INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE

JAIRO RODRIGUES DE SOUZA

MAPEAMENTO DE MANCHAS DE ÓLEO E GRAXA NA ZONA PORTUÁRIA DE NATAL-RN UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E ANÁLISE QUÍMICA DE ÁGUA

NATAL-RN

2017

JAIRO RODRIGUES DE SOUZA

MAPEAMENTO DE MANCHAS DE ÓLEO E GRAXA NA ZONA PORTUÁRIA DE NATAL-RN UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E ANÁLISE QUÍMICA DE ÁGUA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Mário Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto

NATAL-RN
2017

Souza, Jairo Rodrigues de

S729m Mapeamento de manhas de óleo e graxa na zona portuária de Natal-RN utilizando técnicas de geoprocessamento e análise química de água / Jairo Rodrigues de Souza. – 2017.

91 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2017.

Orientador(a): Prof. D.r. Mário Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto.

1. Poluição. 2. Krigagem. 3. Zona Portuária de Natal – Manchas de óleo e graxa. I. Cavalcanti Neto, Mario Tavares de Oliveira. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. IV. Título.

CDU 504

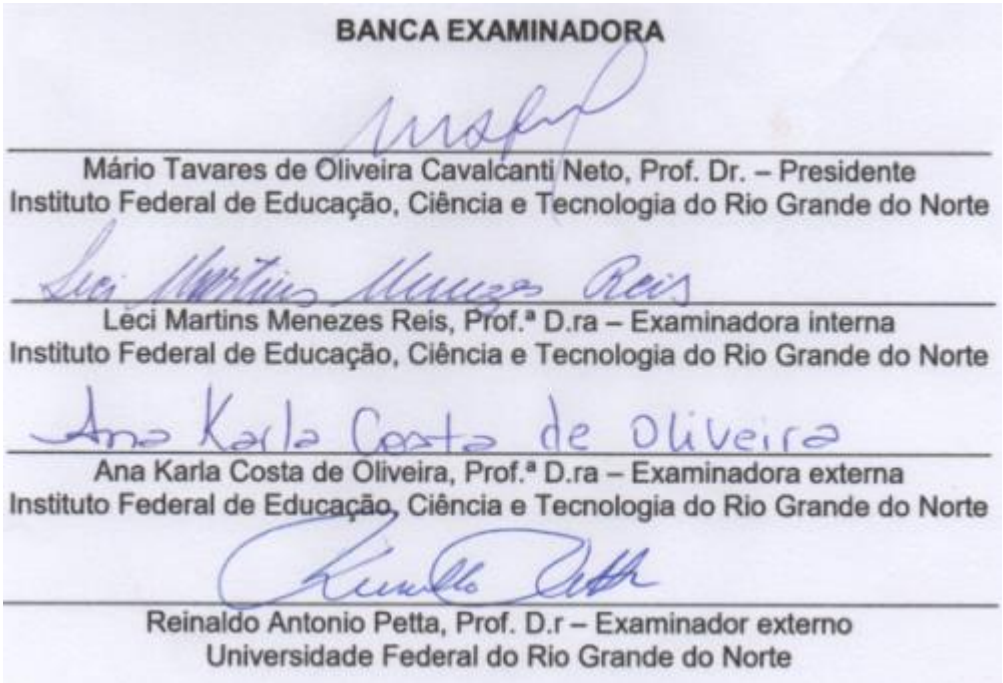
Catalogação na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca Setorial Walfredo Brasil (BSWB) do IFRN.

JAIRO RODRIGUES DE SOUZA

MAPEAMENTO DE MANCHAS DE ÓLEO E GRAXA NA ZONA PORTUÁRIA DE NATAL-RN UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E ANÁLISE QUÍMICA DE ÁGUA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais.

Dissertação apresentada e aprovada em 20/04/2017 pela seguinte Banca Examinadora:



Dedico esse trabalho à minha família (mãe, irmãos e esposa) e amigos, pois sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis e complicados durante toda essa trajetória. Não posso esquecer de agradecer a meu orientador, Prof. Dr. Mário Tavares, Reinaldo Petta, ao Núcleo de Análises de Água, Alimentos e Efluentes do de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, ao Núcleo de Processamento Primário e Reúso de Água Produzida e Resíduos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, a Profª. Drª. Ana Karla, Leci Reis e todos os professores do Programa de Pós-Graduação de Uso Sustentável de Recursos Naturais, que de forma direta ou indiretamente, contribuíram para o sucesso do meu trabalho. Valeu muito a pena chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao Nosso Senhor Jesus Cristo pelas glórias e bênçãos alcançadas durante toda a minha vida, pois sem ele eu não teria forças para suportar toda essa trajetória de luta.

Em segundo lugar, agradeço a minha família, especialmente, a minha mãe e esposa, pois são as duas mulheres que mais amo nessa vida. Elas, em todos os momentos, sejam eles difíceis ou felizes, estiveram ao meu lado, me apoiando e não deixando a peteca cair.

Em terceiro lugar, a todos os meus amigos, colegas e alunos que torceram por mim. Eles passaram vibrações positivas e mensagens de motivação para que eu nunca desistisse dos meus objetivos.

Em quarto lugar, a meu orientador Prof. Dr. Mário Tavares pelos puxões de orelha nas horas corretas e por sempre está reprendendo os erros cometidos. Isso, com toda certeza, favoreceu para eu me tornar um profissional melhor.

Em quinto lugar, a todos os professores do Programa de Pós-Graduação de Uso Sustentável de Recursos Naturais e seus colaboradores, em especial as Professoras Doutoras Leci Reis e Ana Karla que, de forma direta ou indireta, contribuíram para o sucesso desse trabalho. Nunca vou esquecer dos esforços feitos para que tudo saísse do jeito certo para eu vencer.

Por último, e peço perdão se eu esqueci de falar de alguém, agradeço ao Núcleo de Análises de Água, Alimentos e Efluentes do de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte e ao Núcleo de Processamento Primário e Reúso de Água Produzida e Resíduos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte por ter realizado os ensaios químicos das amostras coletadas. Sem essa grande ajuda o trabalho não teria sido finalizado.

Muito obrigado mesmo galera. Eu faria tudo de novo, pois todo esforço com foco na vida, vale muito à pena.

RESUMO

Este trabalho mapeou as manchas de óleo e graxa na zona portuária de Natal-RN nos meses de outubro, novembro e dezembro do ano de 2016 através de técnicas de geoprocessamento e análise química das amostras d'água. A metodologia para o desenvolvimento deste trabalho foi dividida em três etapas: pré-campo, correspondendo a pesquisa bibliográfica e mapeamento prévio dos pontos de coletas de água no estuário do Rio Potengi; campo, compreendendo o recolhimento de amostras d'água, além de registros fotográficos da área de estudo e observação dos locais de despejo de efluentes líquidos sem tratamento no canal fluvial, e pós-campo, satisfazendo os ensaios laboratoriais, mapas de Krigagem e Inverso da Distância Ponderada (IDW) com os valores do teor de óleo e graxa das amostras, integração e interpretação de dados obtidos. Ao todo, foram recolhidas 90 amostras de água nas adjacências do Porto de Natal, sendo as trinta primeiras encaminhadas para o Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, e as outras 60 para o Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água Produzida e Resíduo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, identificando a presença de óleo e graxa e, consequentemente, indo de encontro com legislação ambiental vigente. Como resultados, com a utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), foi possível identificar possíveis plumas de contaminação de óleo e graxa no leito do Rio Potengi, principalmente quando se fez a comparação com os mapas interpolados. Portanto, conclui-se que na zona portuária de objeto deste estudo há lançamento de óleo e graxa mediante as análises químicas laboratoriais e que 100% das amostras analisadas apontaram teores de óleo e graxa, além de outros aspectos físicos e químicos como turbidez, condutividade e pH, divergentes com a legislação ambiental em vigente. Nesse contexto, os métodos de interpolação e NDVI mostraram satisfatórios para alcançar os objetivos propostos.

Palavras-chave: Poluição. Krigagem. Zona Portuária de Natal – Manchas de óleo e graxa.

ABSTRACT

This work mapped oil and grease stains in the Natal-RN port area in the months of october, november and december of 2016 year through geoprocessing techniques and chemical analysis of water samples. The methodology for the development of this work was divided in three stages: pre-field, corresponding to the bibliographical research and previous mapping of the points of water collection in the estuary of the Potengi River; Field, comprising collecting water samples, as well as photographic records of the study area and observation of liquid effluent disposal without treatment in the fluvial channel, and post-field, satisfying the laboratory tests, kriging maps and IDW with the values of the oil and grease content of the samples, integration and interpretation of data obtained. In all, were collected 90 water samples in the environs of the Port of Natal, the first thirty were sent to the Nucleus of Analysis of Water, Food and Effluents of the Federal Institute of Rio Grande do Norte, and the other 60 to the Nucleus of Processing Primary and Reuse of Produced Water and Residue of the Federal University of Rio Grande do Norte, identifying the presence of oil and grease and, consequently, going against existing environmental legislation. As results, using the NDVI Vegetation Index, it was possible to identify possible plumes of oil and grease contamination in the Potengi River bed, especially when comparing with the interpolated maps. Therefore, it is concluded that in the port area of this study oil and grease were released through laboratory chemical analysis and that 100% of the analyzed samples indicated oil and grease contents, as well as other physical and chemical aspects such as turbidity, conductivity and PH, divergent with the current environmental legislation. In this context, the interpolation and NDVI methods proved satisfactory to achieve the proposed objectives.

Keywords: Pollution. Kriging. Natal Port Zone – Oil and grease stains.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema dos passos fundamentais de Processamento Digital de Imagens..... 23
Figura 2 – Informações das bandas espectrais do satélite LANDSAT 8..... 24
Figura 3 – Componentes e modelos do variograma..... 27
Figura 4 – Metodologia adequada..... 32
Mapa 1 – Mapa de localização dos locais de amostragem..... 35
Figura 5 – Fluxograma dos modos operantes da krigagem..... 37
Mapa 2 – Mapa de localização da área de estudo..... 39
Gráfico 1 – Comportamento da precipitação ao longo do ano de 2016..... 40
Gráfico 2 – Comportamento da precipitação ao longo do ano de 2016..... 41
Figura 6 – Carta estratigráfica da Bacia Pernambuco-Paraíba..... 43
Mapa 3 – Representação do arcabouço estrutural e das sub-bacias na Bacia Pernambuco-Paraíba..... 44
Figura 7 – Coluna estratigráfica esquemática para a costa oriental do Rio Grande do Norte..... 45
Mapa 4 – Mapa geológico simplificado da região do estuário do Rio Potengi..... 46
Gráfico 3 – Padrão de vento na área de estudo – primeiro semestre de 2010, obtido através da Estação de Superfície Automática (ESA)..... 47
Gráfico 4 – Padrão de vento na área de estudo – segundo semestre de 2010, obtido através da Estação de Superfície Automática (ESA)..... 48
Gráfico 5 – Direção preferencial do vento na área do estudo..... 49
Gráfico 6 – Velocidade preferencial do vento na área do estudo..... 50
Mapa 5 – Bacia hidrográfica Potengi..... 51
Gráfico 7 – Comparação entre os teores de óleo e graxa entre as campanhas 01 e 02..... 54
Gráfico 8 – Comparação entre os teores de óleo e graxa entre as campanhas 02 e 03..... 55
Gráfico 9 – Comparação entre os teores de óleo e graxa entre as campanhas 01 e 03..... 55

Gráfico 10 – Comparação entre os teores de óleo e graxa entre as campanhas 01, 02 e 03..... 56
Gráfico 11 – Relação entre condutividade e pH resultante das Campanhas 02 e 03..... 57
Gráfico 12 – Relação entre condutividade e turbidez resultante das Campanhas 02 e 03..... 58
Gráfico 13 – Relação entre condutividade e turbidez resultante das Campanhas 02 e 03..... 59
Gráfico 14 – Relação dos fatores estudados..... 60
Mapa 6 – Mapeamento dos locais com óleo e graxa na zona portuária de Natal-RN para os dois dias de recolhimento de amostras, ou seja, (a) 11/10/2016, (b) 08/11/2016 e (c) 28/12/2016..... 62
Mapa 7 – Mapas de teores de óleo e graxa, provenientes da interpolação de (a) IDW e Krigagem Esférica para o dia (a) 11 de outubro de 2016..... 64
Mapa 8 – Mapas de teores de óleo e graxa, provenientes da interpolação de (c) IDW e (d) Krigagem Esférica para o dia 08 de novembro de 2016..... 65
Mapa 9 – Mapas de teores de óleo e graxa, provenientes da interpolação de (e) IDW e (f) Krigagem Esférica para o dia 28 de dezembro de 2016..... 66
Mapa 10 – Mapas de “concentração” de óleo e graxa para cada dia de amostragem de água..... 69
Mapa 11 – Comparação entre os mapas NDVI e interpolação por krigagem esférica e IDW, mostrando que há uma correlação entre as áreas com óleo e graxa no dia 11 de outubro..... 70
Mapa 12 – Comparação entre os mapas NDVI e interpolação por krigagem e IDW. Nota-se que houve uma correlação entre as áreas com óleo e graxa apenas nos mapas de interpolação, pois no mapa NDVI a nuvem atrapalhou. Já as regiões com pouca presença de óleo e graxa, foram vistas em todos os mapas, representando os dias 08 de novembro (a) e 28 de dezembro (b) de 2016..... 71

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	14
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	**Geral**	14
1.1.2	**Específicos**	14
1.3	PROBLEMÁTICA	15
1.4	JUSTIFICATIVAS	17
2	**REFERENCIAL TEÓRICO**	19
2.1	PORTO DE NATAL	19
2.2	POLUIÇÃO	19
2.3	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	20
2.3.1	**Resolução Conama n° 01/1986**	20
2.3.2	**Resolução Conama n° 357/2005**	20
2.3.3	**Resolução Conama n° 398/2008**	21
2.4	HIDROCARBONETOS	22
2.5	GEOTECNOLOGIAS	22
2.6	LANDSAT 8	23
2.7	ÍNDICES DE VEGETAÇÃO	24
2.8	NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX	25
2.9	GEOESTATÍSTICA	26
2.9.1	**Interpolação**	26
2.9.1.1	Krigagem	26
2.9.1.2	Inverso da Distância Ponderada	27
3	**TRABALHOS ANTERIORES**	29
3.1	APRESENTAÇÃO	29
3.2	DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS REALIZADOS NO AMBIENTE DE ESTUDO	29
4	**MATERIAIS E MÉTODOS**	32
4.1	MATERIAIS	32
4.2	MÉTODOS	32
4.3	NATUREZA E TIPO DE PESQUISA	33
4.4	ETAPA PRÉ-CAMPO	33
4.4.1	**Pesquisa Bibliográfica**	33

4.4.2 Processamento Digital de Imagens 33
4.4.3 Mapeamento/Mapas temáticos 34
4.5 ETAPA DE CAMPO 34
4.6 ETAPA PÓS-CAMPO 35
4.6.1 Ensaio Laboratorial 35
4.6.1.1 Método Triclorotrifluoretano – Solúvel flutuantes óleo e graxa 35
4.6.2 Krigagem e IDW 37
4.6.3 Interpolação/Mapas temáticos 37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 39
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL 39
5.1.1 Localização da área de estudo 39
5.1.2 Clima 40
5.1.3 Geomorfologia 41
5.1.4 Geologia regional 42
5.1.4.1 Litoestratigrafia da Bacia Pernambuco-Paraíba 42
5.1.4.2 Arcabouço tectônico 43
5.1.5 Geologia local 45
5.1.5.1 Sub-bacia de Natala 45
5.1.5.2 Estuário do Rio Potengi 46
5.1.6 Ventos 46
5.1.7 Marés 50
5.1.8 Ondas 50
5.1.9 Hidrografia 51
5.1.10 Vegetação 51
5.2 ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA 52
5.2.1 TOG 52
5.2.1.1 Comparação entre as concentrações de óleo e graxa 54
5.2.2 Turbidez, Condutividade e pH 56
5.2.2.1 Campanha 02 e 03 57
5.2.2.2 Dados estatísticos 61
5.3 GEOPROCESSAMENTO 62
5.3.1 Mapeamento de óleo e graxa 62
5.3.2 Variabilidade espacial de óleo 64

5.3.3 Avaliação dos interpoladores 67
5.4 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS 68
6 CONCLUSÃO 73
REFERÊNCIAS 74
APÊNDICE A – Fotos da área de estudo, evidenciando-se as embarcações à combustão 82
APENDICE B – Equipamentos utilizados na coleta de amostras de água 84
APENDICE C – Mapa indicativo (em UTM, SIRGAS 2000 e Zona 25S) de presença de nuvens ou não sobre a área de estudo, através da composição R6G5B4, dos dias 28 de dezembro de 2016 85
APENDICE D – Mapa indicativo (em UTM, SIRGAS 2000 e Zona 25S) de presença de nuvens ou não sobre a área de estudo, através da composição R6G5B4, do dia 08 de novembro de 2016 86
APENDICE E – Mapa indicativo (em UTM, SIRGAS 2000 e Zona 25S) de presença de nuvens ou não sobre a área de estudo, através da composição R6G5B4, do dia 11 de outubro (c) de 2016 87
ANEXO A – Regras de submissão no periódico da Revista Sociedade & Natureza - Artigo 01 88
ANEXO B – Comprovante de submissão do artigo 01 89
ANEXO C – Regras de publicação do periódico da Revista Geociências - Artigo 02 90
ANEXO D – Comprovante de submissão de artigo 02 91

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho visou observar a variabilidade espacial das manchas de óleo nas adjacências do porto de Natal-RN nos meses de outubro, novembro e dezembro do ano de 2016. Como forma de corroborar para a conclusão da dissertação, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto e geoestatística, coletas e análises químicas de d'água em locais definidos durante a fase de pré-campo, as quais contribuíram para determinar os teores de óleo/graxa.

Nesta seção, serão abordados os seguintes tópicos: objetivos, as justificativas e a problemática do trabalho.

1.1 OBJETIVOS

Nesta seção, serão tratados os objetivos geral e específico deste trabalho.

1.1.1 Geral

O objetivo geral desta pesquisa foi mapear as manchas de óleo e graxa na zona portuária de Natal-RN localizada no estuário do Rio Potengi nos meses de outubro, novembro e dezembro do ano de 2016 através de técnicas de geoprocessamento e análise química de amostra d'água.

1.1.2 Específicos

Desdobram-se como objetivos específicos:

a) coletar amostras d'água, ensaios químicos laboratoriais e interpretação dos dados obtidos, correlacionando-os e comparando-os com as legislações ambientais brasileiras vigentes;
b) interpolar dos teores de óleo e graxa, com intuito de espacializar as regiões com plumas de contaminação de óleo/graxa;
c) avaliar dos erros entre as técnicas de interpolação do tipo Inverso da Distância Ponderada e Krigagem para definir qual é o melhor interpolador para a área de estudo;
d) efetuar *Download* e Processamento Digital de Imagens multitemporais do satélite LANDSAT 8 como forma de correlaciona-los através da sobreposição dos resultados obtidos na interpolação dos teores com o intuito de ver se as manchas de óleo estão batendo;

e) produzir mapas temáticos de modo que as prioridades de proteção possam ser estabelecidas e delineadas antecipadamente;
f) construir banco de dados com o intuito de fornecer informações para futuras pesquisas e tomadas de decisão no âmbito público e político.

1.2 PROBLEMÁTICA

A atividade portuária possui grande relevância para o desenvolvimento econômico e social de um país. No Brasil, é pelos portos que se escoa mais de 90% do volume de cargas do nosso comércio exterior e mais de 75% do valor correspondente a esse comércio (PAIVA et al., 2011). Apesar dessa importância econômica, a atividade portuária gera riscos que necessitam ser gerenciados, visando a sustentabilidade da atividade. Estes incluem as temeridades à saúde e integridade dos trabalhadores, às instalações, à saúde e segurança públicas e, principalmente, ao meio ambiente devido ao eventual derramamento de óleo (PAIVA et al., 2011).

Os derramamentos de petróleo e seus derivados, geralmente, acontecem durante as atividades de exploração, transporte, estocagem e limpeza de navios, uma vez que durante esses procedimentos podem ocorrer vazamentos, ruptura de dutos e explosões causados por falha nos equipamentos ou no manuseio (NOERNBERG; LANA, 2002; SANTOS, 2015).

Nas últimas décadas, impactos ambientais decorrentes de vazamentos de óleo têm ocorrido em todo o mundo e os manguezais são os sistemas mais impactados, tendo em vista que muitas áreas portuárias se localizam dentro de áreas estuarinas, onde ocorrem os manguezais (ANDRADE, 2008). Como exemplos de derrames de óleo têm-se aqueles ocorridos na Bahia Súcia, Porto Rico, em março de 1973, com derrame de 5.000 toneladas de petróleo (LUGO et al., 1980) e muitos outros como em Guanica (1962), Galeta (1970), Tarut Bay (1970), Colômbia e Equador (1980), Guayanila Bay (1978), Indonésia (1980). Estes episódios tiveram consequências que variam de desfolhamento de árvores à morte de árvores adultas dos mangues, destruição de habitats, morte de animais e perda de comunidades de algas.

As empresas *Exxon Valdez* e a *British Petroleum* protagonizaram também outros incidentes de derramamento de hidrocarbonetos em meio aquático nos anos de 1989 e 2010, respectivamente. Essa foi responsável pelo derramamento de cinco milhões de barris no Golfo do México, Estados Unidos. Aquela por trinta mil toneladas de petróleo no Alasca, Estados Unidos.

No Brasil, os principais acidentes ocorreram em oleodutos da Petrobras. Um na Baía de Guanabara-RJ, onde foi lançando, no mar, mais de 1 (um) milhão de litros de petróleo. O outro, na Refinaria Presidente Getúlio Vargas, instalada no município de Araucária-PR, foi injetado no Rio Birigui um grande volume de hidrocarbonetos, aparecendo uma mancha negra de óleo que atingiu o Rio Birigui, afluente do Rio Iguaçu, e o próprio Rio Iguaçu (SILVA et al., 2014). Outros incidentes, em menor escala, ocorreram nos anos de 2008, 2013 e 2016 nos Portos de Mucuripe-PE, Aratu-BA e Santos-SP, respectivamente.

Assim como os portos supracitados, o Porto de Natal-RN, situado à margem direita do estuário do Rio Potengi, a qual concentra importantes operações comerciais (dentre eles, o transporte de petróleo) e um alto tráfego diário de embarcações, também já sofreu com vazamento de óleo. No ano de 2012, a Capitania dos Portos detectou uma mancha de óleo nas proximidades do cais do Porto de Natal, que rapidamente foi até ao local utilizar métodos de contenção do deslocamento dessa pluma de contaminação (ALMEIDA, 2012).

O estuário do Rio Potengi é o maior e mais importante sistema estuarino do Estado do Rio Grande do Norte. Entretanto, constata-se, no seu entorno, inúmeras atividades antrópicas de ordem bastante diversificada e de forma desordenada como, por exemplo, indústrias, carcinicultura, têxtil e dentre outras. Consequentemente, devido à alta vulnerabilidade ambiental desse ecossistema, essas ações antrópicas vêm contribuindo para a sua degradação (CUNHA, 1982; FRAZÃO, 2003).

Uma vez ocorrendo vazamentos de hidrocarbonetos, eles são de difícil controle, podendo provocar lesões materiais e ecológicas de grandes proporções a este sistema além de enfermidades ou até a morte de seres vivos resultantes da exposição de pessoas, animais e vegetais a agentes ou condições ambientais potencialmente perigosas (SZEWCZYK, 2011). Segundo Busman (2006), os danos causados ao estuário decorrentes de um eventual derramamento de petróleo tendem a ser bastante amplificados, pela maior sensibilidade intrínseca dos ambientes aí representados.

Os efeitos de um derrame de óleo sobre ambientes costeiros e marinhos são determinados, entre outros, pela interação de vários fatores, tais como: composição química do óleo e quantidade derramada, condições meteorológicas e oceanográficas (ventos, correntes e marés), situação geográfica e dimensões da área afetada (BÍCEGO, 2008; SZEWCZYK, 2011).

A toxicidade a longo prazo afeta a vida marinha, que não é imediatamente morta pelo derrame, podendo o óleo ser incorporado à carne dos animais, tornando-a inadequada ao consumo humano. Mesmo em baixas concentrações, o óleo pode interferir nos processos vitais à reprodução. Com alteração no ciclo reprodutivo, toda a cadeia alimentar é afetada, o que consequentemente acarretará danos irreparáveis ao ecossistema (BÍCEGO, 2008; CORREIA; BEZERRA, 2012; COSTA et al., 2015).

Em relação as problemáticas supracitadas, podem-se fazer as seguintes indagações: Quais são as técnicas de geoprocessamento eficazes que contribuem no mapeamento de manchas desses contaminantes no estuário do rio Potengi, mais precisamente, na zona portuária de Natal-RN, entre os meses de outubro a dezembro do ano de 2016?

1.3 JUSTIFICATIVA

Como forma de mapear as manchas de óleo e o deslocamento dessas plumas de contaminação, suscitou a necessidade de testar ferramentas automáticas e computadorizadas para as respectivas averiguações. Dessa forma, passaram-se a utilizar as geotecnologias, as quais detêm a finalidade de coletar, processar, analisar e ofertar informações geográficas (FILHO; IOCHPE, 1996; ROSA; BRITO, 1996), destacando-se: Sistemas de Informação Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto e o Processamento Digital de Imagens (ROSA, 2005).

Essas geotecnologias são capazes de formular modelos gráficos, simulando, com bastante realismo, o padrão de circulação hidrodinâmica bem como níveis de hidrocarbonetos misturados em água (SCUDELARI et al., 1999; FERNANDES, 2001; FRAZÃO, 2003). Além disso, Amaro e Ferreira (2012) afirmam que as geotecnologias podem estimar, prever e analisar os impactos causados por lançamentos de efluentes numa determinada região. Com caráter preventivo, tais modelos avaliam cenários ambiental atual e futuro, subsidiando tomadas de decisão relativas à gestão ambiental referente a aspectos preventivos e corretivos (FRAZÃO, 2003).

Existem experiências significativas envolvendo a análise espacial em estudos que avaliam a contaminação de recursos naturais. Nestes casos, a elaboração de mapas temáticos pode empregar métodos geoestatísticos como, por exemplo, a krigagem, para o mapeamento de áreas contaminadas (DRUCK et al., 2004). Estas metodologias são de grande valia para a geração de modelos de confiança para a

distribuição de poluentes, favorecendo os processos de investigação destas áreas (LOURENÇO; LANDIM, 2005; OLIVEIRA, 2008).

Portanto, o emprego da geotecnologia para averiguar se ocorre poluição aquática por hidrocarboneto proveniente do fluxo contínuo de embarcações como, por exemplo, na zona portuária localizada no estuário do rio Potengi, fará com que se adotem medidas mitigadoras para termos uma economia mais sustentável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, foram discutidos sobre os principais conceitos e apresentados as autoridades no tema em estudo, embasando, teoricamente, o presente trabalho.

2.1 PORTO DE NATAL

No território brasileiro, a maioria dos centros urbanos desenvolveu nas imediações das regiões portuárias (NASCIMENTO et al., 2011). O projeto do Porto de Natal, por exemplo, foi aprovado pelo Decreto n° 15.277, de 14 de janeiro de 1922, sendo inaugurado em 24 de outubro de 1932. Atualmente, é dirigido pela Companhia Docas do Rio Grande do Norte e está localizado na cidade de Natal-RN, à margem direita do Rio Potengi, distando-se 3 (três) quilômetros da sua foz (CODERN, 2016).

A região portuária da cidade de Natal apresenta um grande tráfego de embarcações comerciais. Nos últimos quatro anos, a média da movimentação geral de cargas foi de 25.961,75 toneladas (CODERN, 2016) e, consequentemente, apresentam um alto risco de vazamento por hidrocarbonetos. De acordo com Oliveira (1993), há um risco quando ocorre a combinação de circunstâncias de um ou mais processos geradores de consequências ambientais adversas. Muitos desses vazamentos são provenientes da queima dos combustíveis, lavagem das embarcações ou até mesmo equipamentos necessitando de manutenção.

2.2 POLUIÇÃO

A qualidade dos ambientes aquáticos tem sido degradada nos últimos anos, principalmente aqueles próximos de regiões portuárias. As propriedades da água podem ser amaneiradas pelas atividades antrópicas, gerando poluentes típicos que poluirá o corpo receptor (PEREIRA, 2004).

A natureza da poluição pode ser de três tipos: química, física ou biológica. Em geral, a inserção de um tipo destes poluentes modifica as outras características da água. Desta forma, conhecer as interações entre os poluentes são de extrema relevância para que se possa lidar da melhor forma possível com as fontes de poluição (MIERZWA, 2001; MOREIRA, 2002).

Entende-se por poluição como:

> Alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, litosfera ou hidrosfera que cause ou possa causar prejuízo à saúde,

> à sobrevivência ou às atividades dos seres humanos e outras espécies ou ainda deteriorar materiais. Para fins práticos, em especial do ponto de vista legal de controle da poluição, o conceito de poluição deve ser associado às alterações indesejáveis provocadas pelas atividades e intervenções humana no ambiente; Poluentes são resíduos gerados pelas atividades humanas, causando um impacto ambiental negativo, ou seja, uma alteração indesejável. Dessa maneira, a poluição está ligada à concentração, ou quantidade de resíduos presentes no ar, na água ou no solo. No caso da área de estudo, os principais poluentes investigados são o óleo e a graxa. (BRAGA et al., 2005, p. 22).

Dessa forma, a poluição hídrica traz danos para o meio ambiente assim como para o bem-estar dos seres humanos. Assim, as principais consequências dessa poluição são: veiculação de doenças, eutrofização, elevação do custo do tratamento da água, desequilíbrio ecológico e degradação da paisagem (CHERNICHARO et al., 2007).

2.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Nesta seção, foram discutidas as Resoluções Conama que embasaram o referencial teórico deste trabalho.

2.3.1 Resolução Conama n° 01/1986

A Resolução CONAMA 001/1986, a qual considera a necessidade de se estabelecer as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental, define impactos ambientais como:

> Ações resultantes de qualquer modificação das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, provenientes de qualquer forma de matéria ou energia resultantes das atividades humanas de maneira direta ou indireta. Estes são capazes de afetar direta ou indiretamente a saúde, a segurança e o bem-estar da população como também a qualidade e condições dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986, p. 2).

2.3.2 Resolução Conama n° 357/2005

A Resolução CONAMA 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, instituindo a classificação das águas salobras em quatro classes, as quais são subdivididas em:

> Classe Especial: Destinada à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
> Classe 1: Destinada à recreação de contato primário, à proteção das comunidades aquáticas, à aquicultura e à atividade de pesca, ao

> abastecimento para consumo humano após o tratamento convencional ou avançado, à irrigação de hortaliças, parques, jardins, etc.
> Classe 2: Destinada à pesca amadora e à recreação de contato secundário.
> Classe 3: Destinada à navegação e à harmonia paisagística. (BRASIL, 2005, p. 5).

De todas as classes listadas acima, a legislação vigente proíbe o lançamento de óleo e graxas nesses ecossistemas, ou seja, não é permitida a detecção de nenhum valor de teor desses poluentes (BRASIL, 2005).

2.3.3 Resolução Conama n° 398/2008

A Resolução CONAMA 398/2008 estabelece o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, determina:

> Derramamento ou descarga: Qualquer forma de liberação de óleo ou mistura oleosa em desacordo com a legislação vigente para o ambiente, incluindo despejo, escape, vazamento e transbordamento em águas sob jurisdição nacional;
> Incidente de poluição por óleo: Qualquer derramamento de óleo ou mistura oleosa em desacordo com a legislação vigente, decorrendo de fato ou ação acidental ou intencional;
> Navio: Embarcação de qualquer tipo que opere no ambiente aquático, inclusive hidrofólios, veículos a colchão de ar, submersíveis e outros engenhos flutuantes;
> Óleo: qualquer forma de hidrocarboneto (petróleo e seus derivados líquidos), incluindo óleo cru, óleo combustível, borra, resíduos petrolíferos e produtos refinados. (BRASIL, 2008, p. 2).

2.4 HIDROCARBONETOS

Os hidrocarbonetos são compostos formados por átomos de carbono (C) e hidrogênio (H). As principais fontes de hidrocarbonetos são os combustíveis fosseis, tais como, petróleo, gás natural, hulha e xisto betuminoso. Dentre as inúmeras espécies de hidrocarbonetos, destacam-se os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Eles contêm carbono, hidrogênio, de dois ou mais anéis benzênicos fundidos. Apresentam grande importância ambiental, devido a sua toxicidade e persistência no ambiente marinho (RAND et al., 1995).

Cada embarcação libera um percentual de hidrocarbonetos em meio aquático durante o seu deslocamento. Esses resíduos podem permanecer no ambiente em meio solúvel ou no sedimento (LE DRÉAU, 1997), contaminando-o, principalmente áreas mais sensíveis, como mangues, praias e recifes de corais (CURY, 2002).

2.5 GEOTECNOLOGIAS

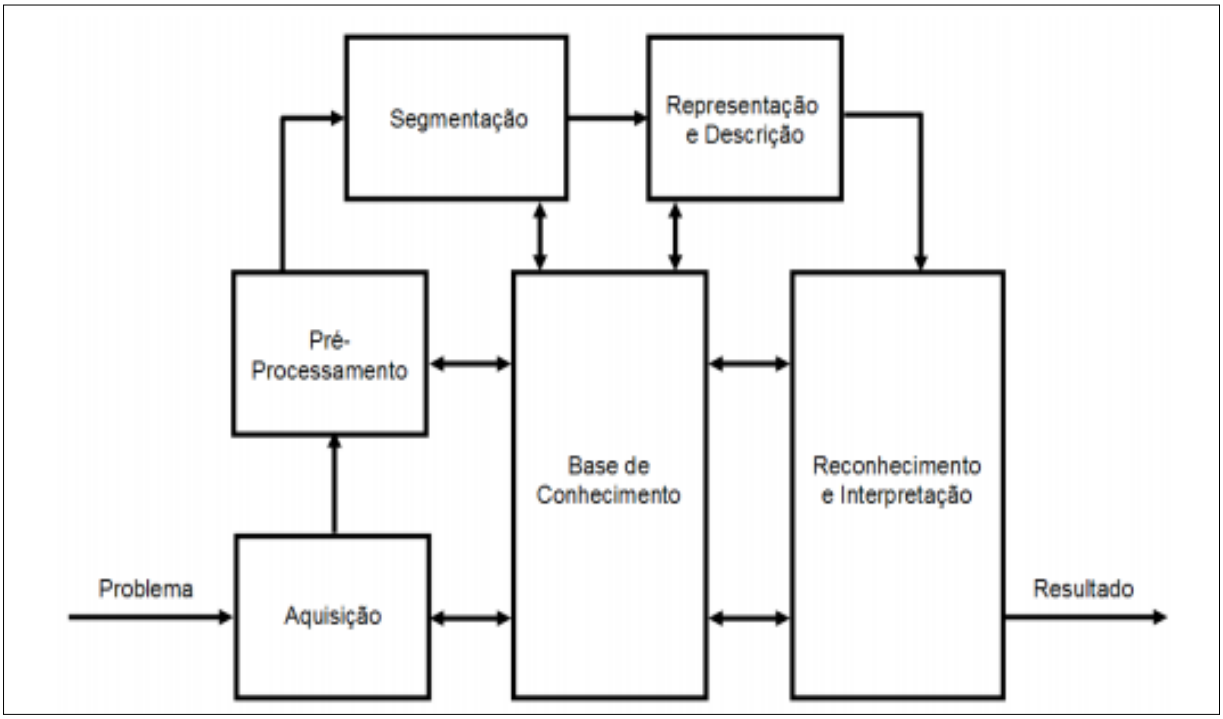
Uma vez inseridos no meio ambiente, os hidrocarbonetos podem ser identificados, utilizando-se as geotecnologias. As geotecnologias compreendem-se como um conjunto de artifícios para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica, destacando-se: Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto (SR), Sistema de Posicionamento Global (GPS) e a Topografia (ROSA; BRITO, 1996; ROSA, 2005).

No trabalho, será utilizado o Sensoriamento Remoto (SR) aliado com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para realizar o tratamento ou processamento digital das imagens. O SR, por exemplo, define-se como o modo de obter informações sobre um alvo, utilizando-se a radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos (assinatura espectral), geradas por fontes naturais ou artificiais (ROSA; BRITO, 1996). Já o SIG como forma de representar um alvo na superfície da Terra através das suas coordenadas geográficas.

Através das assinaturas espectrais dos alvos, pode-se obter resultados satisfatórios através de um Tratamento ou Processamento Digital de Imagens (PDI). Entende-se por PDI como um conjunto de técnicas capazes de realçar determinadas feições naturais através de ferramentas computacionais, gerando um banco de dados, o qual pode ser submetido a outros processamentos (MENESES; ALMEIDA, 2012).

O processamento de imagens digitais pode ser dividido em etapas fundamentais (QUEIROZ; GOMES, 2001). O primeiro passo inicia-se com a aquisição da imagem, seguindo por um pré-processamento, segmentação, representação e descrição e, por último, pelo reconhecimento e pela interpretação (Figura 1).

Figura 1 - Esquema dos passos fundamentais de Processamento Digital de Imagens



Fonte: Queiroz e Gomes (2001).

2.6 LANDSAT 8

Segundo a NASA (2013), a série LANDSAT surgiu no final dos anos 60. Por se tratar do programa de satélites de recursos terrestre mais antigo, operando desde 1972 e disponibilizando imagens gratuitas desde 1973, o programa apresenta um importantíssimo acervo histórico de imagens orbitais (NASA, 2013). No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é a instituição responsável pela manutenção e disponibilização deste acervo.

Em 11 de fevereiro de 2013, foi lançada a Missão de Continuidade dos Dados LANDSAT (LDCM) – chamada de LANDSAT 8. Com dois novos sensores, o sensor espectral OLI e o sensor termal TIRS, as melhoras na resolução espectral são muito positivas. Foram adicionadas duas bandas espectrais: banda 1 que foi projetada, especificamente, para os recursos hídricos e investigação da zona costeira, e um novo canal de infravermelho, banda 9, para a detecção de nuvens (USGS, 2013).

Há também uma nova banda de Garantia de Qualidade (Banda QA), que fornece informações sobre a presença de nuvens, água e neve. A partir do sensor termal TIRS, foram criadas duas bandas espectrais para o comprimento de onda antes

coberto por uma única banda nos sensores TM e ETM (USGS, 2013). Algumas bandas apresentam largura menor no espectro, principalmente as do infravermelho.

Outra inovação importante foi quanto à resolução radiométrica. Os sensores OLI e TIRS proporcionam um melhor desempenho radiométrico, quantificado em uma faixa dinâmica de 12 bits. Essa melhoria (uma vez que as imagens anteriores possuíam 8 bits) possibilita uma maior caracterização de alvos da imagem, e podem contribuir bastante para a diminuição do efeito de sombras (USGS, 2013).

Em relação a resolução espacial, de acordo com a figura 2, esta foi a única com poucas inovações com relação às imagens anteriores. As bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 9 possuem uma resolução de 30 metros; as bandas termais 10 e 11 possuem uma resolução de 100 metros; e a banda 8 (pancromática) possuem uma resolução de 15 metros (NASA, 2013).

Figura 2 - Informações das bandas espectrais do satélite LANDSAT 8

Bandas	Comprimento de Onda (micrometros)	Resolução (metros)
Banda 1- Costal aerosol	(0.43 - 0.45)	30
Banda 2 - Azul	(0.450 - 0.51)	30
Banda 3 - Visível Verde	(0.53 - 0.59)	30
Banda 4 - Visível Vermelho	(0.64 - 0.67)	30
Banda 5 - Infravermelho Próximo	(0.85 - 0.88)	30
Banda 6 - Infravermelho Médio/SWIR	(1.57 - 1.65)	30
Banda 7 - Infravermelho Médio/SWIR	(2.11 - 2.29)	30
Banda 8 - Pancromática	(0.50 - 0.68)	15
Banda 9 - Cirrus	(1.36 - 1.38)	30
Banda 10 – Infravermelho Termal (TIRS)1	(10.60 – 11.19)	100
Banda 11 – InfravermelhoTermal (TIRS)2	(11.50 – 12.51)	100

Fonte: NASA (2013).

2.7 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Os índices de vegetação são algoritmos que enfatizam a flora presente num *raster*, os quais podem indicar a qualidade ou densidade da biomassa, Índice de Área Foliar (IAF), vigor da vegetação, sazonalidade climática entre o tempo seco e úmido, cobertura do solo, atividade fotossintética, dentre outros aspectos (HUXMAN et al., 2004).

A oferta hídrica no meio ambiente interfere nos valores obtidos para índices de vegetação. Assim, as imagens de sensores remotos em condições climáticas de umidade ou estiagem prolongada apresentarão comportamentos espectrais diferenciados. Todavia, as melhores cenas de satélite são obtidas em épocas de estiagem, em virtude de ter menor cobertura de nuvens sobre uma determinada área imageada (HUXMAN et al., 2004).

Para determinar os índices de vegetação, faz o processamento das bandas que operam na região do visível (vermelho) e do infravermelho próximo. Na banda do vermelho e infravermelho, há uma a alta e baixa absorção de energia solar, em virtude da presença da clorofila. Dessa forma, a união das duas faixas espectrais supracitadas destaca as regiões de vegetação nas imagens (HUXMAN et al., 2004).

2.8 NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX

Um exemplo de índice de vegetação é o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) ou Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN). Segundo Rouse et al. (1973), essa ferramenta é indicada para estudos de cunho ambiental, uma vez que aferi a cobertura vegetal de uma determinada região em escalas diferentes. Em pesquisas empregando imagens de satélite, o NDVI é assaz aproveitado, pois despreza as condições topográficas e apresenta uma escala de medida linear entre -1 e 1.

A razão entre a diferença da refletância do infravermelho próximo (NIR) e a refletância do vermelho (R) determina o NDVI. Para o cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, Rouse et al. (1973) propôs a expressão:

$$NDVI = (NIR – R) / (NIR + R) \quad (1)$$

- Refletância do Infravermelho Próximo (NIR)
- Refletância do Vermelho (R)

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é um indicador da proporção e da condição da vegetação verde. Geralmente para superfícies com presença de alguma vegetação o valor do NDVI é positivo, para superfícies sem vegetação o valor é nulo, já para a água e nuvens o valor geralmente é negativo. Quanto mais próximo do extremo positivo, maior a densidade da cobertura vegetal,

ou seja, condiz com seu estágio denso e desenvolvido. Esse valor diminui gradativamente para cobertura vegetal menos densa, que apresenta valores positivos, porém não muito elevados (ROUSE et al., 1973).

2.9 GEOESTATÍSTICA

Nesta seção, foram discutidos o conceito de interpolação e os interpoladores Krigagem e Inverso da Distância Ponderada (IDW).

2.9.1 Interpolação

A interpolação é um processo que utiliza pontos amostrados para aproximar as superfícies de ajuste, as quais, a partir da representação contínua do fenômeno possibilitam uma manipulação conveniente e eficiente dos modelos matemáticos por meio de algoritmos de análise. Nesse contexto, são necessárias funções que realizem a conversão das observações pontuais em superfícies contínuas, de maneira que os pontos da superfície são estimados a partir de um conjunto amostrado de entrada (DENT, 1999; SLOCUM, 1999).

2.9.1.1 Krigagem

Segundo Lembo e Magri (2002), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações. A krigagem produz a melhor estimativa linear não viciada dos dados de um atributo em um local não amostrado, com a modelagem do variograma, baseando-se na ideia de que se pode fazer inferências a partir de uma função aleatória Z(x), originando os pontos Z(x1), Z(x2), ..., Z(xn).

A função $Z(x) = m(x) + \gamma(h) + \varepsilon$ apresenta a média constante, a correlação espacial e o erro residual. A correlação espacial é dada pelo variograma.

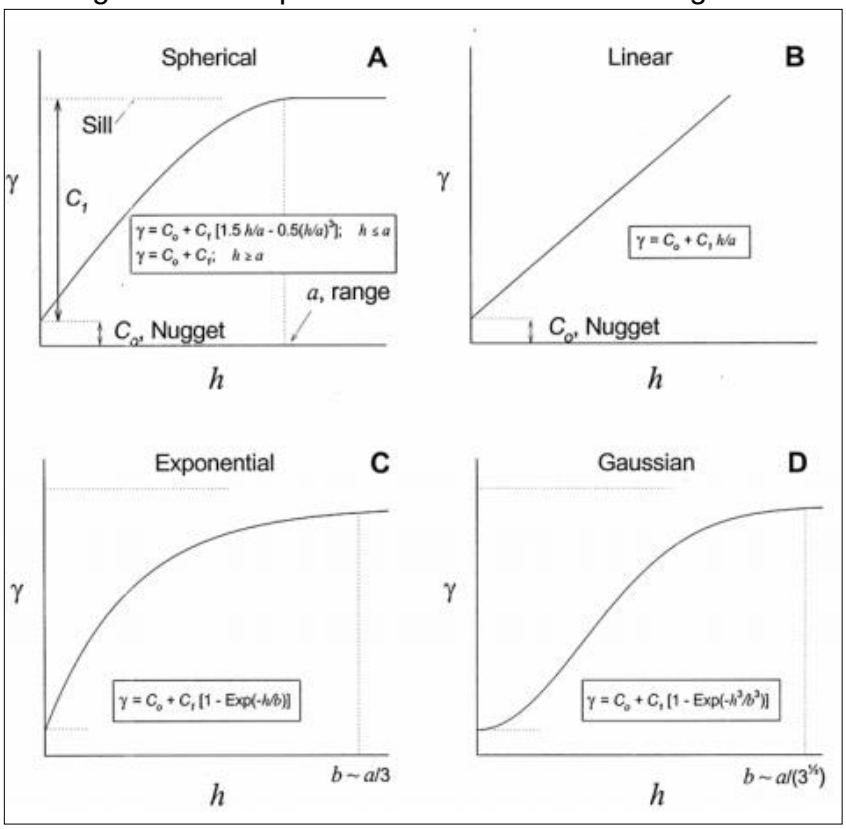
$$\gamma(h) = \tfrac{1}{2} N(h) \Sigma i[Z(xi) - Z(xi+h)] \quad (2)$$

- N(h) é o número total de pares de observações separadas pela distância h. E a curva ajustada minimiza a variância dos erros.

A figura 3 a seguir mostra os componentes do variograma, e seus principais modelos. Dentre estes, o mais comum é o exponencial. O efeito pepita (*nugget*) é o ponto inicial da curva, onde a curva toca o eixo γ, quando h=0. O patamar (*sill*) é o

valor de γ máximo da curva, o ponto em que não existe mais nenhuma correlação entre as variáveis, sendo assim a variância do conjunto de dados. O alcance (*range*) é o ponto máximo onde existe autocorrelação espacial das variáveis.

Figura 3 - Componentes e modelos do variograma



Fonte: Lembo e Magri (2002).

A krigagem ordinária é “linear” porque suas estimativas são combinações lineares ponderadas dos dados disponíveis; é “não-viciada” porque busca o valor de erro ou resíduo médio igual a 0; e é “melhor porque minimiza a variância dos erros” (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989, p.278). Assim, os valores estimados, bem como sua covariância espacial, não possuem uma variação sistemática, mas são caracterizados por apresentar uma mesma probabilidade de ocorrência para toda a área analisada. Desse modo, na krigagem ordinária, assume-se que os valores na região de interesse não apresentam tendência que possam afetar os resultados (LANDIM et al., 2002).

2.9.1.2 Inverso da Distância Ponderada

Conhecido por *Inverse Distance Weighted* (IDW), esse interpolador prevê valores para locais não amostrados usando combinação linear ponderada dos pontos

amostrados na vizinhança (MIRANDA, 2005). Para o cálculo da interpolação IDW, utiliza-se a seguinte equação matemática (MELLO et al., 2003):

$$Z\ (x) = \sum_{i=1}^{n} \omega i\ Z\ (xi)\ /\ \sum_{i=1}^{n} \omega i \qquad (3)$$

- Z(x) - é o valor do ponto que se deseja interpolar;
- n - é a quantidade de pontos próximos utilizados na interpolação do ponto x;
- Z(xi) - é o valor do ponto xi;
- ωi - é o peso do valor de xi sobre o ponto x.

3 TRABALHOS ANTERIORES

Os estuários são ambientes atrativos para a ação antrópica, principalmente na instalação de atividades portuárias. Muitos foram as atividades realizadas no estuário do rio Potengi, os quais visavam analisar, prioritariamente, os impactos ambientais causados nesse ecossistema. Então, abaixo, será mostrado um resumo dos principais estudos desenvolvidos nos últimos 10 (dez) anos nesse sistema.

Nesta seção, foram abordados os trabalhos feitos nos últimos 10 (dez) anos no ambiente de estudo.

3.1 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS REALIZADOS NO AMBIENTE DE ESTUDO

Scudelari et al. (2007), Figueiredo (2007) e Ribeiro (2012) avaliaram a influência do vento nos parâmetros hidrodinâmicos do estuário do rio Potengi como agente preponderante nos processos de transporte de sedimentos e contaminantes. No caso, analisando ao longo de toda a região estuarina, comprovou-se que não há influência significativa da ação dos ventos, mas, sim, das marés, na circulação hidrodinâmica nesse sistema deposicional.

Com o auxílio do geoprocessamento, Martins (2007) monitorou os aspectos físico-territorial e ambiental dos processos de erosão e sedimentação, caracterização da qualidade do sedimento e da água no estuário do rio Potengi. Fernandes e Petta (2008) mapearam, através de imagens de satélite de alta resolução, as características geoambientais do estuário. Na ocasião, geraram-se mapas de uso e ocupação do solo e unidades geomorfológicas, corroborando para medidas de proteção ecológica.

Já Correa (2008) e Dantas (2009) analisando e comprovando que os sedimentos de fundo do canal do estuário do Potengi apresentavam alta concentração de metais pesados, estudaram os impactos geoquímicos e socioambientais sobre o estuário associados com esses poluentes. Utilizando-se o geoprocessamento, demarcaram-se os locais com maior incidência de elementos químicos como, por exemplo, Al, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb e Zn, os quais aumentaram à montante do rio Potengi.

Medeiros (2009), com base em sensoriamento remoto, averiguou-se multitemporalmente a dinâmica espacial do estuário Potengi. A partir da análise, verificou-se que entre os anos de 1988 a 2006 existiu uma variação na configuração espacial no estuário do Potengi. Os mapas confeccionados com o *software* ArcGIS

10.2 revelaram que houve perda da área de vegetação em virtude da expansão da carcinicultura e zona urbana.

Nicodemo (2010) e Oliveira (2015) diagnosticaram os efluentes sanitários, hospitalar e industriais, lançados no rio Potengi, num contexto ecotoxicológico. Na ocasião, avaliou-se a sobrevivência da alga *M. juniae* diante desses resíduos lançados no ambiente fluvial e se observaram que aqueles efluentes não tratados apresentavam alta toxidade e os tratados, não.

Costa (2010) avaliou a resistência dos manguezais a um possível derramamento de petróleo no estuário do Potengi. Para tanto, foram selecionados e isolados microrganismos degradadores de petróleo do solo do mangue pela técnica de enriquecimento de culturas. No caso de um pequeno vazamento de óleo, o ambiente detém potencial de biodegradar o petróleo, segundo monitoramento realizado pela metodologia OxiTop-C.

Carrascoza (2011) e Queiroz (2011) determinaram os hidrocarbonetos alifáticos em sedimentos de fundo do estuário, identificando as concentrações e suas possíveis origens através das razões diagnósticas e comparação dos resultados com as atividades antrópicas e naturais vigentes no local. As amostras foram recolhidas de modo que permitisse fazer uma varredura desde a foz do estuário até 12 km a montante, sendo detectados n-alcanos, pristano e fitano.

Lopes (2012) aferiu a contaminação por metais pesados no estuário através de ensaios laboratoriais de sedimentos do mangue encontrados no interior dos caranguejos. Ao analisar os grãos através da Sonda Multi-Paramétrica, identificou-se a presença de metais como, por exemplo, chumbo, cádmio, arsênio e cobre, tanto no sedimento quanto no caranguejo. Isso caracteriza que o consumo desse crustáceo pode causar contaminação humana.

Gurgel et al. (2015), empregando o *software Google Earth*, levantou quantitativamente as áreas do manguezal da Zona de Proteção Ambiental 08 (ZPA-08) que estão degradadas, parcialmente degradadas ou preservadas. A imagem *Digital Globe*, disponibilizada pelo *Google Earth*, permitiu quantificar essas superfícies na ZPA-08, sendo: 974,35 hectares (ha) de manguezal preservado e 385,37 ha de manguezal com cobertura alterada ou desmatada.

Souza et al. (2016) realizaram uma campanha de amostragem de água nas adjacências do Porto de Natal para quantificar os teores de óleo e graxa e, a partir daí, mapear com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento, os locais com

poluentes. De acordo com os ensaios químicos, todas as amostras possuíam óleo e graxa, indo de encontro com a legislação ambiental vigente, causando danos à fauna e à flora.

Então, diante desses trabalhos, pressupõe que o estuário do rio Potengi se encontra altamente vulnerável a poluição antrópica, necessitando de estudos periódicos para saber como está a saúde desse ambiente.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, foram abordados os seguintes tópicos: materiais e os métodos utilizados nesse trabalho.

4.1 MATERIAIS

Os materiais empregados para a realização deste trabalho foram:

a) imagens multitemporais do satélite LANDSAT 8;

b) *software* ArcGIS 10.2;

c) GPS de mão do tipo Garmin Etrex;

d) recipientes de vidro de 1 L;

e) analisador infracal (Modelo – HATRT2);

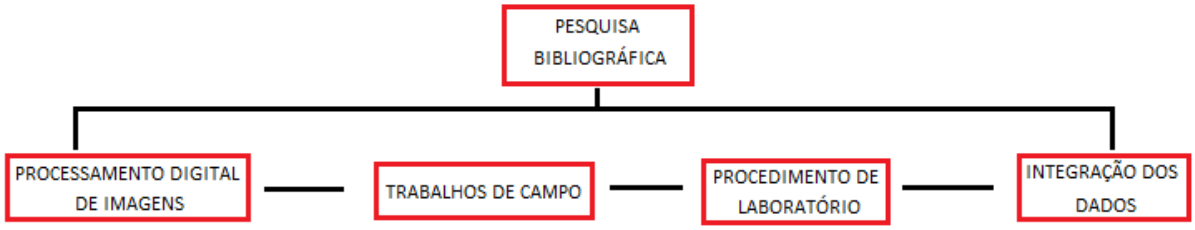
f) tubo de óleo flutuante;

g) balão cônico.

4.2 MÉTODOS

As atividades desenvolvidas para a elaboração deste trabalho foram subdivididas nas seguintes etapas: pré-campo (pesquisa bibliográfica e cartográfica), campo (recolhimento de amostras d'água, anotações de campo e retirada de fotografias da área de estudo e pós-campo (laboratório, gabinete e integração de dados). A metodologia aplicada pode ser melhor visualizada na figura 4.

Figura 4 - Metodologia adotada



Fonte: Autoria própria (2016).

4.3 NATUREZA E TIPO DE PESQUISA

A etapa de pesquisa bibliográfica e cartográfica assinala-se como pesquisa pura. Na etapa de processamento digital de imagens e de mapeamento, confecção de mapas temáticos e ensaio laboratorial, caracteriza-se como pesquisa experimental. Já nas etapas de campo, onde recolheram-se amostras d'água com a intenção de investigar óleo e graxa, trata-se de uma pesquisa exploratória.

4.4 ETAPA PRÉ-CAMPO

Nesta seção, foram discutidas as atividades desenvolvidas durante a etapa de pré-campo.

4.4.1 Pesquisa Bibliográfica

Esta pesquisa constou do levantamento das publicações relacionadas aos aspectos físico-biológico da área de estudo, principais conceitos que embasaram o referencial teórico deste trabalho e as metodologias utilizadas nas diferentes etapas desta pesquisa. Assim, foram consultadas legislações ambientais, dissertações, teses, páginas eletrônicas da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e Biblioteca Central Zila Mamede (BCZM), relatórios de graduação, periódicos especializados e livros bem como imagens de satélite LANDSAT 8.

4.4.2 Processamento Digital de Imagens

Nesta fase, buscou-se adquirir, gratuitamente, imagens de satélite LANDSAT 8 diretamente no *site* do Serviço Geológico Americano (earthexplorer.usgs.gov). Tais cenas foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que as imagens LANDSAT 8 possuem onze bandas espectrais do visível até o termal, os quais se mostraram satisfatórios para a realização deste trabalho.

Conforme Crosta (1993), as imagens geradas por sensores remotos estão sujeitas a uma série de distorções espaciais (rotação da terra, variações de altitudes, posição e velocidade da plataforma, dentre outras), não possuindo precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos na superfície. Então, mostra-se necessário aplicar correções que vão reorganizar essas informações em relação a um sistema de projeção cartográfica.

Assim, as imagens LANDSAT 8 dos períodos de outubro, novembro e dezembro do ano de 2016 foram georreferenciadas utilizando o método de correção de polinômio de segunda ordem, sempre com valores de raiz do erro médio quadrático inferiores a 1. Depois, houve a combinação de bandas espectrais e realce das refletâncias pelo histograma (ARAÚJO, 2006) a fim de identificar as prováveis manchas de óleo. Todo esse procedimento foi executado através do *software* ArcGIS 10.2, instalado no computador do Laboratório de Informática do Instituto Federal do Rio Grande do Norte.

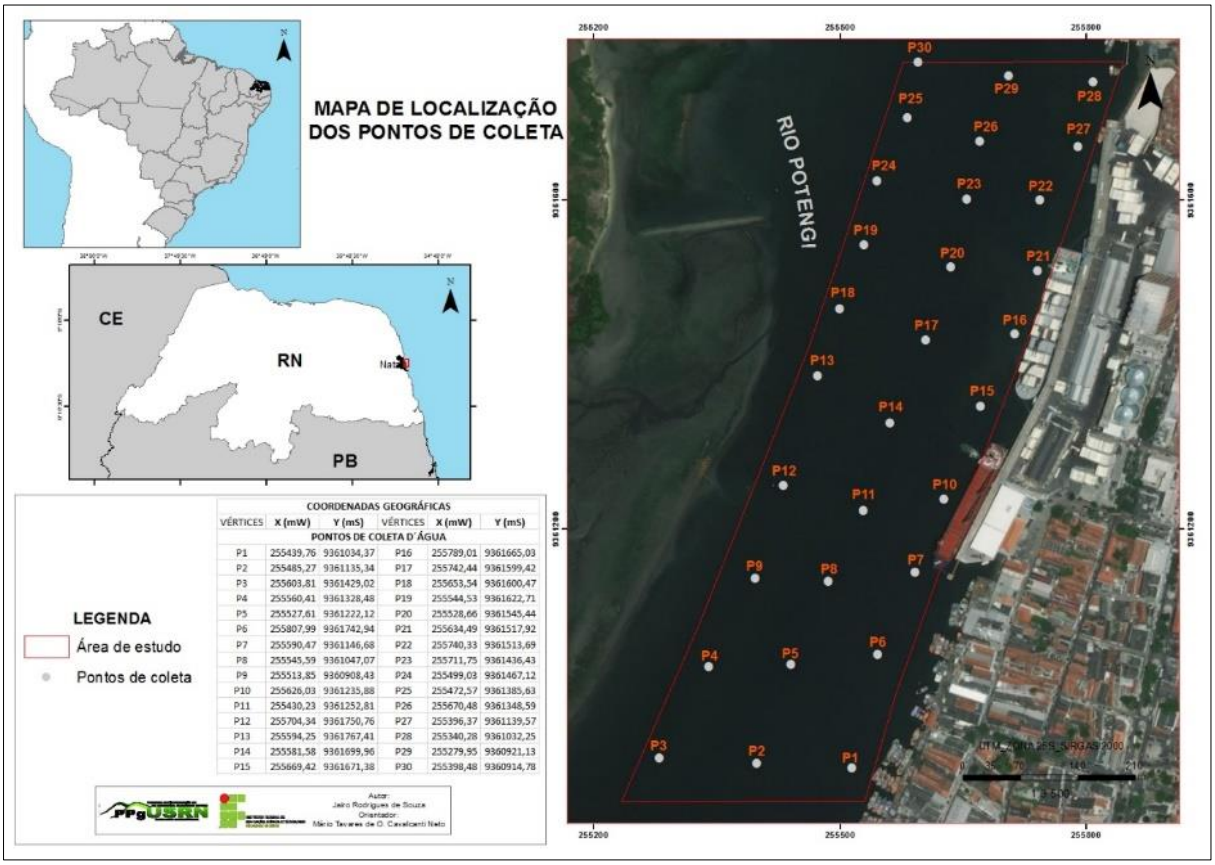
4.4.3 Mapeamento/Mapas temáticos

Uma vez realizado o processamento digital multitemporal de imagens, foi feito o mapeamento, numa escala de 1:4.500, das prováveis regiões com plumas de contaminação. O resultado dessa operação possibilitou a identificação das prováveis manchas de óleo/graxa através do sensoriamento remoto no estuário do Rio Potengi.

4.5 ETAPA DE CAMPO

Os trabalhos de campo foram executados em três etapas: (1) investigação "*in situ*" com um barco modelo artesanal à remo para observar se há ou não manchas de óleo na zona portuária de Natal/RN; (2) recolhimento de amostras d'água da parte superficial da coluna hídrica no estuário do Rio Potengi em recipientes de vidro de 1 L. Ao todo, foram realizadas três campanhas de recolhimento de amostras, sendo que em cada empreitada, 30 amostras foram recolhidas, totalizando 90 amostras. Essas amostras foram recolhidas em regiões específicas determinadas durante o mapeamento prévio na área de estudo (Mapa 1). Por último, foram realizados (3) registros fotográficos das embarcações atracadas no Porto de Natal/RN e dos pontos de emissões de efluentes líquidos.

Mapa 1 - Mapa de localização dos locais de amostragem



COORDENADAS GEOGRÁFICAS

PONTOS DE COLETA D'ÁGUA

VÉRTICES	X (mW)	Y (mS)	VÉRTICES	X (mW)	Y (mS)
P1	255439,76	9361034,37	P16	255789,01	9361665,03
P2	255485,27	9361135,34	P17	255742,44	9361599,42
P3	255603,81	9361429,02	P18	255653,54	9361600,47
P4	255560,41	9361328,48	P19	255544,53	9361622,71
P5	255527,61	9361222,12	P20	255528,66	9361545,44
P6	255807,99	9361742,94	P21	255634,49	9361517,92
P7	255590,47	9361146,68	P22	255740,33	9361513,69
P8	255545,59	9361047,07	P23	255711,75	9361436,43
P9	255513,85	9360908,43	P24	255499,03	9361467,12
P10	255626,03	9361235,88	P25	255472,57	9361385,63
P11	255430,23	9361252,81	P26	255670,48	9361348,59
P12	255704,34	9361750,76	P27	255396,37	9361139,57
P13	255594,25	9361767,41	P28	255340,28	9361032,25
P14	255581,58	9361699,96	P29	255279,95	9360921,13
P15	255669,42	9361671,38	P30	255398,48	9360914,78

Fonte: Autoria própria (2016).

4.6 ETAPA PÓS-CAMPO

Nesta seção, foram discutidas as atividades desenvolvidas durante a etapa de pós-campo.

4.6.1 Ensaio Laboratorial

Das noventa amostras d'água recolhidas, trinta foram enviadas para o Núcleo de Análises de Água, Alimentos e Efluentes do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (NAAE/IFRN) e sessenta para o Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água Produzida e Resíduo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (NUPPRAR/UFRN) com o intuito de confirmar a presença de óleo/graxa. A metodologia empregada foi descrita por Apha et al. (2012), conforme consta abaixo.

4.6.1.1 Método Triclorotrifluoretano - Solúvel flutuantes óleo e graxa

Para a realização do teste laboratorial, foram utilizados os seguintes aparelhos: um tubo de óleo flutuante devidamente higienizado e um balão cônico de 300 mL. Como reagentes foram utilizados: 1,1,2 - tricloro - 1,2,2- trifluoretano, ácido clorídrico e papel de filtro.

Posteriormente, foram adotados os seguintes procedimentos:

1. Flotação:

- Colocaram-se as amostras em tubos na posição vertical por um período de flotação de trinta minutos;
- No final do período de flotação, descarregou-se a água através da torneira inferior, parando antes que o óleo escape;
- Com a água residual misturada com óleo, agita-se o tubo sobre o eixo vertical para desalojar o óleo situado no fundo e na parede do tubo. Depois, a mistura resultante ficou descansando por mais cinco minutos;
- No final do período de descanso, novamente foi retirada a água através da torneira inferior, parando antes que o óleo escape.

2. Extração:

- Adicionam-se, ao tubo e a pH 2 ou inferior, cinco gotas de HCl e 50 mL de triclorotrifluoretano, respectivamente, e agitou-se a solução;
- Com o papel filtro, filtrou-se a solução e colocou-se o líquido resultante no balão cônico de 300 mL;
- Adicionou uma porção de 50 mL de triclorotrifluoretano no líquido resultante no balão cônico de 300 mL;
- Evaporou-se o solvente de cada balão e, em seguida, foi determinado o peso do resíduo deixado após o processo de evaporação a partir do mesmo volume que foi utilizado na análise.

3. Procedimento para o analisador infracal (Modelo – HATR-T2):

- Uma vez colocada no analisador infracal, a amostra passa por um feixe de luz, onde uma parte da energia é absorvida no comprimento de onda da radiação incidente;
- A energia consumida pelo comprimento de onda na análise (I_A) é menor quando comparada à energia coletada do comprimento de onda de referência (I_R);

- O teor de óleo, segundo a Lei Lambert-Beer, foi calculado a partir do logaritmo da razão entre a luz transmitida no comprimento de onda de referência (I_R) e a luz transmitida num comprimento de onda da análise (I_A);

$$A = \log (I_R/I_A) \quad (4)$$

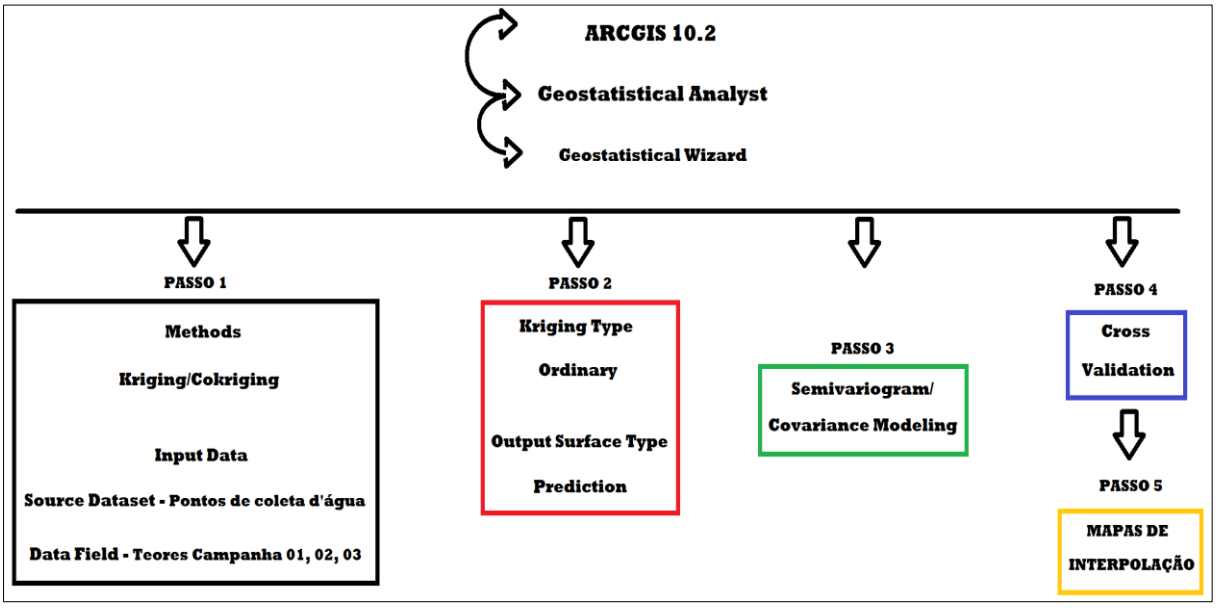
4.6.2 Krigagem e IDW

As interpolações pelos métodos de *krigagem* e IDW foram realizadas no *software* ArcGIS 10.2, processando os valores de teores de óleo e graxa encontrados nas três campanhas de amostragem proveniente das análises químicas de água. Para tanto, foi utilizada a janela "*Geostatistical Analyst*" e, em seguida, a guia "*Geostatistical Wizard*".

Uma vez entrando nessa guia, escolhe-se, em "M*étodos ou Methods*", a opção "*Krigagem/Cokrigagem*". Depois, definem-se, em "*Campo de dados*", os valores dos teores de cada campanha (por exemplo, Campanha 01, 02 e 03) a fim de ser efetuada a interpolação. A diante, na opção "*Tipo de Krigagem ou Kriging Type*", escolhe "*Comum ou Ordinary*" e "*Predição ou Prediction*".

Após, faz-se a análise do gráfico da semivariograma elaborado para cada valor de valores de teores de óleo e graxa nas determinadas campanhas e, por último, a "validação cruzada*"* ou *"Validation*". Os modos operantes para confeccionar a krigagem pode ser melhor visualizada no fluxograma da figura 5.

Figura 5 - Fluxograma dos modos operantes da krigagem



Fonte: Autoria própria (2016).

4.6.3 Interpolação/Mapas temáticos

Uma vez realizado a krigagem, no *software* ArcGis 10.2, com todos os pontos de coleta d'água com os respectivos valores dos teores de óleo e graxa, foi feito, numa escala de 1:5.000, mapas temáticos com os valores interpolados. Esses mapas indicaram a variabilidade espacial das regiões com maiores incidências de óleo e graxa na zona portuária de Natal/RN.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, foram abordados os resultados obtidos e realizada uma discussão sobre os dados obtidos durante as fases do trabalho.

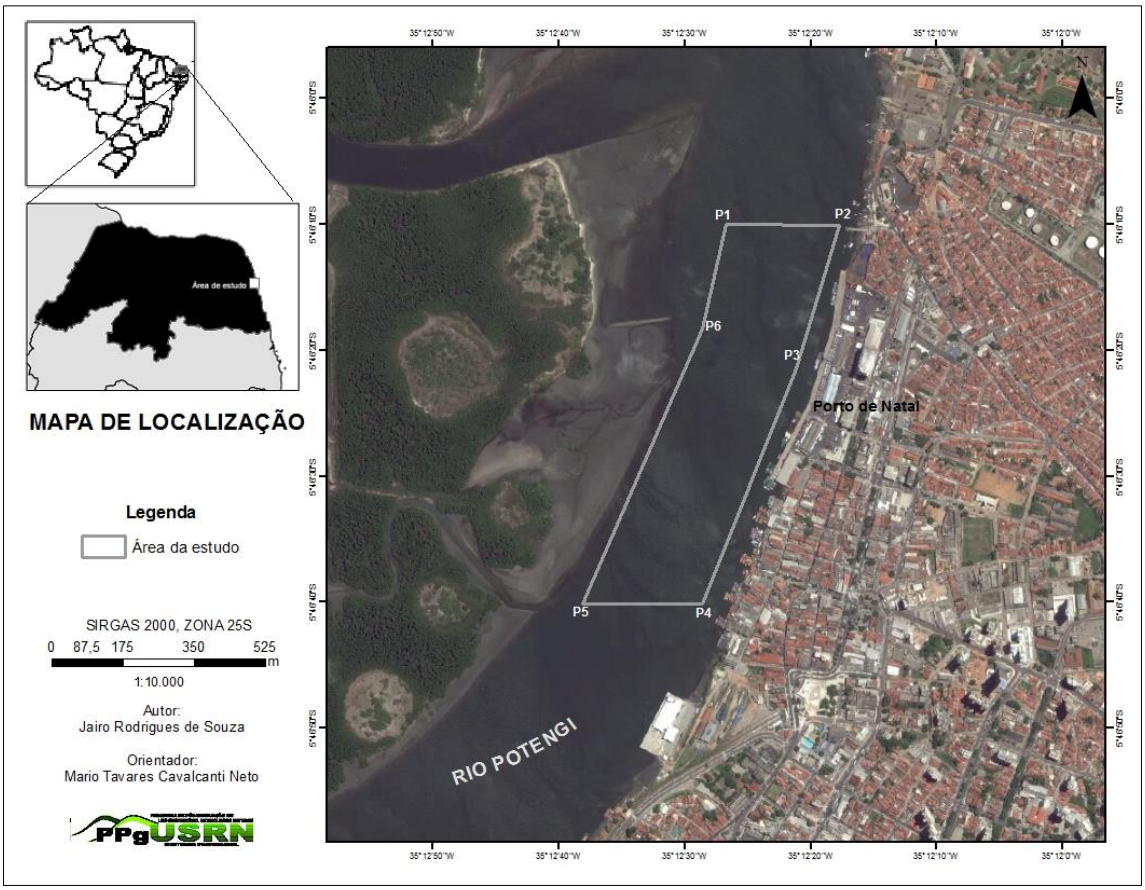
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL

Esta seção contempla a caracterização físico-ambiental da área de estudo como o clima, geomorfologia, geologia, ventos, marés, hidrografia, ondas e vegetação da área de estudo.

5.1.1 Localização da área de estudo

A área de estudo está localizada no estuário do Rio Potengi, na zona leste da cidade de Natal-RN, situando-se entre as latitudes de 05°52’00’’ e 05°41’57’’S e as longitudes de 35°19’16’’ e 35°08’24’’W (Mapa 2). O acesso pode ser pelo bairro da Ribeira, através do Porto de Natal, ou pelas praias urbanas do Forte e Redinha.

Mapa 2 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Autoria própria (2016).

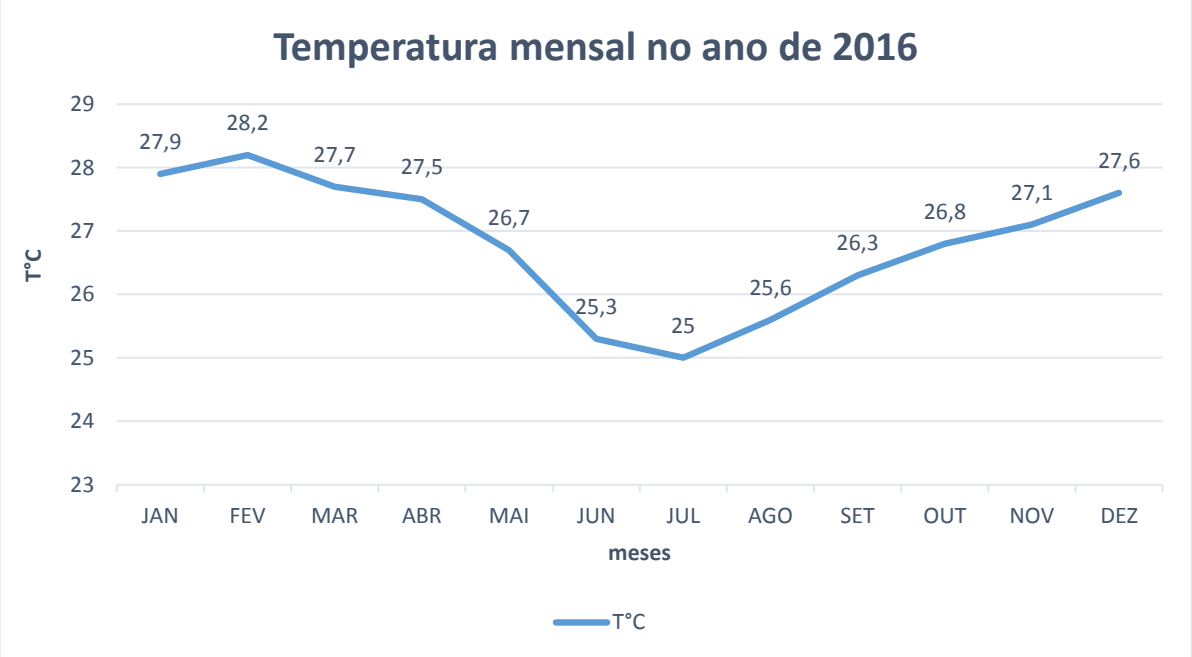
5.1.2 Clima

Conforme a classificação de *Köppen*, o município de Natal-RN está situado numa zona de transição entre os climas As' – quente e úmido, e BSH – árido quente, com predominância do tipo As'. O clima da região sofre interferência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), onde atua nos anos em que as duas estações são bem definidas.

Coincidindo com o período de recolhimento das amostras, o período seco, de longa duração, estendendo-se de setembro a fevereiro, devendo-se ao afastamento da ZCIT da costa em direção a norte, provoca a redução de chuvas e aparecimento de ventos mais fortes; e o período chuvoso, que ocorre de março a julho, correlaciona-se com o deslocamento da ZCIT para o sul, provocando a formação de ventos mais brandos.

A temperatura média no município de Natal/RN, no ano de 2016, segundo os dados da Estação Meteorológica A304 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no Campus da UFRN, gira em torno de 26,95 ºC, com máxima de 28,2 ºC e mínima de 25,0 ºC, nos meses de fevereiro e julho, respectivamente. O gráfico 1 mostra a oscilação da temperatura no ano de 2016.

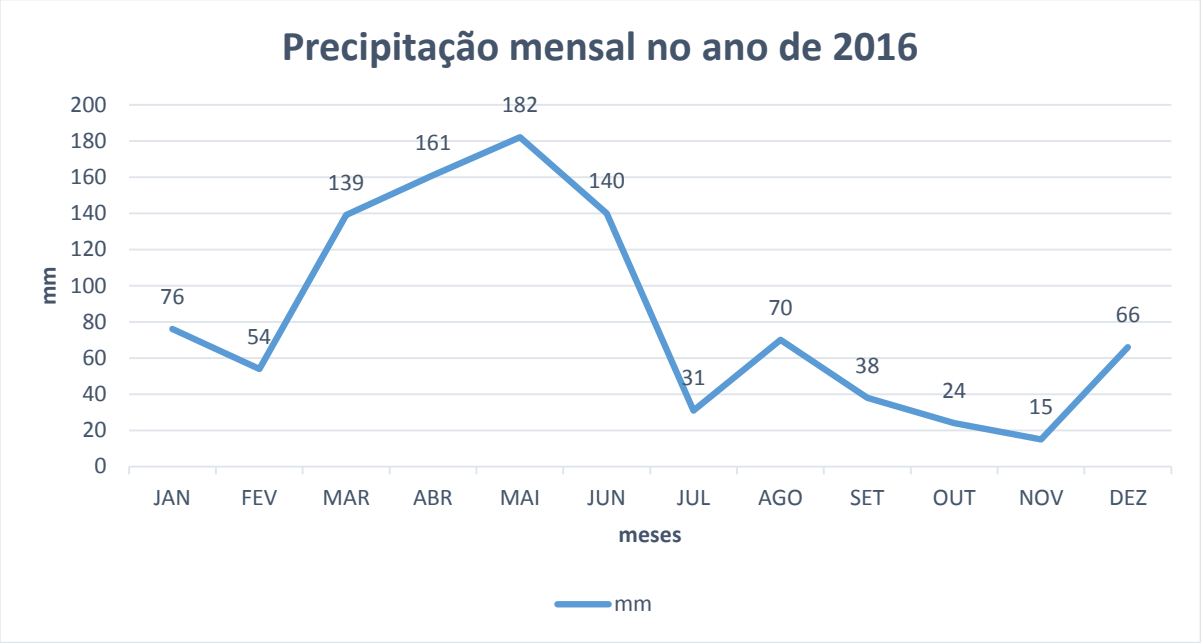
Gráfico 1 - Comportamento da precipitação ao longo do ano de 2016



Fonte: Adaptado ao INMET (2016).

A precipitação média no município de Natal/RN no ano de 2016, segundo os dados da Estação Meteorológica A304 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no Campus da UFRN, gira em torno de 89 mm, com máxima de 182 mm e mínima de 15 mm, nos meses de maio e novembro, respectivamente. É de se esperar que nos meses com menor precipitação se tenha mais poluentes, em virtude de uma baixa descarga de água no rio. O gráfico 2 traz a precipitação total no ano de 2016.

Gráfico 2 - Comportamento da precipitação ao longo do ano de 2016



Fonte: Adaptado ao INMET (2016).

5.1.3 Geomorfologia

A morfologia da área é resultado da performance climática, sendo dominada pelos tabuleiros costeiros, que Guerra (1975, p. 399) define esse relevo como: “Forma topográfica de terreno que se assemelha a planaltos, terminando geralmente de forma abrupta. No Nordeste do Brasil aparecem de modo geral em toda a costa. Paisagem de topografia plana, sedimentar e de baixa altitude”.

Essas feições começam nas falésias costeiras e se estendem para o continente, não ultrapassando os 150m de altitude nas porções mais interiores. Além disso, encontra-se a planície flúvio-marinha, onde a ação das marés, ventos, ondas, correntes e do homem representam importantes agentes modeladores deste relevo.

A zona litorânea é formada por planícies de maré, com mangues associados, ao longo do estuário, praias e dunas. As regiões de baixios correspondem aos vales

dos rios, ao estuário e o manguezal a ele adjacente, aos terraços fluviais e aos terraços costeiros (SILVA, 2008).

5.1.4 Geologia regional

A área de estudo encontra-se, geologicamente, na parte setentrional da Bacia Pernambuco-Paraíba. Os limites dessa bacia são: o Lineamento Pernambuco, ao sul, o qual a separa da Bacia Sergipe-Alagoas, o Alto de Touros, ao norte, separando-a da Bacia Potiguar, e o sistema de falhas de borda que a separa do embasamento, formado por rochas metamórficas da Província Borborema (MABESOONE, 1996).

5.1.4.1 Litoestratigrafia da Bacia Pernambuco-Paraíba

Segundo Mabesoone (1996), os sedimentos mais antigos são encontrados nas Formações Beberibe e Itamaracá, associadas à deriva continental. Essas formações são constituídas por uma sequência predominantemente arenosa, correlacionadas à porção superior da Formação Açu e à Formação Quebradas da Bacia Potiguar.

Durante a idade Maastrichtiano, essa bacia sofreu uma transgressão devido ao evento de subsidência térmica, depositando-se sobre as unidades siliciclásticas. Até o final do Cretáceo, depositaram-se as sequências de calcarenitos, calcários terrosos-siliciclásticos e calcilutitos margosos da Formação Gramame. Os variados litotipos refletem os sistemas deposicionais desde litorâneos até marinhos profundos sobre a plataforma.

Com um caráter regressivo, houve a continuação da sedimentação carbonática, entre o Paleoceno ao Eoceno. Os litotipos encontrados são calcários nodulares, detríticos, e calcilutitos, associados a intercalações espessas de folhelhos escuros e margas, inseridos na Formação Maria Farinha.

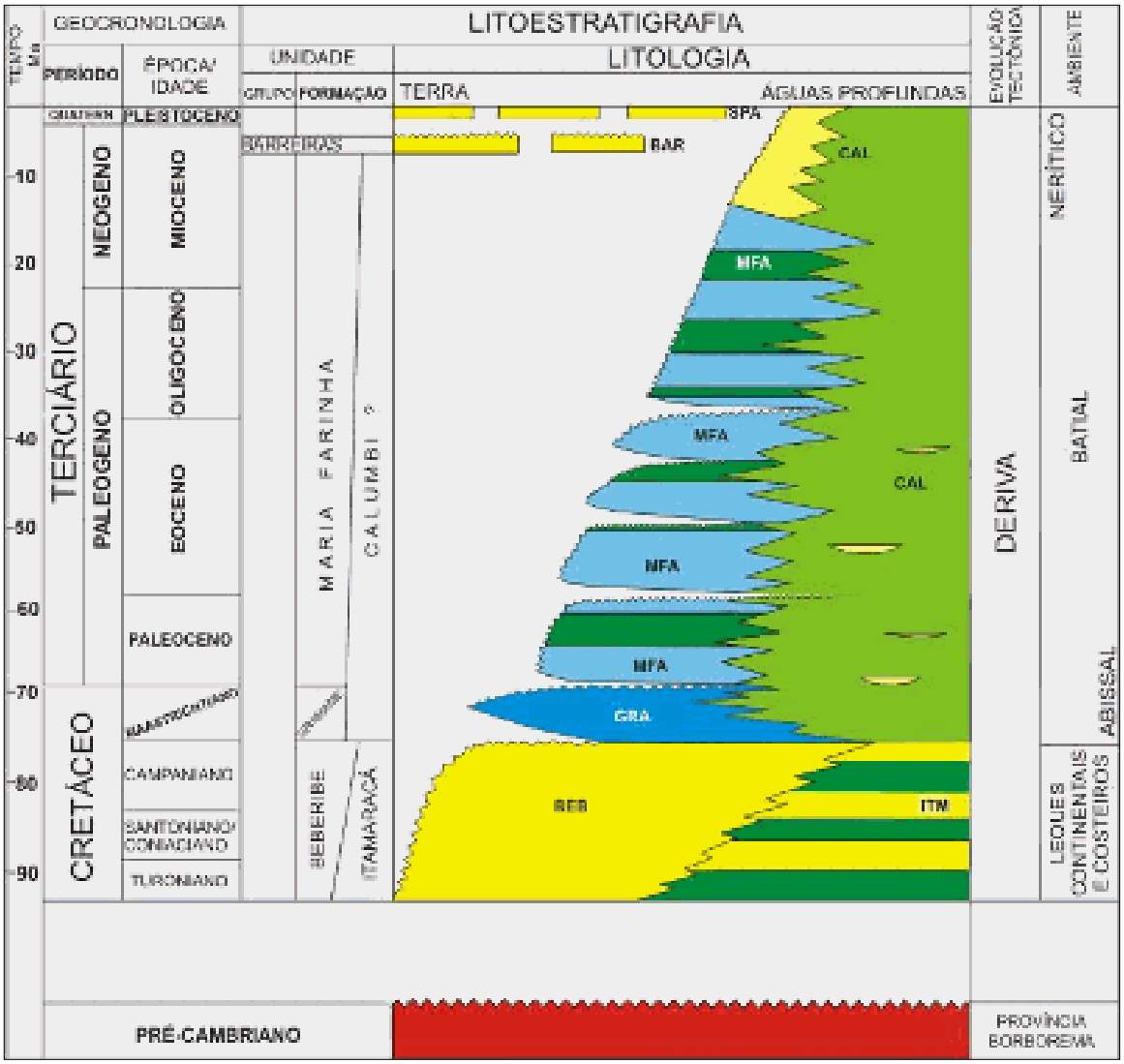
Nas porções mais distais da bacia, desde o Maastrichtiano até o Recente, ocorreu à deposição de sedimentos siliciclásticos de granulação fina, em ambientes de água profunda, originando a Formação Calumbi. Por fim, a seção emersa é recoberta, em parte, pelos sedimentos Neocenozóicos do Grupo Barreiras, e por sedimentos de praia e aluviões.

O embasamento desta bacia apresenta elevado grau de complexidade, denotada pela presença de descontinuidades entre as diversas unidades geotectônicas e pelo grande número de feições e estruturas policíclicas, cuja

estruturação possui orientação gerais NE-SW (SOUZA-LIMA et al., 2003; BARBOSA et al., 2004).

A figura 6 mostra a litoestratigrafia representada pela carta estratigráfica da Bacia Pernambuco-Paraíba. Na carta é possível correlacionar os eventos que ocorreram bem como quais formações estão sobrepostas uma a outra.

Figura 6 - Carta estratigráfica da Bacia Pernambuco-Paraíba



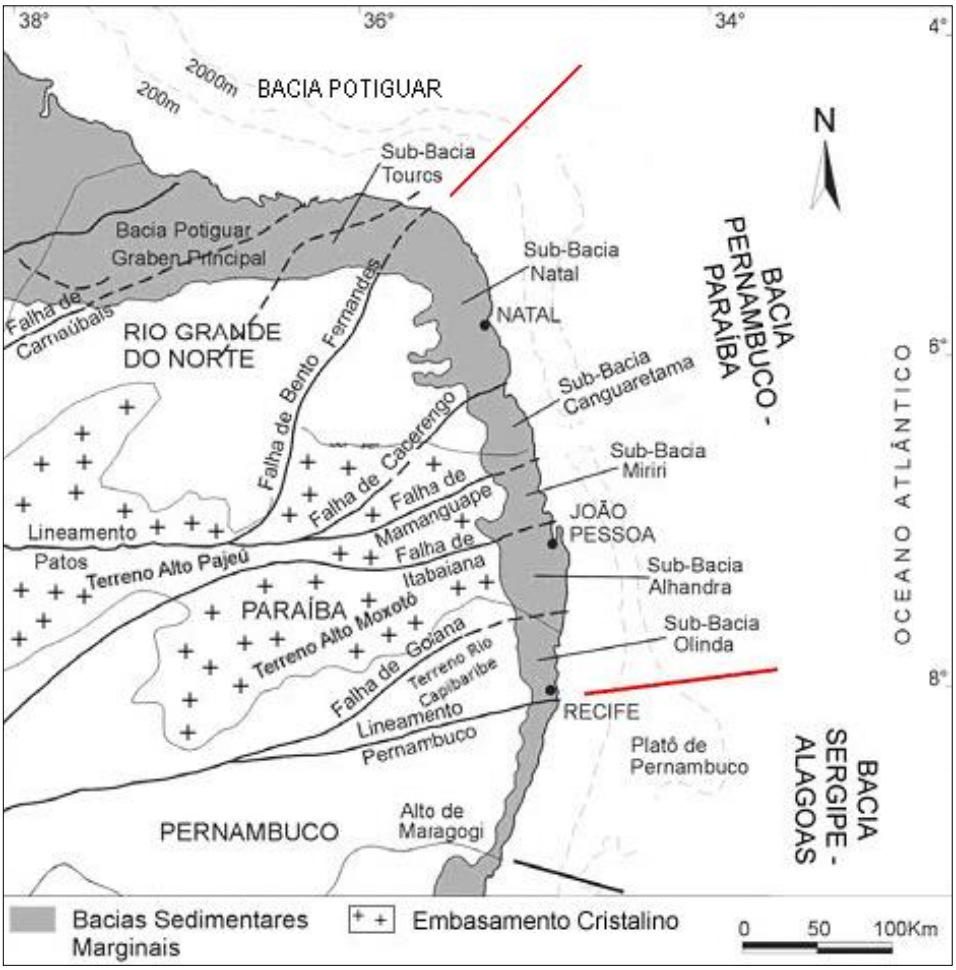
Fonte: Souza-Lima et al. (2003).

5.1.4.2 Arcabouço tectônico

De acordo com Mabessone (1996), Souza-Lima et al. (2003) e Barbosa et al. (2004), a Bacia Pernambuco-Paraíba é cortada por falhamentos de direção E-W e SW-NE e subdividiu esta bacia em sete sub-bacias: Olinda, Alhandra, Miriri, Canguaretama, Natal, Touros e Lages, cada qual com diferentes espessuras. Na

região de Natal, por exemplo, a espessura máxima encontrada foi de 450 metros. O mapa 3 mostra o arcabouço estrutural e as sub-bacias da Bacia Pernambuco-Paraíba.

Mapa 3 - Representação do arcabouço estrutural e das sub-bacias na Bacia Pernambuco-Paraíba



Fonte: Mabesoone e Alheiros (1988 apud BARBOSA et al., 2004).

Nogueira et al. (2006), estudando as principais direções de lineamentos na Formação Barreiras e nas rochas praiais, observou campos de tensões com extensão N-S e compressão E-W, sendo que estes campos de tensões podem se reportar a um evento mais antigo (Pleistoceno Inferior), similar ao quadro regional (compressão E-W e extensão N-S).

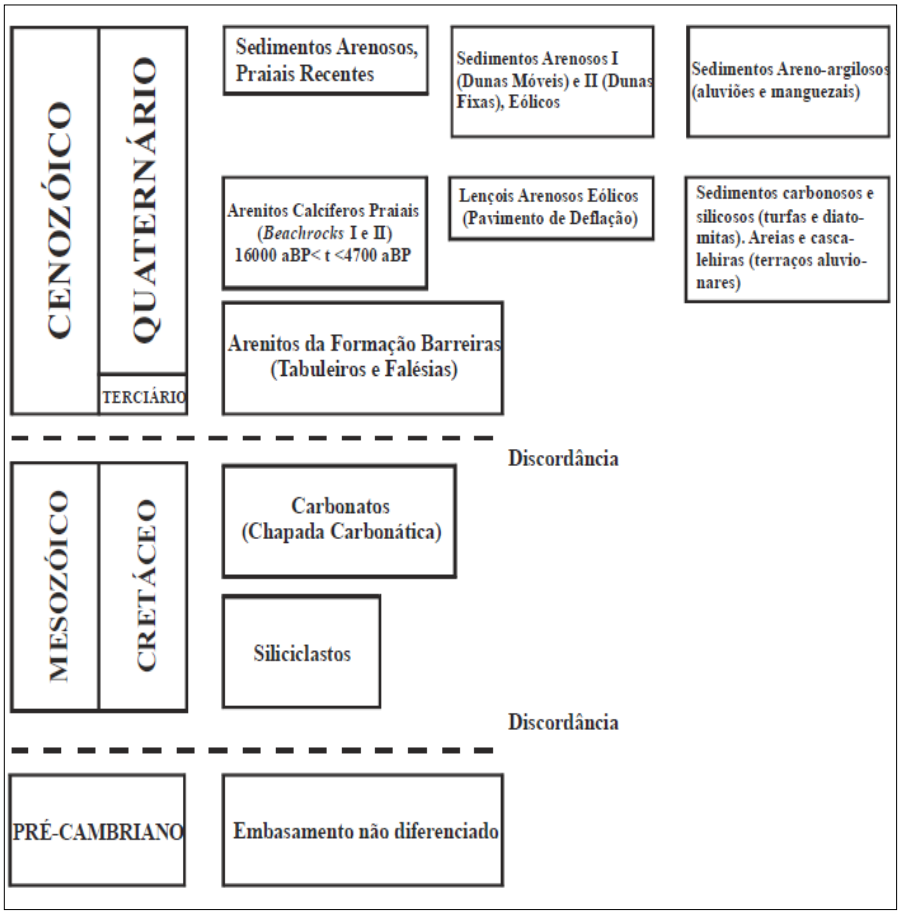
Os processos tectônicos atuantes próximos ao estuário Potengi, foram descritos através do método geocronológico radiocarbono obtidas por Bezerra (1998). Bezerra et al. (2001), com base em dados de poços e de geofísica, concluíram que a bacia do estuário do rio Potengi apresenta a forma de um semi-*graben*, sendo limitada pela falha do Jundiaí localizada na margem direita do rio Potengi.

5.1.5 Geologia local

5.1.5.1 Sub-bacia de Natal

Inserida na Bacia Pernambuco-Paraíba, a sub-bacia de Natal é representada, litoestratigraficamente, por rochas sedimentares mesozóicas que repousam discordantemente sobre as rochas pré-cambrianas do Embasamento Cristalino (Figura 7). Para Moreira (1996) e Fonseca et al. (1997), essas rochas sedimentares estão sobrepostas, em ordem decrescente, pelos sedimentos quaternários da Formação Potengi (pacotes maciços de arenitos avermelhados, com seixos e grânulos dispersos, não sendo observadas estruturas sedimentares primárias ou secundárias), terciário-quaternários do Grupo Barreiras (coloração avermelhada ou cinza, com grânulos e seixos de quartzo dispersos aleatoriamente em uma matriz arenosa, incialmente cimentada por óxido de ferro) e arenitos calcíferos do Cretáceo.

Figura 7 - Coluna estratigráfica esquemática para a costa oriental do Rio Grande do Norte

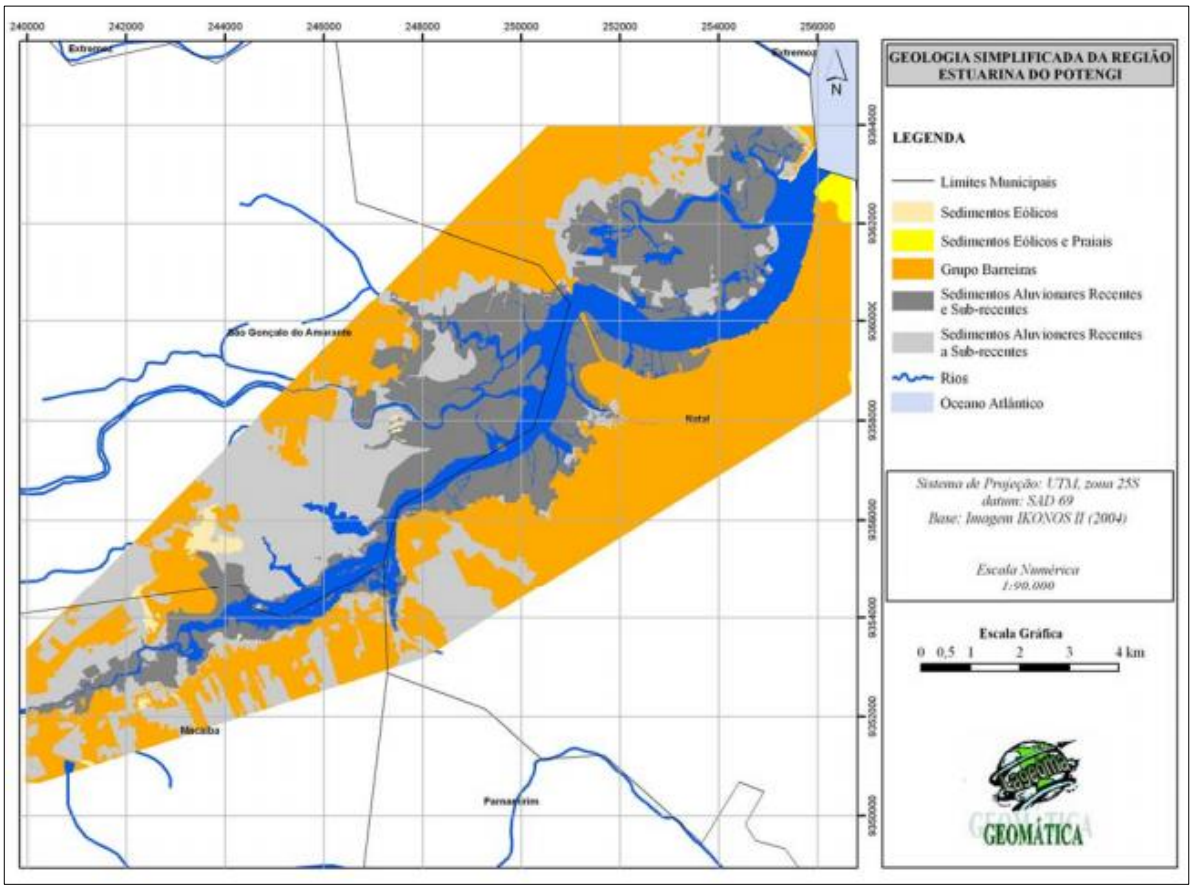


Fonte: Fonseca et al. (1997).

5.1.5.2 Estuário do Rio Potengi

De acordo com Fernandes e Petta (2008), o estuário do Rio Potengi é formado, geologicamente, pelo Grupo Barreiras, Sedimentos Eólicos, Sedimentos Eólicos e Praiais, Sedimentos Aluvionares Recentes e Sub-recentes (Mapa 4).

Mapa 4 - Mapa geológico simplificado da região do estuário do Rio Potengi



Fonte: Fernandes e Petta (2008).

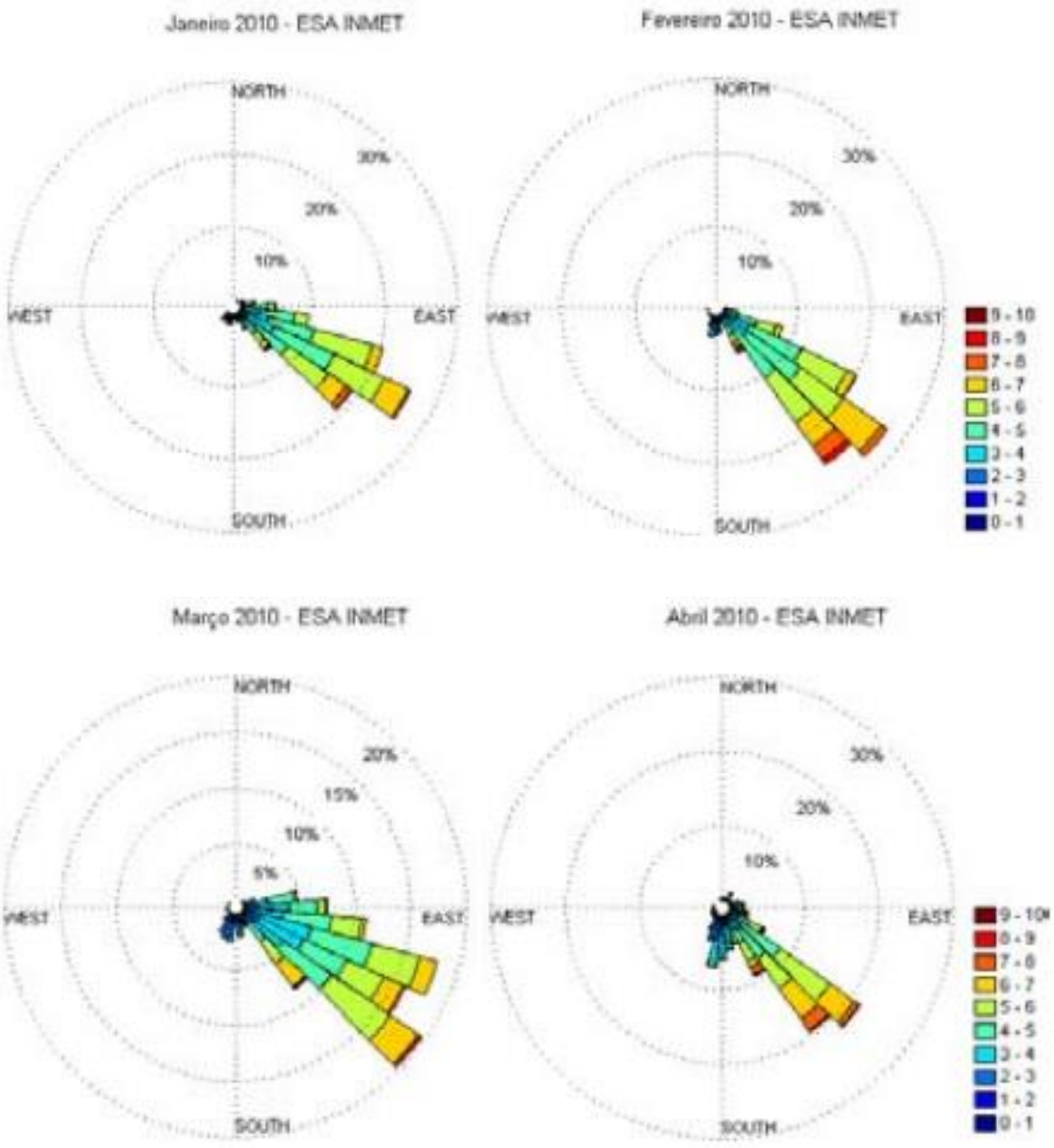
5.1.6 Ventos

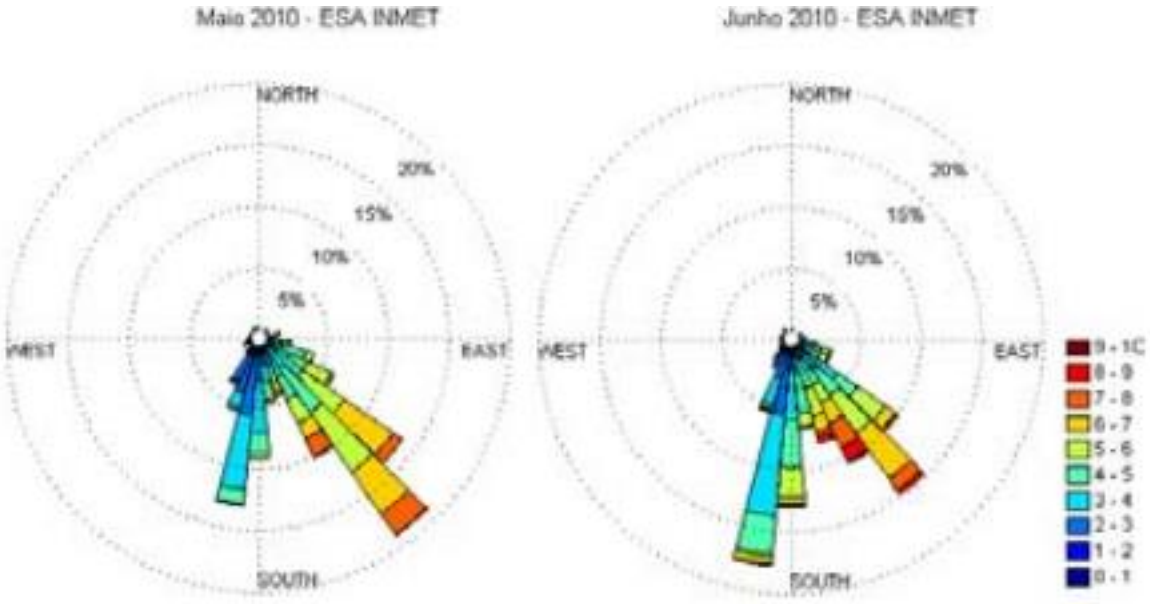
Os ventos predominantes no litoral do Rio Grande do Norte são provenientes do quadrante E, seguidos dos de ESE (FRAZÃO, 2003). As maiores intensidades compreendem entre o período de julho a setembro, atingindo, respectivamente, velocidades entre 5,4 e 4,7 m/s, influenciando diretamente a propagação das ondas.

Corroborando com os estudos de Frazão (2003), Ribeiro (2012) também analisou a direção e a velocidade dos ventos no ano de 2010, chegando a resultados similares. Assim, construíram-se gráficos mensais dos dados da Estação de Superfície Automática (ESA) da Estação Meteorológicas do INMET localizada no Campus da UFRN, referentes ao primeiro (Gráfico 3) e segundo (Gráfico 4) semestres

desse ano supracitado. As direções dos ventos encontradas foram de ESE a SE com velocidades médias que variam de 4,0 a 5,6 m/s, respectivamente.

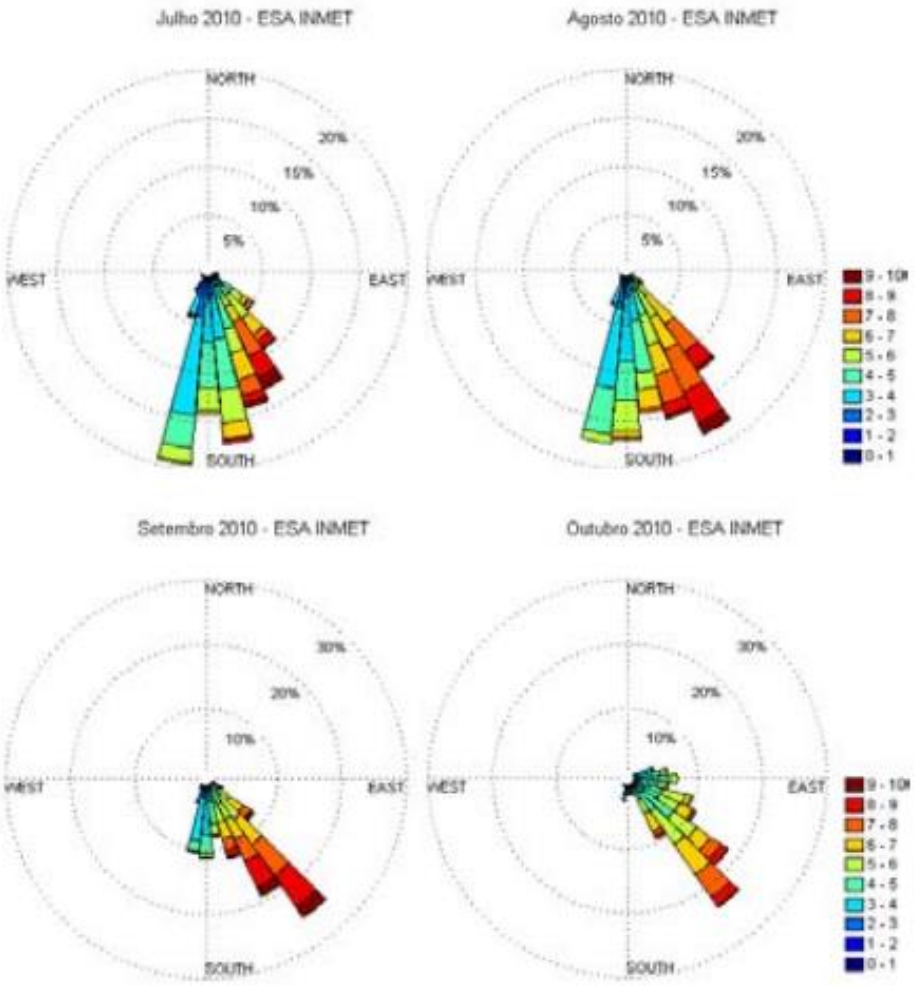
Gráfico 3 - Padrão de vento na área de estudo – primeiro semestre de 2010, obtido através da Estação de Superfície Automática (ESA)

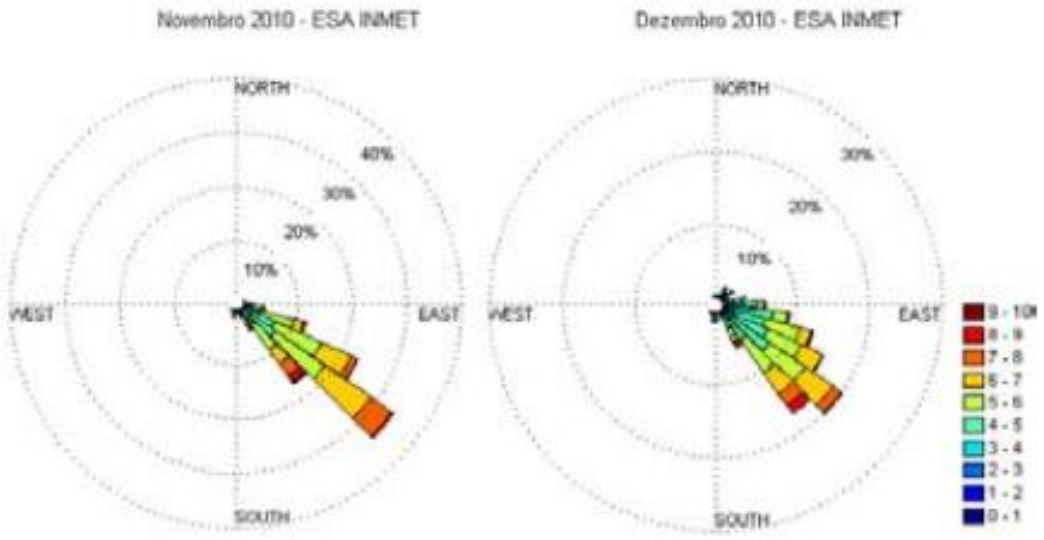




Fonte: Ribeiro (2012).

Gráfico 4 - Padrão de vento na área de estudo – segundo semestre de 2010, obtido através da Estação de Superfície Automática (ESA)

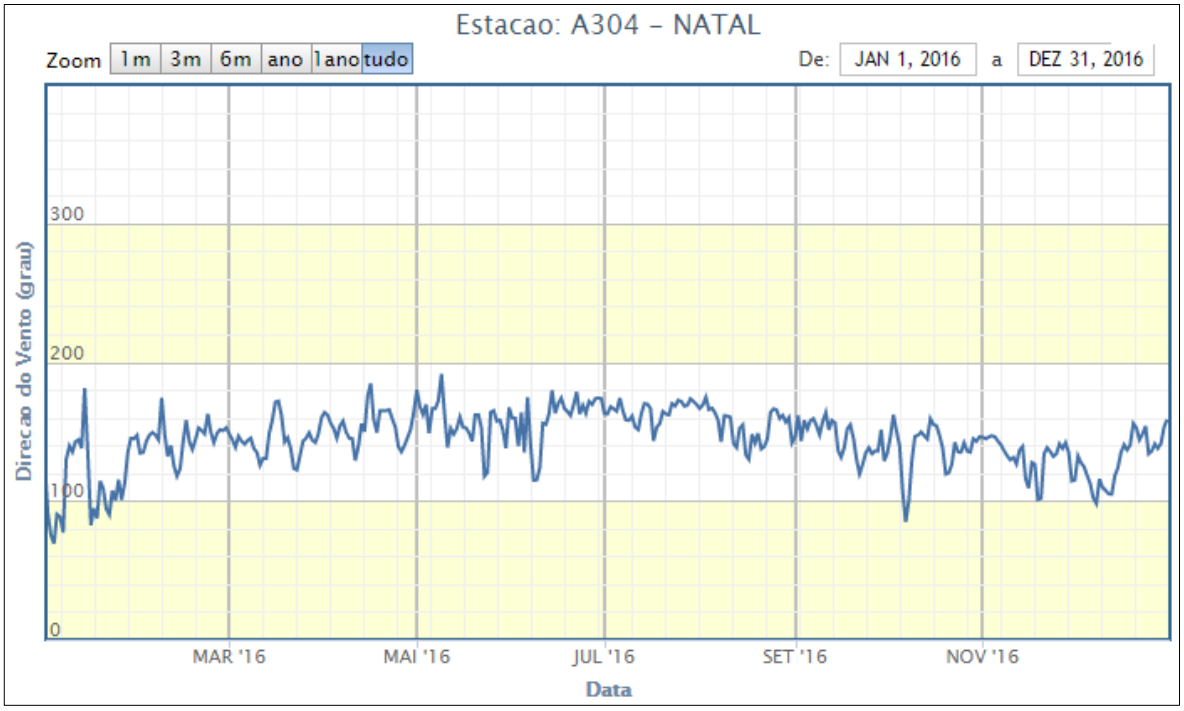




Fonte: Ribeiro (2012).

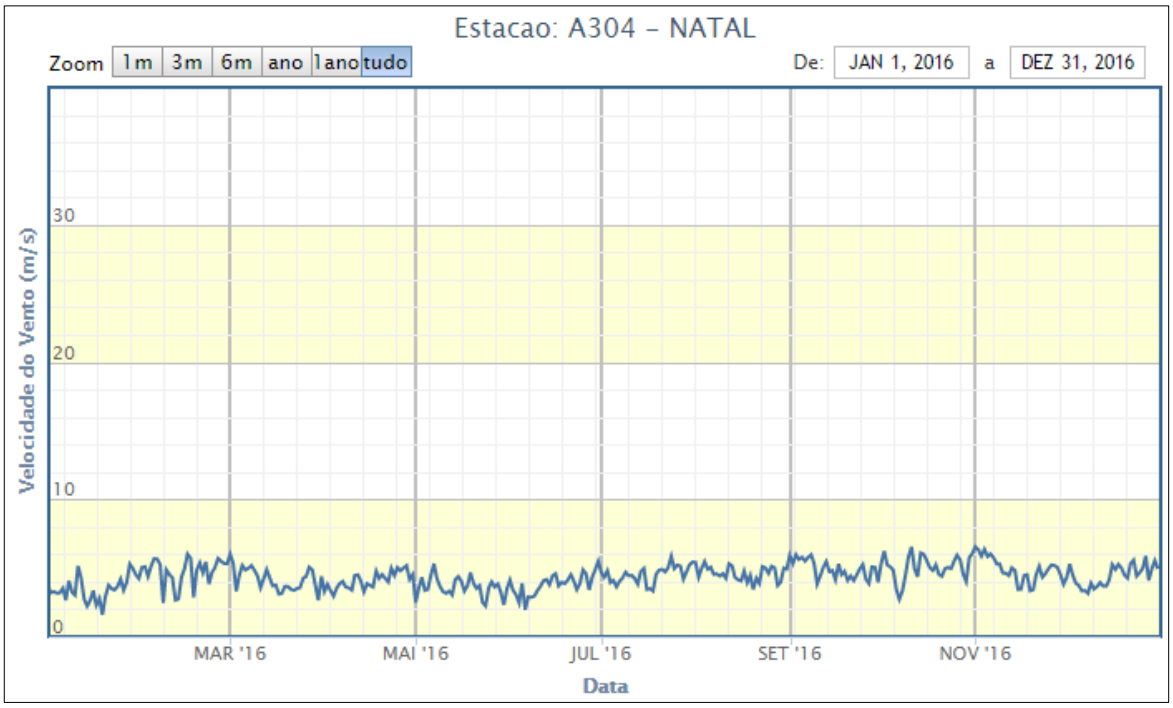
Conforme os dados de velocidade e direção do vento da Estação Meteorológica A304 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no Campus da UFRN, é possível comprovar os dados obtidos por Frazão (2003) e Ribeiro (2012). Os gráficos 5 e 6 mostram a direção preferencial ESSE, em virtude da maioria dos valores estarem localizados entre 100 a 200 graus (segundo quadrante), e a velocidade em torno de 4,0 e 5,0 m/s do vento para o ano de 2016 da área do estudo.

Gráfico 5 - Direção preferencial do vento na área do estudo



Fonte: INMET (2016).

Gráfico 6 - Velocidade preferencial do vento na área do estudo



Fonte: INMET (2016).

5.1.7 Marés

As marés que ocorrem no estuário do Rio Potengi são denominadas semidiurnas (apresenta duas mares altas e baixas no decorrer do dia lunar, com período de maré de 12 hs e 25 min). A altura máxima gira em torno de 2,83 metros, sendo a altura média de 1,32 metros, na maré de sizígia, e 1,33 metros, no período de quadratura, refletindo um regime de mesomaré (FRAZÃO, 2003).

5.1.8 Ondas

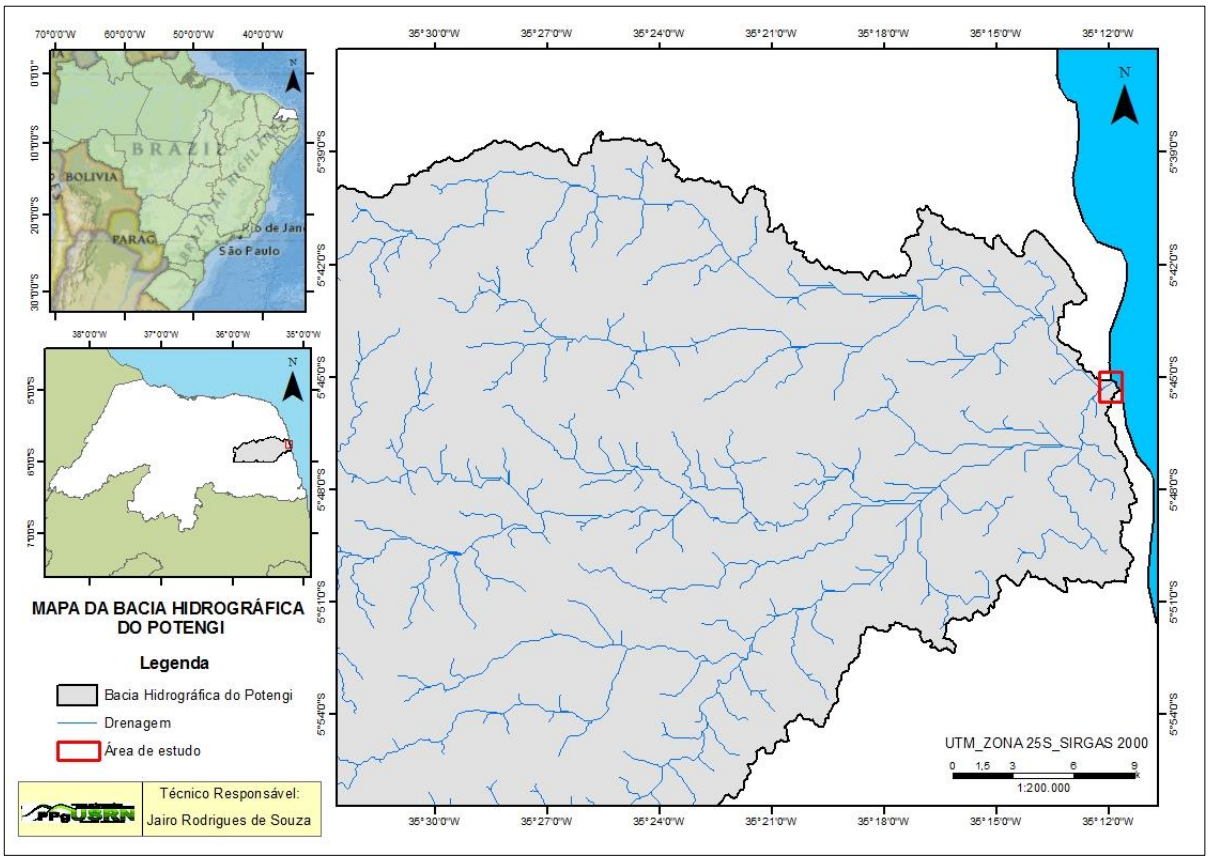
De acordo com os estudos realizados por Cunha (2004), a costa de Natal-RN mostra ondas distribuídas principalmente nas direções E, cujas alturas significativas variam de 40 a 180 centímetros e períodos entre 6,4 a 8,8 segundos; ENE, cujas alturas significativas variam de 20 a 260 centímetros e período entre 4,8 a 10,8 segundos; ESE, cujas alturas significativas variam de 40 a 260 centímetros e período entre 4,8 a 10,4 segundos.

5.1.9 Hidrografia

A área de estudo, localizada no estuário do Potengi, encontra-se influenciada pelos riachos do Baldo, Quintas, Ouro e Prata, que recebem influência das águas subterrâneas liberadas pelos aluviões e dunas.

O rio Potengi nasce no município de Cerro Corá-RN, região semiárida, e segue seu curso percorrendo os relevos do Planalto da Borborema e do agreste potiguar, até desembocar em forma de estuário no oceano. Sua bacia drena (Mapa 5) aproximadamente 8,44% da superfície estadual, o que corresponde a 4.474 km², com uma extensão de 125 km² (IDEMA, 2003).

Mapa 5 - Bacia hidrográfica Potengi



Fonte: Autoria própria (2016).

5.1.10 Vegetação

A vegetação predominante na área de estudo é a vegetação de mangue. A floresta de manguezal possui uma composição florística semelhante aos demais manguezais do Rio Grande do Norte, onde três das principais espécies de árvores são encontradas: a *Rhizophora mangle* (mangue vermelho ou mangue sapateiro) com

uma grande predominância (cerca de 63% ou 546 hectares), a *Laguncularia racemosa* (mangue branco ou mangue manso) e a *Aviecennia germinans* (mangue preto) que se situam nas partes mais interiores do estuário (SEPLAN, 1986).

5.2 ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA

Nos dias 11 de outubro, 08 de novembro e 28 de dezembro de 2016 às 07h 15mim, 10h 05mim, e 16h 20mim, respectivamente, em baixa-maré, foram realizadas campanhas de recolhimento de amostras d'água (Figura 15). Ao todo, recolheram-se 90 amostras, sendo 30 por campanha, os quais foram acondicionadas em recipientes de vidro com capacidade de 1 L.

Para análise do teor de óleo e graxa (TOG), as amostras da primeira campanha foram encaminhadas ao Laboratório do Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes do Instituto Federal do Rio Grande do Norte; as da segunda e terceira campanha para o Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água Produzida e Resíduo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Já os parâmetros condutividade, pH e turbidez foram analisados no Laboratório do Grupo de Pesquisa Mineral do Instituto Federal do Rio Grande do Norte.

5.2.1 TOG

De acordo com as análises químicas, houve, qualitativamente, presença de óleos e graxas em, praticamente, todas as amostras (Tabela 1). A média desses poluentes nas campanhas 01, 02 e 03 foram: 1,812; 1,01 e 2,06 mg/L. Essas informações são relevantes, já que a Resolução Conama 357 requer a ausência desses teores para essa classificação de águas doces ou salobras.

Tabela 1 - Valores de TOG das amostras de cada campanha

RESULTADOS ANALÍTICOS							
Amostras	**Parâmetros**	**Unidade**	**Metodologia**	**Limites de Quantificação[1]**	**Resultados**		
					C 01	**C 02**	**C 03**
01	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	2,19	1,03	1,00
02	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,87	1,64	1,00
03	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,93	2,17	0,00

Cont.

RESULTADOS ANALÍTICOS

Amostras	Parâmetros	Unidade	Metodologia	Limites de Quantificação[1]	Resultados		
04	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,67	1,73	1,00
05	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,60	1,55	1,00
06	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,90	0,76	3,00
07	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,80	0,68	0,00
08	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,70	1,33	3,00
09	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,79	0,66	2,00
10	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,72	1,20	2,00
11	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,78	0,96	2,00
12	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,93	1,15	1,00
13	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,70	0,72	1,00
14	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,86	1,36	0,00
15	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	2,03	0,74	1,00
16	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,89	0,59	4,00
17	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,75	1,44	4,00
18	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,76	1,23	1,00
19	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,36	0,77	3,00
20	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,54	0,63	1,00
21	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	2,00	1,08	2,00
22	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	2,25	0,80	1,00
23	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,81	0,67	0,00
24	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,83	0,78	3,00
25	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,77	0,76	9,00
26	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	2,00	0,54	0,00
27	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,64	0,59	2,00
28	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,84	0,70	1,00
29	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,73	0,60	10,0

30	Óleo e Graxas	mg/L	Gravimetria	0,1	1,72	0,71	1,00

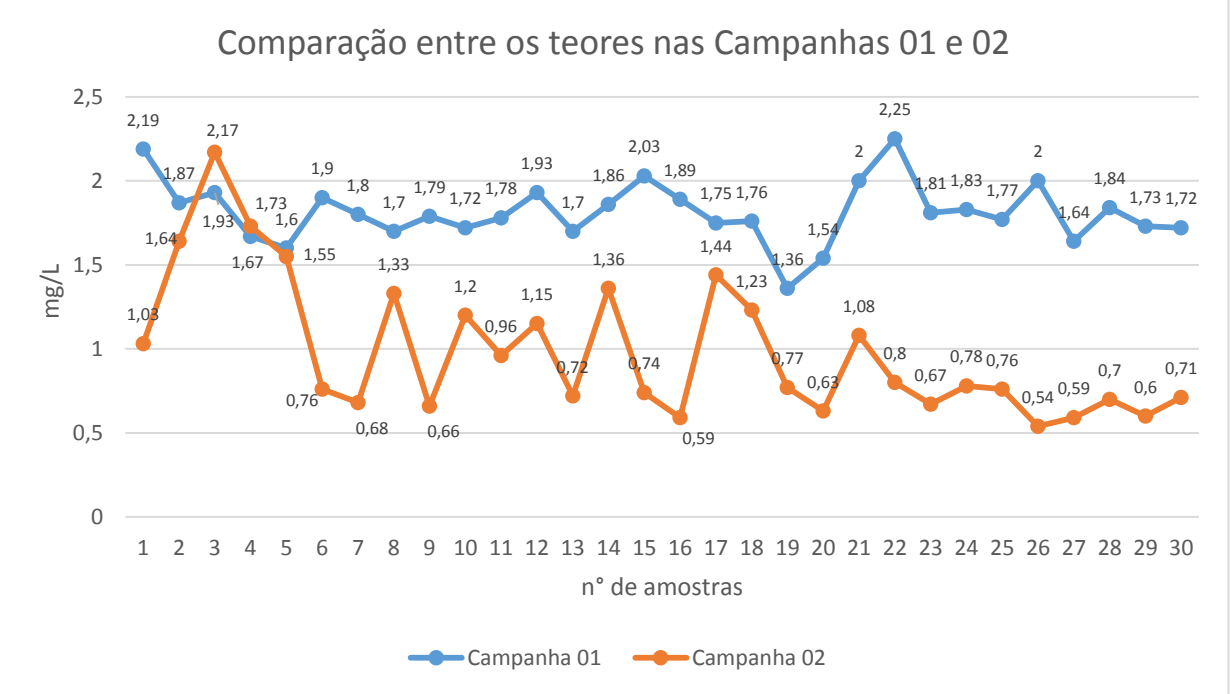
¹ - Limite mínimo quantificável.

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

5.2.1.1 Comparação entre as concentrações de óleo e graxa

Comparando-se as concentrações de óleo e graxa provenientes das três campanhas de amostragem, observou-se que, em alguns momentos, houve aumento ou redução desses poluentes, devendo-se, principalmente, a presença/falta de embarcações ou lançamentos de efluentes líquidos clandestinos decorrentes de esgotos domésticos ou industriais no rio Potengi. As figuras abaixo (Gráficos 6 a 9) mostram as variabilidades temporais desses compostos orgânicos.

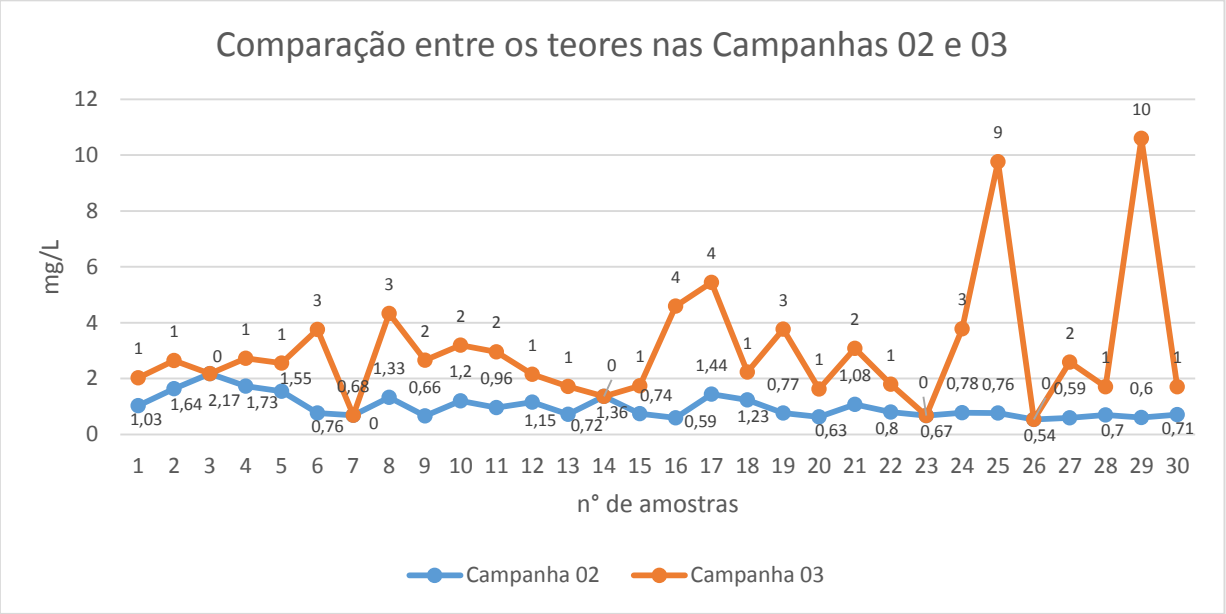
Gráfico 6 - Comparação entre os teores de óleo e graxa entre as campanhas 01 e 02



Fonte: Autoria própria (2017).

De acordo com o gráfico 6, comparando-se a segunda com a primeira campanha, houve redução, em quase todos os pontos amostrados, dos valores da concentração de óleo e graxa. Além dessas constatações, a região com maior concentração de óleo e graxa, na campanha 01, foi a sudeste e noroeste da área de estudo. Já na campanha 02, na parte sudoeste.

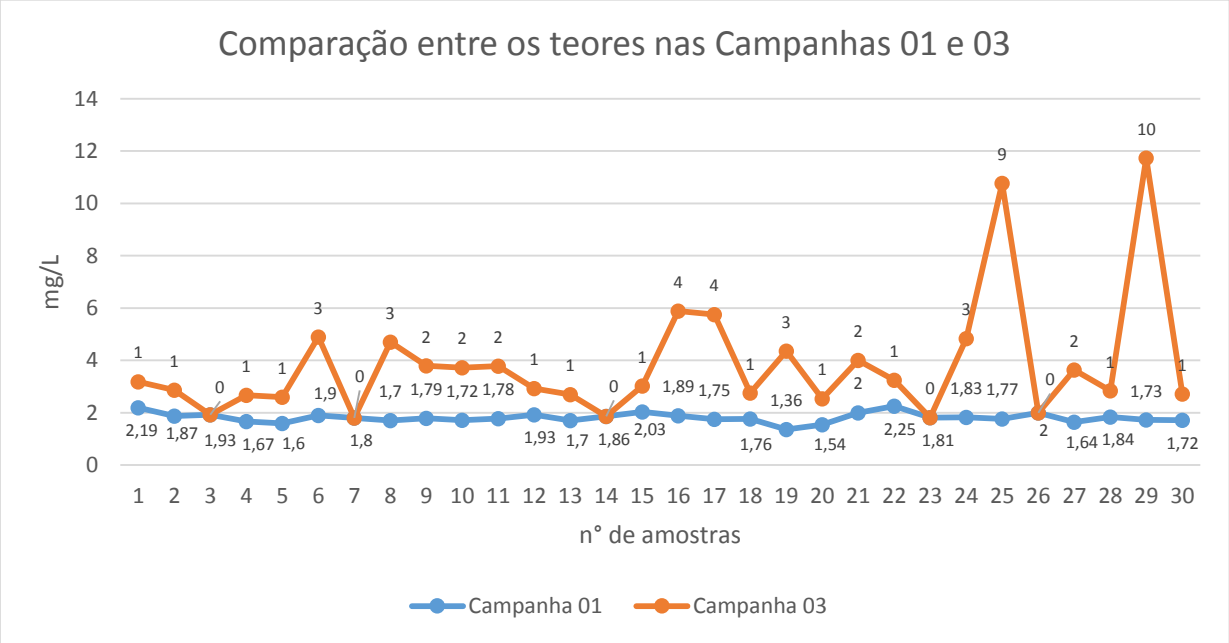
Gráfico 7 - Comparação entre os teores de óleo e graxa entre as campanhas 02 e 03



Fonte: Autoria própria (2017).

De acordo com o gráfico 7, comparando-se a terceira com a segunda campanha, houve aumento significativo nos pontos 6, 8, 16, 17, 19, 24, 25, 27 e 29 dos valores da concentração de óleo e graxa. Além dessas constatações, a região com maior concentração de óleo e graxa, na campanha 03, foi a norte/nordeste e no centro da área de estudo. Já na campanha 02, na parte sudoeste.

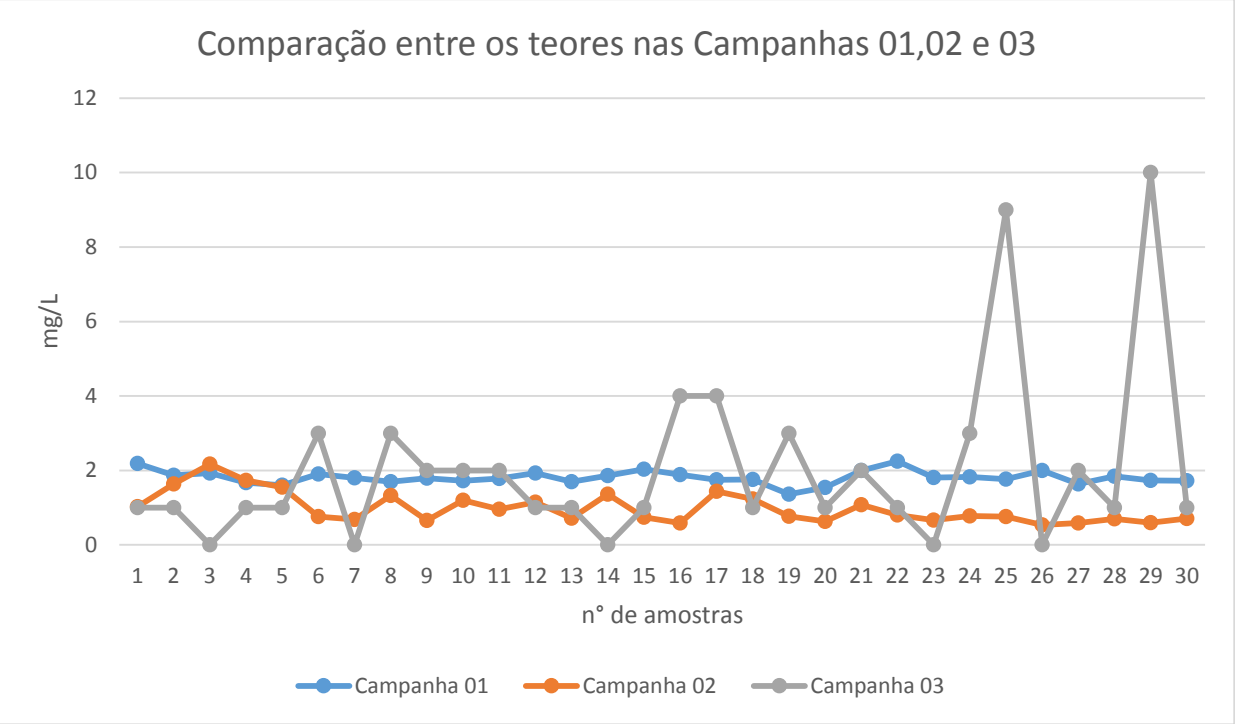
Gráfico 8 - Comparação entre os teores de óleo e graxa entre as campanhas 01 e 03



Fonte: Autoria própria (2017).

De acordo com o gráfico 9, comparando-se a primeira com a terceira campanha, há uma redução expressiva na maioria dos pontos amostrados dos valores da concentração de óleo e graxa.

Gráfico 9 - Comparação entre os teores de óleo e graxa entre as campanhas 01, 02 e 03



Fonte: Autoria própria (2017)

De acordo com o gráfico 9, os grandes valores de concentração de óleo e graxa posicionados a sudeste e nordeste da área de estudo devem-se, possivelmente, a presença de embarcações de pequeno e médio porte, já que no momento do recolhimento das amostras, foi verificado o lançamento de efluentes líquidos no Rio Potengi por algumas embarcações. Já as altas concentrações na parte central devem-se, provavelmente, o deslocamento da pluma de contaminação pelos fluxos hidrodinâmicos no canal fluvial.

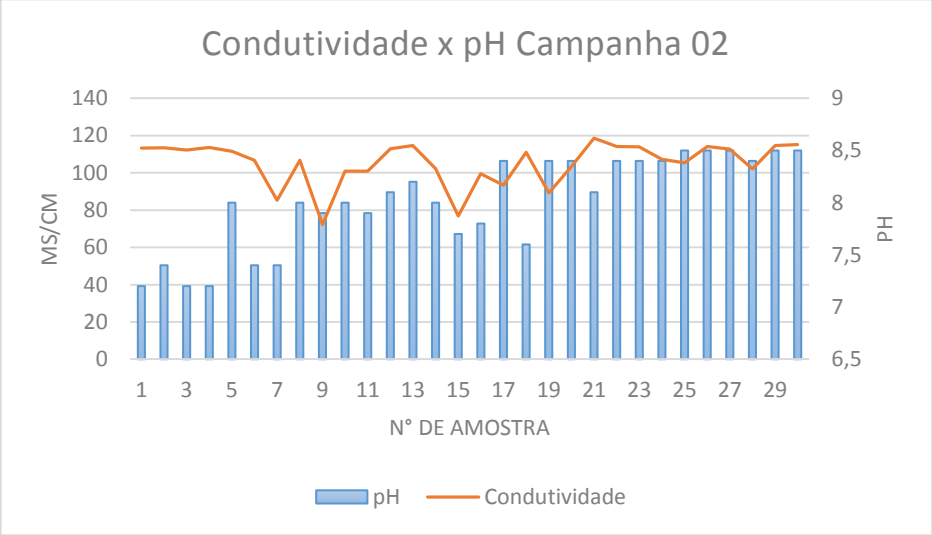
5.2.2 Turbidez, Condutividade e pH

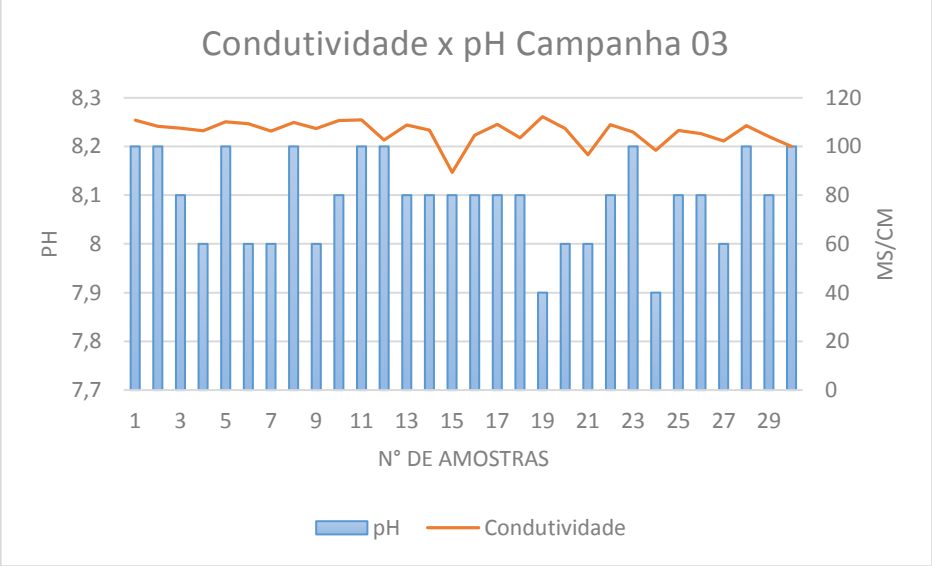
Ao se comparar os valores das três propriedades, turbidez, condutividade e pH, é possível estabelecer uma comparação ou condição de direta ou indiretamente proporcional. Devido à problemas técnicos, não foi determinado os valores de turbidez, condutividade e pH para as amostras da primeira campanha.

5.2.2.1 Campanha 02 e 03

Após a análise, todas as amostras apresentaram condutividade acima de 50 ms/cm, considerando-se assim um alto teor de sais nas amostras coletadas. Com relação ao pH, como a média ficou em torno de 8,1, traduz uma natureza básica da água, o que não significa que a água é potável, própria para o consumo humano (Gráfico 10).

Gráfico 10 - Relação entre condutividade e pH resultante das Campanhas 02 e 03



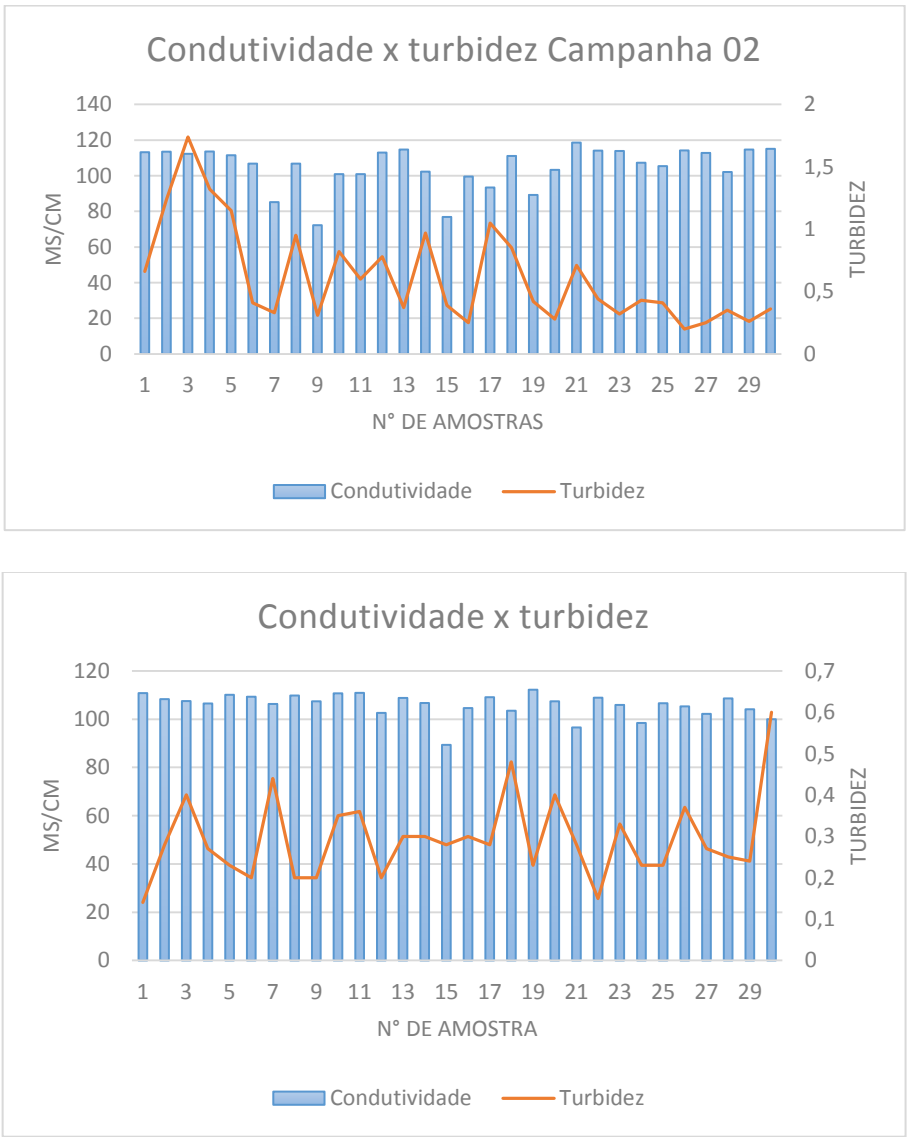


Fonte: Autoria própria (2017).

De acordo com o gráfico 11, verifica-se que as amostras, com condutividade elétrica maior, possuem maior valor de salinidade e valores maiores de turbidez, provavelmente devido ao teor de óleos e graxas associados a sais dissolvidos, deixando-as mais turvas. Em relação aos pontos com condutividade mais baixa e

turbidez mais altos, pode ter sido ocasionado por partículas sólidas e o próprio óleo dissolvido em alguma porção, pois ambas as substâncias resultam baixa condutividade. As outras amostras demonstram quanto maior a condutividade maior a turbidez, representando a solubilidade de sais que conduzem bem a eletricidade.

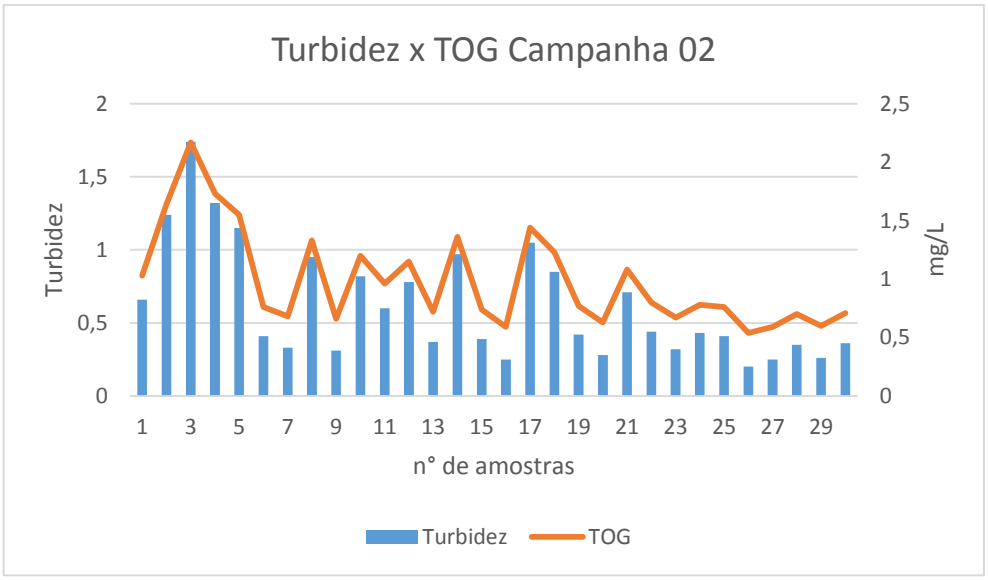
Gráfico 11 - Relação entre condutividade e turbidez resultante das Campanhas 02 e 03

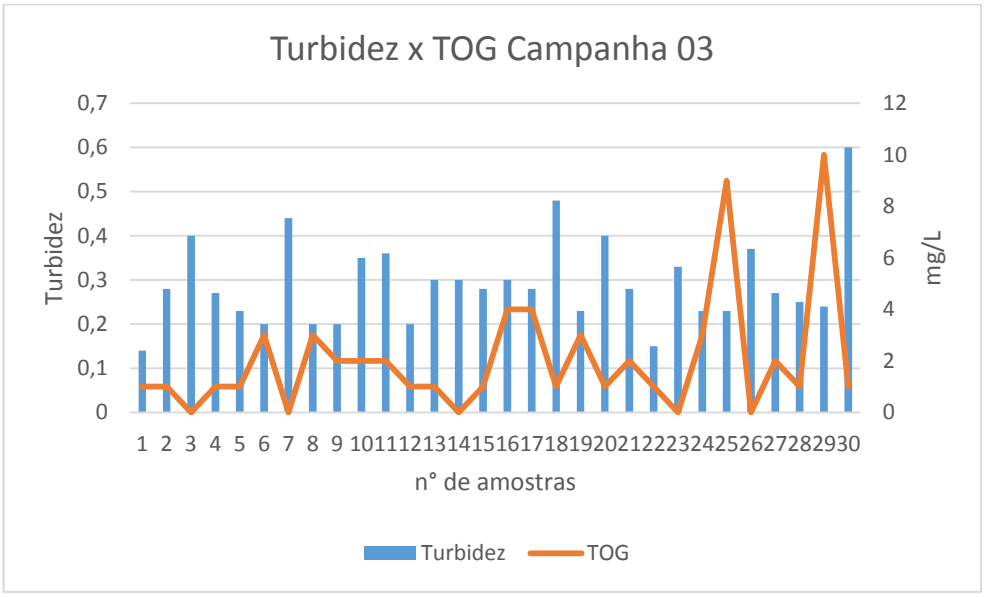


Fonte: Autoria própria (2017).

Para ratificar os valores encontrados para o teor de óleo e graxa nas amostras, a turbidez de cada amostra foi lida, sendo esta influenciada pelo teor de óleo nas amostras bem como partículas sólidas e sais não dissolvidos. Assim, tem-se uma influência direta entre o aumento da turbidez com o aumento do teor de óleo e graxa nas amostras (Gráfico 12).

Gráfico 12 - Relação entre condutividade e turbidez resultante das Campanhas 02 e 03

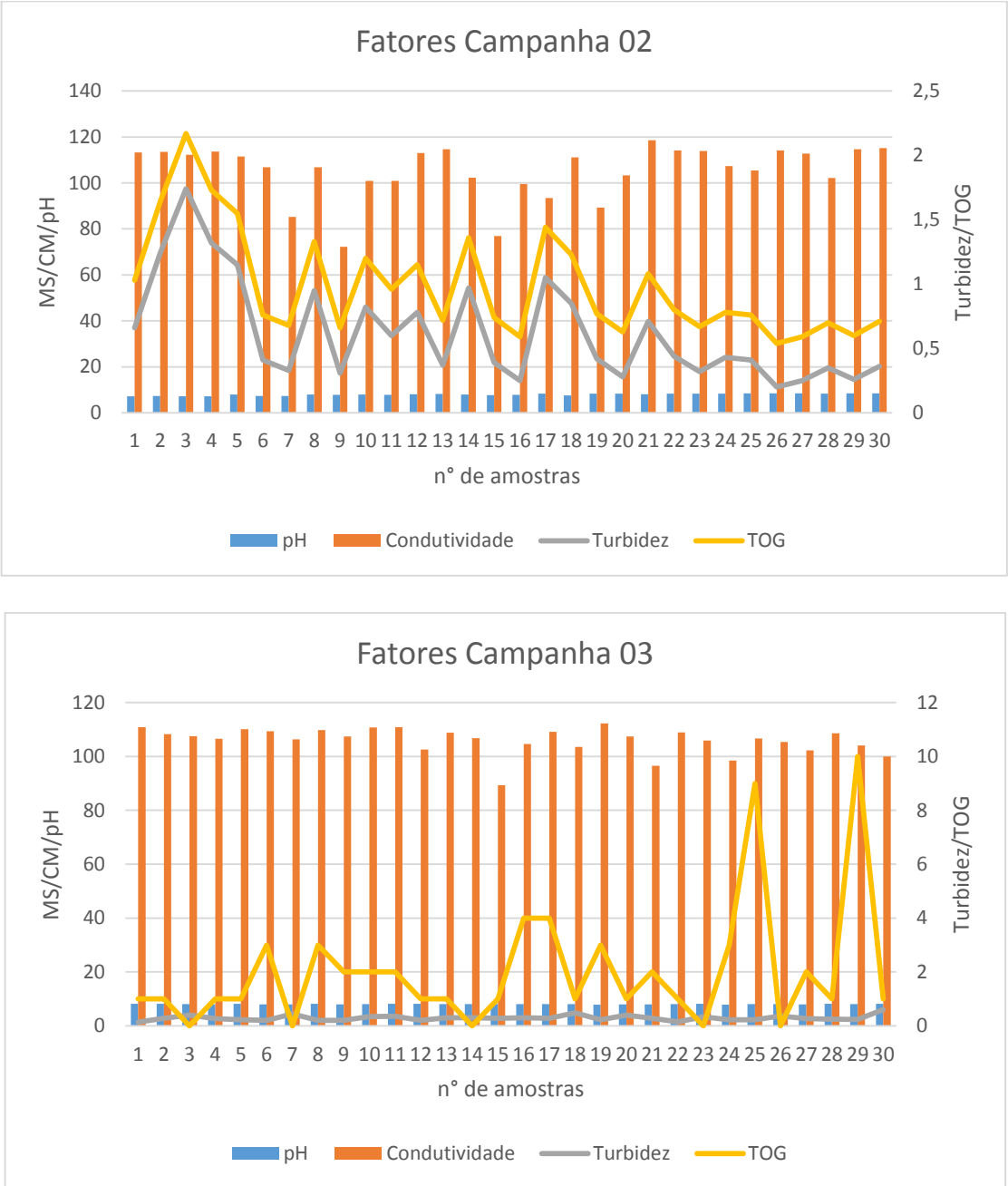




Fonte: Autoria própria (2017).

Então, resumindo todos os dados num único gráfico, pode-se ver a relação de proporção entre eles (Gráfico 13).

Gráfico 13 - Relação dos fatores estudados



Fonte: Autoria própria (2017).

Diante dos valores no gráfico 13, mostra-se que há uma relação diretamente proporcional, visto que quando há o aumento do TOG, eleva-se, consequentemente, os valores da condutividade e turbidez. Quanto maior o teor de óleo e graxa e de partículas sólidas e sais não dissolvidos, mais escura ou turva fica a amostra d'água.

5.2.2.2 Dados estatísticos

Ao determinar os dados de condutividade, turbidez, pH e teor de óleo e graxa em cada amostra, foi possível determinar os valores da média aritmética, mínimo, máximo, mediana, desvio-padrão e moda para as campanhas 02 e 03 de amostragem, conforme a tabela 02.

Tabela 2 - Valores estatísticos para as amostras de cada campanha

VALORES ESTATÍSTICOS						
CAMAPNHAS	FATORES	média	minimo	Máximo	mediana	desvio-padrão
Campanha 02	pH	8,01	7,20	8,50	8,05	0,44
Campanha 03		8,09	7,90	8,20	8,10	0,09
		média	mínimo	Máximo	mediana	desvio-padrão
Campanha 02	Condutividade	105,28	72,20	118,6	109,2	11,63
Campanha 03		105,94	89,30	112,2	107,05	4,88
		média	mínimo	Máximo	mediana	desvio-padrão
Campanha 02	Turbidez	0,62	0,20	1,74	0,42	0,38
Campanha 03		0,29	0,10	0,6	0,28	0,09
		média	mínimo	Máximo	mediana	desvio-padrão
Campanha 02	TOG	1,01	0,54	2,17	0,775	0,41
Campanha 03		2,03	0,0	10,00	1,00	2,32

Fonte: Autoria própria (2017).

Com relação aos valores estatísticos para o fator pH, os valores são muito parecidos, não tendo uma variação significativa, visto que por estar numa mesma região, o pH não muda facilmente. Com relação a condutividade, pelo fato do valor mínimo, na campanha 02, ter dado um valor mais baixo do que na campanha 03, deu um desvio-padrão mais significativo. Porém, a média deu praticamente a mesma. Já a turbidez, por ter muito valor de TOG na campanha 03 no valor de 0 mg/L, tem os valores estatísticos inferiores a campanha 02. Por último, como os valores de TOG,

para a campanha 02, para cada amostra deu um valor, o desvio-padrão deu um valor baixo. Já na campanha 03, como em muitas amostras o valor de TOG de 0 mg/L, os dados estatísticos não são tão confiantes.

5.3 GEOPROCESSAMENTO

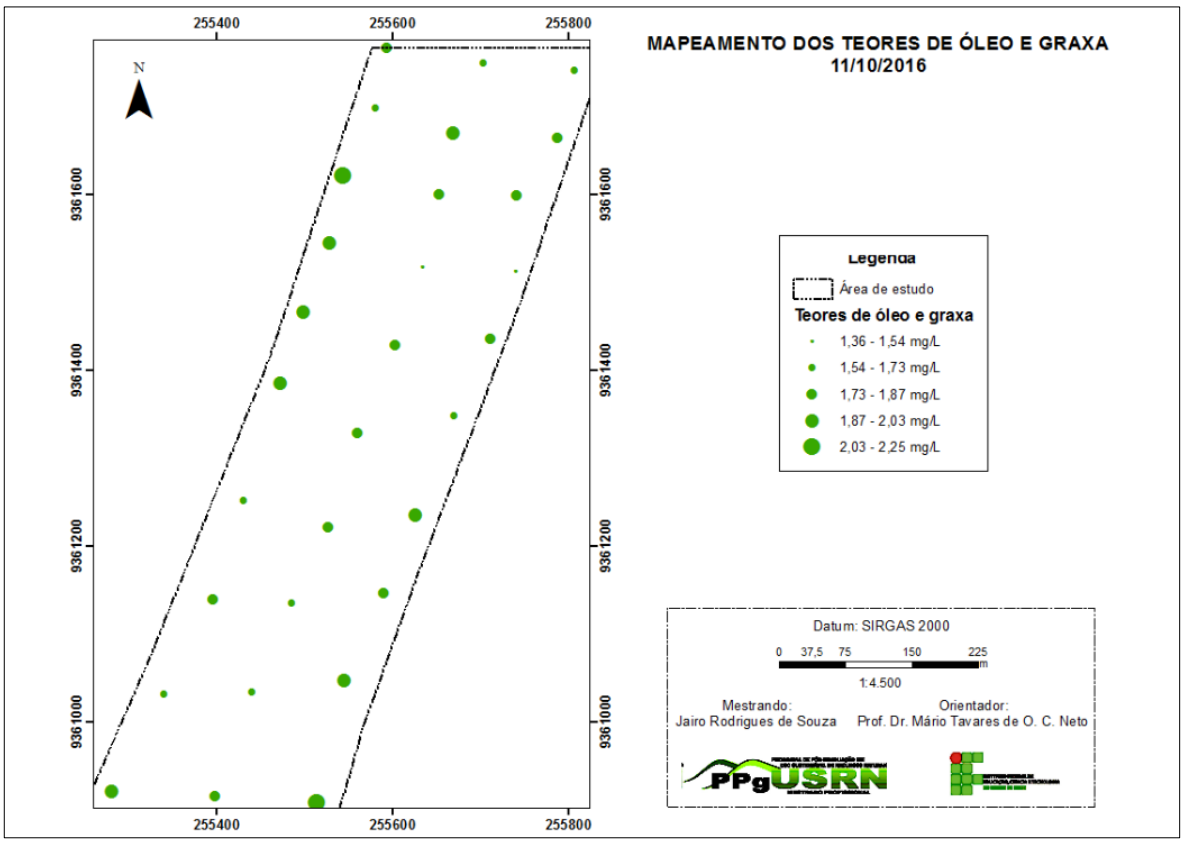
Nesta seção, serão vistos os produtos obtidos durante a etapa de geoprocessamento.

5.3.1 Mapeamento de óleo e graxa

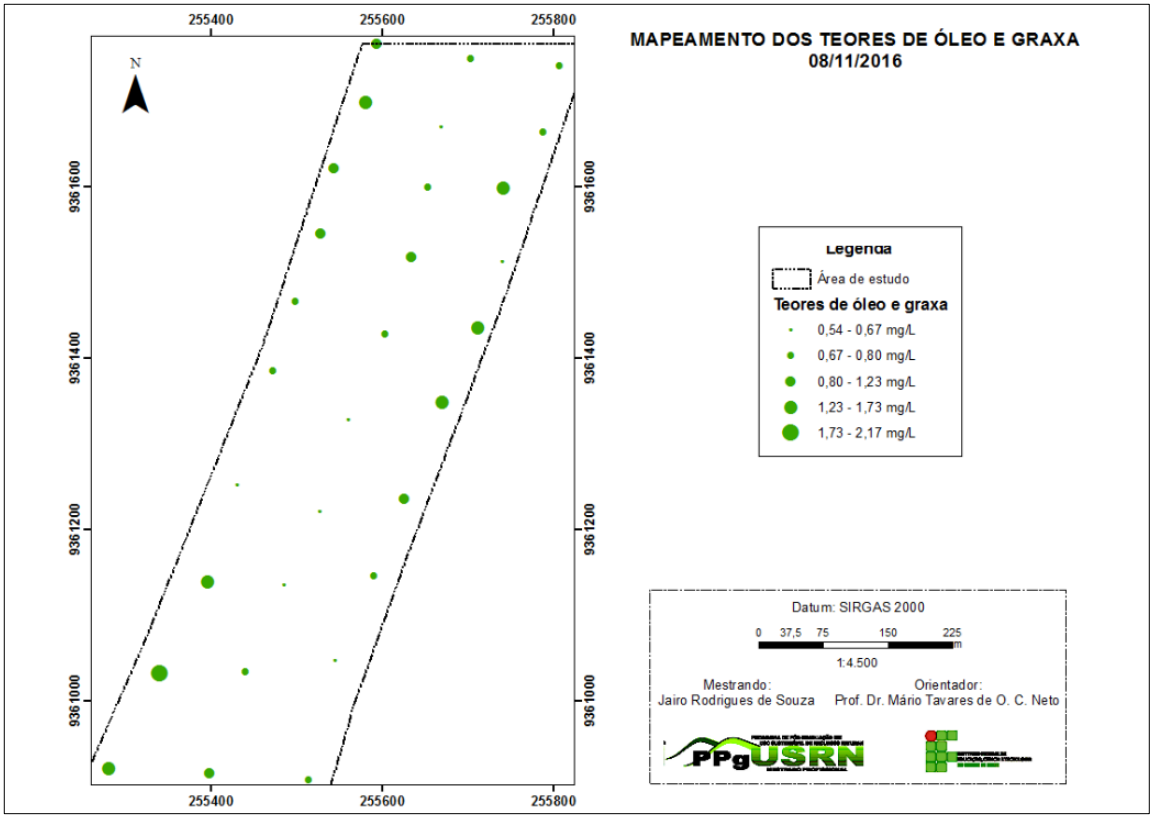
Com os teores de óleo e graxa (Tabela 1), procedeu-se o mapeamento desses dados utilizando o *software* ArcGIS 10.2 (ESRI, 2013). Assim, foi possível definir quais locais apresentam mais ou menos a presença de óleo e graxa (Mapa 6).

Mapa 6 – Mapeamento dos locais com óleo e graxa na zona portuária de Natal-RN para os dois dias de recolhimento de amostras, ou seja, (a) 11/10/2016, (b) 08/11/2016 e (c) 28/12/2016

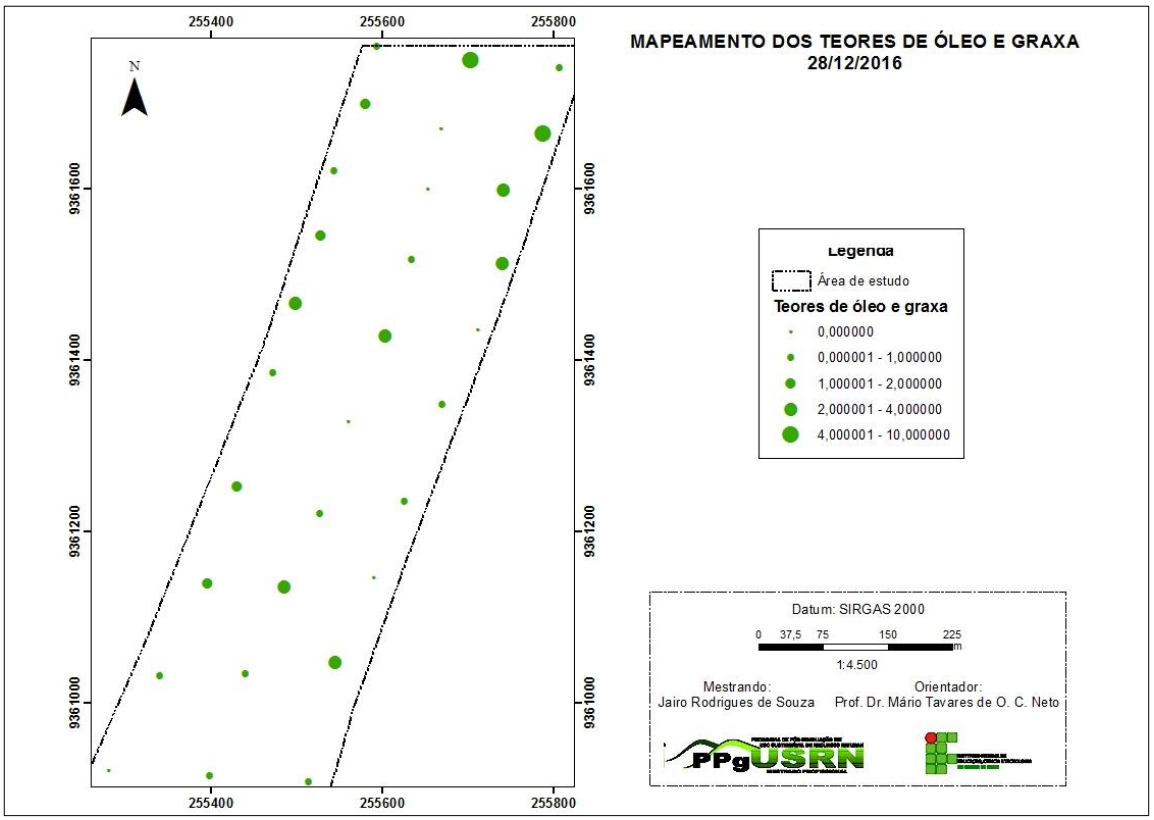
a.



b.



c.



Fonte: Autoria própria (2017).

Ao fazer uma análise dos mapas acima, percebe-se que os locais com maiores concentrações de óleo e graxa ora estão nas porções sudeste/noroeste (Mapa 6.a), sudoeste/nordeste (Mapa 6.b) e norte-nordeste (Mapa 6.c). Essa variabilidade espacial deve-se ao fato da presença de embarcações à combustão de pequeno e médio porte, pois eles ao fazer a lavagem das proas acabam jogando os efluentes no rio; além disso, o lançamento de esgoto clandestino sem nenhuma espécie de tratamento diretamente no Potengi aliado as condições hidrodinâmicas promovem o deslocamento dessas plumas de contaminação.

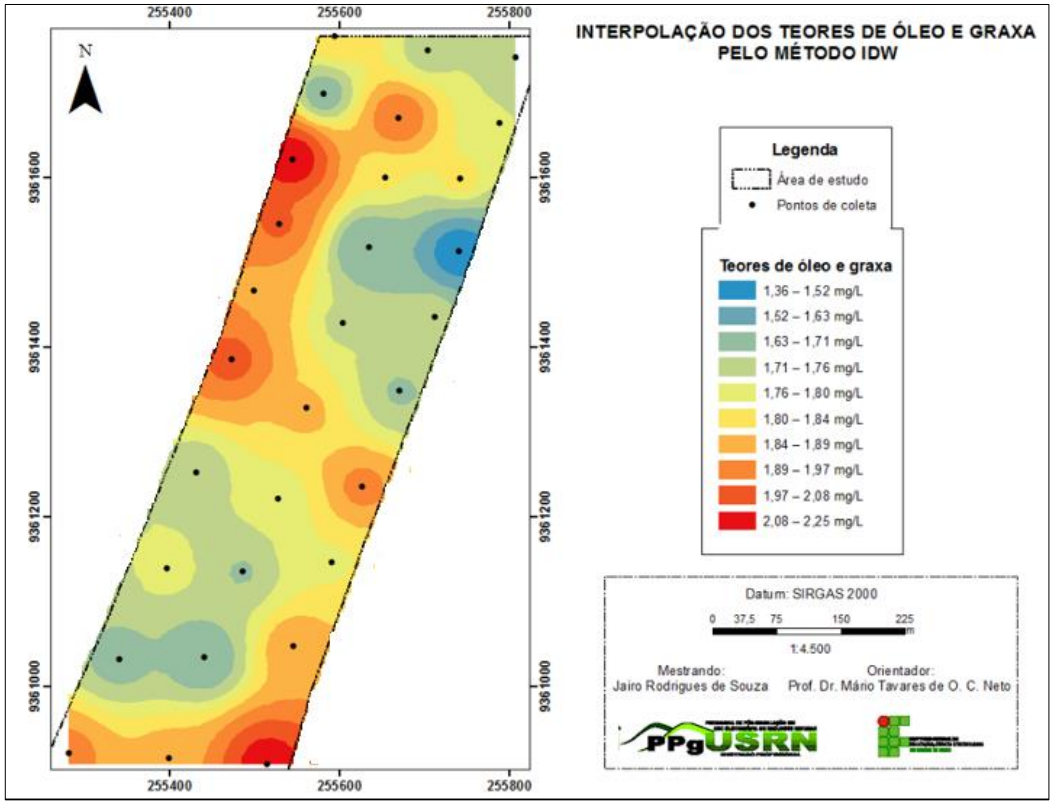
5.3.2 Variabilidade espacial de óleo

A utilização da geoestatística permitiu verificar a tendência da distribuição espacial do óleo e graxa nos períodos analisados, demonstrando um aumento das concentrações tendendo à desembocadura, onde o meio se torna mais poluído.

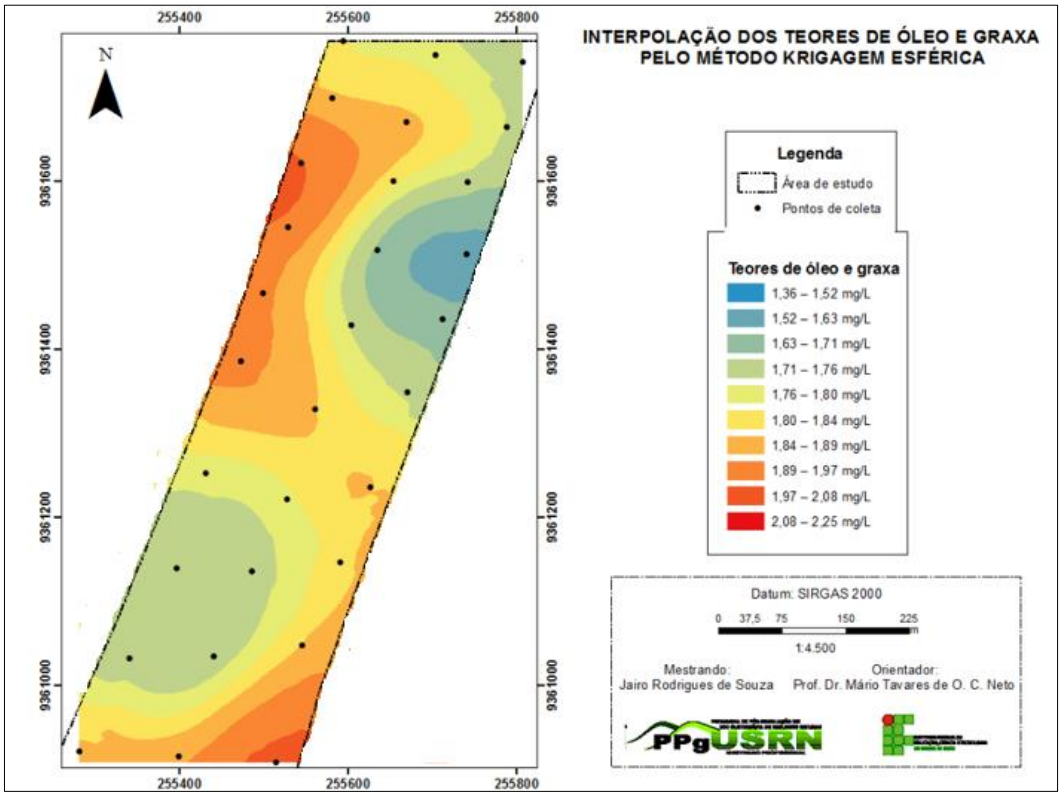
Os dados de teores de óleo e graxa para a região do porto de Natal, interpolados pelos métodos de *Krigagem* Esférica e IDW estão detalhados abaixo (Mapas 7, 8 e 9):

Mapa 7 - Mapas de teores de óleo e graxa, provenientes da interpolação de (a) IDW e Krigagem Esférica para o dia (b) 11 de outubro de 2016

a.



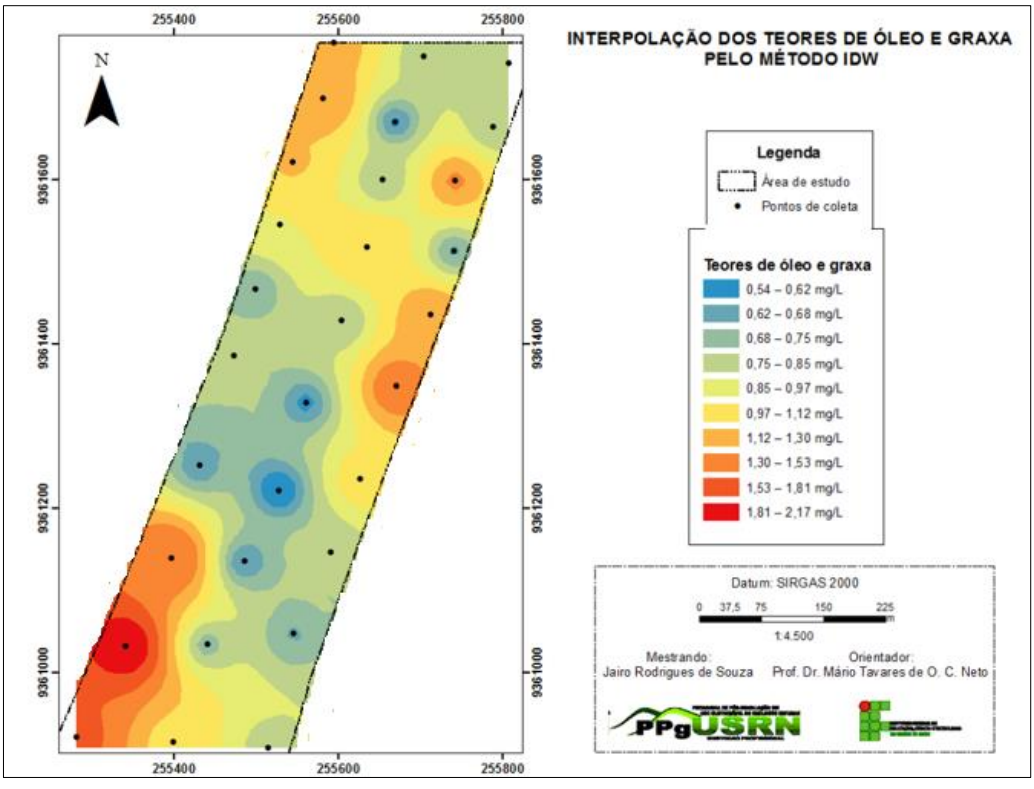
b



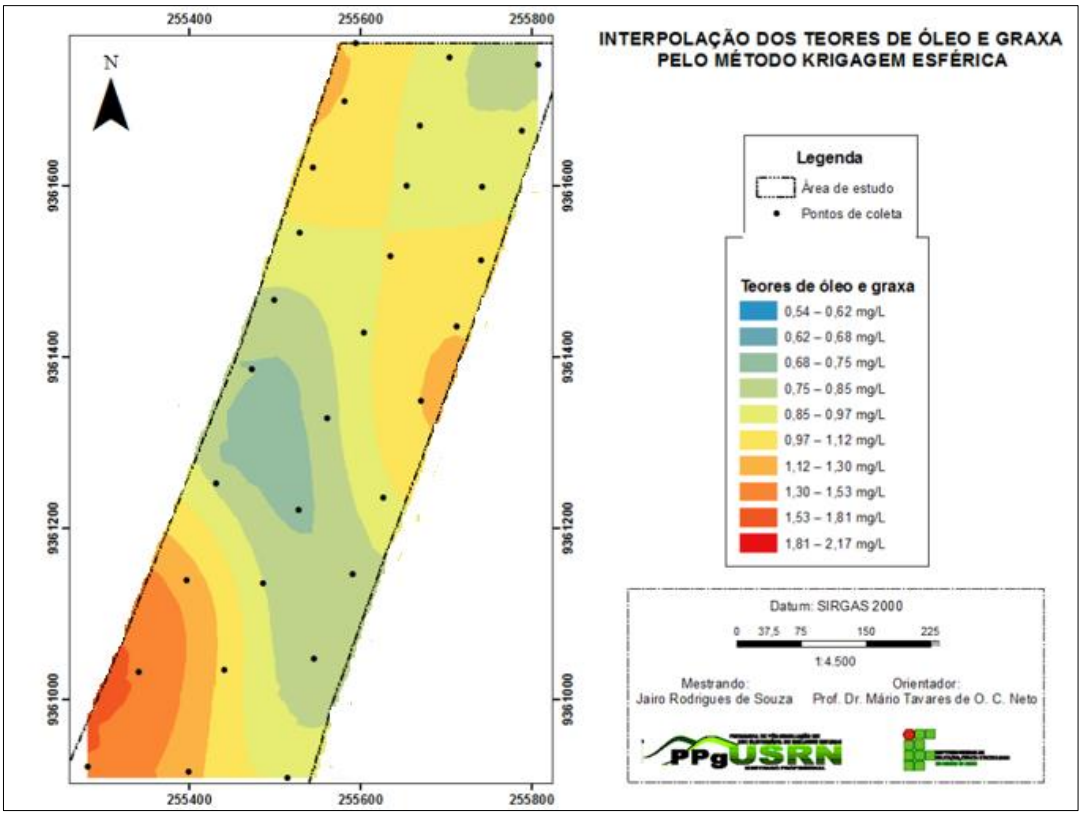
Fonte: Autoria própria (2017).

Mapa 8 - Mapas de teores de óleo e graxa, provenientes da interpolação de (c) IDW e (d) Krigagem Esférica para o dia 08 de novembro de 2016

c.



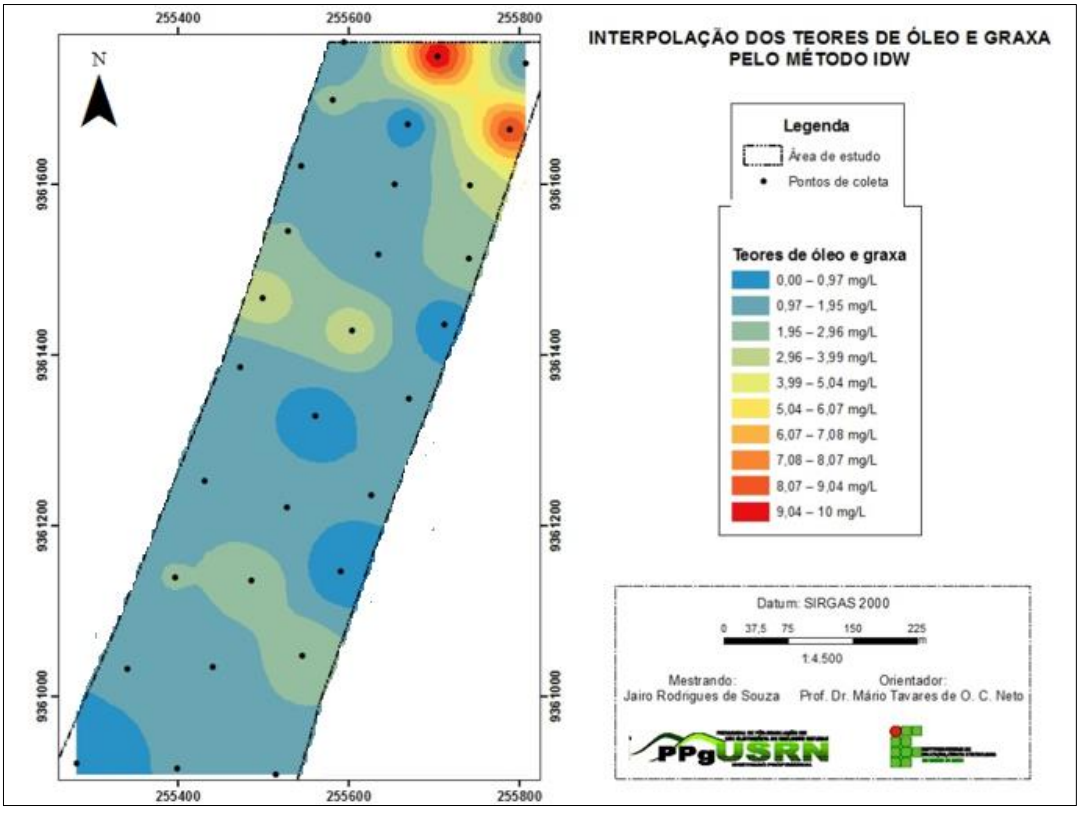
d.



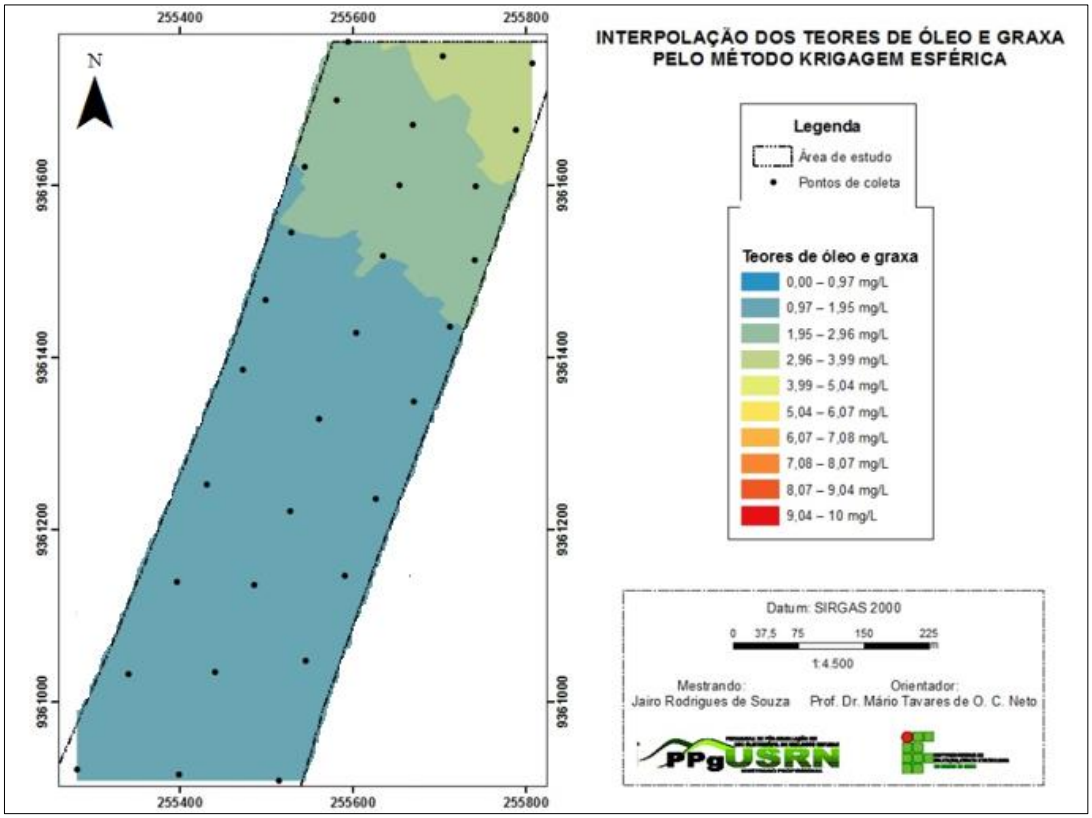
Fonte: Autoria própria (2017).

Mapa 9 - Mapas de teores de óleo e graxa, provenientes da interpolação de (e) IDW e (f) Krigagem Esférica para o dia 28 de dezembro de 2016

e.



f.



Fonte: Autoria própria (2017).

As interpolações foram utilizadas como forma de mostrar uma visualização dos resultados. Se o objetivo do estudo foi indicar os locais com concentrações de óleo e graxa, os mapas 7, 8 e 9 mostraram que qualquer destas técnicas de interpolação podem ser empregadas. Os mapas gerados seriam basicamente o mesmo, apenas com áreas mais suavizadas ou com um maior detalhamento de informações.

Além disso, com relação as Figura 7(a), 8(c) e 9(e), notam-se que os mapas de IDW sofrem fortes interferências do efeito "*bulls eyes*" (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989; ANDRIOTTI, 2009) ao redor de cada ponto de coleta. Essa tendência é elucidada pois cada ponto tende a ter um raio de ação definido de forma igual em todas as direções o que possibilita a formação de círculos. Já os mapas de *Krigagem* Esférica traduzem uma representação mais suave e fiel do que está sendo visto em campo.

5.3.3 Avaliação dos interpoladores

Para avaliar a técnica de interpolação mais representativa a realidade e com um maior embasamento estatístico determinístico, foi preciso analisar os erros para os valores preditos.

A *krigagem* permitiu fazer uma validação cruzada para checagem dos dados, ou pelo menos uma comparação entre os erros (LOURENÇO, 1998). O ideal seria ter um erro médio padronizado (*Mean Standardized*) dos valores preditos próximo de “0”, um erro quadrático médio (*Root-Mean-Square*) o mais baixo possível, um erro padrão médio (*Average Standard Error*) próximo do erro quadrático médio, e um erro quadrático médio padronizado (*Root-Mean-Square Standardized*) próximo de “1”.

No caso do interpolador IDW, somente forneceu o erro quadrático médio (Tabela 2) e este tem que ser o mais baixo possível. Diante dessa particularidade, o IDW é apontado como o método geoestatístico mais simples e sem validações (LOURENÇO, 1998; CHILDS, 2004).

A Tabela 3 traz os erros associados aos valores preditos destes métodos de interpolação utilizados neste trabalho.

Tabela 3 - Dados dos erros dos interpoladores utilizados

AVALIAÇÃO DOS INTERPOLADORES					
INTERPOLADORES		**ERROS**			
		E.M.P.	E.M.Q.	E.P.M.	E.Q.M.P.
11/10/2016	IDW	....	0,178	....	....
	KRIGAGEM	- 0,037	0,181	0,181	0,998
08/11/2016	IDW	....	0,395	....	....
	KRIGAGEM	- 0,021	0,378	0,385	0,985
28/12/2016	IDW	....	2,506	....	....
	KRIGAGEM	- 0,036	2,397	2,261	1,056

Fonte: Autoria própria (2017).

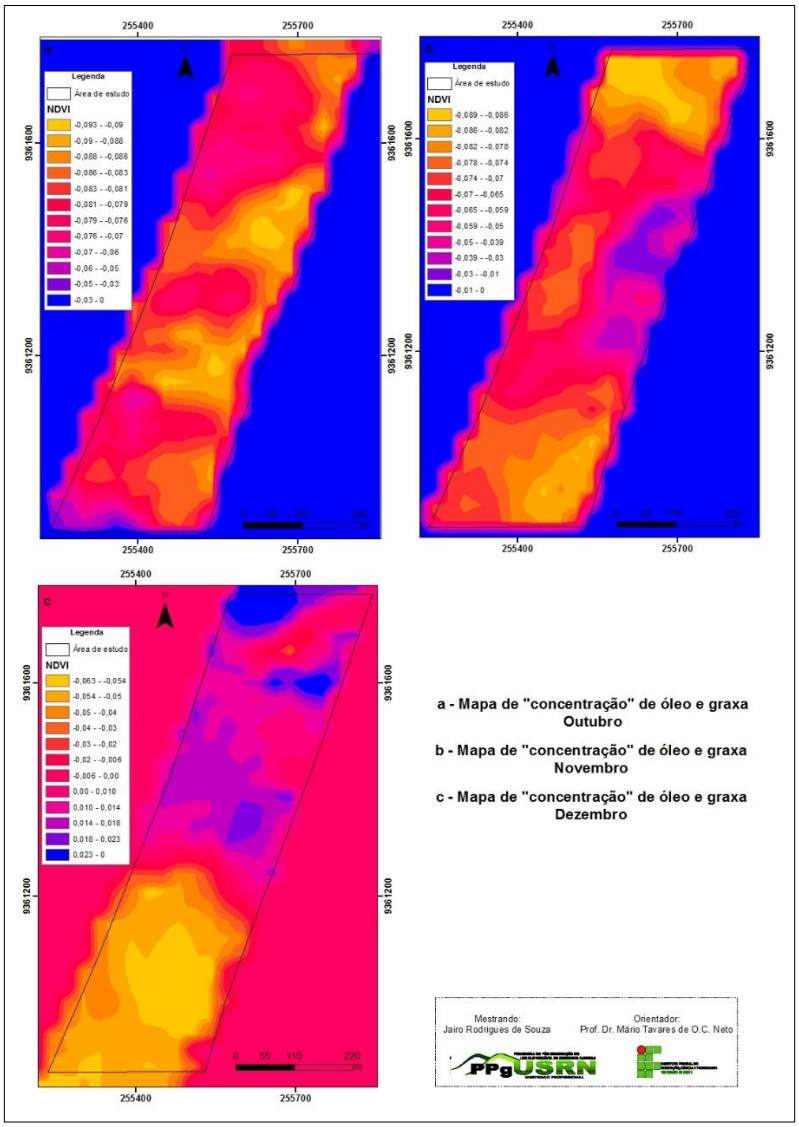
5.4 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Algumas espécies de macroalgas possuem características próprias que as fazem ser consideradas como bioindicadores de poluição, pois se proliferam em contato com determinados compostos presentes na água. Elas podem detectar diferentes níveis de carga orgânica por causa da sua sensibilidade ou tolerância a vários parâmetros como, por exemplo: concentrações de óleo e graxa, alterações de pH da água, turbidez e dentre outras toxidades (LIMA; CALIMAN, 2012).

Sabendo dessa informação supracitada, fizeram-se recortes multitemporais da área de estudo nas imagens LANDSAT 8 nos dias de cada amostragem. Posteriormente, as cenas recortadas foram submetidas a álgebra de mapas para determinar o Índice de Vegetação NDVI (ROUSE et al., 1973), as quais informaram, de forma indireta, as prováveis regiões com presença de óleo e graxa indicadas, já que tem macroalgas.

Assim, foram gerados os mapas denominados, hipoteticamente, de “concentração de óleo e graxa” (Mapa 10). Depois, com o intuito de comprovar a viabilidade e eficiência do NDVI para detectar as plumas de contaminação, compararam-se esses mapas com os de interpolação krigagem e IDW.

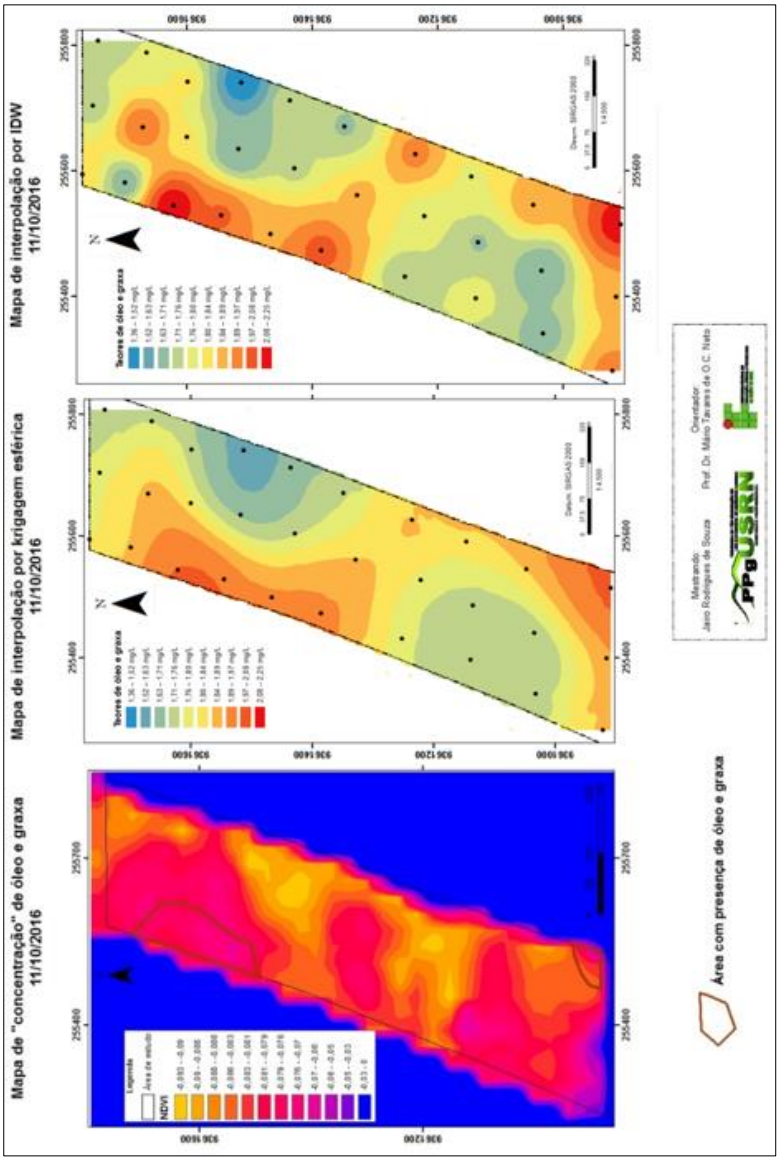
Mapa 10 - Mapas de “concentração” de óleo e graxa para cada dia de amostragem de água



Fonte: Autoria própria (2017).

De acordo com o mapa 10, quanto mais azul ou anil é a cor da região, ou seja, próximo do número 1 no grid da legenda, pressupõe que é maior a presença de seres clorofilados (macroalgas) na área de estudo, já que o NDVI analisa o comportamento espectral da vegetação presente na imagem. Além do mais, ao fazer uma comparação entre os mapas NDVI e as interpolações, notou-se que houve uma correlação, ou seja, as regiões que continham óleo e graxa nos mapas de interpolação também coincidiram com as áreas de cor anil nos mapas NDVI (Mapa 11). Ou seja, o método empregado mostrou-se eficiente.

Mapa 11 – Comparação entre os mapas NDVI e interpolação por krigagem esférica e IDW, mostrando que há uma correlação entre as áreas com óleo e graxa no dia 11 de outubro

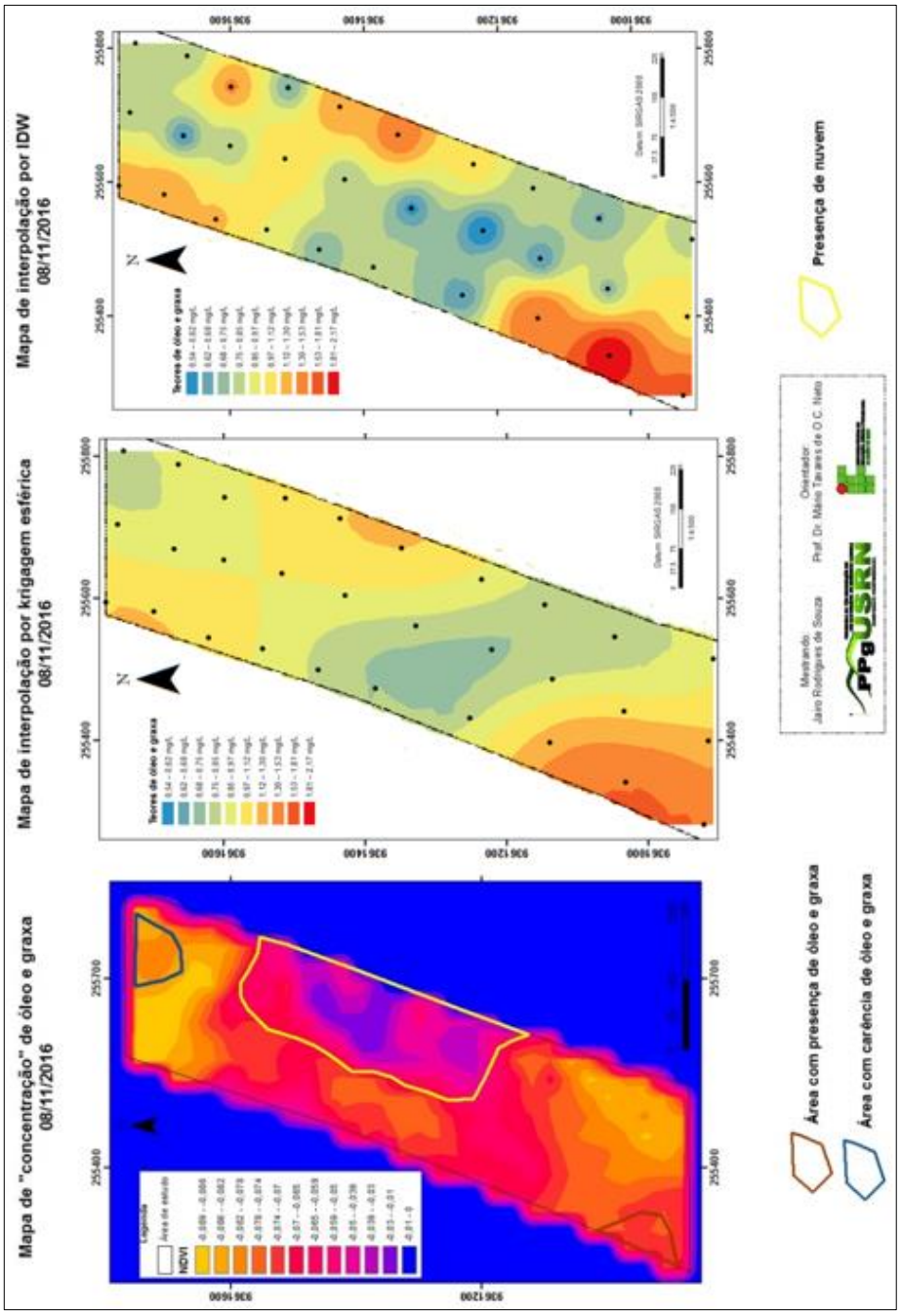


Fonte: Autoria própria (2017).

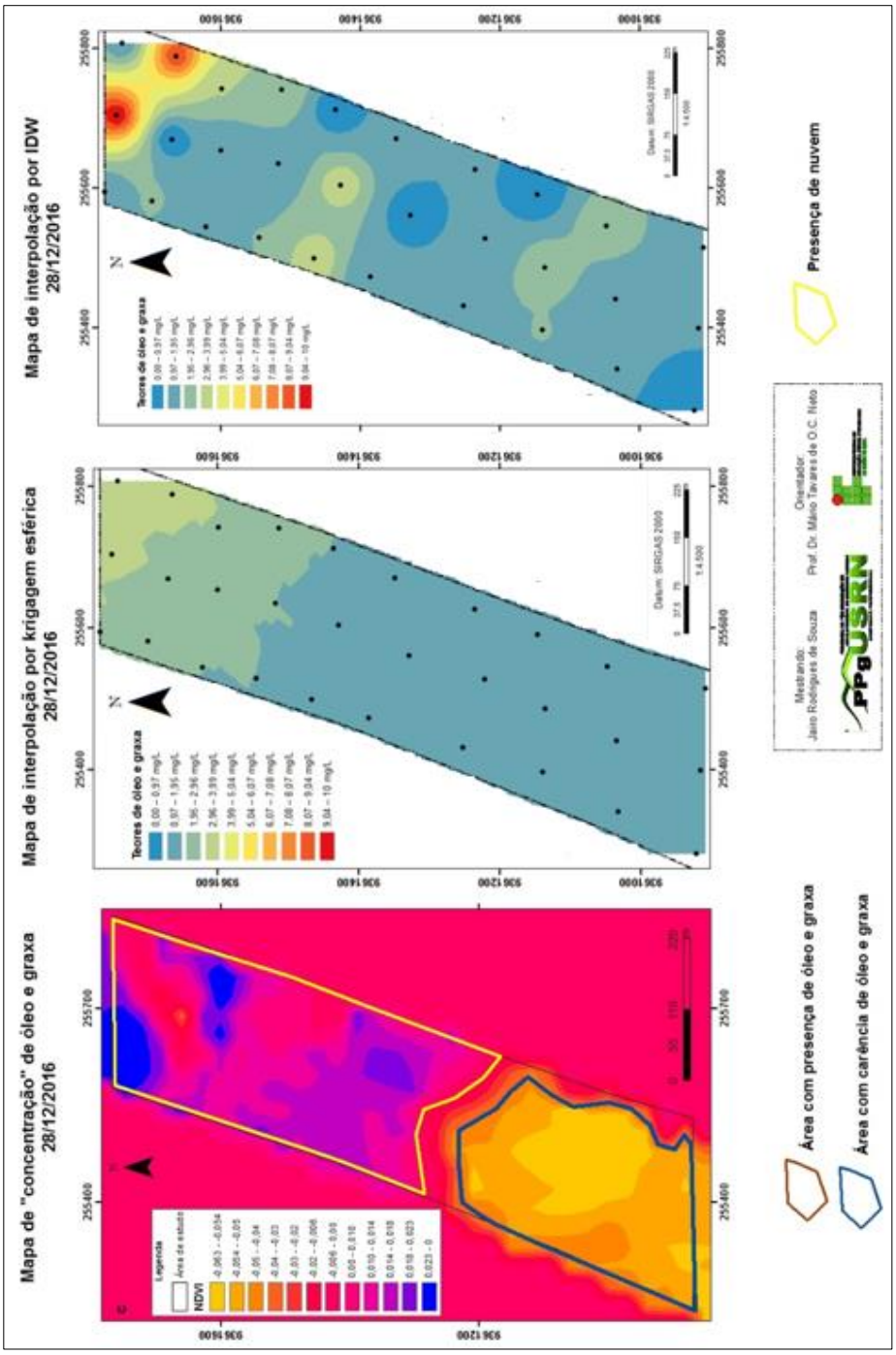
Porém, nem sempre as cores azul a anil representam altas taxas de clorofila na água. No mapa 12, por exemplo, essas tonalidades estão indicando a presença de nuvens, pois a o satélite LANDSAT 8 é um sensor do tipo passivo.

Mapa 12 - Comparação entre os mapas NDVI e interpolação por krigagem e IDW. Nota-se que houve uma correlação entre as áreas com óleo e graxa apenas nos mapas de interpolação, pois no mapa NDVI a nuvem atrapalhou. Já as regiões com pouca presença de óleo e graxa, foram vistas em todos os mapas, representando os dias 08 de novembro (a) e 28 de dezembro (b) de 2016

a



b



Fonte: Autoria própria (2017).

6 CONCLUSÃO

Diante dos trabalhos realizados, constou-se que na zona portuária de Natal-RN há lançamento de óleo e graxa. Como apontaram as análises químicas laboratoriais das noventa amostras de água colhidas no Rio Potengi, todos os resultados apontaram teores de óleo e graxa, além de outros aspectos físicos e químicos como turbidez, condutividade e pH, divergentes com a legislação ambiental em vigente.

Como a área de estudo enquadra-se na classe 2 e 3, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, não pode haver ou conter qualquer indício de efluentes líquidos contaminados por óleo e graxa; todavia, não foi essa a realidade mostrada nos resultados químicos de água. Nas campanhas 01, 02 e 03, por exemplo, as médias de TOG foram: 1,812; 1,01 e 2,06 mg/L, respectivamente

Com relação aos trabalhos de geoprocessamento, o emprego das técnicas de interpolação se mostrou satisfatório, em virtude de mapear e mostrar a espacialidade do óleo e graxa na área de estudo. Além disso, foi constatado que a interpolação pelo método de krigagem apresentou resultados mais confiáveis por razão dos erros preditos terem sidos menores e por não mostrar efeitos visuais locais e pontuais, os quais foram vistos no IDW.

Já os mapas formados pelo método NDVI mostraram, de forma indireta, as prováveis plumas de contaminação de óleo e graxa na área de estudo, pois os seres clorofilados – macroalgas – tendem a se formar nesses ambientes. Ao correlacionar os mapas de interpolação com os de índice de vegetação, percebeu-se que as regiões que continham óleo e graxa de forma excessiva estavam coincidindo, comprovando a eficácia das técnicas de geoprocessamento. Porém, nas cenas que contêm uma alta incidência de nuvens, o processamento digital de imagem se mostrou inviável, em virtude do satélite LANDSAT 8 ser um sensor passivo.

Diante de todas os dados captados, foi criado um banco de dados para que possa corroborar com outros estudos que vierem a ser feitos na área em tela.

Portanto, foram alcançados todos os objetivos esperados. Além do mais, é de suma relevância o prolongamento desse estudo, para que possamos encontrar mais resultados e corroborar para a tomada de decisões futuras de ordem política e social.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rodolfo Gois. Marinha detecta derramamento de óleo no Porto de Natal. **Ponto de Vista**, v. 1, n. 1, abr. 2012. Disponível em < http://www.pontodevistaonline.com.br/marinha-detecta-derramamento-de-oleo-porto-de-natal/>. Acesso em: 28 jul. 2016.

AMARO, Venerando Eustáquio; FERREIRA, Anderson Targino da Silva. Imagens do Aqua-Modis aplicadas a estimativa dos valores de clorofila-a e da temperatura da superfície do mar na zona offshore da Bacia Potiguar no Rio Grande do Norte. **Revista de Geologia da UFC**, Fortaleza, v. 25, n. 2, p. 128-142, dez./jan. 2012.

ANDRADE, Milena Marilia Nogueira de; SOUSA FILHO, Pedro Walfir Martins; SZLAFSTEIN, Claudio Fabian. A sensibilidade ambiental de ambientes costeiros à derramamentos de petróleo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL – AMAZÔNIA E FRONTEIRAS DO CONHECIMENTO, 1., 2008, Belém. **Anais**... Belém: UFPA, 2008. p.1-12.

ANDRIOTTI, Jose Leonardo Silva. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. 2. ed. São Leopoldo: Unisinos, 2009.

ARAÚJO, Armando Bezerra. **Análise caracterização da dinâmica da foz do rio Apodi, região de Areia Branca/RN, com base na cartografia multitemporal de produtos de sensores remotos**. 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

APHA, Awwa**. Standard methods for the examination of water and wastewater.** 22. ed. New York: American Public Health Association, 2012.

BARBOSA, Jose Antonio; SOUZA, Ebenezer Moreno de; LIMA FILHO, Mario Ferreira; NEUMANN, Virginio Henrique. A estratigrafia da Bacia Pernambuco-Paraiba: Uma reconsideração. **Revista de Estudos Geológicos**, Recife, v. 13, n. 7, jun./out. 2004.

BEZERRA, Francisco Hilario Rego. **Neotectonics in Northeastern Brazil**. 1998. 208 f. Tese - University College London, London, 1998.

BEZERRA, Francisco Hilario Rego; AMARO, Venerando Eustaquio; VITA-FINZI, Claudio; SAADI, Allaoua. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, n. 1, p. 61-75, jan./mar. 2001.

BICEGO, Marcia Caruso et al. Poluição por petróleo. **Poluição Marinha**, Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Resolução n° 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Seção 1, p.2548-2549.

BRASIL. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 2, p. 58-63.

BRASIL. Resolução n° 398, de 11 de junho de 2008. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 jun. 2008. Seção 1, p. 101-104.

BUSMAN, Debora Vieira. **Subsídios Técnicos para o Planejamento Territorial dos Municípios Jaguarão, Arroio Grande, Pedro Osório, e Capão do Leão, RS, Brasil**. 2006. 185 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CARRASCOZA, Lígia Soares. **Hidrocarbonetos alifáticos em sedimentos de fundo do estuário do Rio Potengi, Grande Natal (RN): implicações ambientais**. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; LOBATO, Fernando Silva de Paula; FREITAS, Izabel Chiodi. **Qualidade da água e controle da poluição: Guia do profissional em treinamento**. Belo Horizonte: ReCESA, 2007.

CHILDS, Colin. ***Interpolating surfaces in ArcGIS Spatial Analyst***. 2004. Disponível em: < https://www.esri.com/news/arcuser/0704/files/interpolating.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

CODERN, Companhia Docas do Rio Grande do Norte. **Estatística Portuária de Natal - 2016**. Disponível em: < http://servicos.codern.com.br/estatistica/2016/EstatisticaCODERN2016_fl08.pdf?id=1 >. Acesso em: 30 nov. 2016.

CORREA, Tatiana de Lima. **Impactos geoquímicos e sócio-ambientais no estuário do Rio Potengi – Região Metropolitana da Grande Natal/RN**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

CORREIA, Fernanda Nascimento; BEZERRA, Ivanhoé Soares. Poluição causada por petróleo e suas consequências para o meio marinho. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2015, Campina Grande. **Anais**... Campina Grande: UFPB, 2015. p. 1-10.

COSTA, Cíntia de Castro. **Avaliação da biodegradabilidade de petróleo utilizando microrganismos isolados do estuário do Rio Potengi (RN)**. 2010. 106

f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

COSTA, Debora Amanda Moura; COSTA, Thais de Sousa Damasceno; MONTEIRO, Isabella Pearce de Carvalho. Danos ambientais ocasionados por navios petroleiros. **Revista do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, v. 1, n. 3, p. 1-16, set./dez. 2015.

CROSTA, Alvaro Penteado. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1993.

CUNHA, Eugenio Marcos Soares. **Caracterização e Planejamento Ambiental do Estuário Potengi**. 1982. 211 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.

CUNHA, Eugenio Marcos Soares. **Evolução atual do litoral de Natal-RN (Brasil) e suas aplicações a gestão integrada**. 2004. 393 f. Tese (Doutorado em Ciências do Mar) – Universidade de Barcelona, Barcelona, 2004.

CURY, Juliano de Carvalho. **Atividade microbiana e diversidades metabólica e genética em solo de mangue contaminado com petróleo**. 2002. 158 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

DANTAS, Aécia Seleide. **Análise de sedimentos de fundo: uma amostragem representativa do estuário Potengi/RN**. 2009. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

DENT, Borden. **Cartography thematic map design**. 5. ed. Boston: WCB McGraw-Hill, 1999.

DRUCK, Suzana; CARVALHO, Marília Sá; CAMARA, Gilberto. **Análise espacial de dados geográficos**. 1. ed. São Paulo: São Paulo, 2004.

FERNANDES, Rodrigo Manuel. **Modelação de derrames de hidrocarbonetos**. 2001. 124 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Engenharia do Ambiente) - Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2001.

FERNANDES, Rodrigo Cysneiros; PETTA, Reinaldo Antonio. Mapeamento geoambiental com imagens de alta resolução do estuário do Rio Potengi – RN. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2., 2008, Recife. **Anais eletrônicos**... Recife: UFPE, 2008. Disponível em: < https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/cart_sig/179.pdf>. Acesso em:15 mai. 2016.

FIGUEIREDO, Lícia Regina Ramalho. **Estudo da circulação hidrodinâmica do estuário do Rio Potengi, Natal/RN**. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

FILHO, Jugurta Lisboa; IOCHPE, Cirano. **Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados**. 1. ed. Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 1996.

FONSECA, Vanildo Pereira; BEZERRA, Francisco Hilario Rego; AMARAL, Ricardo Farias; AMARO, Venerando Eustaquio. Mapeamento geológico-geomorfológico (1:250.000) do litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte: Primeiros Resultados. In: **SBG, SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE**, Fortaleza, p. 378-382, ago. 1997.

FONSECA, L.M.G. **Processamento Digital de Imagens**. 1. ed. São José dos Campus: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

FRAZÃO, Eugenio Pires. **Caracterização hidrodinâmica e morfosedimentar do estuário Potengi e áreas adjacentes: subsídios para controle e recuperação ambiental no caso de derrames de hidrocarboneto**. 2003. 197 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

GUERRA, Antonio Teixeira. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 4. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1975.

GURGEL, Daniel de Freitas; GONÇALVES, Átilla; DOMINGOS, Jéssica; CASTRO, Vera Lúcia Lopes; MARTINS, Guttemberg. Avaliação das áreas de mangues com o suporte de imagens Google Earth: o caso da Zona de Proteção Ambiental Ecossistema Manguezal e estuário Potengi/Jundiaí. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 26., 2015, Natal. **Anais**..., Natal: UFRN, 2015. p. 19.

HUXMAN, Travis; SMITH, Melinda; FAY, Michael; KNAPP, Alan; SMITH, Stanley. Convergence across biomes to a common rain-use efficiency. **Nature**, v. 26, n. 13, p. 651-654, jun. 2004.

INSTITUTO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Diagnóstico e vulnerabilidade ambiental dos estuários do litoral oriental do RN**. Natal-RN, 2003. p. 51.

ISAAKS, Enri Hant; SRIVASTAVA, Romel Martyn. **An introduction to applied geostatistics**. Oxford: Oxford University Press, 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Estações A304 – NATAL. Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf >. Acesso em: 30 jul. 2016.

LANDIM, Paulo Milton Barbosa; STURARO, Jose Ricardo; MONTEIRO, Rubens Caldeira. **Krigagem ordinária para situações com tendência regionalizada**. Rio Claro: Editora da UNESP, 2002.

LE DRÉAU, Yveline; JACQUOT, Frederic; DOUMENQ, Pierre; GUILIANO, Michel; BERTRAND, Jean Claude; MILLE, Gilbert. Hydrocarbon balance of a site which had been highly and chronically contaminated by petroleum wastes of a refinery (from 1956 to 1992). **Marine Pollution Bulletin**. v. 34, n. 6, p. 456-468, jun. 1997.

LEMBO, Arthur; MAGRI, Antonio. Geostatistics. In: **Spatial modeling and analysis – CSS 620**, Ithaca, p. 24-56, fev. 2002

LIMA, Vitor Araujo; CALIMAN, Nuno Gouvea de Souza. Influência do canal marinho da ilha de Vitória-ES sobre a biomassa de algas do gênero *Ulva* sp. (CHLOROPHYTA, ULVALES). **Revista Perspectivas Online**, v. 5, n. 2, p. 39-44, mai. 2012.

LOPES, Rejane Batista. **Metais pesados no caranguejo Ucides cordatus (Linnaeus, 1763) e ecotoxicologia de sedimentos do estuário dos Rios Jundiaí e Potengi-RN**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

LOURENÇO, Roberto Wagner. **Comparação entre métodos de interpolação para Sistemas de Informações Geográficas**. 1998. 77 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, 1998.

LOURENÇO, Rodrigo Wellington; LANDIM, Paulo Medeiros Bulhões. Mapeamento de áreas de risco à saúde pública por meio de métodos geoestatísticos. **Caderno Saúde Pública**, v. 21, n. 11, p. 150-160, jan. 2005.

LUGO, Ariel; CINTRON, George; GOENAGA, Cristian. El ecossistema del manglar bajo tension. In: SEMINARIO SOBRE EL ESTUDIO CIENTIFICO E IMPACTO HUMANO EN EL ECOSSISTEMA DE MANGLARES, 1., 1980, Cali. **Anais**... Cali: Oficina Regional de Ciencia y Tecnologia, 1980. p. 261-285.

MABESOONE, Jannes Markus. Bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4., 1996, São Paulo. **Anais**... São Paulo: UNESP, 1996. p. 81-84.

MARTINS, Guttenberg. Suporte técnico-informacional da geologia aplicada no monitoramento físico-territorial e ambiente de uma metrópole em gestação: o caso da região metropolitana de Natal-RN. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12., 2007, Natal. **Anais**... Natal: UFRN, 2007. p. 134.

MEDEIROS, Maria Lúcia. **Estudo multitemporal da dinâmica espacial do estuário Potengi/RN, utilizando como base os dados de sensoriamento remoto**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2012.

MIERZWA, Frank. A poluição das águas. 2001. Disponível em: < http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material /Mierzwa/Aula4-OMeioAquaticoII.pdf >. Acesso em: 10 abr. 2017.

MIRANDA, Jose Iguelmar. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**.1. ed. São Paulo: EMBRAPA, 2005.

MOREIRA, Melquisedec Medeiros. **Mapeamento geotécnico do município de Natal-RN**. 1996. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

MOREIRA, Luis. Poluição das águas. 2002. Disponível em: < http://www.poluentes.hpg.ig.com.br/poluicaodasaguas.ht ml >. Acesso em: 10 abr. 2017.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Landsat Data Continuity Mission: Continuously observing your world. 2013. Disponível em: <http://ldcm.gsfc.nasa.gov/mission_details.html>. Acesso em 29 jul. 2016.

NASCIMENTO, Alvaro Pereira; NETTO, Augusto Minervino; HONORATO, Cezar Teixeira. **Portos e cidades: movimentos portuários, Atlântico e diáspora africana**. 1. ed. Ilhéus: Editora da UESC. 2011.

NICODEMO, Sinara Cybelle Turíbio e Silva. **Diagnóstico ecotoxicológico dos efluentes lançados no complexo estuarino do Jundiaí/Potengi, Natal-RN**. 2010. 96 f. Dissertação (Dissertação em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

NOGUEIRA, Francisco Cezar Costa; BEZERRA, Francisco Hilario Rego; CASTRO, David Lopes de. Deformação rúptil em depósitos da Formação Barreiras na porção leste da Bacia Potiguar. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, v. 6, n. 2, p. 51-59, out. 2006.

NOERNBERG, Mauricio Almeida; LANA, Paulo da Cunha. A sensibilidade de manguezais e marismas a impactos por óleo: fato ou mito? Uma ferramenta para a avaliação da vulnerabilidade de sistemas costeiros a derrames de óleo. **Revista Geografares**, Vitória, v. 5, n. 3, p. 101-122, jun. 2002.

PAIVA, Giovanni Cavalcanti et al. **Contingências Portuárias**. Brasília: Agência Nacional de Transportes Aquaviários, 2011.

PEREIRA, Regis da Silva. Poluição hídrica: causas e consequências. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-36, abr. 2004

OLIVEIRA, Jorge Pinto. **Análise do gerenciamento de riscos ambientais do transporte marítimo de petróleo e derivados no Estado do Rio de Janeiro**. 1993. 201 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.

OLIVEIRA, Marco Antonio Rodrigues. **Geoprocessamento como ferramenta de análise integrada de risco a poluição de petróleo**. 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, Gabriella Larissa Carvalho. **Avaliação ecotoxicológica de águas do estuário Potengi/Jundiaí (RN/Brasil)**. 2015. 37 f. Monografia (Departamento de Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

QUEIROZ, Jose Eustaquio Rangel de; GOMES, Herman Martins. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. **Revista RITA da UFCG**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 1-31, set./dez. 2002.

QUEIROZ, Maria Sara Maia**. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em sedimentos de fundo do estuário do Rio Potengi, região da Grande Natal (RN): implicações ambientais**. 2011. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

RAND, Gyan May; WELLS, Paul Gand; MC CARTY, Lus Siatle. Introduction to aquatic toxicology. Fundamentals of aquatic toxicology – Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment. 2. ed. p. 3-67, 1995.

RIBEIRO, Adriano Alves. **Simulações da ação do vento e da dispersão de contaminantes no estuário do Rio Potengi/Brasil**. 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

ROSA, Roberto; BRITO, Julio Luis Souza. Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas. EDUFU. Uberlândia, p: 104. 1996.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, v. 16, p. 81-90, jul. 2005.

ROUSE, James Wind; HAAS, Ross Hand; SCHELL, Jamel Axer; DEERING, Dwind Wox. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 1., 1973. Washington. **Anais**… Washington: NASA, 1973. p. 378-382.

SANTOS, Jader de Oliveira. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015.

SCUDELARI, Ada; FIGUEIREDO, Lícia; ROSMAN, Paulo. Estudo da circulação hidrodinâmica do estuário do Rio Potengi devida à ação do vento. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP EM ENGENHARIA OCEÂNICA, 5., Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: FURG, 2001. p. 20-40.

SCUDELARI, Ada; FIGUEIREDO, Lícia; ROSMAM, Paulo. Estudo da circulação hidrodinâmica do estuário do Rio Potengi. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 22., Natal. **Anais**...Natal: UFRN, 2007. p. 17.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO RIO GRANDE DO NORTE. Caracterização e mapeamento dos manguezais do Rio Potengi. Natal-RN, 1986. p. 67.

SILVA, Iracema Reimão. Ambientes costeiros. In: ARAGÃO, Maria Alice Nascimento Fagundes; MAGALHÃES, Antonio Jorge Campos; SILVA, Augusto José Pedreira (org.). **Ambientes de sedimentação siliciclástica do Brasil**. São Paulo: Beca-BALL Edições, 2008. p. 212-223.

SILVA, Michella Yamamura Bardelli da. **Florística e estrutura de uma formação pioneira com influência flúvio-lacustre 12 anos após derramamento de óleo,**

Araucária, Paraná. 2014. 131 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SOUZA, Jairo Rodrigues de; OLIVEIRA, Ana Karla Costa; REGO, Sara Maria Caldas; OLIVEIRA, Mário Tavares. Geoprocessamento e análises químicas nas águas do Rio Potengi (NATAL-RN) para avaliação de contaminações por petróleo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO,1., Campina Grande. **Anais**..., Campina Grande: UFCG, 2016. p. 1-6.

SOUZA-LIMA, Wagner et al. **Bacia de Pernambuco-Paraiba**. Rio de Janeiro: Fundação Paleontológica Phoenix, 2003.

SLOCUM, Terry. **Thematic cartography and visualization**. 1. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999.

SZEWCZYK, Susana Beatris Oliveira. Processos envolvidos em um derramamento de óleo no mar. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP EM ENGENHARIA OCEÂNICA, 6., 2011, Porto Alegre**. Anais**... Porto Alegre: FURG, 2011. p. 14-24.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Landsat Project Description. 2013. Disponível em: < http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php>. Acesso em: 29 jul 2016.

APÊNDICE A – Fotos da área de estudo, evidenciando-se as embarcações à combustão

UNISON STAR

NATAL-RN
282-008070-7

APÊNDICE B – Equipamentos utilizados na coleta de amostras de água

a

BARCO À REMO

b

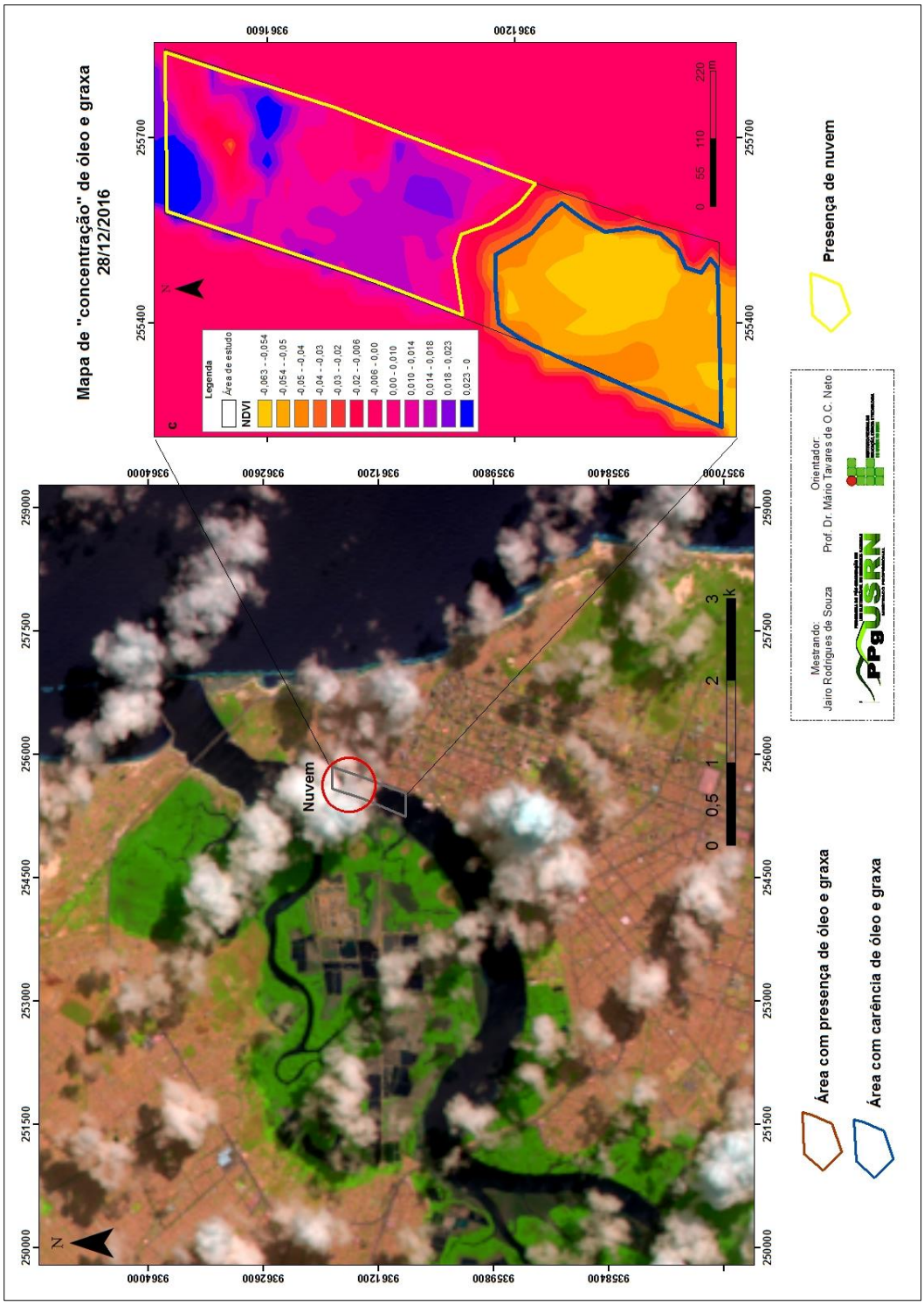
RECIPIENTES PARA ARMAZENAR ÁGUA

c

APARELHO TOG INFRACAL

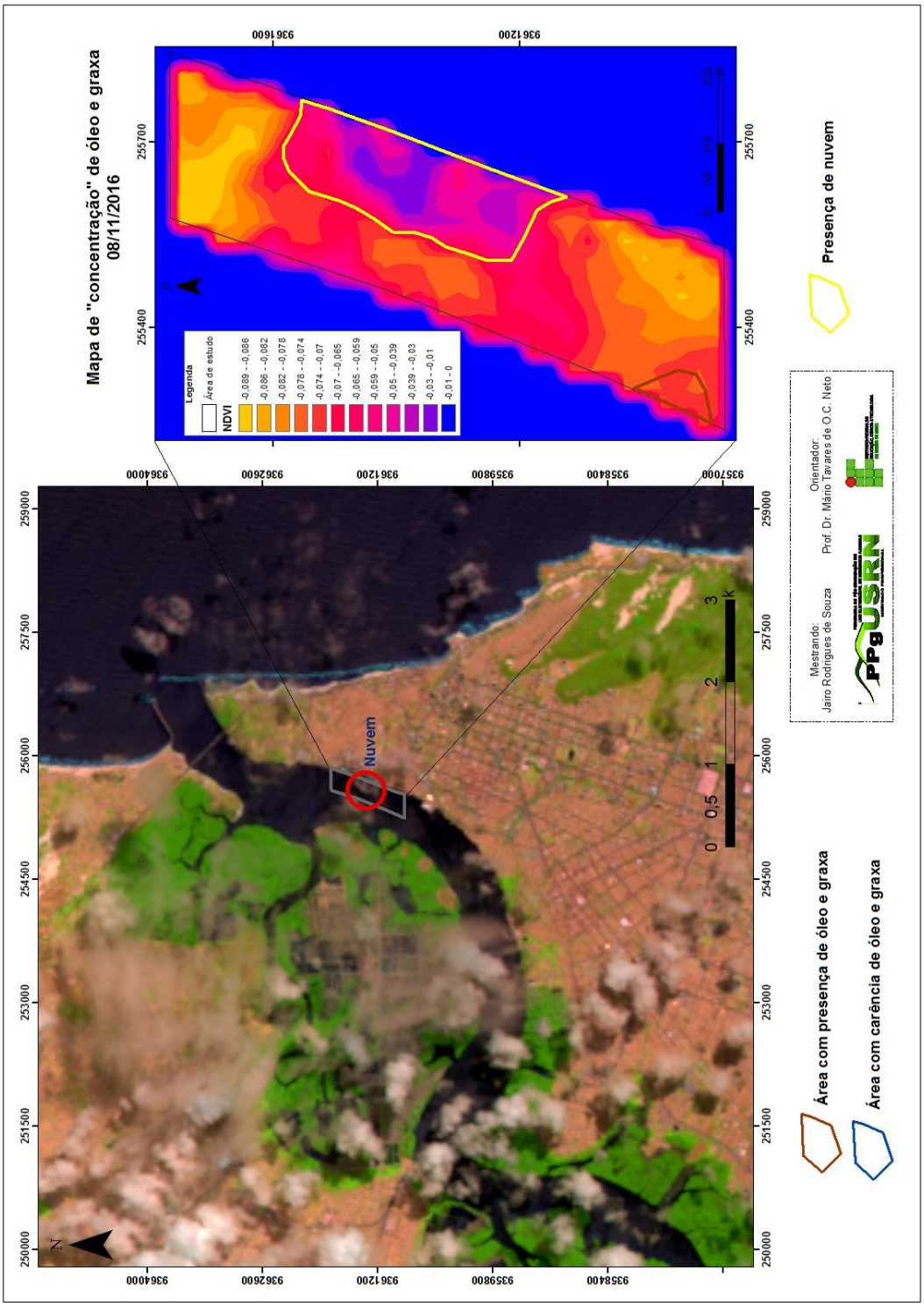
PROVETA DE MEDIÇÃO

APÊNDICE C – Mapas indicativos (em UTM, SIRGAS 2000 e Zona 25S) de presença de nuvens ou não sobre a área de estudo, através da composição R6G5B4, dos dias 28 de dezembro de 2016



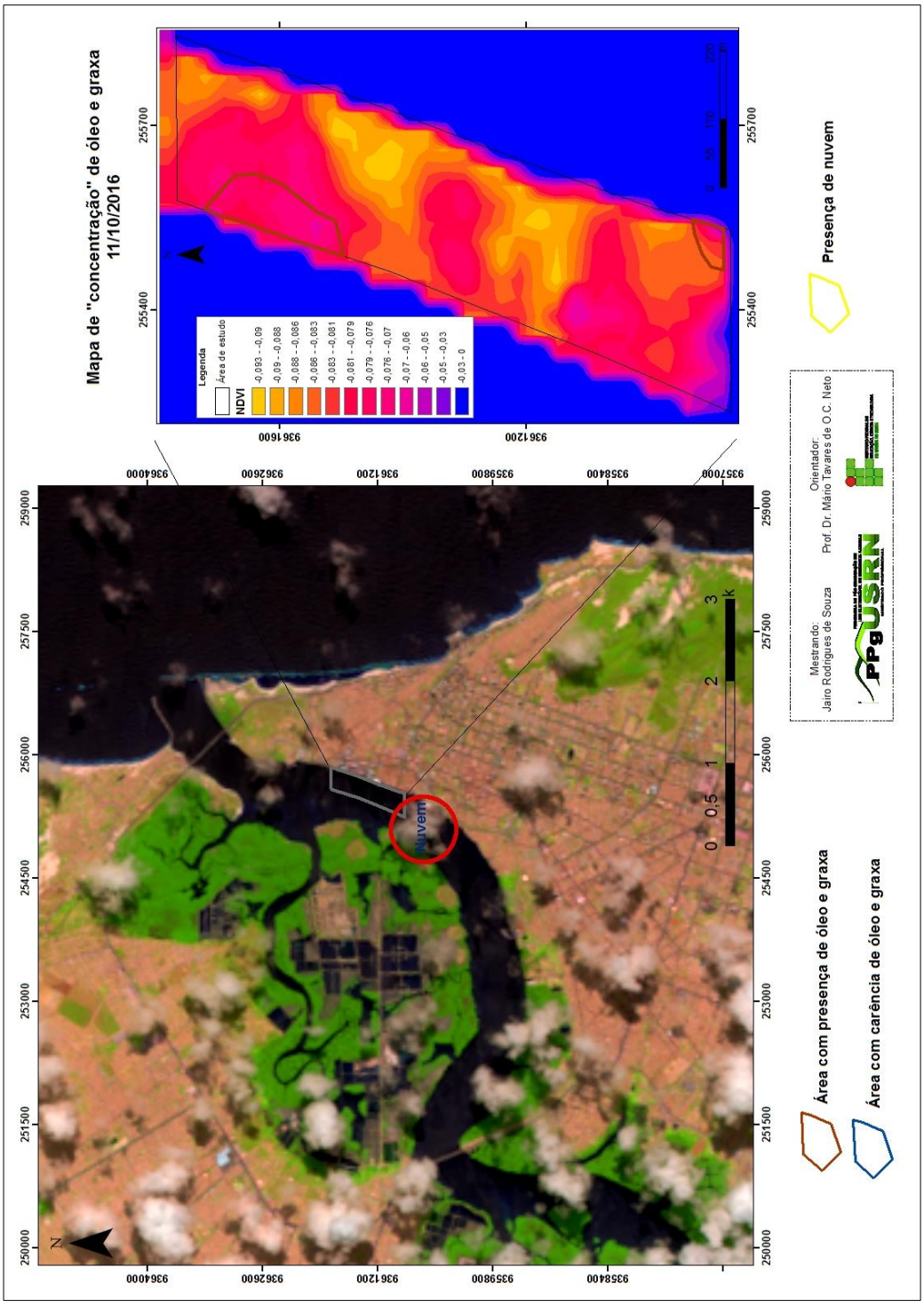
Fonte: Autoria própria (2017).

APÊNDICE D – Mapas indicativos (em UTM, SIRGAS 2000 e Zona 25S) de presença de nuvens ou não sobre a área de estudo, através da composição R6G5B4, do dia 08 de novembro de 2016



Fonte: Autoria própria (2017).

APÊNDICE E – Mapas indicativos (em UTM, SIRGAS 2000 e Zona 25S) de presença de nuvens ou não sobre a área de estudo, através da composição R6G5B4, do dia 11 de outubro (c) de 2016



Fonte: Autoria própria (2017).

ANEXO A – Regras de submissão no periódico da Revista Sociedade & Natureza - Artigo 01

Logo do cabeçalho da página Revista Sociedade & Natureza

CAPA SOBRE PÁGINA DO USUÁRIO PESQUISA ATUAL ANTERIORES NOTÍCIAS

Capa > Sobre a revista > **Submissões**

Submissões

- Submissões Online
- Diretrizes para Autores
- Declaração de Direito Autoral
- Política de Privacidade

Submissões Online

Já possui um login/senha de acesso à revista Revista Sociedade & Natureza?
ACESSO

Não tem login/senha?
ACESSE A PÁGINA DE CADASTRO

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso.

Diretrizes para Autores

Normas para apresentação dos originais

• Serão aceitos para publicação na Revista Sociedade & Natureza artigos inéditos sobre tema próprio à Ciência Geográfica ou resultado de pesquisa de natureza empírica, experimental ou conceitual, resultantes de pesquisas de mestrado, de doutorado ou de densidade similar (com no mínimo 10 e no máximo 15 páginas).
• A revista julgará a pertinência da publicação de artigos oriundos de áreas afins (que necessariamente incluam abordagem territorial/espacial). Textos não voltados ao foco do periódico serão excluídos da lista de avaliação.
• Resenhas de livros e mídias poderão ser encaminhadas (com 3 a 5 páginas, discutindo obras de publicação recente) da área de Geografia ou ciências afins, com apenas um autor (os autores deverão ser vinculados a programas de pós-graduação ou ter titulação mínima de mestre).
• Serão aceitas submissões nos seguintes idiomas: português, espanhol, inglês e francês. O artigo deve ser apresentado apenas no idioma original do(s) autor(es).
• Os artigos deverão ser editados em MS Office 2007 (Word) ou versões posteriores, em espaço simples, fonte Times New Roman, tamanho 12, sem divisão em colunas (com tamanho máximo de 12MB, já incluídas as figuras, com a resolução exigida - 600 dpi).
• A configuração da página deve ser A4 com margens de 2,5 cm (superior, inferior, direita e esquerda). O texto não deve conter notas de rodapé, notas finais ou cabeçalho. Em hipótese alguma o(s) autor(es) devem ser identificados (seja no início do texto, ao longo do mesmo ou na organização de Figuras ou Tabelas).
• Todos os autores devem ser informados, separadamente, no formulário eletrônico de submissão (bem como sua área de formação, titulação e instituição de atuação profissional). A ausência de tais informações implicará na exclusão direta da submissão.
• O título do trabalho (na língua original do texto e também em inglês) deve aparecer centralizado com fonte Times New Roman, tamanho 14 e em negrito. Textos em inglês devem ser acompanhados de versão do título e resumo em outra língua (preferencialmente português), com fonte Times New Roman, tamanho 12 e em negrito.
• Após o título (em duas línguas) deve ser apresentado resumo seguido de abstract (para textos em português), ou então resumé e abstract (para textos em francês), ou resumen e abstract (para textos em espanhol), com um máximo de 15 linhas (250 palavras), incluindo um mínimo de três e máximo de cinco palavras-chave descritoras do conteúdo do trabalho apresentadas na língua original e em outro idioma. Não usar tradutor automático para os resumos. Recomenda-se passar por revisão de profissional especializado.
• O artigo poderá ser dividido em itens (não numerados e em letras maiúsculas) e subitens (não numerados e em itálico).
• Tabelas e Figuras (fotos, mapas, ilustrações) devem ser referidas no texto (ex: Tabela 01 / Figura 01) e numeradas de acordo com a seqüência. As tabelas/figuras devem conter título, digitado no texto, na parte superior. As figuras podem conter legenda na parte inferior.
• Figuras e tabelas não podem exceder o tamanho de uma página e não devem exceder as margens das páginas (e também não serão publicadas com orientação vertical). Figuras e Tabelas deverão conter título, que deve ser digitado no corpo do texto (e não repetidos no interior das mesmas). Em todos os casos, deve haver indicação (digitada, no corpo do texto e logo após a Figura/Tabela) de: fonte (ex: Fonte: IBGE, 2000.), organização (ex: Org. do Autor.) ou adaptação (ex: Adaptado de Silva, 2000.).
• As ilustrações (gráficos, mapas e fotos) serão denominadas, em todos os casos, como "Figuras" e deverão ser enviadas em formato JPG, anexadas separadamente no momento da submissão (utilizar ferramenta "Anexar Documento Suplementar" disponível no sistema eletrônico de submissão), com resolução mínima de 600 dpi. As mesmas também devem ser inseridas no corpo do artigo, imediatamente após sua indicação no texto. As Figuras serão publicadas apenas em preto e branco, na versão impressa do periódico.
• Recomendamos aos autores o emprego apenas de figuras necessárias e essenciais à compreensão do conteúdo do texto. Situações de excesso de figuras, má qualidade da informação gráfica e não observação da resolução mínima (600 dpi) implicarão na recusa do texto.
• As referências deverão ser organizadas de acordo com a NBR-6023 da ABNT (agosto de 2002). Usar itálico ao invés de negrito.
• As citações diretas e indiretas deverão ser organizadas de acordo com a NBR-10520 da ABNT (agosto de 2002).

O artigo deverá ser submetido através do site da revista http://www.sociedadenatureza.ig.ufu.br, onde o Editor encaminhará a dois membros do Conselho Consultivo ou avaliadores ad hoc, que farão avaliação do mesmo. O processo é realizado em anonimato e com paridade acadêmica dos avaliadores.
Os trabalhos serão publicados em mídia impressa (papel - em preto e branco) e em versão eletrônica (WEB), no sítio da revista e nos sítios de seus indexadores - SciELO Brasil e Redalyc.

ANEXO B – Comprovante de submissão do artigo 01

Logo do cabeçalho da página Revista Sociedade & Natureza

CAPA SOBRE PÁGINA DO USUÁRIO PESQUISA ATUAL ANTERIORES NOTÍCIAS

Capa > Usuário > Autor > Submissões > #36521 > **Avaliação**

#36521 Avaliação

RESUMO **AVALIAÇÃO** EDIÇÃO

Submissão

Autores	Jairo Rodrigues Souza, Mário Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto
Título	ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) NA DISTINÇÃO DA COBERTURA VEGETAL PRESENTE NO ESTUÁRIO DO RIO POTENGI
Seção	Artigos
Editor	Rita de Cássia Martins de Souza

Avaliação

Rodada 1

Versão para avaliação	36521-150587-1-RV.DOCX 2016-11-23
Iniciado	—
Última alteração	—
Arquivo enviado	Nenhum(a)

Decisão Editorial

Decisão	—
Notificar editor	Comunicação entre editor/autor Sem comentários
Versão do editor	Nenhum(a)
Versão do autor	Nenhum(a)
Transferir Versão do Autor	Escolher arquivo Nenhum arquivo selecionado Transferir

ANEXO C – Regras de publicação do periódico da Revista Geociências - Artigo 02

WWW.REVISTAGEOCIENCIAS.COM.BR

Submissões

- Submissões Online
- Política de Privacidade

Submissões Online

Já possui um login/senha de acesso à revista Geosciences = Geociências?
ACESSO

Não tem login/senha?
ACESSE A PÁGINA DE CADASTRO

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. TIPO DE TRABALHO PUBLICADO
   A revista publica Artigos com dados e resultados originais e inéditos de pesquisas científicas e técnicas, redigidos em português, inglês ou espanhol.
2. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO
   a) O trabalho deve ter:
   1) Título, coerente com o conteúdo.
   2) A versão do artigo deve ser "cega", ou seja, sem identificação dos autores, para os trâmites de avaliação.
   3) O nome dos autores, bem com as Instituição(ões)/empresa(s) a que se vincula(m), com endereço(s) (logradouro, CEP, cidade, estado, endereço eletrônico), completos e sem abreviaturas ou siglas, devem constar no **Passo 3. Inclusão de Metadados**.
   4) Sumário dos itens e subitens, mostrando a hierarquia deles.
   5) Resumo de até 200 palavras, em parágrafo único, sem incluir citações bibliográficas, seguido de até cinco palavras-chave que reflitam a natureza e conteúdo do trabalho e escritos na língua utilizada no artigo.
   6) Título, resumo e palavras-chave vertidos para outra língua dentre as indicadas acima.
   b) A estrutura do artigo deve ter, ressalvada a natureza do trabalho que exija explanação diferente e mais adequada à boa exposição das informações:
   1) Introdução, contextualizando o trabalho e definindo o objetivo do artigo.
   2) Materiais, métodos e técnicas.
   3) Apresentação de dados.
   4) Discussões, interpretações e resultados.
   5) Conclusões ou considerações finais.
   6) Agradecimentos.
   7) Lista das referências bibliográficas citadas.
   c) A hierarquia de itens e subitens deve ser feita em até 5 níveis:
   1) Nível 1: negritado, em maiúsculas, centrado. Ex.:
   INTRODUÇÃO.
   2) Nível 2: negritado, caixa alta, alinhado à esquerda.
   Ex.: LITOLOGIA.
   3) Nível 3: negritado, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: Aspectos do Relevo.
   4) Nível 4: itálico, negritado, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: Xistos do Grupo São Roque.
   5) Nível 5: itálico, não-negritado, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda.
   Ex.: Características Texturais dos Sedimentos.

3. ENTREGA DO ARTIGO
   a) O texto deve ser elaborado em folhas A4, margens de 2 cm, espaço duplo, recuos (parágrafos) de 0,5 cm, fonte Times New Roman de 12 pontos, sem formatação, sem hifenização, utilizando o Microsoft Word. Extensão: até 30 páginas, incluindo texto, ilustrações e referências bibliográficas. Não são aceitos textos escaneados.
   1) Unidades e símbolos de medidas devem seguir o sistema de padronização internacional (exs.: M para milhão, G para bilhão, m, cm, km, kb, MPa). Símbolos não-usuais e abreviaturas, quando utilizados, devem ter os significados explicitados quando da primeira citação no texto.
   2) Equações e fórmulas devem ser inseridas no texto em formato JPG. Todos os símbolos e abreviaturas utilizados devem ter seus significados explicitados. Se forem citadas no texto podem ser numeradas com algarismos arábicos sucessivos, colocados à direita.
   3) Palavras estrangeiras e citações, se usadas, devem aparecer em itálico.
   4) Notas de rodapé não são aceitas (inclusive para indicação dos nomes de instituições ou empresas). Eventuais notas complementares podem ser inseridas no fim do texto, referidas como APÊNDICES, limitados à exposição de detalhes imprescindíveis à compreensão do texto (p. ex., minúcias de ensaios, deduções de equações).
   5) A redação deve ser impessoal (terceira pessoa).
4. ILUSTRAÇÕES
   a) As ilustrações e suas legendas devem ser apresentadas em separado do texto, com as respectivas legendas.
   b) São ilustrações:
   1) TABELAS (sem molduras verticais das células) e QUADROS (com molduras horizontais e verticais das células) elaboradas no Word ou Excel, dispostas em formato Retrato.
   2) FIGURAS, que são mapas, perfis, diagramas e assemelhados, em Preto & Branco ou coloridas, numeradas sequencialmente com algarismos arábicos, na ordem de inserção no texto. As figuras devem ser apresentadas **apenas** em formato .jpg ou .tif, que permita elaboração para o padrão da revista. No texto devem ser apontados os locais de inserção em uma linha logo após o parágrafo em que é feita a primeira citação.
   3) FOTOS, FOTOMICROGRAFIAS, IMAGENS e assemelhados, e PRANCHAS, que são quadros de tais documentos. Devem se apresentadas em tons de cinza ou coloridas, em originais ou escaneadas em formato .jpg, com resolução mínima de 300 dpi. Não são aceitas cópias xerográficas. Inserir escala gráfica, se necessário. Indicações devem ter tamanhos ou espessuras que comportem redução e visibilidade no tamanho de largura máxima entre 8 a 17 cm (largura útil da página impressa).

ANEXO D - Comprovante de submissão de artigo 02

WWW.REVISTAGEOCIENCIAS.COM.BR

CAPA SOBRE PÁGINA DO USUÁRIO PESQUISA ATUAL ANTERIORES

Capa > Usuário > Autor > Submissões > #12158 > **Resumo**

#12158 Sinopse

RESUMO AVALIAÇÃO EDIÇÃO

Submissão

Autores	Jairo Rodrigues Souza, Mario Taveres de Oliveira Cavalcanti Neto, Ana Karla Costa Oliveira, Sara Maria Caldas Rego
Título	MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DOS INTERPOLARES IDW E KRIKAGEM PARA A ESPECIALIZAÇÃO DAS MANCHAS DE ÓLEO E GRAXA NA ZONA PORTUÁRIA DE NATAL/RN
Documento original	12158-64521-1-SM.DOCX 2017-01-29
Docs. sup.	Nenhum(a)
Submetido por	Jairo Rodrigues Souza
Data de submissão	janeiro 29, 2017 - 07:37
Seção	Artigos
Editor	Norberto Morales
Comentários do Autor	Os três nomes de possíveis avaliadores deste artigo são: Prof. Reinaldo Antonio Petta, Endereço: Caixa Postal 1524 - Campus Universitário - Departamento de Geologia - Lagoa Nova CEP 59078-900 Natal-RN - Brasil, email: petta@ccet.ufrn.br Prof. Venerando Eustáquio Amaro, Endereço: Caixa Postal 1524 - Campus Universitário - Departamento de Geologia - Lagoa Nova CEP 59078-900 Natal-RN - Brasil, email: venerando.amaro@gmail.com Prof. Alexandre Magno Rocha da Rocha, Endereço: Avenida Salgado Filho, 1559 - IFRN Campus Natal Central - Lagoa Nova CEP 59015-000 Natal-RN - Brasil, email: alexandre.geoquimica@gmail.com