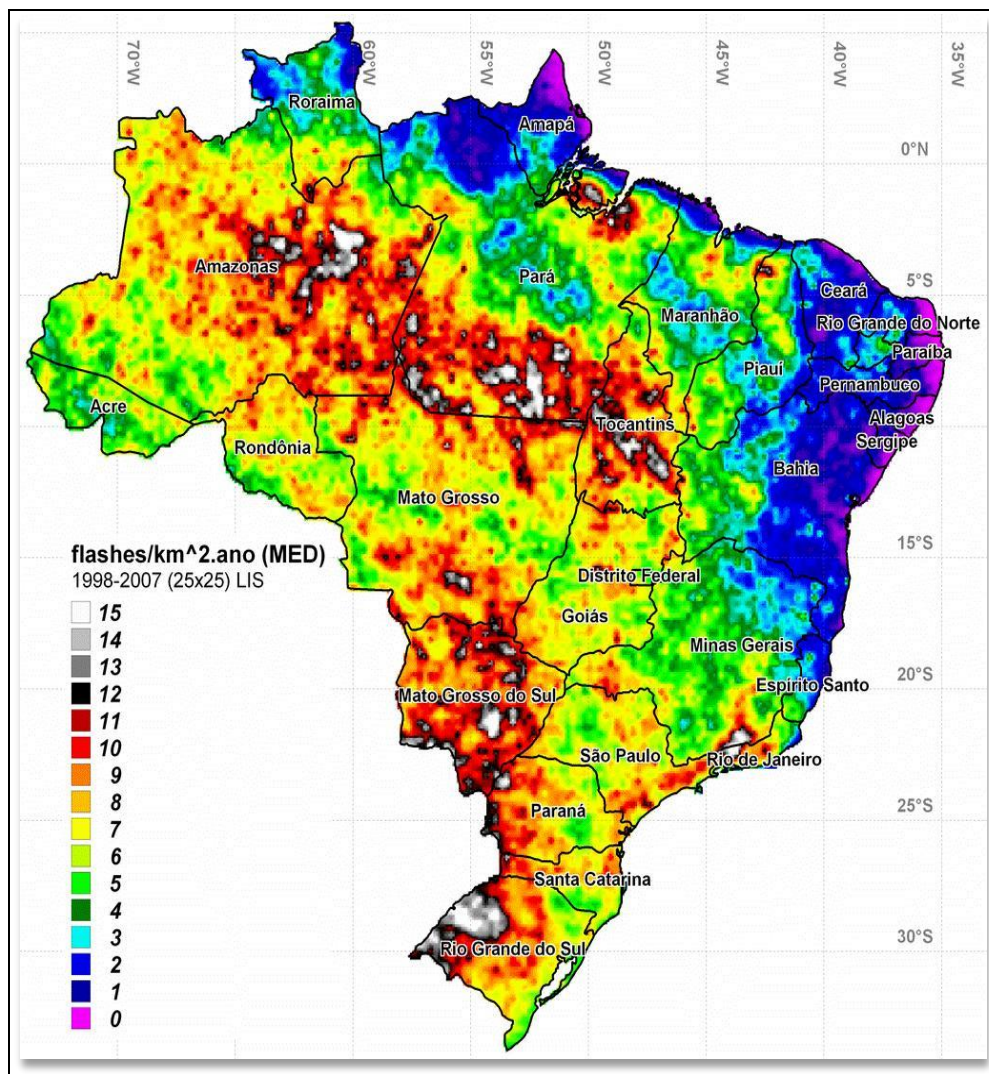
Fonte: Adaptado de ELAT, 2019.

Raoni Ceci

Segundo dados do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), entre 21 de dezembro de 2018 e 18 de março de 2019, o Ceará foi atingido por 15 mil raios nuvem-solo. Ainda segundo o ELAT, quatro pessoas morreram no Estado do Ceará vítimas de descargas elétricas atmosféricas, nos municípios de Pindoretama, Santana do Acaraú, São Gonçalo do Amarante, além da Capital.

O levantamento do órgão, no entanto, revela que em comparação ao período anterior, a incidência foi bem menor. Entre dezembro de 2017 e março de 2018, chegou a 500 mil o número de raios nuvem-solo registrados no Ceará.

Figura 4.1.2.9.1 - Mapa de densidade de descargas atmosféricas brasileiro.



Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2018.

Raoni Ceci

4.1.2.10 Fenômenos Meteorológicos Extremos

No Ceará não costumam ocorrer fenômenos naturais extremos como terremotos e vulcanismo ou, pelo menos, não existe uma tendência natural para que tais fenômenos ocorram, pois não está localizado em limites de placas tectônicas ativas, além da baixa temperatura do mar que dificilmente atingem os 26,5°C, necessários para a formação de grandes tempestades.

Os desastres naturais que mais ocorrem são de natureza meteorológica, relacionados à chuva, seja pela ocorrência ou não desta, podendo ocasionar inundações, deslizamentos ou estiagens, resultando inúmeras perdas (MONTEIRO, 2016 apud MAFFRA; MAZZOLA, 2007).

Um fenômeno que seja considerado de difícil ocorrência e que gera graves consequências quando ocorre, é conceituado pela Defesa Civil de evento extremo.

O termo evento extremo é constantemente utilizado no Estado do Ceará para caracterizar fenômenos provenientes de episódios pluviométricos, podendo ocorrer nos eventos considerados mínimos de chuva, levando em conta a ausência ou registros quase nulos do acumulado durante um longo período, bem como nos eventos máximos, avaliando, geralmente, períodos menores, com acumulados de precipitação que podem ocorrer em um curto período de 24 horas ou em poucos dias, ocasionando fortes inundações.

Segundo Monteiro (2016) dependendo de algumas variáveis como a localização geográfica, a urbanização (impermeabilização do solo) e até mesmo a vulnerabilidade da população local, tal evento pode ocasionar danos materiais e/ou humanos, como mortes, ferimentos, desabrigo, dentre outros.

Devido ao processo de urbanização, desenvolvida de forma acelerada e desordenada, na grande maioria das cidades brasileiras, os impactos relacionados a chuvas extremas são intensificados.

Geralmente as chuvas tornam-se potencialmente desastrosas quando ocorrem precipitações em grande quantidade e em um curto período de tempo, conhecidas como chuvas torrenciais ou eventos extremos. Em contrapartida, existem áreas no território nordestino que são bastante afetadas pela ausência de chuva em

determinados períodos, principalmente nas áreas delimitadas pelo clima tropical semiárido, que abrange grande parte do Estado do Ceará.

Como as principais concentrações urbanas estão localizadas no litoral ou próximo deste, é justamente nessas áreas onde é registrada a grande maioria dos desastres naturais associados a eventos de chuvas extremas.

As fortes inundações no Estado do Ceará, no ano de 2009, causaram impactos e deixaram inúmeros municípios em situação de emergência, visto que a mais de duas décadas não se via um acumulado de chuva tão expressivo no Estado (MONTEIRO, 2016 apud MONTEIRO, 2011).

Observando a série histórica estudada, no período de 1980 a 2013, foi identificado, a partir da aplicação da Técnica dos Quantis, fortes chuvas no Município de Caucaia, nos anos de 1994, 1986, 2009, 1995, 1985 e 2003, considerados como muito chuvoso. Já para o Município de São Gonçalo do Amarante, classificados como muito chuvoso, foram observados os anos de 1995, 1994, 2003, 1985, 2009 e 1986 (Quadro 4.1.2.10.1).

Historicamente, as secas nordestinas vêm sendo catalogadas pelo menos desde o século XVII. De acordo com Monteiro (2016) apud Villa (2000), seis grandes secas ocorreram no decorrer do século XVII: 1603, 1605-1607, 1614, 1645, 1652 e 1692, as quais afetaram principalmente os atuais Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.

A Secretaria do Meio Ambiente do Ceará – SEMACE registrou em uma série histórica de 378 anos (1605-1983), 59 fenômenos de estiagem no Estado do Ceará.

Monteiro (2016) apud Guerra (1981), em importante documento histórico, atenta para o fato de as estiagens que ocorrem no Nordeste, se manifestarem inevitavelmente em três Estados (Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba), segundo os registros históricos já realizados por diversos autores que retrataram as secas no Nordeste (Quadro 4.1.2.10.2).

Quadro 4.1.2.10.1 – Classificação, muito chuvosos, para os anos de 1980 a 2013, em São Gonçalo do Amarante e Caucaia.

SÃO GONÇALO DO AMARANTE		CAUCAIA	
Ano	Precipitação (y) mm	Ano	Precipitação (y) mm
1995	953	1994	1438,2
1994	1164,3	1986	1505,6
2003	1267,9	2009	1530,6
1985	1325,4	1995	1653,5
2009	1434,8	1985	1656,1
1986	1571,6	2003	1862,8

Fonte: Adaptado de Monteiro, 2016.

Quadro 4.1.2.10.2– Ocorrências históricas de estiagem no Nordeste

OCORRÊNCIAS HISTÓRICAS DE ESTIAGEM NO NORDESTE	
Período de Seca	Anos de ocorrência
1 ano	1721, 1754, 1760, 1772, 1830, 1891, 1900, 1907, 1915.
2 anos	1736-37 ; 1777-78 ; 1809-10 ; 1817-18 ; 1824-25; 1844-45 ; 1888-89.
3 anos	1744-46 ; 1877-79
4 anos	1790-93
5 anos	1723-27

Fonte: Adaptado Monteiro, 2016.

Raoni Ceci

Quadro 4.1.2.10.3– Estiagem em alguns estados do Nordeste

CEARÁ	RIO GRANDE DO NORTE	PARAÍBA	PERNAMBUCO
1804		1803-1804	
	1808		
1810			
	1814		
			1819-1820
1824-1825	1825	1824-1825	1824 - 1825
	1833		1833-1835
1844-1845	1845	1845-1846	1845 - 1846
1877-1879	1877-1879	1877-1879	1877-1879
1888-1889	1888-1889	1888-1889	1888 - 1889
1898	1898	1898	1898
1900	1900		1900

Fonte: Adaptado de Monteiro, 2016.

Monteiro (2016) apud Alves (2003), menciona algumas destas secas, confrontando-as no Quadro 4.1.2.10.3, expondo sua ocorrência em alguns estados nordestinos, a partir dos registros encontrados em documentos históricos.

No ano de 1915, houve uma rigorosa seca impactou o Nordeste, além desta, outras também assolaram esta região no decorrer do século XX. O Ceará, certamente foi um dos estados mais impactados. Identificou-se pelo menos oito anos em que ocorreram secas de grande importância no Estado do Ceará no século XX, são eles: 1915, 1919, 1932, 1958, 1983, 1993 e 1998 (MONTEIRO, 2016 apud ALVES et al, 1998).

Quanto aos eventos extremos inferiores de chuva, ou seja, aqueles relacionados a períodos em que praticamente não ocorre a chuva (estiagem), estes possuem forte relação com a ocorrência de Fenômenos de El Niños, principalmente aqueles de maior intensidade. Ainda que existam outros mecanismos físicos que podem influenciar em um déficit de chuvas no período correspondente à quadra chuvosa no Estado e que também foram importantes para justificar a ocorrência de anos secos e chuvosos na pesquisa, como o Dipolo do Atlântico, ficou claro que em anos de El Niños de forte intensidade, as chuvas apresentaram um comportamento abaixo da média.

Observando a série histórica estudada, no período de 1980 a 2013, foi identificado, a partir da aplicação da Técnica dos Quantis, fortes estiagens no Município de Caucaia, nos anos de 2013, 1993, 1990, 1998 e 1983, considerados como muito secos. Já para o Município de São Gonçalo do Amarante, classificados como muito secos, foram observados os anos de 1993, 1998, 1990, 1980 e 2012 (QUADRO 4.1.2.10.4). Sendo assim, evidenciado anos de 1983 e 1998 com forte atuação do El Niño.

A título de exemplificação podemos citar o ano de 1993, um dos mais secos da série histórica em análise e no qual foi decretado Estado de Calamidade Pública em quase todos os municípios do Ceará.

Diante dos dados analisados, o Ceará presencia os dois extremos climáticos, estiagem e enchente, confirmando o que foi exposto nesse estudo. Em anos secos, foi possível identificar eventos de fortes chuvas isoladas em algumas áreas do Estado e períodos do ano, devido a atuação local de algum fenômeno atmosférico. De forma semelhante, foi possível identificar decretos de Situação de Emergência e registros de estiagens em municípios onde foi verificado um acumulado de chuva no quadrimestre chuvoso dentro do normal ou até mesmo acima do normal.

Além dos fenômenos extremos relacionados a precipitação, podem ser citados os eventos extremos de origem marinha associados ao aumento anormal do nível da água do mar provocada por uma tempestade para níveis superiores ao da maré astronômica prevista (Antunes e Taborda, 2009). Esse evento, também chamado de ressacas do mar, é caracterizado como o aumento do nível do mar provocado pela

elevação da maré astronômica e/ou maré meteorológica, acompanhado de ondas com amplitude maior que o normal

Quadro 4.1.2.10.4 – Classificação, muito secos, para os anos de 1980 a 2013, em São Gonçalo do Amarante e Caucaia.

SÃO GONÇALO DO AMARANTE		CAUCAIA	
Ano	Precipitação (y) mm	Ano	Precipitação (y) mm
1993	262,7	2013	456,5
1998	298,4	1993	457,8
1990	356,5	1990	536,3
1980	476,5	1998	551
2012	403,2	1983	559,1

Fonte: Adaptado de Monteiro, 2016.

Conforme Melo et al., (1995), no litoral do Ceará, mais especificamente na região metropolitana, as ressacas do mar estão associadas à ação de furacões extratropicais do Hemisfério Norte que provocam fortes tempestades, resultando na chegada de ondas Swell na costa Nordeste do Brasil. Melo e Alves (1993) destacaram que as ondas preponderantes são de curto período, mas entre dezembro e março ocorrem ondas de longo período provenientes do Hemisfério Norte, como aconteceu nas ressacas que atingiram a cidade entre os dias 5 e 6 e 24 e 25 de janeiro de 1992.

As ressacas nesta região são o resultado de uma coincidência entre marés muito altas e ondas longas vindas do quadrante norte, geralmente ocorrendo a partir do mês de dezembro, causadas por furacões extratropicais. Os eventos de ressacas do mar também podem ser potencializados pela ação dos ventos (Wind setup), que provocam elevação vertical do nível de água, esse cenário ocorre, especialmente, entre os meses de setembro e novembro (temporada de ventos fortes) e, geralmente, está associado a onda locais (menor poder destrutivo).

Na região metropolitana de Fortaleza, a ressaca marinha é induzida, principalmente, por forçamentos naturais (ondas, marés e ventos), quando há transferência de energia para coluna de água através da quebra das ondas, ação dos ventos (Wind setup), processos astronômicos (super lua e maré equinocial) e fenômenos meteorológicos (ciclones tropicais e depressões subpolares muito cavadas) que envolvam variações do nível do mar.

4.1.3 Qualidade do Ar

4.1.3.1 Metodologia

O estudo da Qualidade do Ar foi realizado a partir da análise da legislação vigente que estabelece os Padrões de Qualidade do Ar, a Resolução CONAMA nº 491/2018, e compilação de dados obtidos das estações de monitoramento instaladas na área objeto deste trabalho.

A estação localizada na Estação Ecológica do Pecém é operada pela SEMACE, já as que estão no distrito de Parada, próximo ao Jardim Botânico, e na entrada do distrito da sede de São Gonçalo do Amarante fazem parte do auto monitoramento da Energia Pecém.

A série de dados referentes às estações da Energia Pecém pertence ao período de 2011 a 2015. Além disso, foram utilizadas informações disponibilizadas no site troposfera, relativas ao período de 2016 a 2017.

4.1.3.2 Análise da qualidade do ar na região de abrangência do empreendimento

A qualidade do ar de uma região é influenciada pelos níveis de poluição atmosférica, os quais estão vinculados a um complexo sistema de fontes emissoras. A intensidade do lançamento dessas emissões, transporte, diluição na atmosfera e capacidade suporte da bacia atmosférica, determinam o status da qualidade do ar.

A legislação brasileira trata de forma ampla a problemática da poluição atmosférica, abordando desde padrões de qualidade do ar e padrões de emissão veiculares e industriais, até processos de licenciamento e implantação de fontes estacionárias de emissão atmosférica.

A legislação Brasileira de qualidade do ar possui padrões próximos aos definidos nos índices estabelecidos pela EPA e NAAQS (National Ambient Air Quality Standards). Estes padrões estabelecem os níveis máximos permitidos para diversos poluentes atmosféricos, estando a máxima concentração do poluente especificada em função de um período de médio de tempo (BRAGA et al., 2005).

Os Padrões de Qualidade do Ar, segundo publicação da Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2005, variam de acordo com a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que por sua vez dependem, de outros aspectos, como o nível de desenvolvimento e capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar. As diretrizes recomendadas pela OMS levam em conta esta heterogeneidade e, em particular, reconhecem que, ao formularem políticas de qualidade do ar, os governos devem considerar cuidadosamente suas circunstâncias locais antes de adotarem os valores propostos como padrões nacionais.

No Brasil, os Padrões de Qualidade do Ar foram inicialmente estabelecidos pela Resolução Conama nº 003/1990 e revogados através da Resolução CONAMA Nº 491/2018 que estabelece os padrões de qualidade do ar em quatro etapas, denominada de “Padrões de Qualidade do Ar Intermediários PI-1”. Os parâmetros regulamentados pela legislação ambiental são: Material Particulado (MP_{10}), Material Particulado ($MP_{2,5}$), Dióxido de Enxofre (SO_2), Dióxido de Nitrogênio (NO_2), Ozônio (O_3), Fumaça, Monóxido de Carbono (CO), Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Chumbo (Pb) (Quadro 4.1.3.2.1).

A mesma resolução estabelece ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar. Ressalte-se que a declaração dos estados de Atenção, Alerta e Emergência (Quadro 4.1.3.2.2) requer, além dos níveis de concentração atingidos, a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

A caracterização climática para dispersão de poluentes leva em consideração

as três escalas dos movimentos atmosféricos: a larga escala; a mesoescala; e a microescala. Fundamentalmente, a dispersão de poluentes é diretamente influenciada pelos fenômenos de pequena escala ou micro meteorológicos que ocorrem na camada limite superficial atmosférica conhecida com baixa atmosfera.

Quadro 4.1.3.2.1 - Padrões de qualidade do ar, segundo a Resolução CONAMA nº 491/2018.

POLUENTE ATMOSFÉRICO	PERÍODO DE REFERÊNCIA	PI-1	PI-2	PI-3	PF	ppm
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	
Material Particulado - MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	20	-
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
Dióxido do Nitrogênio - NO ₂	24 horas	260	240	220	220	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ¹	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb ⁵	Anual 1	-	-	-	0,5	-
1- média aritmética anual						
2- média horária						
3- máxima média móvel obtida no dia						
4- média geométrica anual						
5- medido nas partículas totais em suspensão						

Notas: SO₂ = dióxido de enxofre; MP₁₀ = material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 µm; MP_{2,5} = material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 µm; CO = monóxido de carbono; O₃ = ozônio; NO₂ = dióxido de nitrogênio µg/m³; ppm = partes por milhão.

Fonte: Adaptado de Resolução Conama nº 491/2018.

Raoni Ceci

Quadro 4.1.3.2.2 - Níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes

NÍVEL	SO ₂ µg/m ³ (MÉDIA DE 24h)	MP ₁₀ µg/m ³ (MÉDIA DE 24h)	MP 2,5 µg/m ³ (MÉDIA DE 24h)	CO Ppm (MÉDIA DE 8h)	O ₃ µg/m ³ (MÉDIA DE 8h)	NO ₂ µg/m ³ (MÉDIA DE 1h)
Atenção	800	250	125	15	200	1.130
Alerta	1.600	420	210	30	400	2.260
Emergência	2.100	500	250	40	600	3.000

Fonte: Adaptado de Resolução Conama nº 491/2018

Um fator que favorece a dispersão de poluentes é a intensidade dos ventos fortes que persistem em mais de 70% dos meses do ano. No período de ventos fracos de fevereiro a maio é compensado pelo excesso de chuva onde se concentra mais de 78% da chuva total precipitada na região, se caracterizando, portanto, em condição também altamente favorável à dispersão atmosférica.

O Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP conta com uma estação de monitoramento da qualidade do ar, instalada na Estação Ecológica do Pecém e operada pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), com o objetivo de monitorar diariamente os níveis de emissões gasosas dos empreendimentos do CIPP. Após um período de testes, a estação foi inaugurada e entrou oficialmente em operação no dia 16 de dezembro de 2016. Além desta, a Termelétrica ENERGIA PECÉM, possui duas estações de monitoramento da qualidade do ar, sendo a primeira instalada no distrito da Parada, próximo ao Jardim Botânico e a segunda instalada na entrada do distrito da sede de São Gonçalo do

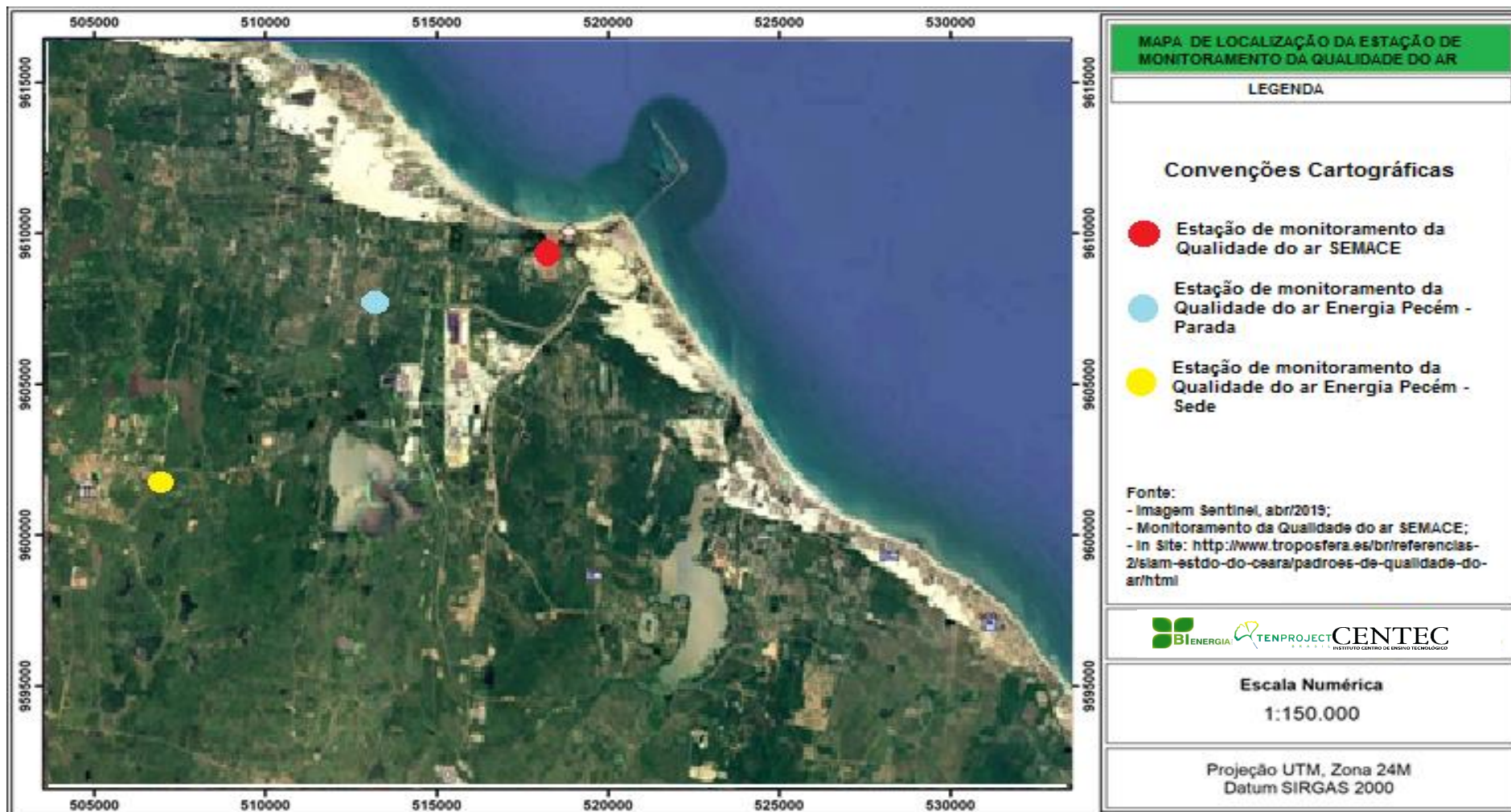
A estação de monitoramento da SEMACE consiste em uma unidade com monitores e sensores instalados que analisam níveis dos seguintes parâmetros de Qualidade do Ar: Dióxido de Enxofre (SO₂), Óxidos de Nitrogênio (NO_x), Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Monóxido de Nitrogênio (NO), Ozônio (O₃), Monóxido de Carbono (CO). Além destes, são monitorados parâmetros meteorológicos: Direção do Vento (DD), Velocidade do Vento (VV), Pressão Atmosférica (PATM), Temperatura do Ar (T), Umidade Relativa do Ar (UR), Radiação Solar (RS) e Precipitação (PRP).

Os dados são utilizados pela Diretoria de Controle e Proteção Ambiental (DICOP) da SEMACE, através da Gerência de Análise e Monitoramento (GEAMO), com o intuito de fortalecer o monitoramento e a fiscalização dos níveis poluentes gerados pelas indústrias no entorno do CIPP. A localização das Estações de medição da Qualidade do Ar do Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP é apresentada na Figura 4.1.3.2.1.

Os dados de qualidade do ar apresentados no Quadro 4.1.3.2.3 da Estação de Pecém, foram consolidados a partir de informações disponíveis em <http://www.troposfera.es/br/referencias-2/siam-estado-de-ceara/relatorios-2.html>, e consultados em 24/06/2019, onde foi observada uma maior consistência dos dados no período de 16/12/2016 (início da operação da estação) à 31/12/2017, sendo os mesmos apresentados na série de dados complementando as informações do auto monitoramento da Energia Pecém (2011 à 2015) apresentada ao órgão ambiental como condicionante da sua licença de operação.

Segundo Baird et al. (2011), material particulado constitui todas as partículas sólidas ou líquidas contidas no ar e pode ser classificado em material particulado total em suspensão (PTS) e materiais particulados MP10 e MP2,5. Particulado total em suspensão (PTS) são partículas com tamanho acima de 10 micrômetros e são conhecidas como "poeiras ou grãos sedimentáveis" e costumam ser depositadas próximas à sua fonte de emissão, normalmente indústrias. MP10 são partículas respiráveis, com tamanho entre 10 e 2,5 micrômetros. O MP2,5 possui estrutura menor que 2,5 micrometros, sendo também denominadas de "fumo" ou "fumaça", com velocidade desprezível e que pode, portanto, ser inaladas, sendo assim mais relevantes na etiologia de problemas respiratórios.

Figura 4.1.3.2.1 - Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Raoni Ceci

Quadro 4.1.3.2.3 – Dados de qualidade do ar.

PARÂMETROS	PTS	Material Particulado MP ₁₀	SO ₂	NO ₂	O ₃	CO
	(µg/m ³)					ppm
2011	28	-	3	37		-
2012	34	-	6	11		-
2013	36	-	13	28		-
2014	31	-	6	32		-
2015	48,8	-	2,83	9	9,2	-
2016	62,04	51,89	9,37	29,36	4,69	0,00042
2017	43,29	29,77	1,82	2,01	2,12	0,00015
Máximo	62,04	51,89	26	37	9,2	0,00042
Mínimo	28	29,77	1,82	2,01	2,12	0,00015
Média	40,45	40,83	8,86	21,20	5,34	0,00
Desvio Padrão	11,02	19,37	7,92	12,54	8,72	0,00
Resolução CONAMA N° 491/18	80	20	20	40	00	9

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA nº 491/18.

Observou-se que a as concentrações de material particulado (PTS) anuais apresentadas na série estudada não excederam os valores estabelecidos na legislação vigente, sendo a concentração máxima encontradas de 62,04 µg/m³, em

Raoni Ceci

2016. Os valores encontrados de particulados podem estar associados às alterações das condições climáticas e aumento das edificações na área, as obras de duplicação e recapeamento na CE-085 e o início dos testes pré-operacionais da Companhia Siderúrgica Pecém – CSP que ocorreram durante o período do estudo.

Com relação aos gases inorgânicos SO_2 e NO_2 os valores médios encontrados $8,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $21,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente permaneceram bem abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 491/18. O dióxido de enxofre (SO_2) é um gás incolor e inodoro normalmente presente em baixas concentrações na superfície terrestre. A principal fonte antropogênica do dióxido de enxofre é a queima de combustíveis fósseis, seguido dos processos industriais como o refino do petróleo e a produção de papel, cimento e alumínio. A origem do NO_2 na atmosfera ocorre em decorrência de veículos automotores, planta geradoras de energia e outros produtos industriais de origem fóssil. As concentrações de NO_2 variam conforme a densidade de tráfego na região.

A concentração média de ozônio para 1 h (anual), encontrada para os anos de 2015 a 2017 foi de $45,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ com valores mínimos de $12,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e máximo de $79,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Quadro 4.1.3.3). A Resolução CONAMA N° 491/18 estabelece uma concentração máxima para 1 h de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, assim, as concentrações do parâmetro ozônio permaneceram dentro do permitido pela legislação no monitoramento realizado.

As concentrações de ozônio apresentam uma variabilidade diária, em dias chuvosos ou nublados ocorre uma menor produção de ozônio, por outro lado sob uma maior incidência solar a produção de ozônio aumenta. Parâmetros meteorológicos como a precipitação pluviométrica, a direção e velocidade dos ventos também interferem (PAVÃO et al., 2006).

As concentrações de CO mantiveram-se muito abaixo do limite estabelecido pela legislação vigente. Porém, vale salientar que situações meteorológicas distintas, mas com idênticas emissões de poluentes, poderão apresentar concentrações atmosféricas completamente diferentes, devido à influência das condições da atmosfera. A estabilidade atmosférica, a ocorrência de chuvas, a nebulosidade, a presença de nuvens convectivas, o regime dos ventos, a umidade do ar, a radiação

solar, a temperatura ambiente, a altura da camada de mistura, são alguns fatores climáticos locais, que interferem no tempo de permanência dos poluentes na atmosfera. A circulação geral da atmosfera também interfere na dispersão, uma vez que a movimentação das grandes massas de ar afeta a circulação local

A região onde se localiza o empreendimento, é caracterizada por um baixo regime pluviométrico e com isso uma baixa remoção por via úmida de substâncias em suspensão na atmosfera. Por outro lado, essa deficiência de chuvas é compensada pelo elevado fluxo de ventos fortes associados a uma boa velocidade média que sopram continuamente do oceano para a zona litorânea promovendo uma alta taxa de dispersão atmosférica de poluentes. A caracterização climática para dispersão de poluentes leva em consideração as três escalas dos movimentos atmosféricos: a larga escala; a mesoescala; e a microescala. Fundamentalmente a dispersão de poluentes é diretamente influenciada pelos fenômenos de pequena escala ou micrometeorológicos que ocorrem na camada limite superficial atmosférica conhecida com baixa atmosfera.

A região onde se localiza o empreendimento, se caracteriza por possuir um baixo regime pluviométrico e com isso uma baixa remoção por via úmida de substâncias em suspensão na atmosfera. Por outro lado, essa deficiência de chuvas é compensada pelo elevado fluxo de ventos fortes associados a uma boa velocidade média que sopram continuamente do oceano para a zona litorânea promovendo uma alta taxa de dispersão atmosférica de poluentes. Observa-se que o longo período de estiagem de agosto a novembro é compensado pela temperatura elevada ao longo do ano, o que torna a atmosfera altamente instável favorecendo a expansão do volume de ar da baixa atmosfera e mantendo as condições de boa dispersão. Um outro fator que favorece a dispersão de poluentes é a intensidade dos ventos fortes que persistem em mais de 70% dos meses do ano. O período de ventos fracos (1º semestre) é compensado pelo excesso de chuva onde se concentra mais de 80% da chuva total precipitada na região, se caracterizando, portanto em condição também altamente favorável à dispersão atmosférica.