

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA  
ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA

---

**CAMILA RIBEIRO DO NASCIMENTO**

**UTILIZAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS PARA AUXILIAR NO MAPEAMENTO  
DOS INCIDENTES COM TUBARÕES EM PERNAMBUCO**



RECIFE

2018

**CAMILA RIBEIRO DO NASCIMENTO**

**UTILIZAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS PARA AUXILIAR NO MAPEAMENTO  
DOS INCIDENTES COM TUBARÕES EM PERNAMBUCO**

Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito básico para obtenção do grau de bacharel (a) em Engenharia Cartográfica.

**Orientadora:** Profa. Dra. Ana Lúcia Bezerra  
Candeias.

RECIFE

2018

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

N244u	<p>Nascimento, Camila Ribeiro do.</p> <p>Utilização das geotecnologias para auxiliar no mapeamento dos incidentes com tubarões em Pernambuco / Camila Ribeiro do Nascimento. – 2018.</p> <p>65 folhas, il., gráfs., tabs.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Ana Lúcia Bezerra Candeias.</p> <p>TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, 2018.</p> <p>Inclui Referências.</p> <p>1. Engenharia Cartográfica. 2. Ataques de tubarões. 3. Pernambuco. 4. Geotecnologias. 5. <i>Landsat</i> 8. 6. Batimetria. 7. Imagens de Satélite. I. Candeias, Ana Lúcia Bezerra. (Orientadora). II. Título.</p> <p>UFPE</p> <p>526.1 CDD (22. ed.)</p> <p>BCTG/2018-288</p>
-------	--

**CAMILA RIBEIRO DO NASCIMENTO**

**UTILIZAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS PARA AUXILIAR NO MAPEAMENTO  
DOS INCIDENTES COM TUBARÕES EM PERNAMBUCO**

Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito básico para obtenção do grau de bacharel (a) em Engenharia Cartográfica, defendida no Departamento de Engenharia Cartográfica, em 03 de junho de 2018.

Aprovado em: 03 de junho de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Lúcia Bezerra Candeias**

Universidade Federal de Pernambuco (Orientadora)

---

**Prof. Dr. João Rodrigues Tavares Junior**

Universidade Federal de Pernambuco

---

**MSc. Rafael Costa Cavalcanti**

Companhia Pernambucana de Saneamento

Recife

2018



Dedico aos meus pais, Pedro e Maria Salete  
minha base e meus maiores incentivadores.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por ter me guiado em toda a trajetória acadêmica, minha eterna gratidão, sem Ele nada seria.

Aos meus pais, Salete e Pedro, pela dedicação e amor, e por me mostrar sempre que a melhor forma de se conquistar e alcançar os objetivos são por meio da educação, dedicação, amor, respeito e honestidade. E principalmente pelo apoio e força em cada fase, em que serei eternamente grata. Amo vocês.

Ao gordo escroto, também conhecido como irmão, Geovani, que diante dos estresses sempre me deu força para essa caminhada. Amo você.

Às minhas queridas e amadas cachorras, Melissa Cadore, Pimenta e Reginalda, por muitas vezes terem me consolado e acalmado nos momentos difíceis, e por sempre serem leais e amorosas. Amo vocês, minhas princesas.

À minha Tia Lila e à minha Avó Luzia por me colocar em suas orações e sempre estando de braços abertos para ajudar em qualquer circunstância. Amo vocês.

À minha orientadora, Profa. Dra. Ana Lúcia Candeias, que me deu a oportunidade de desenvolver a monografia e projeto de iniciação científica em conjunto, por todo conhecimento passado, paciência, encorajamento e todos os seus conselhos, e por se tornado um exemplo a ser seguido. Meu muito obrigada!

À minha orientadora de estágio, Profa. Dra. Andréa de Seixas, por despertar e incentivar ao gosto pela pesquisa e o trabalho de campo. Muito obrigada!

A todos os professores do departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE por tudo que me ensinaram. Em especial meu profundo agradecimento ao Prof. Dr. Silvio Gárnes, Prof. Dr. Carlos Alberto Schuler, Profa. Dra. Lucilene Antunes e Profa. Dra. Simone Sato por todo apoio que me deram na graduação e pelos conselhos que me ajudaram a seguir adiante.

Aos melhores chefes que uma pessoa pode ter, Prof. Dr. Luiz Portugal, chefe do LATECGEO, Roberto Quirino e Ana Carolina Schuler, supervisores de estágio do INCRA, por mostrarem o verdadeiro significado de como ser um líder. Meu muito obrigada!

À Judite, uma avó que o Departamento de Engenharia Cartográfica e Deus me brindaram, sempre cuidadosa, atenciosa e preocupada, minha gratidão!

Aos meus amigos irmãos, Tácito Richarles e Fabio Vinicius, pelos incentivos, apoio desde o início de preparação de nossas carreiras profissionais, se tornando amigos e confidentes que vou levar para minha vida toda. Foram realmente companheiros nos

momentos fáceis e difíceis, nos alegres e tristes, tendo sempre palavras confortantes e doces, mas também, quando necessário, palavras duras, porém, amigas. Amo vocês.

Às minhas amigas, que por um capricho da vida se tornaram importante na minha vida pessoal e acadêmica, compartilhando conhecimentos, alegrias, tristezas, desespero e muitas gordices. Minhas BRL: Maria Luciana, Renata Miranda, Nathalia Rose, Pricila Alves e Raquel Vila Nova, cada momento leve com vocês foi insubstituível. Amo muito todas!

Aos meus amigos, André Victor, Ronald Barcelos, Anderson Fillipe, Jefferson Alves e Wesley Christian, sem dúvidas a caminhada foi mais leve ao lado de vocês. Amo todos.

As minhas meninas pesadas, Laisa Barreto, minha parceira de estágios, Vanessa Moraes, Juarez Antônio Junior, Emylle Lira e Carlos Fabricio, além de dividir conhecimento, os pesos sem vocês não teriam graça alguma. Curte peso não? Fora, fora, fora! Por que SPS é isso! Amo vocês!

Aos meus amigos que o DECART me deu: Dannyelle Lima, Luan Pericles, Rafael Lima, Carla Barbosa, Fernando Lourenço, Rony Viana, Reinelo Kavetskei, Carla Marques.

À minha banca, por ter aceitado avaliar e contribuir com este trabalho, Prof. Dr. João Rodrigues e ao Msc. Rafael Costa Cavalcanti, Engenheiro Cartógrafo, da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

E finalmente, a todos que por lapso de memória não tenha mencionado, mas, que eu sei, estão cientes da importância na minha trajetória profissional, não seria possível sem o apoio de todos.

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso empenhou-se em apresentar, por meio do uso das geotecnologias, a representação morfológica marinha próxima a costa para que venha se tornar uma ferramenta de gerenciamento costeiro relacionados aos incidentes de tubarão ocorridos no Estado de Pernambuco. Assim, a proposta apresentada é analisar dados batimétricos e imagens de satélites para reconhecimento do relevo submerso. Desta maneira a batimetria, foi empregada para criação de um MDS e as imagens de satélites, aplicando técnicas de Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens, foi gerado formas para detecção da superfície submersa de águas rasas. A área de estudo foi delimitada onde ocorreram ataques de tubarão, entre o município do Cabo de Santo Agostinho a Goiana, mas tendo como enfoque principal a representação do canal adjacente a costa que se estende entre as praias de Piedade, Jaboatão dos Guararapes, e Boa Viagem, Recife. Onde esse canal é classificado como uma das principais causas dos incidentes ocorridos na área, por ser próximo da praia e ter uma certa profundidade, eventualmente pode ocorrer um ataque, por ter áreas relativamente profundas próxima a faixa de areia. O MDS gerado da superfície submersa, por meio da utilização do interpolador IDW, passou por uma análise geoestatística, utilizando a validação cruzada e as análises de critérios definidos pelo Decreto Lei nº 89.817/84, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional para os dados extraídos da Carta Náutica numa escala de 1:250.000, classificada como Classe A. A análise dos índices físicos indicou que não foram ferramentas adequadas para representação do canal. A Filtragem utilizada na imagem do OLI (*Landsat* 8), utilizando filtro direcionais de borda, na direção W, mostra de uma maneira bem sucinta a representação do canal paralelo a costa.

**Palavras-chave:** Ataques de tubarões. Pernambuco. Geotecnologias. *Landsat* 8. Batimetria. Imagens de satélite.

## **ABSTRACT**

This is a conclusion-of-course work aimed at presenting, through the use of geotechnologies, a marine morphological representation near the coast so that it becomes a management tool responsible for the incidents of shark occurred in the State of Pernambuco. Thus, a presentation is made on bathymetric data and satellite images for the recognition of submerged relief. In this way a bathymetry was used to create an MDS and as satellite images, applying techniques of Remote Sensing and Image Processing, being this way of detection of the submerged surface of shallow water. A study area was delimited where the shark attacks, between the municipality of Cabo de Santo Agostinho and Goiana, but with a main representation of the channel adjacent to a beach that stretches between the beaches of Piedade, Jaboatao dos Guararapes, and Boa Viagem , Recife. "The channel is classified as one of the main responsible for the incidents occurred in the area, because it is close to the beach and to have a certain depth, by the alert can occur an attack, by areas as deep near a strip of sand." The MDS is a by-product of the application of the IDW interpolator, and is used as a cross-analysis and consumption analyzes by Decree Law No. 89.817 / 84, which establish as Regulators of the Technical Standards of Cartography of 1: 250,000, classification as A. An analysis of health data indicated that they were not tools to represent the channel. Filtration in the OLI image (Landsat 8), carries a directional barrier, in the W direction, shows in a successful way the representation of the parallel channel to coast.

**Keywords:** Attacks Sharks. Pernambuco. Geotechnology. Landsat 8. Bathymetry. Satellite Images.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa dos incidentes com Tubarão em Pernambuco até junho de 2018.....	19
Figura 2- Esquema Ecobatímetro Multifeixe .....	20
Figura 3- Etapas do processo de transformação do espaço RGB para IHS para procedimento da fusão.....	23
Figura 4- Máscaras de filtros lineares de borda.....	26
Figura 5- Canal utilizado pelos tubarões, mostrando um deslocamento com forte indício de controle estrutural. ....	27
Figura 6- Localização da área de estudo. ....	28
Figura 7- Fluxograma 1 que define as etapas do desenvolvimento do trabalho para segmento para o Geoprocessamento.....	29
Figura 8- Fluxograma 1 que define as etapas do desenvolvimento do trabalho para segmento para o Processamento de Imagens .....	29
Figura 9- Carta Náutica Proximidades do Porto do Recife. ....	31
Figura 10- Mapa de Localização dos pontos batimétricos vetorizadas .....	32
Figura 11- Recorte da Imagem do Sensor OLI (Landsat 8), composição 4R3G2B. Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina.....	36
Figura 12- Recorte da Imagem Fusionada do Sensor OLI (Landsat 8), composição 4R3G2B. Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina .....	37
Figura 13- Comparação da Imagem antes e depois da fusão para observação dos detalhes melhorados. ....	38
Figura 14- Resultado do índice físico NDVI. Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina. ....	40
Figura 15- Resultado do índice físico NDWI. Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina. ....	41
Figura 16- Resultado do índice físico NDBI. Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina. ....	42
Figura 17- Composição coloridas com combinações com os índices NDBI(R)NDWI(B)NDVI(B). Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina. ....	43
Figura 18- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção E, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina. ....	44

Figura 19 - Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção N, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina. ....	45
Figura 20- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção NE, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina. ....	46
Figura 21- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção NW, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina. ....	47
Figura 22- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção S, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina. ....	48
Figura 23- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção SE, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina. ....	49
Figura 24- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção SW, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina. ....	50
Figura 25- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção W, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina. ....	51
Figura 26- Detalhe da Validação Cruzada pelo Método do IDW .....	53
Figura 27 - Interpolação pelo Método IDW. ....	55
Figura 28- Representação em perspectiva da área interpolada pelo Método IDW .....	55
Figura 29- Localização dos Perfis Batimétricos transversais, construídos a partir do Modelo Digital do Relevo Submerso.....	56
Figura 30- Perfis transversais construídos a partir da superfície gerada. Perfis AA` do Recife Antigo; BB` da Praia do Pina, CC`, DD` e EE` da Praia de Boa Viagem; FF` da Praia de Piedade e GG` da Praia de Candeias. ....	57
Figura 31- Efeito do filtro direcionais de borda, onde foi sobreposto as curvas de nível de - 5m, que identificam a localização do canal. ....	59

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Critérios do PEC .....	34
Tabela 2- Análise dos Erros do Interpolador Inverso da Distâncias ao Quadrados .....	54
Tabela 3- Padrão de Exatidão Cartográfica para a carta náutica de 1:250.000 .....	54



## LISTA DE SIGLAS

CEMIT	Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarão
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
E	East
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IHO	International Hydrographic Organization
IHS	Intensity, Hue and Saturation
InSAR	Interferometric Synthetic Aperture Radar
ISAF	International Shark Attack File
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
LEPLAC	Limite Exterior da Plataforma Continental Brasileira
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital do Terreno
N	North
NDBI	Normalized Difference Built-up Index
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NDWI	Normalized Difference Water Index
NE	Northeast
NW	Northwest
OLI	Operational Land Imager
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfico
RGB	Red, Green and Blue
RMR	Região Metropolitana do Recife
S	South
SAR	Synthetic Aperture Radar
SE	Southeast
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SW	Southwest
TIN	Triangular Irregular Network
USGS	United States Geological Survey
W	West

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO .....	16
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
3.1	ATAQUES DE TUBARÃO EM PERNAMBUCO .....	17
3.2	BATIMETRIA .....	20
3.3	INTERPOLAÇÃO .....	21
<b>3.3.1</b>	<b>Método IDW - Inverso do Quadrado das Distâncias .....</b>	<b>21</b>
3.4	MDS SRTM .....	22
3.5	TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS .....	22
<b>3.5.1</b>	<b>Fusão de Imagens pelo Método IHS .....</b>	<b>23</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Índices Físicos – NDVI, NDWI e NDBI.....</b>	<b>23</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Filtragem .....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>28</b>
4.1	ÁREA DE ESTUDO .....	28
4.2	MATERIAL .....	28
4.3	MÉTODOS.....	29
<b>4.3.1</b>	<b>Coleta de Dados .....</b>	<b>29</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Desenvolvimento do Trabalho.....</b>	<b>30</b>
4.3.2.1	Geoprocessamento .....	30
4.3.2.2	Validação Cruzada .....	33
4.3.2.3	Processamento de Imagens.....	34
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Incidentes com tubarões ocorrem em todo o mundo, porém é no Estado de Pernambuco que se tem mais da metade dos ataques de tubarão ocorridos na costa brasileira. Já foram registrados 65 ataques em um período de 25 anos, o primeiro caso ocorreu em 1992, oficialmente registrado. Os municípios que registraram uma quantidade maior de ataques de tubarão (95,39%) estão posicionados geograficamente alinhados na Região Metropolitana do Recife, são eles: Recife, Jaboatão dos Guararapes, Olinda e Cabo de Santo Agostinho. (CEMIT, 2018).

A concentração de ataques de tubarão em uma dada região pode estar relacionada com vários motivos que são investigados por áreas especializadas no comportamento e habitat do animal, além de outros fatores ambientais correlacionados. Segundo Hazin *et. al.* (2008) uma das possíveis causas, e a mais forte, está na construção e intensidade das atividades do complexo portuário de Suape, localizada ao sul da Região Metropolitana do Recife, distrito entre Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, isso ocorre pela alteração do ecossistema estuarino e marinho do local, de modo a atrair mais tubarões até a costa.

E para que seja aplicada medidas, conhecer as áreas onde mais ocorre ataques, nos meus detalhes, é uma ferramenta fundamental. Por esse motivo desenvolver tecnologias e geotecnologias para auxiliar no desenvolvimento investigativo no campo ambiental marinho se tornou algo essencial no estudo dos casos. A utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG), Cartografia, Sensoriamento Remoto, Geodésia, Topografia, Fotogrametria e todas as ciências que englobam a geotecnologias podem contribuir para desenvolvimento de um mapeamento cartográfico.

A existências de técnicas e equipamentos mais desenvolvidos na área da topografia marítima, como uso de radares, imagens de satélites com alta resolução, traria resultados bem mais expressivos. Mas a grande problemática é o grande investimento nesses recursos. Por esse motivo o uso de ferramentas disponíveis e gratuitas foram utilizadas nesse trabalho. Utilizando imagens de satélites do sensor OLI (*Landsat 8*), que possui uma resolução espacial de 30 metros, Modelo Digital de Elevação da Missão SRTM, com resolução de 90 metros e refinado, pelo Projeto Topodata, para 30 metros de resolução E o uso da Carta Náutica com escala de 1:25.000, disponibilizada pela Marinha do Brasil.

Neste contexto, este trabalho de conclusão de curso irá abordar sobre técnicas de processamento de imagens, geoprocessamento e um estudo metodológico para identificação e modelagem do relevo submerso utilizando imagens de satélites e dados batimétricos e uma representação mais detalhada dos ataques de tubarão.

## 2 OBJETIVOS

Apresentam-se aqui os objetivos desta pesquisa, divididos em objetivo geral e objetivos específicos, abaixo descritos.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo sobre o relevo submerso, através de análises e desenvolvimento de metodologia para representação de um Modelo Digital da Superfície (MDS) abaixo da massa d'água utilizando técnicas de processamento de imagens e geoprocessamento para auxiliar nos casos de ataques de tubarão e áreas de risco na Região Metropolitana do Recife (RMR) e no Estado.

### 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Gerar um mapa identificando os ataques de tubarão no Estado de Pernambuco;
- Gerar um modelo digital para representar o terreno utilizando dados batimétricos com a utilização das Cartas Náuticas
- Desenvolver uma metodologia para identificação do terreno submerso em águas rasas, com a utilização de imagens de baixa resolução, Sensor OLI (*Landsat 8*).
- Integrar o processamento de imagens com dados batimétricos para auxiliar no mapeamento dos incidentes de tubarão.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão expostos os conceitos e as definições que fornecem o embasamento teórico deste trabalho, como os conceitos básicos de batimetria, interpoladores, Modelo Digital de Terreno, técnicas de processamento de imagens. E uma breve explanação sobre os ataques de tubarão no Estado.

#### 3.1 ATAQUES DE TUBARÃO EM PERNAMBUCO

Pernambuco é um estado brasileiro localizado no centro leste da Região Nordeste com uma área de 98.311km<sup>2</sup> e tem a sua costa banhada pelo Oceano Atlântico. Além disso o arquipélago de Fernando de Noronha, a 545 km da costa, faz parte do território pernambucano. Possui uma população de 8.796.032 habitantes distribuídos em 185 municípios e tem a cidade de Recife como a sua capital. Com seus limites ao norte com o Estado da Paraíba iniciando seu litoral no Município de Goiana com coordenadas conhecidas - 7°33'50,06253'' (Latitude) e -34°50'06,405'' (Longitude) e finaliza ao Sul no município de São José da Coroa Grande com coordenadas conhecidas de - 8°48'33,245''(Latitude) e - 35°07'17,210'' (Longitude) divisa como o Estado de Alagoas (Governo do Estado de Pernambuco, 2018).

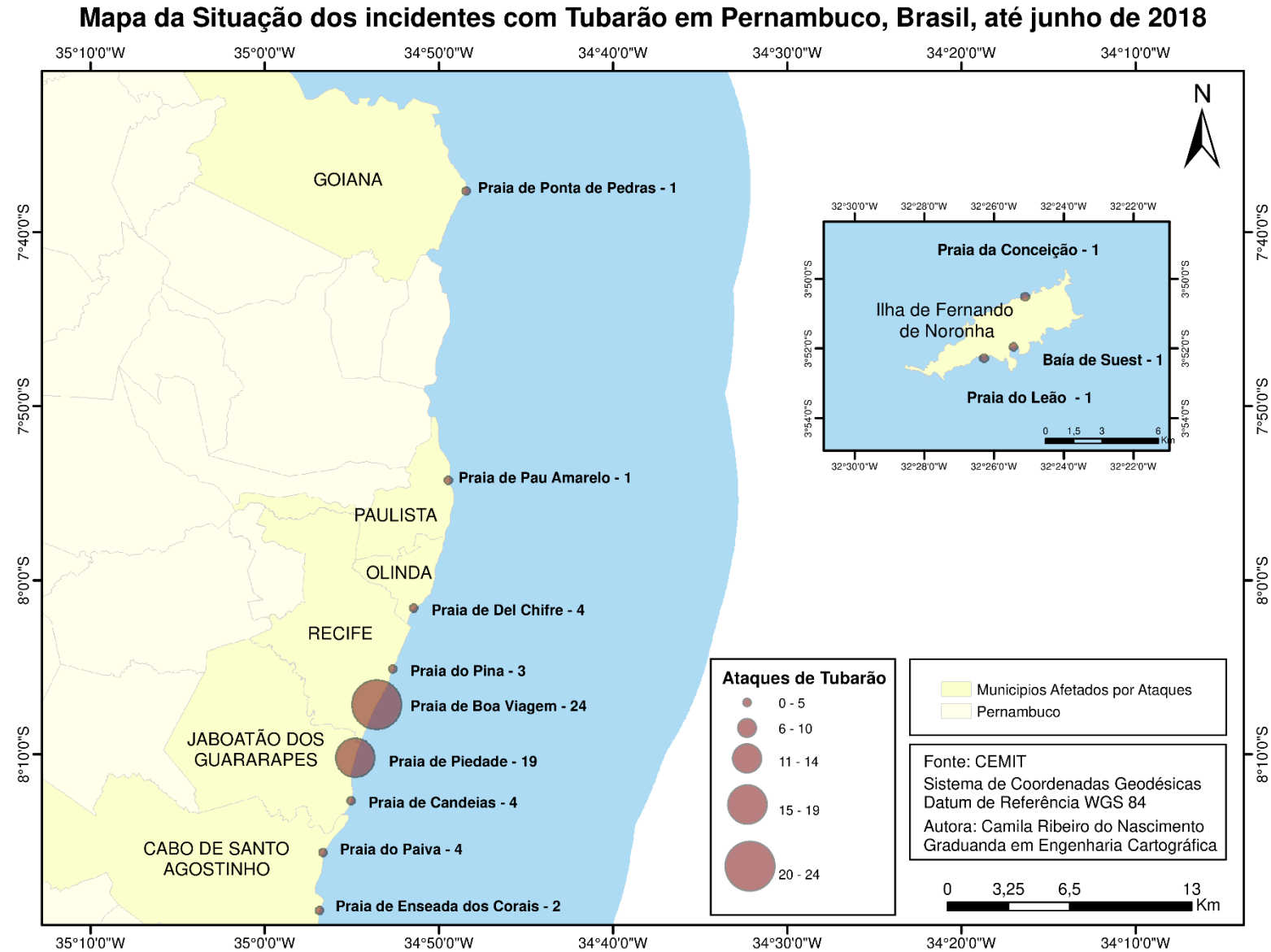
A zona costeira pernambucana possui um faixa de 187 km abrangendo cerca de 13 municípios: Goiana, Itamaracá, Igarassu, Paulista, Olinda, Recife, Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca, Sirinhaém, Tamandaré, Barreiros e São José da Coroa Grande. (Decreto nº 42.010/2015). E na extensão costeira entre algumas praias do Cabo de Santo Agostinho a praias de Paulista é comum encontrarmos placas com avisos do perigo de ataques de tubarão.

Ataques de tubarões a seres humanos são relativamente raros, quando se comparado a fatalidades ocasionadas a ataques de cachorros, ursos, jacarés e até mesmo em quedas em buracos (ISAF, 2018). Mesmo assim a incidência de ataques em vários países vem causando preocupações principalmente porque são locais com grande movimentação turística, devido a segurança pública e de suas consequências econômicas e sociais. (Hazin, *et. al.*, 2000).

A Região Metropolitana de Recife, apresenta uma elevada taxa anormal de ataques de tubarão, com 65 incidentes, dos quais 25 foram fatais e ocorrem dentro de um trecho de 20 km da costa entre 1992 e 2018, conforme apresentado na figura 1. (CEMIT, 2018).

E segundo Hazin et. al. (2000) as principais causas para o aumento de ataques de tubarão em Pernambuco seria a presença de pesca de arrasto de camarão; a topografia submarina da região, caracterizada por um canal adjacente à praia; mudanças climáticas que têm influenciado os ventos; e, por fim, o principal fator: a construção do Porto de Suape ao sul de Recife, causando um grave impacto ambiental e um acentuado aumento no tráfego marítimo.

Figura 1- Mapa dos incidentes com Tubarão em Pernambuco até junho de 2018.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.



### 3.2 BATIMETRIA

Os dados batimétricos são dispostos e fornecidos por meio de cartas náuticas, que são os resultados de levantamentos das massas d'água navegável e que se destinam a servir de base à navegação. No Brasil a elaboração e revisão das cartas náuticas, são de competência da Marinha do Brasil, através do DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). Também é de responsabilidade da Marinha do Brasil determinar normas técnicas seguindo os padrões internacionais de qualidade estabelecidos pela IHO (*International Hydrographic Organization*) um organismo intergovernamental, extremamente de caráter consultivo, não tendo alguma autoridade sobre os serviços hidrográficos desempenhados pelos seus estados e membros, fundada em 1921, possui 19 Membros e 80 Estados, incluindo o Brasil. (Marinha do Brasil, 2018).

Segundo Frazão (2016) os levantamentos batimétricos têm como objetivo a realização de medições de profundidades que são associadas a uma posição de uma embarcação na superfície da água, que são necessárias em áreas marítimas, fluviais, lagoas lagunas e em canais naturais ou artificiais, navegáveis ou não, visando à representação destas áreas em uma carta, que é expressa por curvas batimétricas que unem pontos de mesma profundidade com equidistâncias verticais ou por simplesmente pontos cotados.

Atualmente a Marinha do Brasil utiliza os ecobatímetros de multifeixe, que é o principal equipamento usado nas medições de profundidades sob a água. Segundo Ferreira (2013) o ecobatímetro é um instrumento que através de pulsos mecânicos longitudinais permite a medição da profundidade. Seu funcionamento atua por varredura, cobrindo uma determinada área. Este equipamento permite que o fundo do mar seja levantado com mais detalhes, conforme ilustrado na figura 2.

Figura 2- Esquema Ecobatímetro Multifeixe



Fonte: Adaptado de Ferreira (2012).

### 3.3 INTERPOLAÇÃO

Segundo Ferreira (2013) o produto final de um levantamento batimétrico multifeixe é uma malha de pontos tridimensionais, que não é suficiente para gerar diretamente uma superfície submersa. Para solução dessa problemática para a representação morfológica da área é necessário aplicar técnicas de interpolação, de modo que serão estimados os valores dos locais não amostrados.

Conforme Miranda (2005), para realizar uma interpolação precisa-se definir um relacionamento harmonioso entre a vizinhança e o método que será utilizado, pois se trata de uma relação de dependência para assim através de cálculos determinar os valores desconhecidos. Dentre os interpoladores mais utilizados para obter o Modelo Digital de Superfície estão: o *Inverse Distance Weight* – IDW, *Natural Neighbor*, *Spline*, Triangulação – TIN, *Kriging* e o *Topo to Raster*. No presente trabalho o método IDW, foi o que mais se adequou aos dados, será abordado no próximo tópico. Os outros interpoladores não serão expostos, pois não é o intuito do trabalho fazer a análise e comparação entre os interpoladores.

#### 3.3.1 Método IDW - Inverso do Quadrado das Distâncias

De acordo com Silva *et. al.* (2007) IDW é um método que pode ser classificado tanto como um interpolador exato como suavizante, faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, tal que a influência de cada ponto é inversamente proporcional à distância do nó da malha. O fator peso pode ser pré-determinado pelo usuário, sendo que quanto maior o valor escolhido, menor será a influência dos pontos mais distantes do nó. Inversamente, quanto menor for o peso, maior o efeito de pontos distantes sobre toda a malha. Assim os pontos mais distantes contribuíram com pesos menores para o valor final que os pontos mais próximos.

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (1)$$

Onde:

- $Z(x)$  - é o valor do ponto que se deseja interpolar;
- $n$  – é a quantidade de pontos próximos observados utilizados na interpolação do ponto  $x$ ;

- $Z(x_i)$  – é o valor do ponto  $x_i$ ;
- $\omega_i$  – é o peso do valor de  $x_i$  sobre o ponto  $x$ ;

E o parâmetro  $\omega_i$  é obtido por:

$$\omega_i = \frac{1}{h(x, x_i)^p} \quad (2)$$

Onde:

- $h(x, x_i)$  – é a distância entre o ponto  $x$  e o ponto  $x_i$ ;
- $p$  – é o parâmetro de potência, geralmente igual a dois.

### 3.4 MDS SRTM

Segundo Cunha (2009) e Penha e Silva (2012) o projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) é o projeto internacional realizado pela parceria entre a NASA e a NIMA (*National Imagens and Mapping Agency*) do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América do Norte e das agências espaciais da Itália e da Alemanha. Para a realização da missão foi utilizado a tecnologia no ano de 2000, quando um ônibus espacial levou em seu compartimento um sensor imageador ativo denominado radar de abertura sintética (SAR) com auxílio da técnica de interferometria (InSAR) operando nas bandas X ( $\lambda = 3,1$  cm) e C ( $\lambda = 5,6$  cm).

Conforme Carvalho et. al (2006), os produtos do SRTM são constituídos por conjuntos de imagens de radar, onde os seus sensores possuem visada vertical e lateral, que consegue determinar a altitude do lugar. Assim pode ter uma aplicabilidade ligada na geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE).

Os dados topográficos da missão SRTM permitem visualizar o espaço geográfico em três dimensões e com o uso do SIG obter de forma automática, variáveis morfométricas (altitude, declividade, orientação das vertentes) que são essenciais em estudos geomorfológicos.

A missão SRTM nos proporciona, com o uso de ferramentas de SIG, obter de forma automática dados como altitude, declividade, orientação de vertentes, de modo que possibilite a visualização do espaço geográfico em três dimensões, que são essenciais em estudos geomorfológicos (Cunha, 2009).

### 3.5 TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Conforme afirma Nascimento (2017) as técnicas utilizadas no processamento digital de imagens disponham-se a realçá-las de forma que haja uma transformação dos

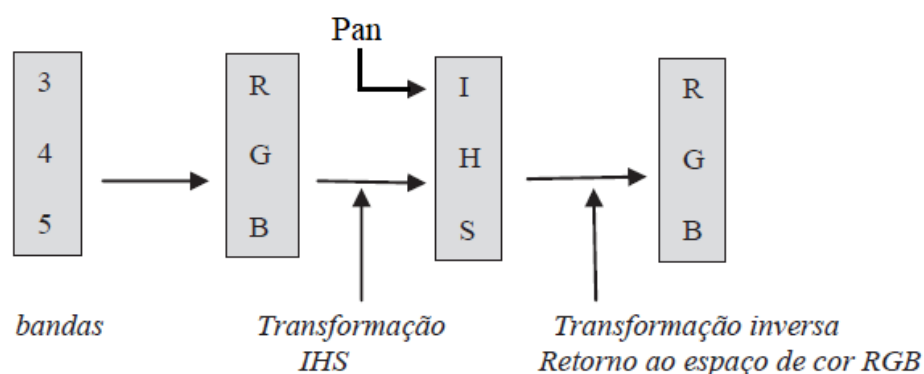
dados em função do valor individual de cada pixel. Há também processos que reduzem ou evidenciam as informações contidas numa imagem por meio de equações de uma vizinhança, considerando um certo espaço geométrico da imagem.

### 3.5.1 Fusão de Imagens pelo Método IHS

Segundo Meneses (2012) o método IHS é baseado em parâmetros de percepção de cor pelo ser humano, definido em termos de intensidade (brilho de uma cor), matiz (cor dominante: vermelho, verde, azul, etc.) e saturação (pureza da cor). Cores vivas possuem alta saturação, cores pálidas baixa saturação. Fundamentalmente, a transformação IHS permite a separação da informação espacial como componente intensidade da informação espectral contida nos componentes saturação e matiz de uma imagem colorida.

A fusão de imagens é uma técnica que, após a composição de uma imagem multiespectral no espaço de cor RGB, segue a transformação para o espaço IHS. Em seguida os componentes de H e S são preservados e substitui o atributo I pela imagem pancromática de alta resolução espacial, realizando o processo inverso do espaço IHS para o espaço RGB. (Meneses, 2012), de acordo com o esquema apresentado na figura 3.

Figura 3- Etapas do processo de transformação do espaço RGB para IHS para procedimento da fusão



Fonte: Adaptado de Meneses 2012.

### 3.5.2 Índices Físicos – NDVI, NDWI e NDBI

Segundo França *et. al.* (2012) os índices NDVI, NDWI e NDBI são medidas radiométricas que são utilizadas para identificar nas imagens e determinar os tipos de informações, tais como rochas, cobertura vegetal, áreas inundadas, entre outros.

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é obtido por meio de combinações das bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, está relacionado à absorção da radiação na região espectral do vermelho pelas clorofilas presentes nas células vegetais e ao espalhamento ou reflectância pelas folhas da radiação na região do infravermelho próximo, por esse motivo é um índice que melhor destaca a vegetação. E segundo Viganó *et. al.* (2011), o NDVI possui um intervalo de -1 a +1, onde os valores negativos representam as nuvens e a água, os próximos de zero representam solo exposto ou superfície não vegetada e para os próximos de 1, mais densa é a vegetação, alto grau de verde da superfície.

$$NDVI = \frac{\rho_v - \rho_{ivp}}{\rho_v + \rho_{ivp}}$$

(3)

Onde,

- $\rho_{ivp}$  = reflectância da banda do infravermelho próximo (reflectância da banda 5);
- $\rho_v$  = reflectância da banda do vermelho (reflectância da banda 4);

O NDWI (*Normalized Difference Water Index*), segundo Leivas *et al.* (2013) é obtido utilizando de combinações das bandas espectrais do infravermelho próximo e infravermelho médio e tem o intuito de delinear feições na água presentes no ambiente e realçar a presença das mesmas na imagem digital obtida por sensoriamento remoto. De uma forma simples o NDWI varia entre -1 e 1, valores negativos indicam uma cobertura vegetal sem presença de água, e os valores positivos apresentam um alto teor de umidade. A fórmula para cálculo é apresentada abaixo.

$$NDWI = \frac{\rho_{ivp} - \rho_{ivm}}{\rho_{ivp} + \rho_{ivm}}$$

(4)

Onde,

- $\rho_{ivp}$  = reflectância da banda do infravermelho próximo (reflectância da banda 5);

- $\rho_{ivm}$  = reflectância da banda do infravermelho médio (reflectância da banda 6);

O NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) é obtido usando da combinação do infravermelho próximo e infravermelho médio e foi desenvolvido para identificar áreas urbanas e construídas resposta espectral das áreas construídas entre as bandas do infravermelho próximo e infravermelho médio. Os valores entre -1 e +1, em que os valores positivos se referem às áreas edificadas.

$$NDBI = \frac{\rho_{ivm} - \rho_{ivp}}{\rho_{ivm} + \rho_{ivp}}$$

(5)

Onde:

- $\rho_{ivm}$  = reflectância da banda do infravermelho médio (reflectância da banda 6);
- $\rho_{ivp}$  = reflectância da banda do infravermelho próximo (reflectância da banda 5);

### 3.5.3 Filtragem

Filtragem são técnicas em que as imagens são transformadas pixel a pixel, e que não dependem apenas do nível de cinza de um determinado pixel, mas também do valor dos níveis de cinza dos pixels vizinhos. E os processos que desempenham no sentido de realçar as bordas ou limites e de reduzir a presença dos ruídos. Os filtros são os métodos de transformação da imagem no domínio espacial (Meneses & Almeida, 2012).

Segundo Meneses e Almeida (2012), O processo de filtragem de uma imagem o mais importante é conhecer as características do filtro para que sua aplicação seja bem empregada e para obter o resultado desejado. A característica de um filtro é determinada pela sua configuração que normalmente segue os seguintes tipos:

- Filtro passa-baixa: filtro que ressalta as estruturas maiores na imagem;
- Filtro passa-alta: filtro que ressalta as estruturas de detalhe na imagem;
- Filtro banda-passante: ressalta parte das maiores e menores estruturas da imagem.

Para o desenvolvimento do trabalho foi empregado o filtro direcional de borda linear que é um tipo de filtro passa-alta. Segundo Meneses e Almeida (2012), o filtro direcional de bordas linear é um tipo de filtro passa-alta que na sua peculiaridade combina uma limiarização de valores de brilho. O filtro realça a cena, segundo direções preferenciais de interesse, definidas pelas máscaras. As imagens com filtro direcionais de bordas aplicado têm as suas bordas evidenciadas. O nome dado às máscaras indica a direção ortogonal preferencial em que será realçado o limite de borda. Assim, a máscara norte realça limites horizontais. A figura 4 mostra exemplos de máscaras dos filtros lineares de borda.

Figura 4- Máscaras de filtros lineares de borda

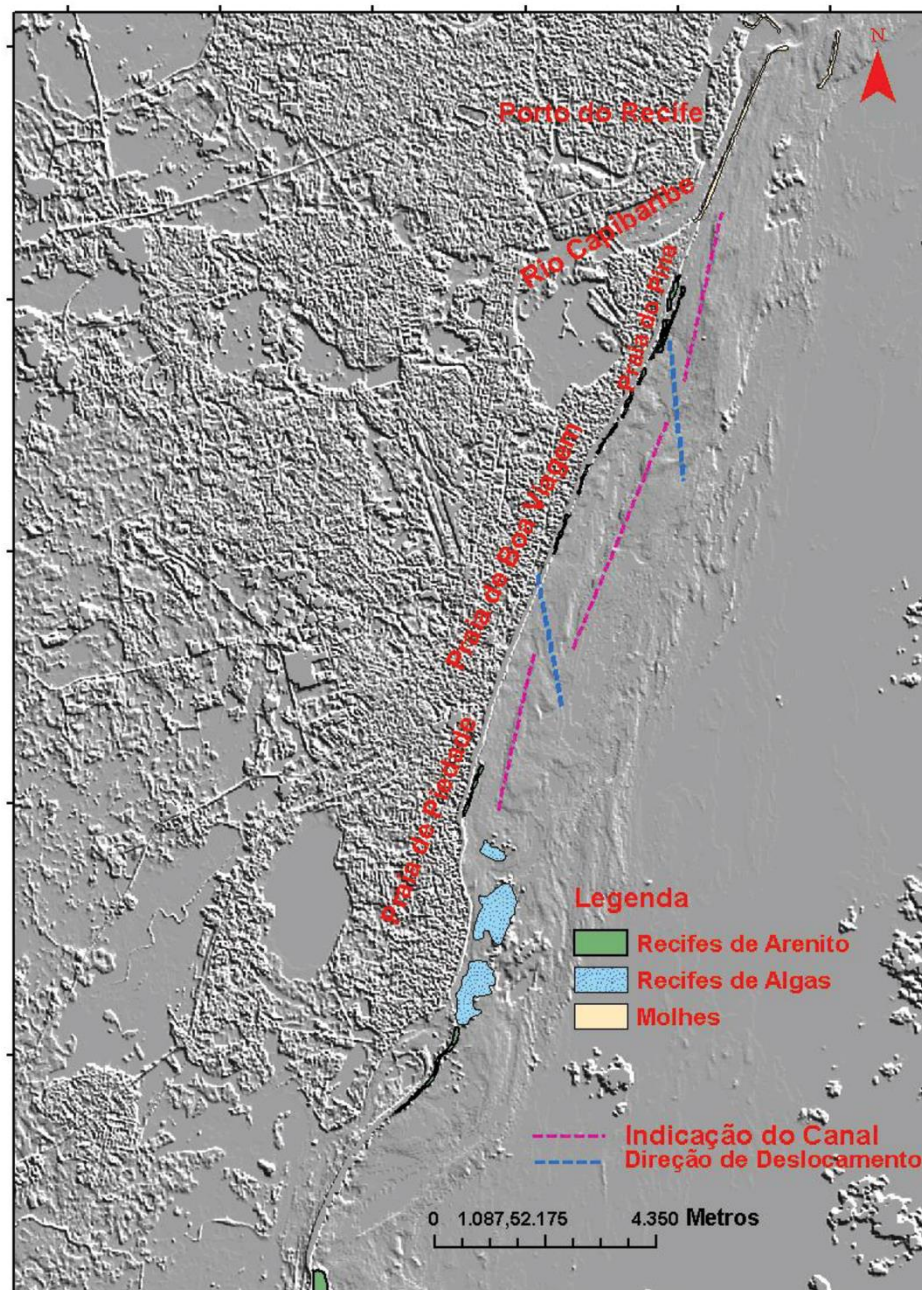
	1	1	1			1	1	1
Norte	1	-2	1		Nordeste	-1	-2	1
	-1	-1	-1			-1	-1	1
	-1	1	1			-1	-1	1
Leste	-1	-2	1		Sudeste	-1	-2	1
	-1	1	1			1	1	1
	-1	-1	-1			1	-1	-1
Sul	1	-2	1		Sudoeste	1	-2	-1
	1	1	1			1	1	1
	1	1	-1			1	1	1
Oeste	1	-2	-1		Noroeste	1	-2	-1
	1	1	-1			1	-1	-1

Fonte: *Software Spring*

Conforme Assis (2007) as análises das imagens de satélites com aplicação da filtragem demonstram com nitidez as características morfológicas do vale submerso. Para isso, a representação do canal foi realizada com a utilização de filtro direcionais de borda na direção nordeste em uma imagem de satélite do sensor TM (*Landsat 5*) do ano de 2000, sem outras especificações. Essa identificação refere-se primordialmente ao canal paralelo a linha da costa, com profundidades variando de 4 a 9 metros, que se

estende desde as praias de Piedade a Boa Viagem, locais estes com mais incidentes com tubarões, na figura 5 é apresentado a indicação do canal.

Figura 5- Canal utilizado pelos tubarões, mostrando um deslocamento com forte indício de controle estrutural.



Fonte: Adaptado de Assis (2007).

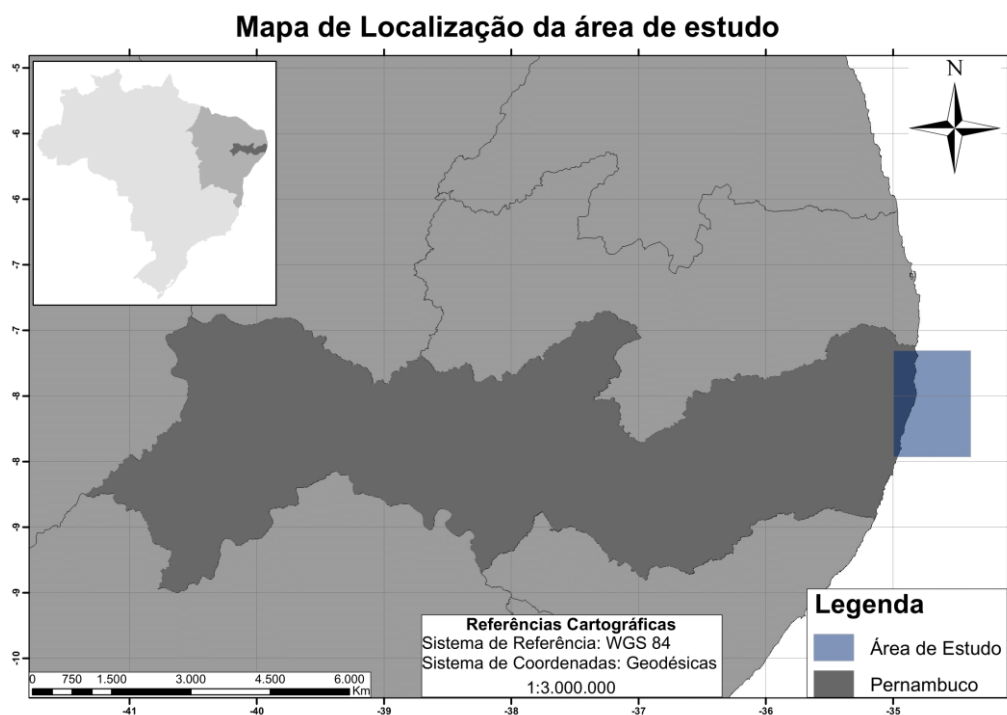


## 4 METODOLOGIA

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, escolhida foi parte do litoral do Estado de Pernambuco, com todos os municípios da Região Metropolitana, em que ocorreram incidente com tubarão, que abrange os municípios de Ipojuca, Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda, Paulista, Igarassu, Ilha de Itamaracá e Goiana, exposta no mapa apresentado na figura 6.

Figura 6- Localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

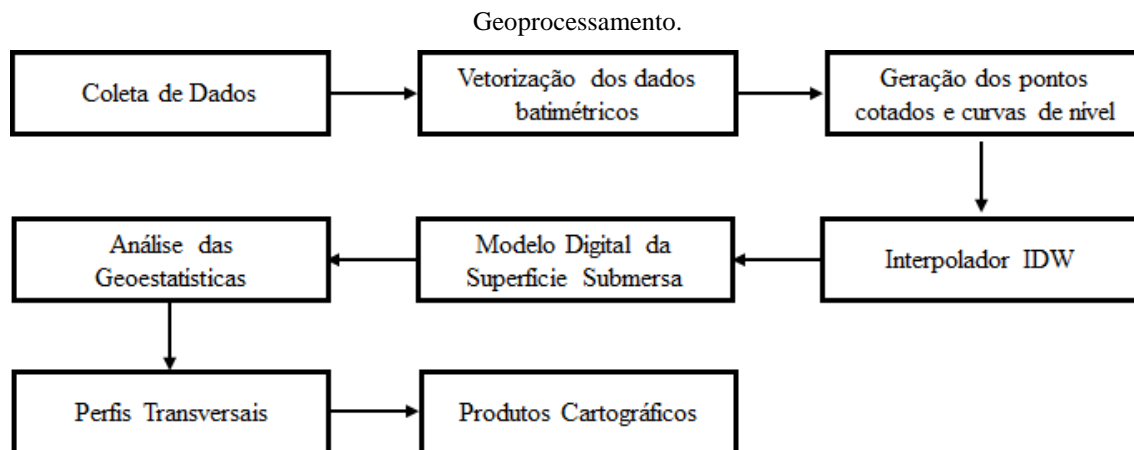
### 4.2 MATERIAL

- *Software* QGIS 2.18.4;
- *Software* Spring 5.4.3;
- *Software* ArcGIS Trial 10.6
- Imagens do *Landsat*, sensor OLI, com data de passagem em 31/05/2015 às 12:28:34, órbita 214/ponto 066;
- MDS SRTM pertencentes às cartas SB-25-Y-C e SC-25-V-A
- Carta Náutica, escala 1:250.000.

### 4.3 MÉTODOS

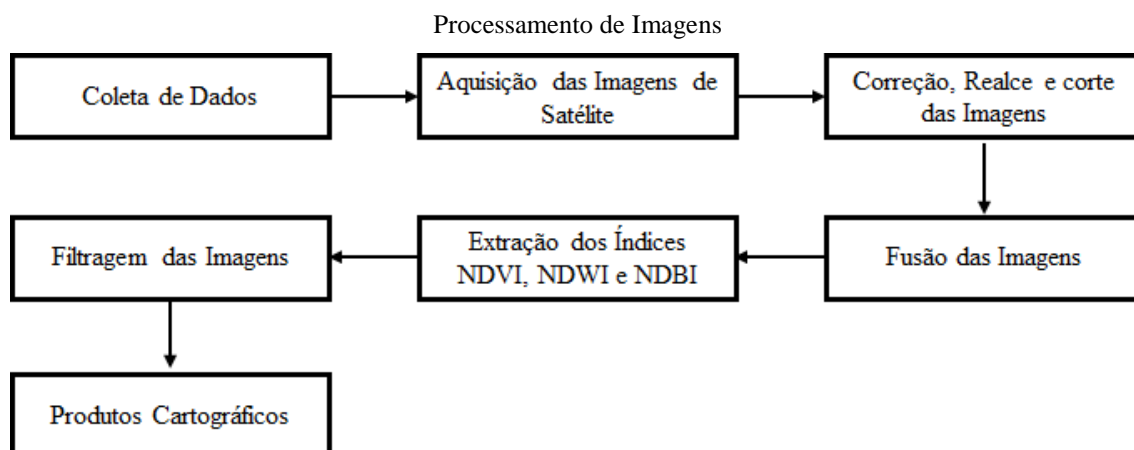
Os processos realizados no trabalho encontram-se de maneira simplificada no fluxograma 1 e 2, figura 7 e 8.

Figura 7- Fluxograma 1 que define as etapas do desenvolvimento do trabalho para segmento para o



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Figura 8- Fluxograma 1 que define as etapas do desenvolvimento do trabalho para segmento para o



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

#### 4.3.1 Coleta de Dados

Para a estruturação do trabalho foi necessário aquisição da base de dados, foram utilizadas as imagens de satélite do *Landsat 8*, o MDS SRTM e as Cartas Náuticas.

As imagens de satélite foram adquiridas no site Earth Explorer do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), disponíveis para *download* gratuitamente, especificamente dos sensores OLI/TIRS do satélite Landsat8. Para a cobertura da área de estudo foram selecionadas as imagens tomadas em 31 de maio de 2015 às 12:28:34,

utilizando as cenas 214/66, com resolução espacial de 30m e uma banda pancromática de 15m.

As imagens pertencem às articulações das folhas da carta do Brasil ao milionésimo e desdobramento SB-25-Y-C e SC-25-V-A de escala 1:250.000, no formato GEOTIFF e com resolução espacial de 90m, no sistema de coordenadas geográficas e Sistema Geodésico de Referência WGS-84 do MDS da missão SRTM, adquiridas no site da EMBRAPA, através da coleção Brasil em Relevo

As Cartas Náuticas, utilizadas para a obtenção dos dados batimétricos, levantados pela Diretoria de Hidrografia e Navegação e adquiridos pelo Plano de Levantamento da Plataforma Continental - LEPLAC, com escala de 1:250.000, publicadas no formato GEOTIFF, no sistema de coordenadas geográficas e Sistema Geodésico de Referência WGS-84.

#### **4.3.2 Desenvolvimento do Trabalho**

As fases do trabalho foram divididas implicitamente em dois grandes segmentos, Processamento de Imagens e Geoprocessamento.

##### **4.3.2.1 Geoprocessamento**

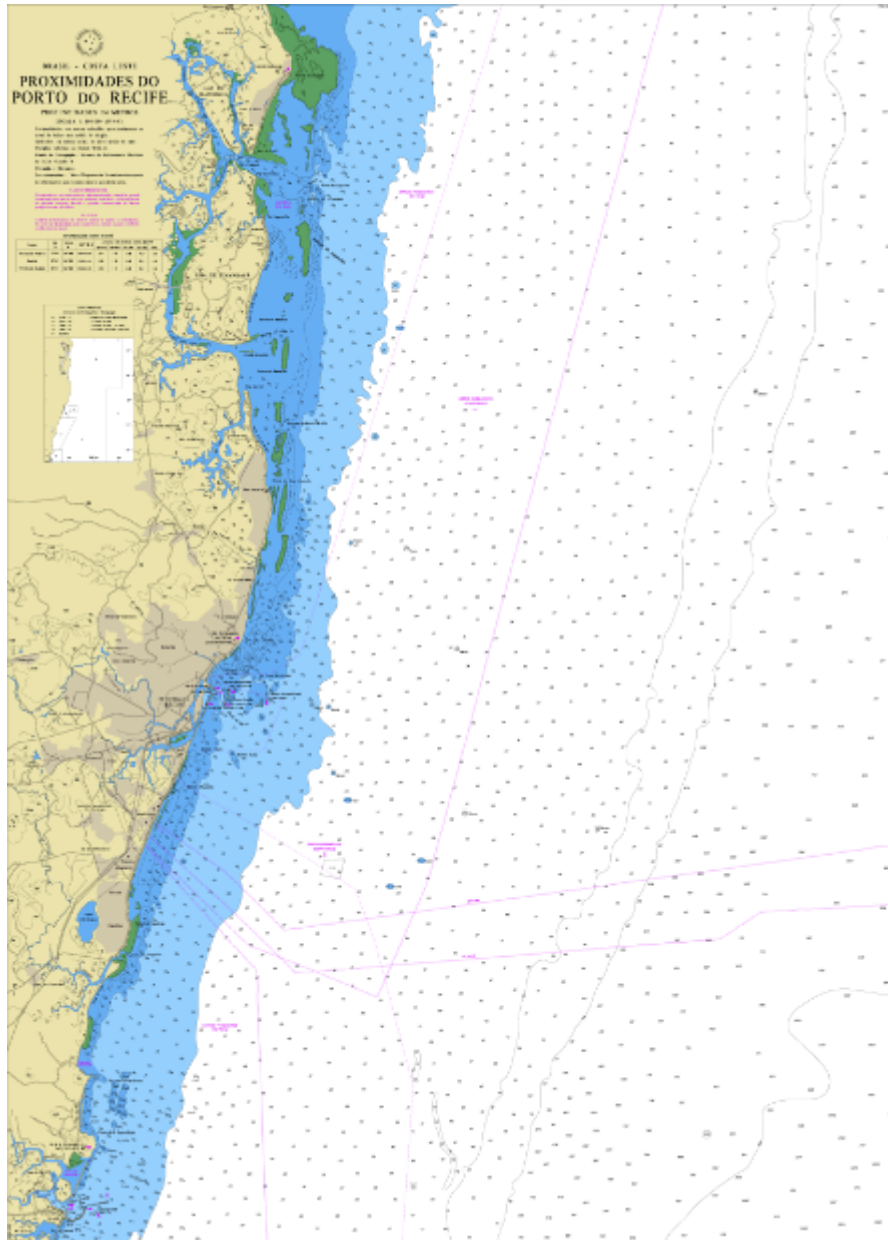
Inicialmente será abordado a etapa de Geoprocessamento. A princípio, os dados foram pré processados para proporcionar a geração e o uso do MDE, que compreendeu: a união dos pontos batimétricos vetorizados, utilizando a carta náutica e uma seleção de pontos extraídos do MDS do SRTM de forma a deixar uma malha de pontos homogênea e gerar um Modelo Digital do Relevo Submerso. Tendo os dados no sistema de coordenadas geográficas e Sistema Geodésico de Referência WGS-84.

Na carta náutica os pontos são regularmente espaçados na faixa marinha, todavia sua distribuição pode apresentar deformações na geometria na geração da superfície principalmente nas proximidades da costa, pela ausência de pontos.

Para inicializar a modelagem do terreno marinho da área de estudo foi necessário a confecção do mapa dos pontos cotados, que foi elaborado através dos dados pré-existentes retirados a partir da vetorização da carta náutica – Carta Proximidades do Porto do Recife – disponibilizada pela diretoria de Hidrografia e

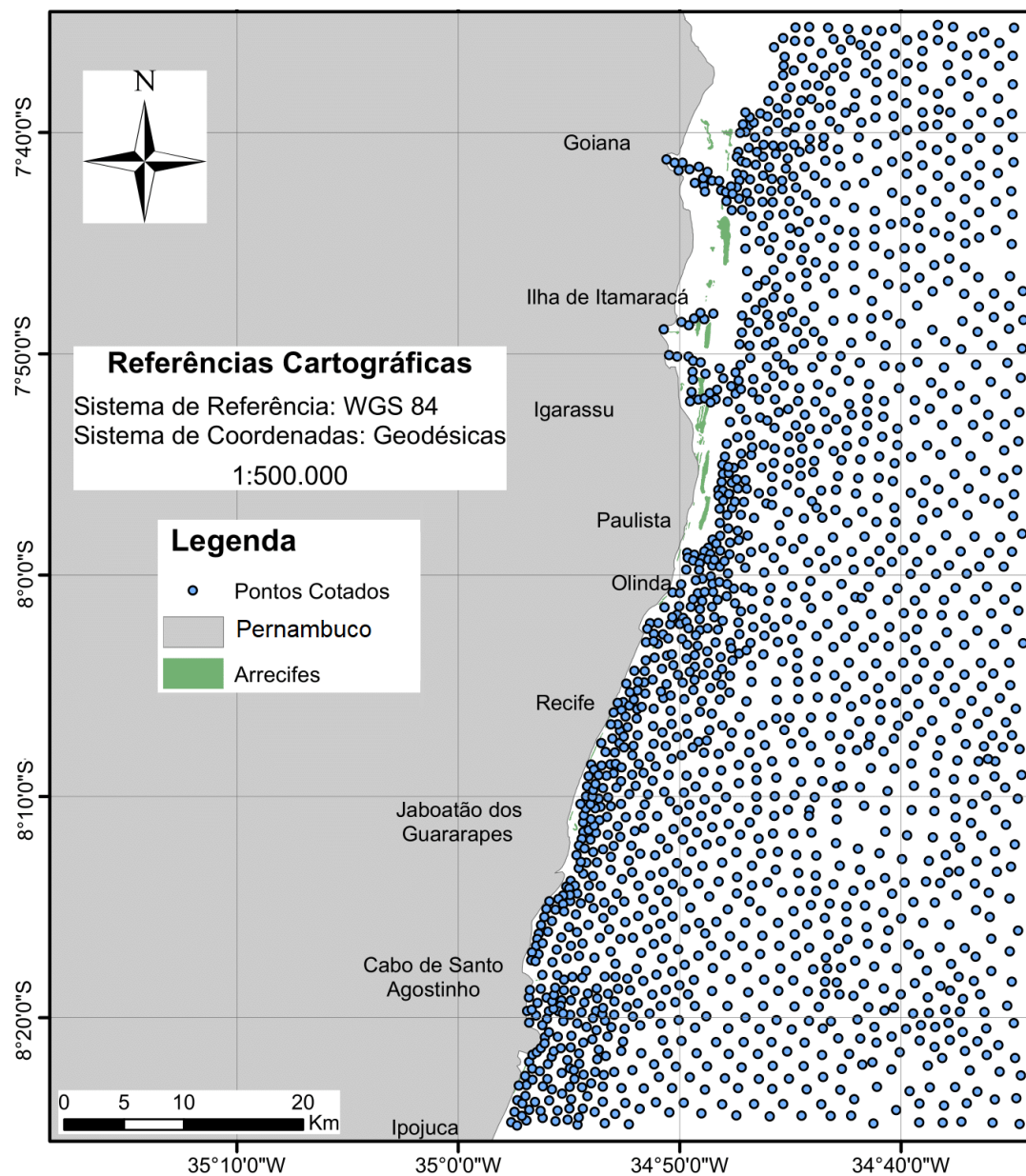
Navegação da Marinha do Brasil, figura 9. O mapa foi elaborado no *software* livre QGIS. A figura 10 mostra o mapa confeccionado a partir dos pontos batimétricos vetorizados.

Figura 9- Carta Náutica Proximidades do Porto do Recife.



Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil.

Figura 10- Mapa de Localização dos pontos batimétricos vetorizadas



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Para extração das curvas de nível a partir da imagem do SRTM foi utilizado o *software* QGIS utilizando as ferramentas Raster > Extração > Contorno, o intervalo entre as curvas deve acompanhar a resolução de 30m da imagem. Todas as curvas armazenam informações de altimetria. E posteriormente transformados as curvas de nível em pontos, e, por conseguinte foi feita a seleção dos pontos para uma melhor distribuição e que houvesse uma homogeneização. Em seguida foi feita a união dos pontos da costa e da batimetria para que a geração do MDS do relevo submerso fosse o melhor representado.

#### 4.3.2.2 Validação Cruzada

A interpolação dos dados foram as próximas etapas do trabalho, que foi iniciada com a escolha do Método do Inverso do Quadrado das Distâncias – IDW, que possui uma classificação tanto como um interpolador exato como suavizante, faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, tal que a influência de cada ponto é inversamente proporcional à distância do nó da malha. O fator peso pode ser pré-determinado pelo usuário, sendo que quanto maior o valor escolhido, menor será a influência dos pontos mais distantes do nó. Inversamente, quanto menor for o peso, maior o efeito de pontos distantes sobre toda a malha (Gallardo, 2006).

A geoestatística faz da utilização de variáveis regionalizadas na avaliação de variabilidade espacial, para obter além de um modelo de dependência espacial estimar valores de pontos nos locais onde não foram coletados, onde adapta as técnicas de regressão clássica, uso da interpolação, e construções de semivariogramas, (Silva *et al.* 2008).

Com os pontos batimétricos que compõem a área de estudo foram feitas avaliações da qualidade de um conjunto de estimativas em relação aos outros, analisando a interpolação da superfície e a validação cruzada. Essa análise foi realizada no *software* ArcGis, disponível gratuitamente por vinte e um dias. A escolha do *software* se deu por se obter mais dados geoestatísticos e um maior controle nos dados e obtenção dos resultados quando comparada com outros *softwares*.

E os passos seguidos foram interpolação da superfície, que estima os valores de Z de uma superfície em um ponto não amostrado a partir dos valores conhecidos Z dos pontos circundantes e depois a validação cruzada que é o processo onde um dado é removido e o restante dos dados são utilizados para prever o dado removido. Para produzir um gráfico de validação cruzada em geoestatística, cada ponto de dados é sistematicamente retirado e o modelo é usado para obter um valor previsto para aquele local. O processo é repetido para todos os pontos e os previstos e valores atuais são plotados. Nos *softwares* isso é feito automaticamente.

E além de fazer a geoestatística com a utilização do *software* ArcGis, foi realizada a análise utilizando o PEC (Padrão Exatidão Cartográfica) que foi regulamentado no Decreto N° 89.817 de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira através de procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de

documentos cartográficos no território brasileiro, segundo o Decreto Lei 89.817 de 1984.

Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão - PEC. O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica. As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C, seguindo critérios apresentado na tabela 1.

Tabela 1- Critérios do PEC

Carta	PEC Planimétrico	Erro padrão	PEC Altimétrico	Erro padrão
Classe A	0,5 mm x Escala	0,3 mm x Escala	1/2 equidistância	1/3 da equidistância
Classe B	0,8 mm x Escala	0,5 mm x Escala	3/5 equidistância	2/5 da equidistância
Classe C	1,0 mm x Escala	0,6 mm x Escala	3/4 equidistância	1/2 da equidistância

Fonte: Decreto Nº 89.817 de 20 de junho de 1984

#### 4.3.2.3 Processamento de Imagens

Já a etapa do Processamento de Imagens consistiu em realizar procedimentos para melhorar a imagem e que os seus elementos tenham suas formas bem definidas, para que possam ser certamente identificados, e para isso foram realizadas correções de contraste, fusão das imagens, extração dos índices físicos tais como: NDVI, NDWI e NDBI, filtragem das imagens e classificação de imagens não supervisionada.

Inicialmente para uma melhor visualização das imagens fez-se necessário um pré-processamento para facilitar a interpretação das feições. Uma das técnicas mais simples é a aplicação de contraste e realce. A aplicação do contraste é basicamente um processo em que a imagem tem a sua distribuição dos dados originais alterada para um possível intervalo de níveis de cinza. No caso das imagens do Sensor OLI (*Landsat 8*), 16 bits, o seu intervalo possível é de 65.536 níveis de cinza. Já para o realce, a composição colorida (sistema RGB) foi realizado. A composição utilizada foi 4R3G2B.

Para concluir o pré-processamento das imagens pode-se realizar a fusão das mesmas. Para gerar a imagem fusionada pelo método IHS foi usada a seguinte combinação de bandas multiespectrais 4R3G2B, o *software* utilizado foi o Spring, e a função disponível na barra de ferramentas: Imagem > Transformação IHS <-> RGB em que consiste em transformar a composição RGB em IHS e vice e versa. A princípio se

faz a transformação de RGB em IHS, sempre se atentando ao tamanho da resolução da imagem, neste caso foi 30m e com uma definição de 16 bits sem sinal. Pelo método IHS a fusão ocorreu a troca da banda da intensidade pela pancromática quando se faz o retorno de transformação de IHS para RGB, como a intenção da fusão é melhorar a resolução, criando uma imagem sintética com melhor resolução, o pixel de saída terá a resolução da banda pancromática, 15m e com uma definição de 16 bits sem sinal, como mostrado na figura 12. Na figura 13 mostra a comparação entre a imagens multiespectral 4R5G2B e a sua fusão.



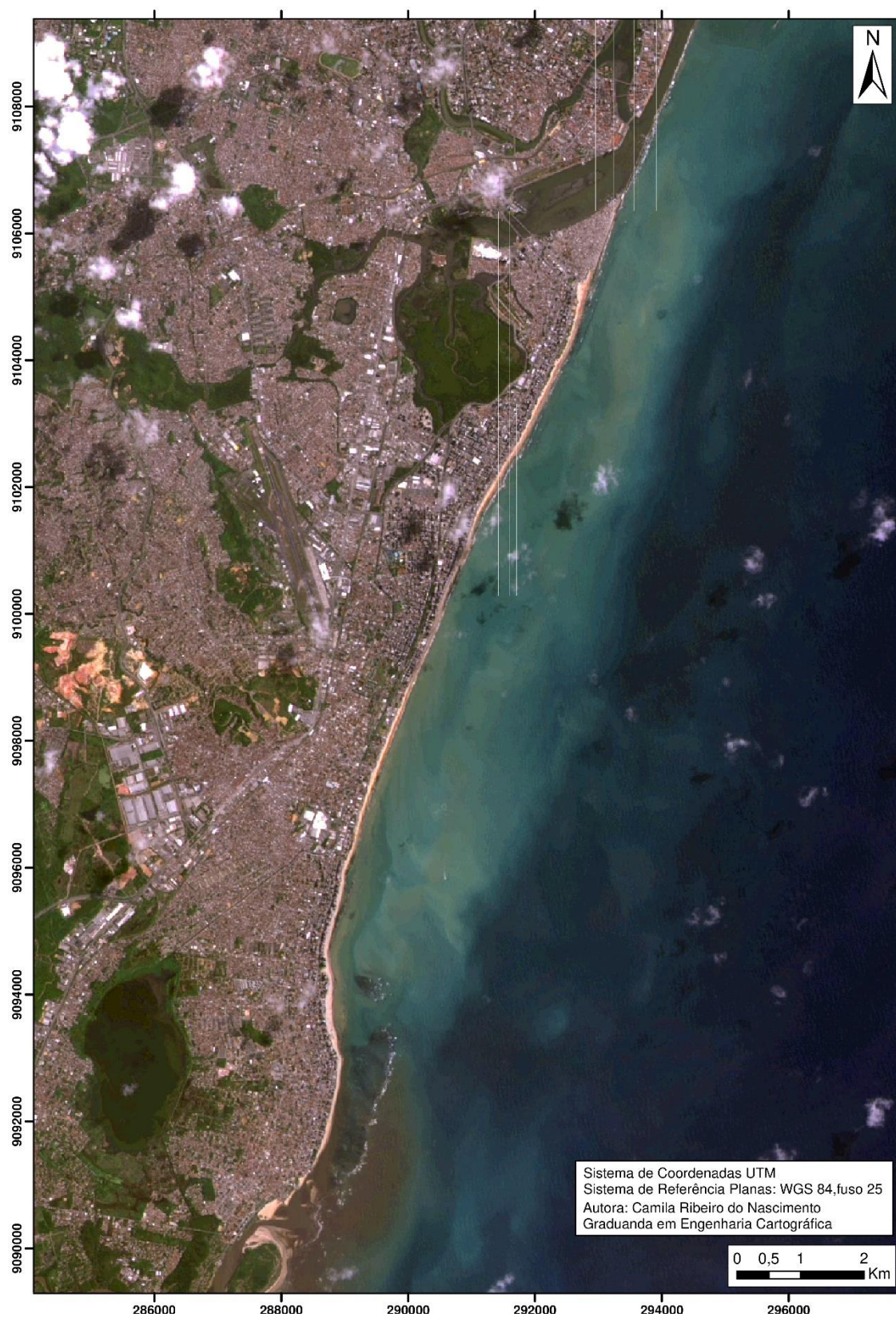
Figura 11- Recorte da Imagem do Sensor OLI (*Landsat 8*), composição 4R3G2B. Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

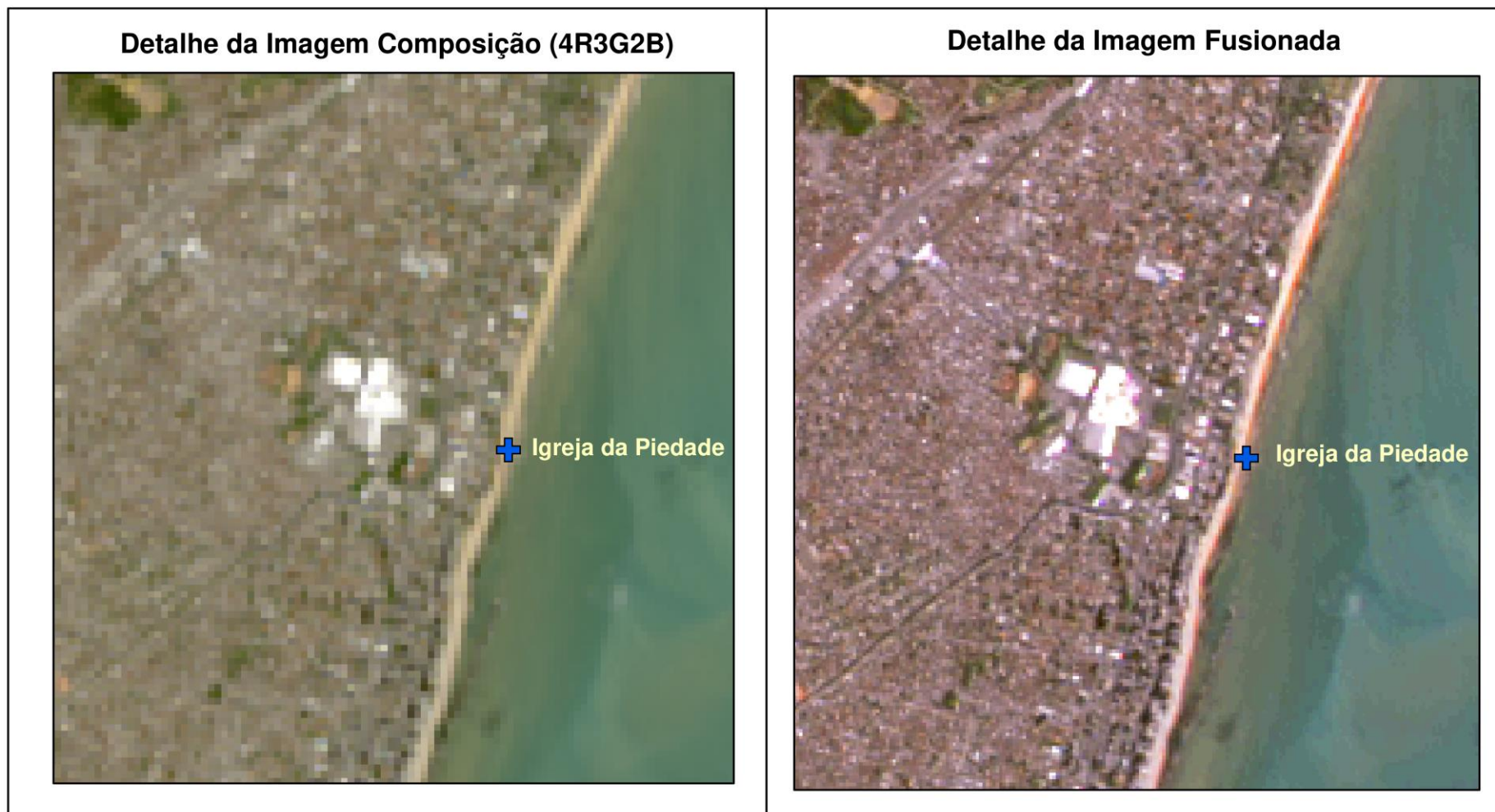


Figura 12- Recorte da Imagem Fusionada do Sensor OLI (*Landsat 8*), composição 4R3G2B. Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Figura 13- Comparação da Imagem antes e depois da fusão para observação dos detalhes melhorados.

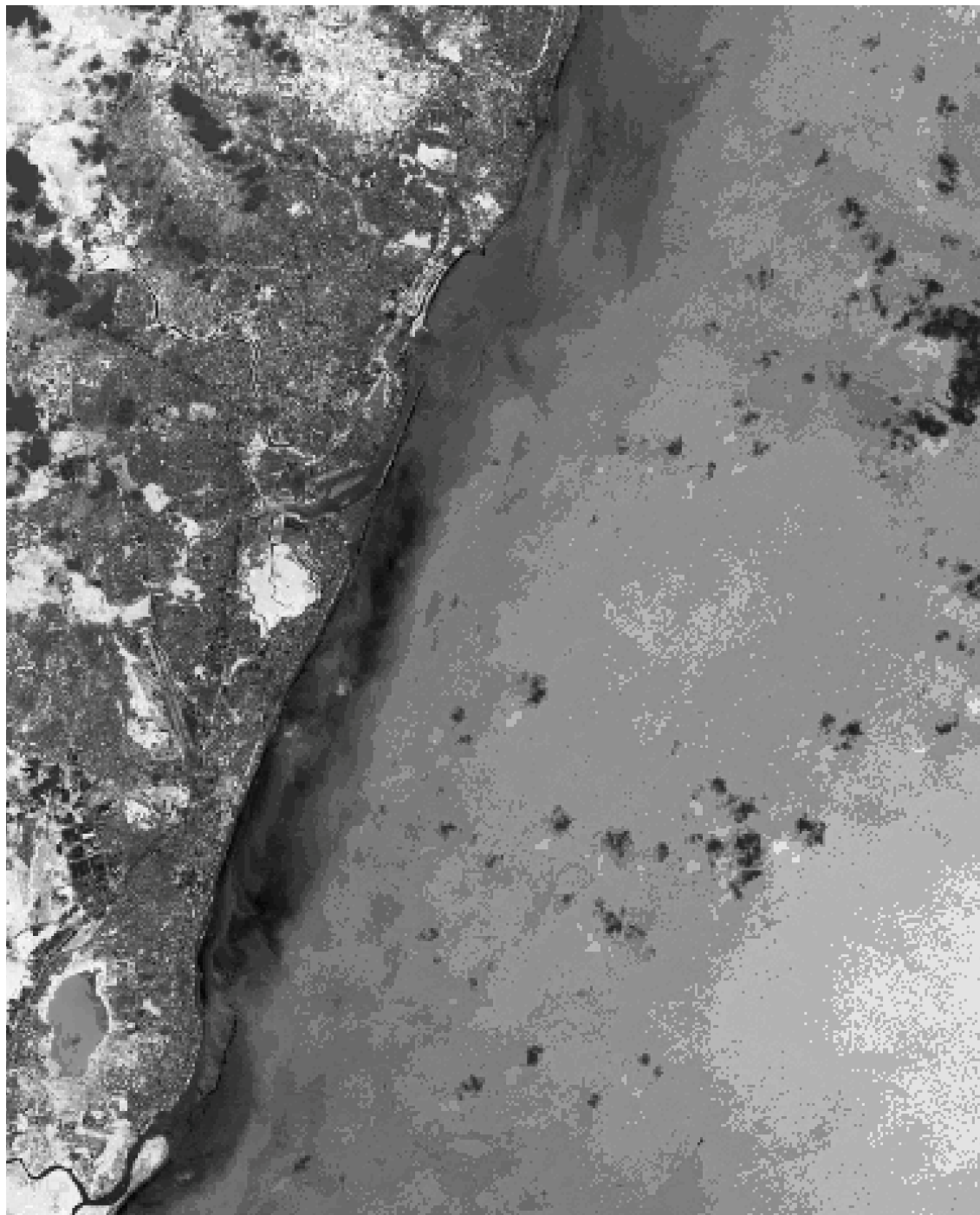


Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.



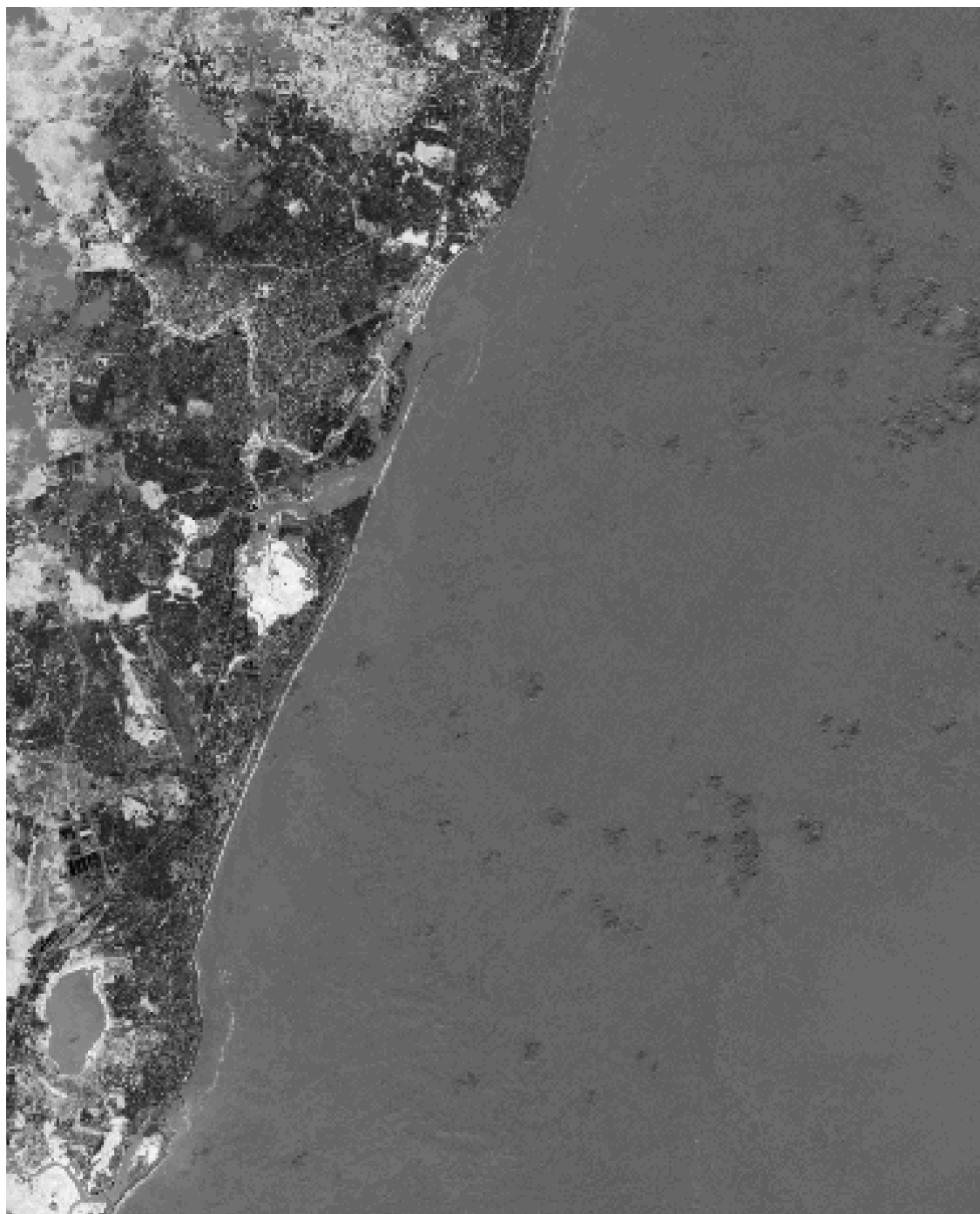
Com as imagens as melhoradas foram executadas ainda no Spring o cálculo dos índices físicos e se fez com o uso da função de Operadores Aritméticos. A operação utilizada foi a  $C = \text{Ganho} * ((A - B) / (A + B)) + \text{Offset}$ , onde se utilizou os valores de ganho e *offset* de 1 e 0, para não interferir no resultado final. E para evitar perda de informação faz-se a operação com real 64 bits. Os índices físicos, NDVI, como observado na figura 14, NDWI, figura 15, e NDBI, figura 16, foram calculados utilizando as fórmulas apresentadas nas equações 3, 4 e 5 apresentado na fundamentação teórica no item 3.5.2. deste trabalho. Na figura 17 é apresentada a composição coloridas dos índices físicos, onde o NDVI é o canal do verde, NDWI, canal do azul, e NDBI, canal do vermelho.

Figura 14- Resultado do índice físico NDVI. Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina.



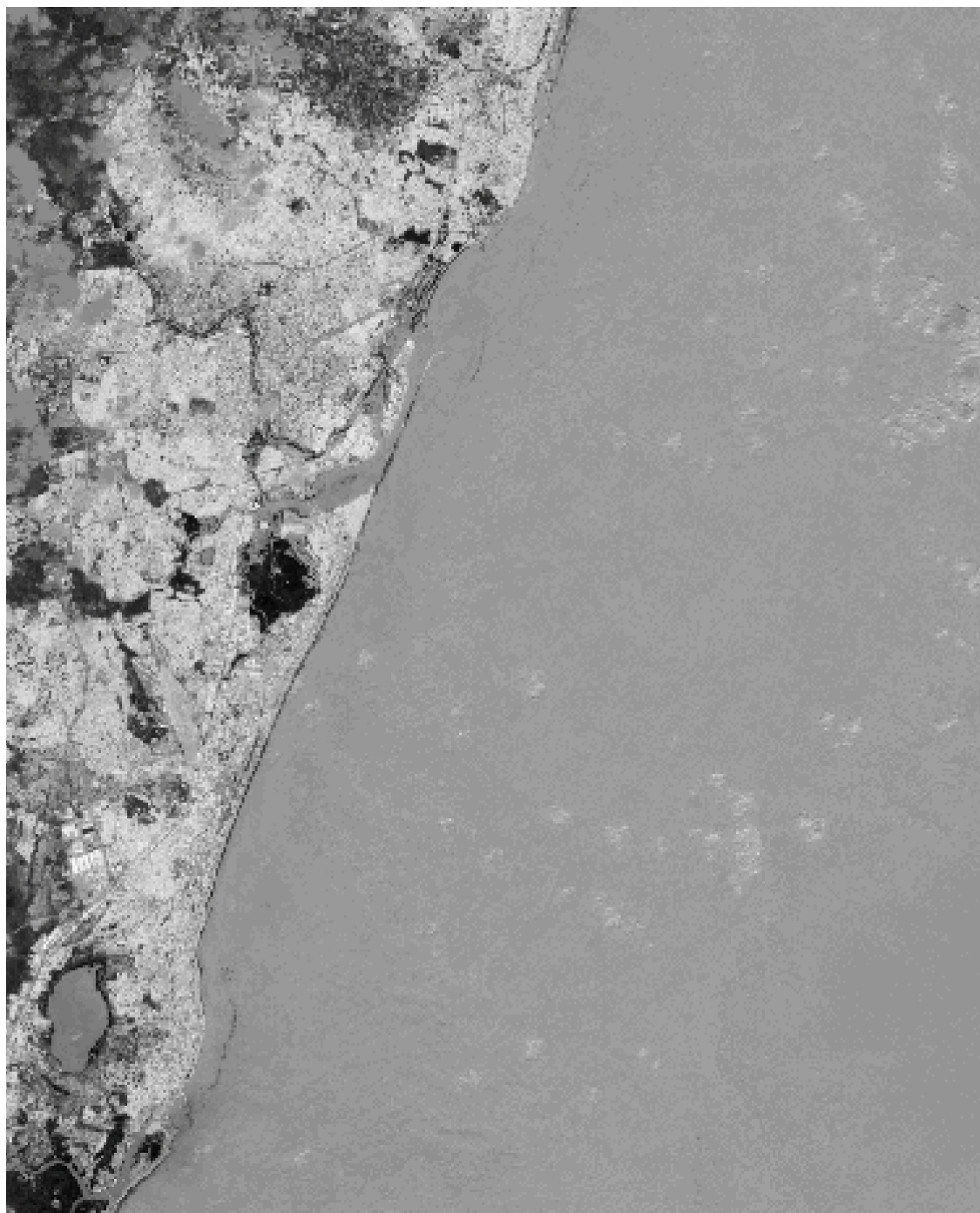
Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Figura 15- Resultado do índice físico NDWI. Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina.



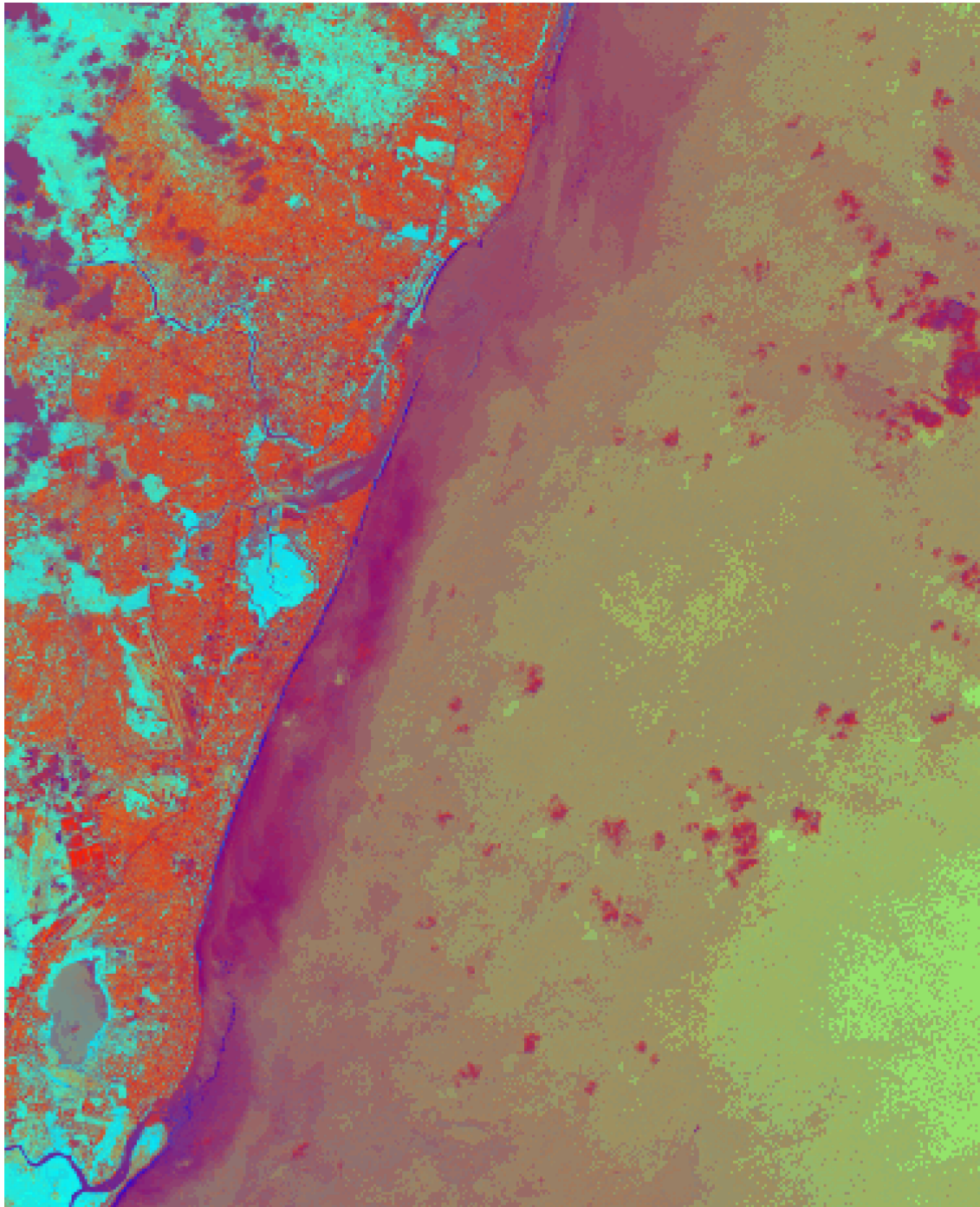
Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Figura 16- Resultado do índice físico NDBI. Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Figura 17- Composição coloridas com combinações com os índices NDBI(R)NDWI(B)NDVI(B). Detalhe da extensão da praia de Candeias e até a Bacia do Pina.

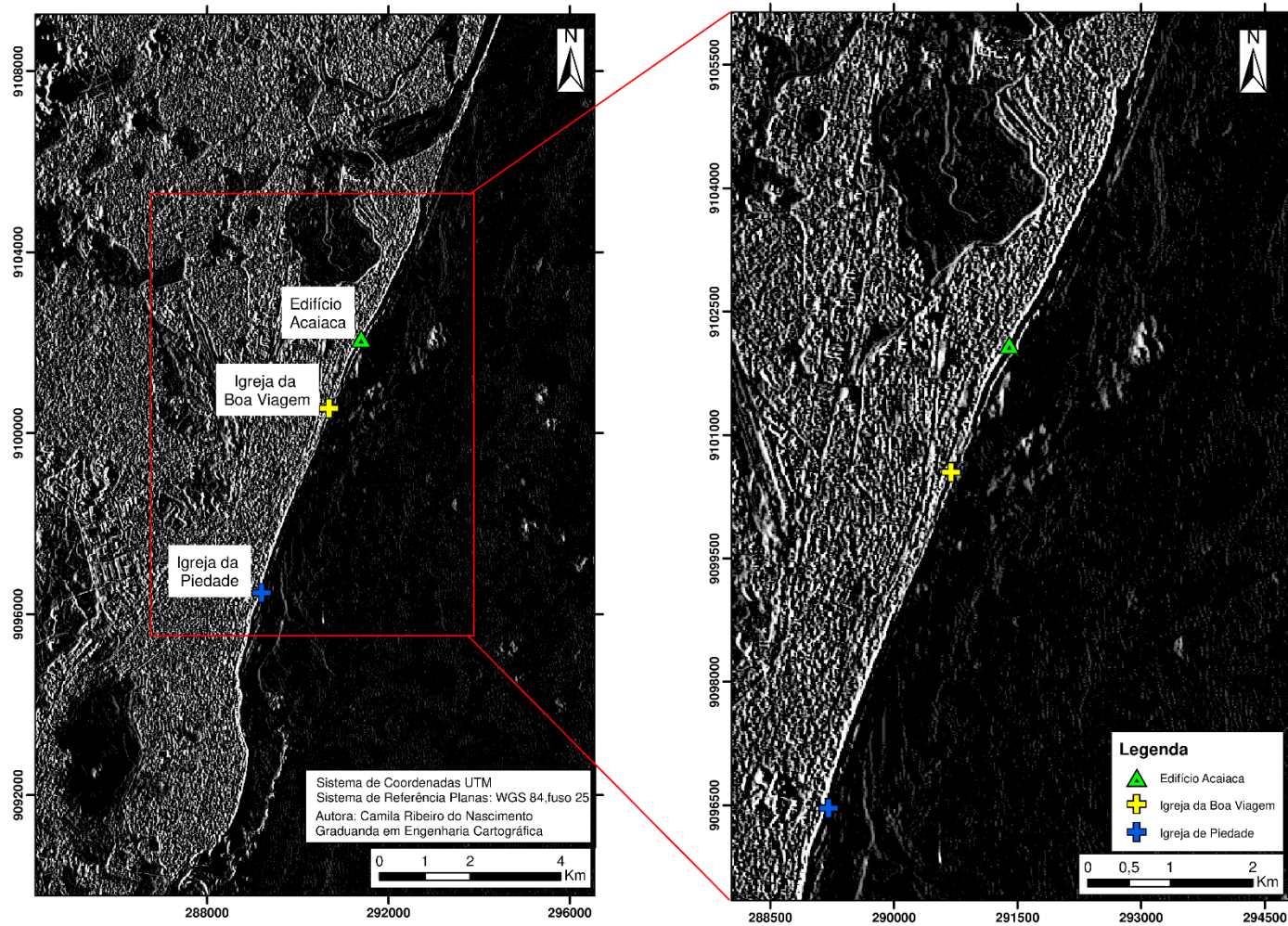


Fonte: Elaborado pela Autora, 2018

Posteriormente, no Spring, foram aplicados o filtro Bordas direcionais. As direções utilizadas foram N, NE, NW, E, W, SE, SW e S, figura 18 a 25.

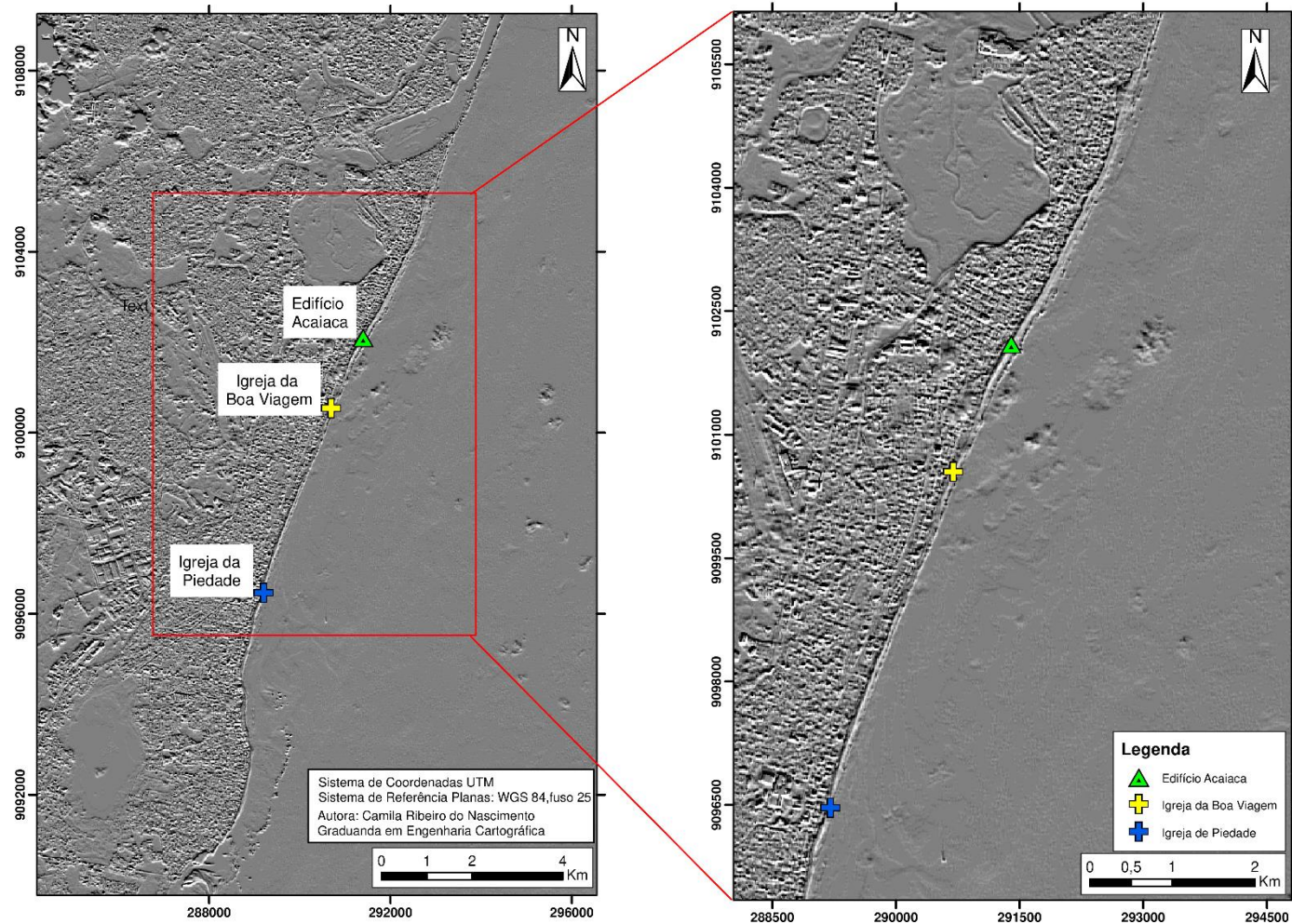


. Figura 18- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção E, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018

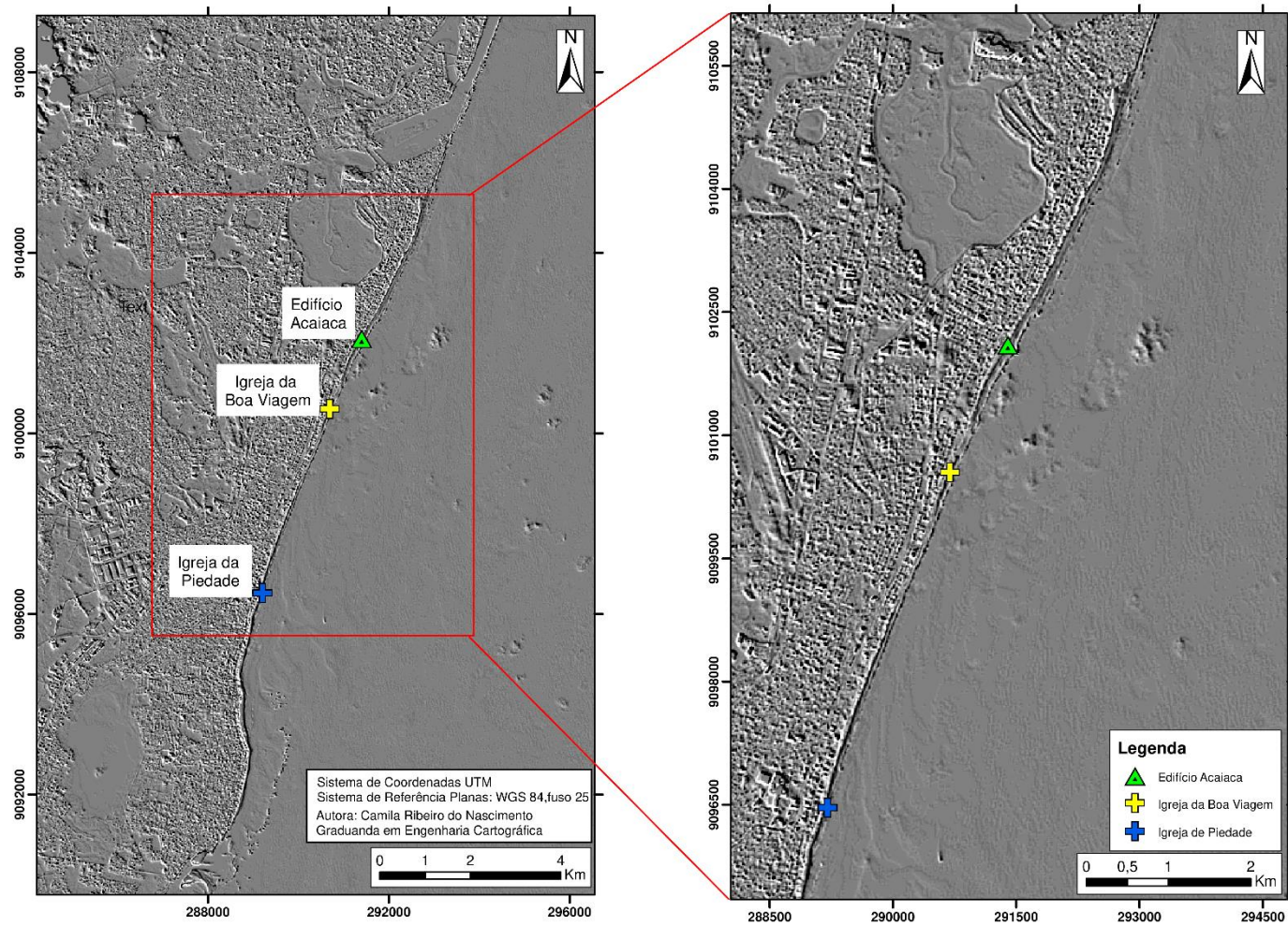
Figura 19 - Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção N, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018

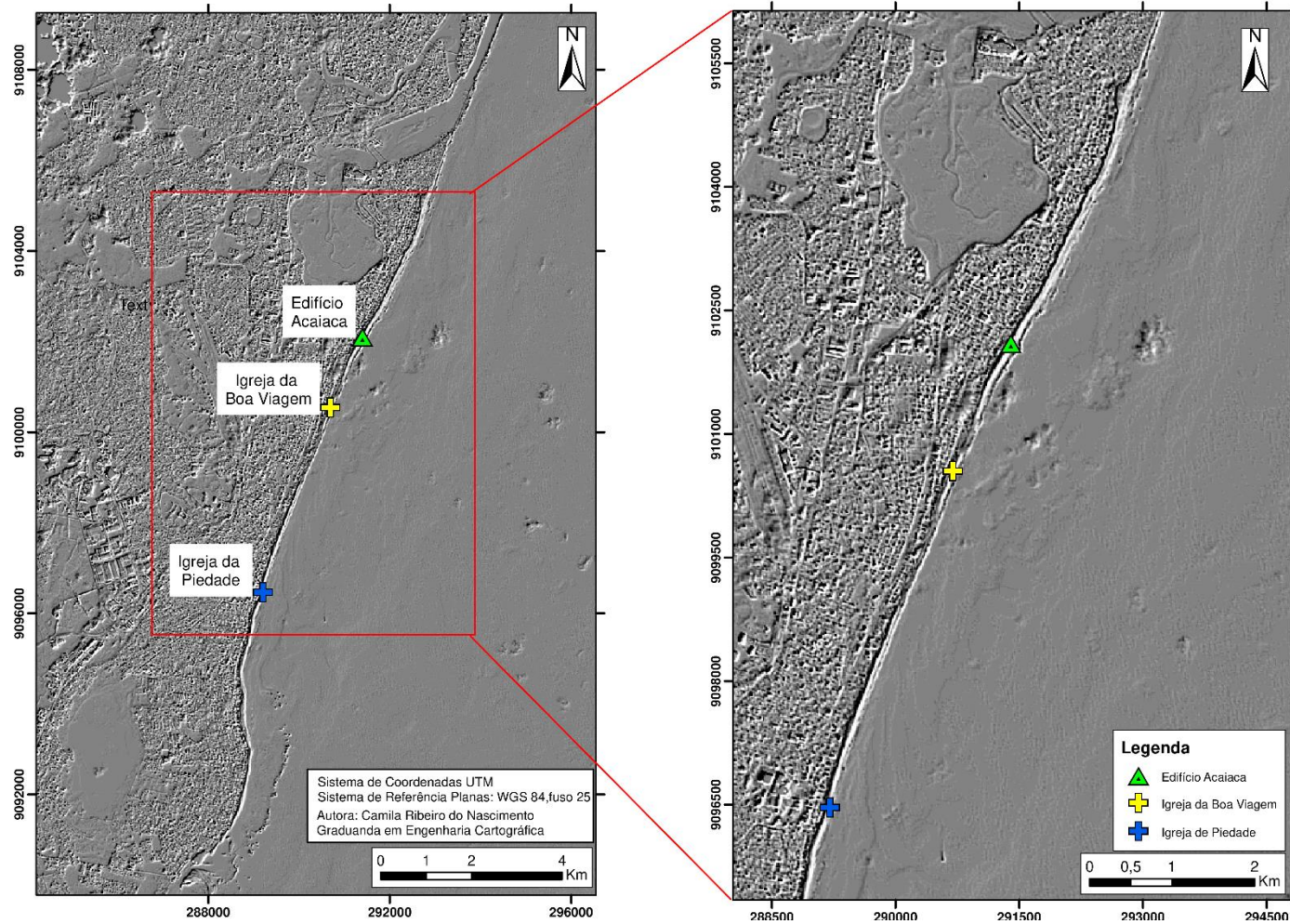


Figura 20- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção NE, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

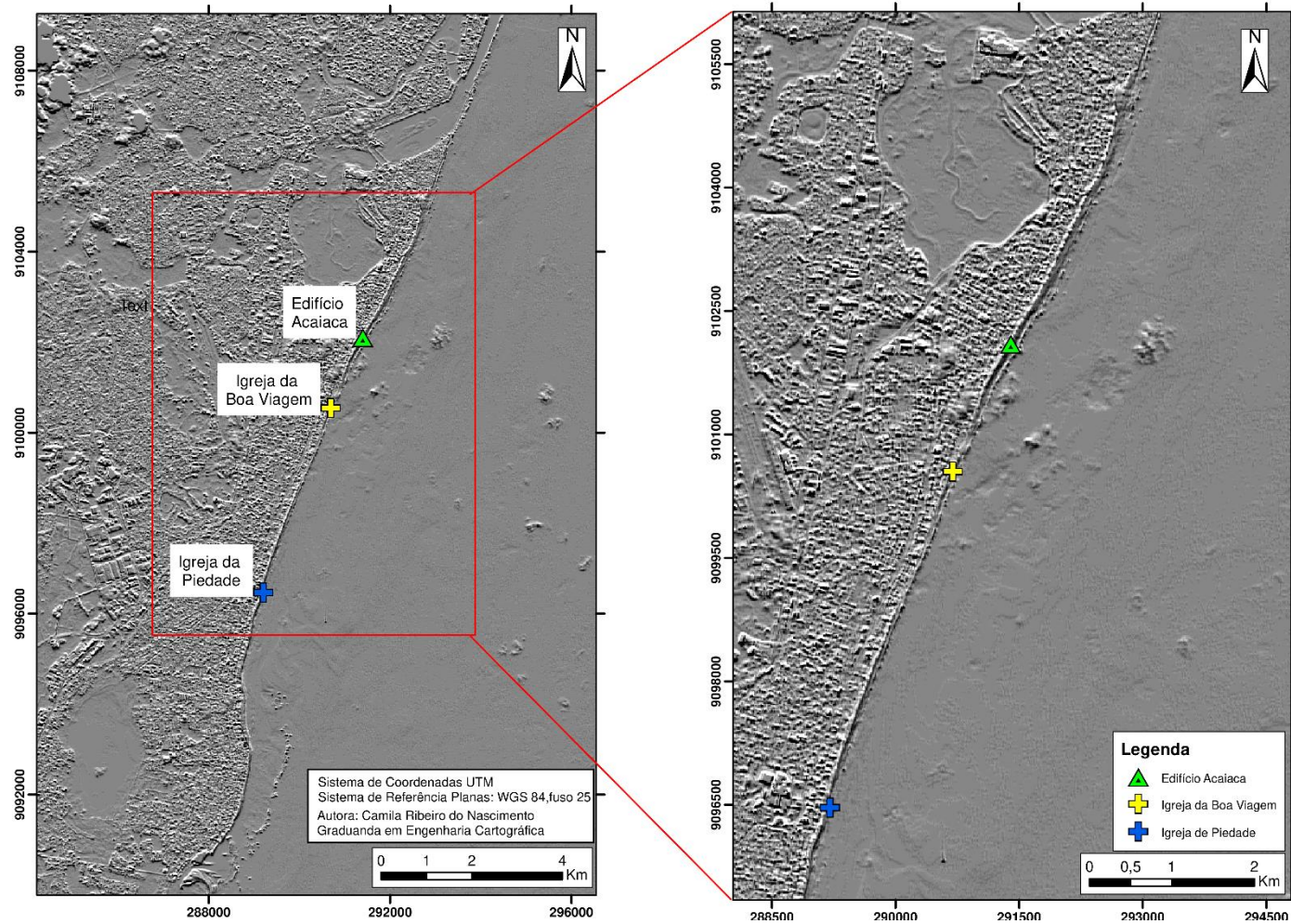
Figura 21- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção NW, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

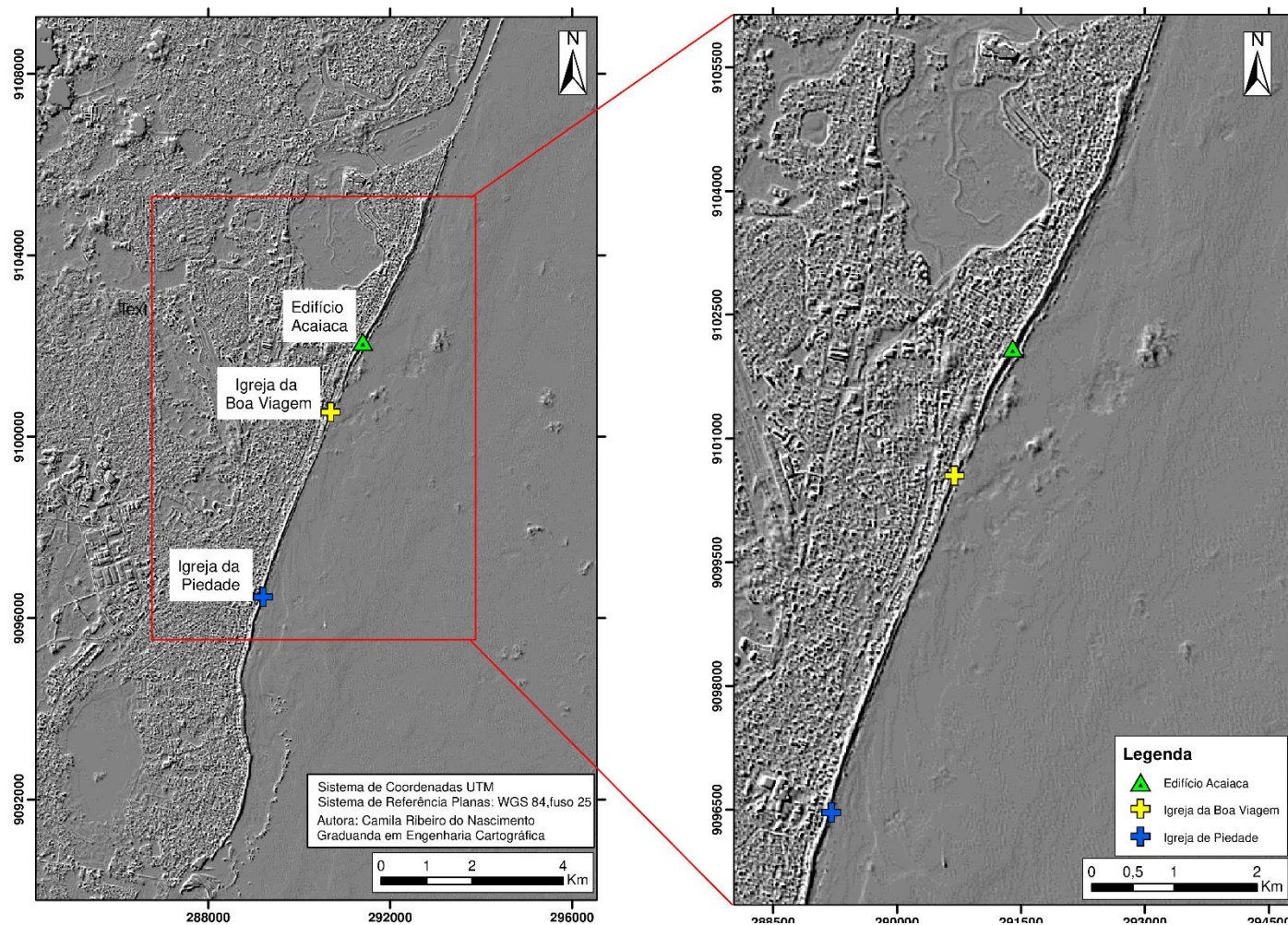


Figura 22- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção S, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

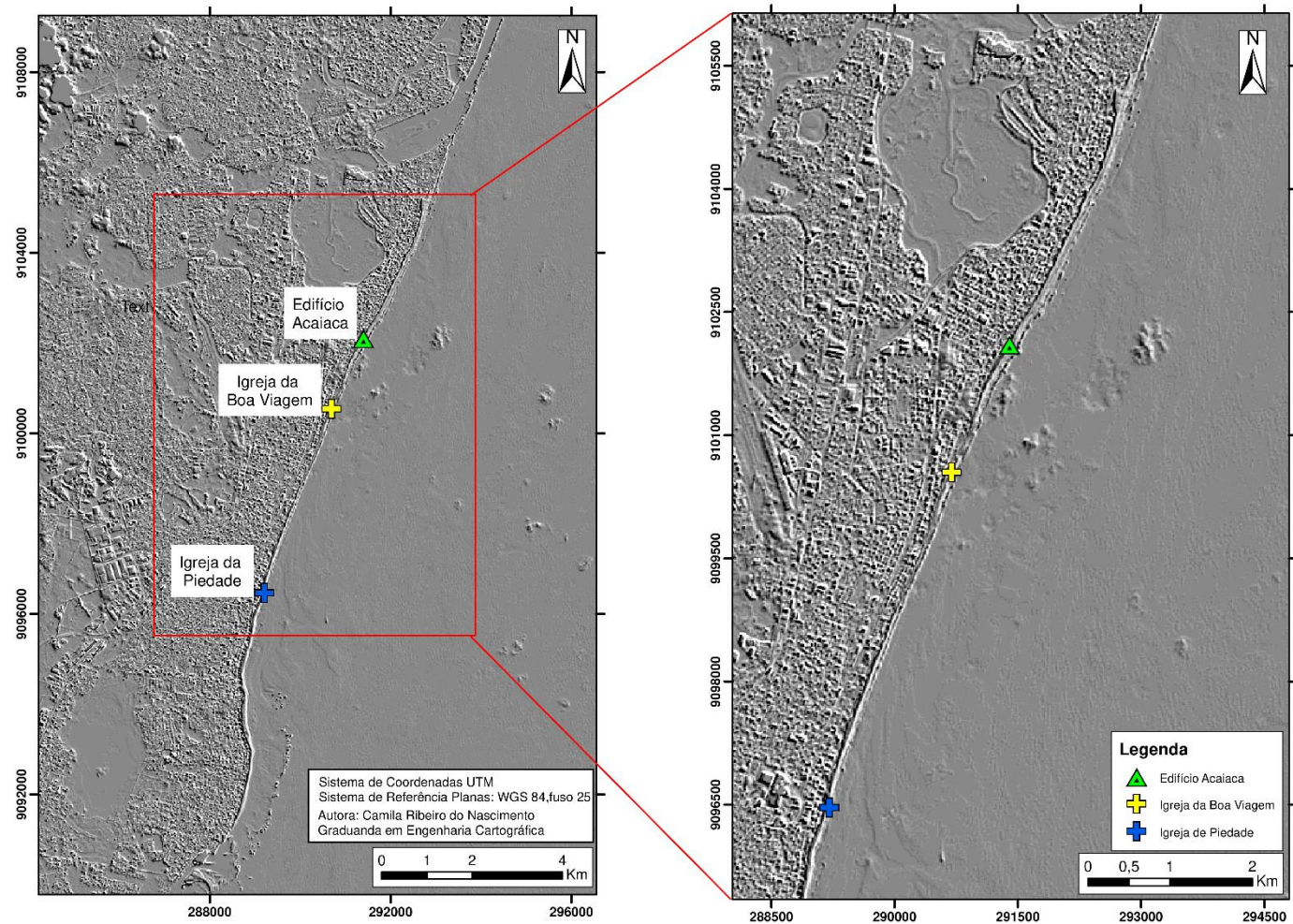
Figura 23- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção SE, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

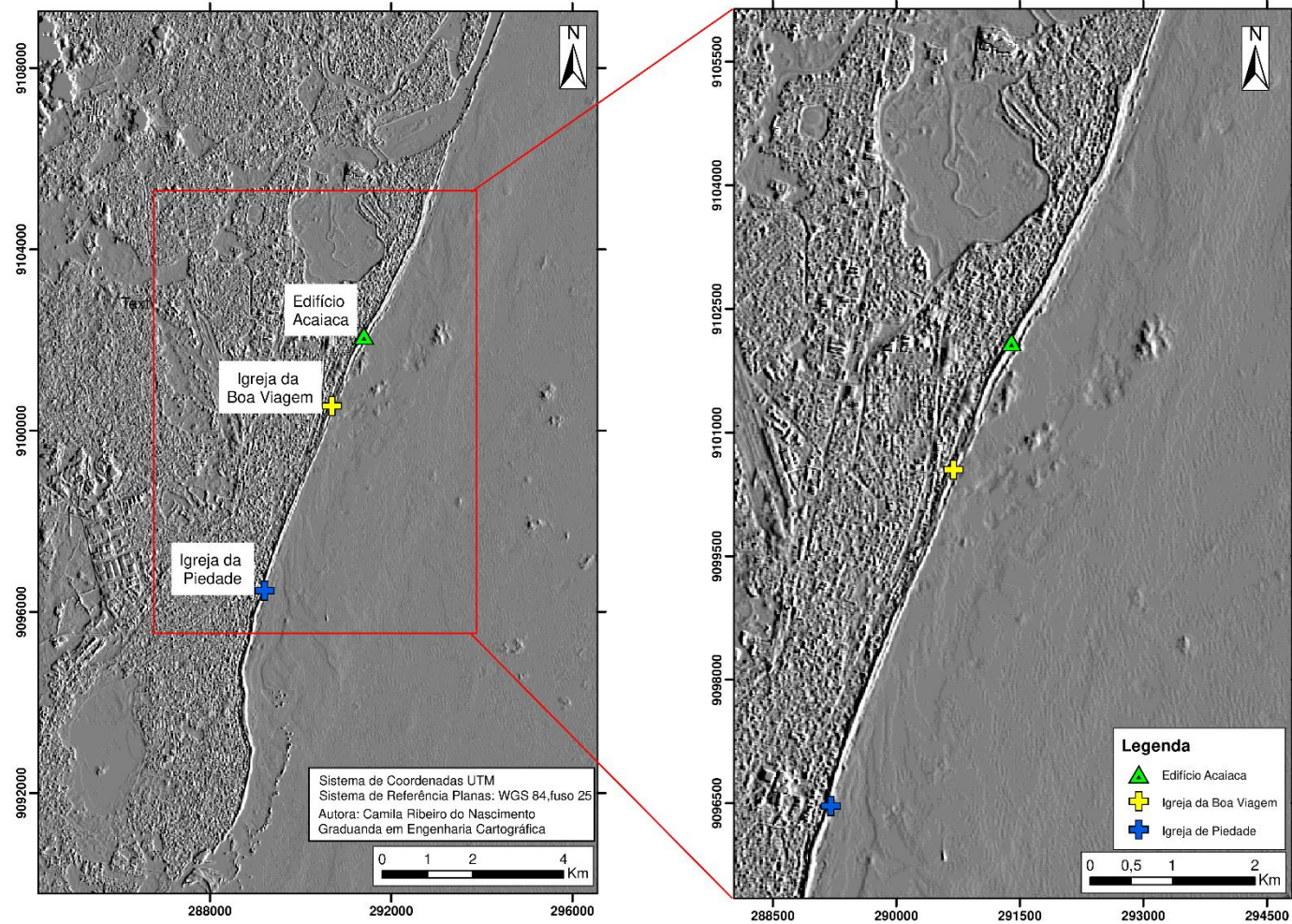


Figura 24- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção SW, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Figura 25- Recorte da Imagem com efeito do filtro direcionais de bordas, direção W, detalhe para a Praia de Candeias até a Bacia do Pina.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.



Após os testes para escolha do para a melhor direção definiu-se que a direção com melhor realce para a observação dos canais foi a direção oeste (W), conforme a figura 25.que mostra o detalhe para as Praia de Piedade e Boa Viagem.

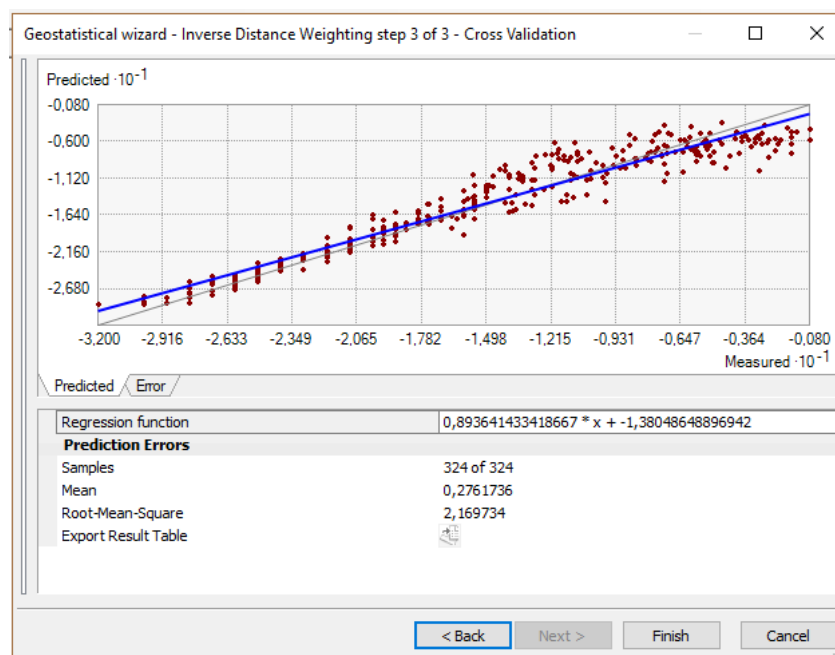
Diante dos dados obtidos foram realizadas análises para a observação do comportamento do MDS do relevo submersa, observando a sua viabilidade para representação do canal paralelo a costa, através das imagens de satélite.

## 5 RESULTADOS E ANÁLISES

A princípio fez-se a análise para geração do relevo submerso utilizando as técnicas geoprocessamento. De início foi feita a validação cruzada, onde estão apresentadas a parte estatística da amostra do método escolhido. De forma simplificada consiste em fazer o diagnóstico de análise de dados estruturados a partir de um modelo.

O gráfico mostra os valores medidos para os pontos de dados no eixo-x, e os valores que o modelo prevê para esses mesmos locais no eixo - y. Essa técnica faz testes da qualidade do modelo. Quanto mais próximos os pontos são para a linha tracejada cinza melhor. (A linha cinza representa valores idênticos para os valores previstos e reais), figura 26.

Figura 26- Detalhe da Validação Cruzada pelo Método do IDW



Fonte: Análise Obtido pelo *software* ArcGis

A Validação Cruzada e a análise dos erros são apresentadas na tabela 2, que apresenta a média e o desvio padrão dos erros obtidos pelo Interpolador Inverso da Distância ao Quadrado. Onde a média tem um valor de 0,2761736, considerado aceitável, e o RMS também aceitável ficando em torno de 2,169734, também podendo ser observado pelo grau de aplicabilidade.

Tabela 2- Análise dos Erros do Interpolador Inverso da Distâncias ao Quadrados

<b>Interpolador Inverso da Distância ao Quadrado</b>	
<b>Número de Amostras</b>	324
<b>Média</b>	0,2761736
<b>RMS</b>	2,169734

Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Tabela 3- Padrão de Exatidão Cartográfica para a carta náutica de 1:250.000

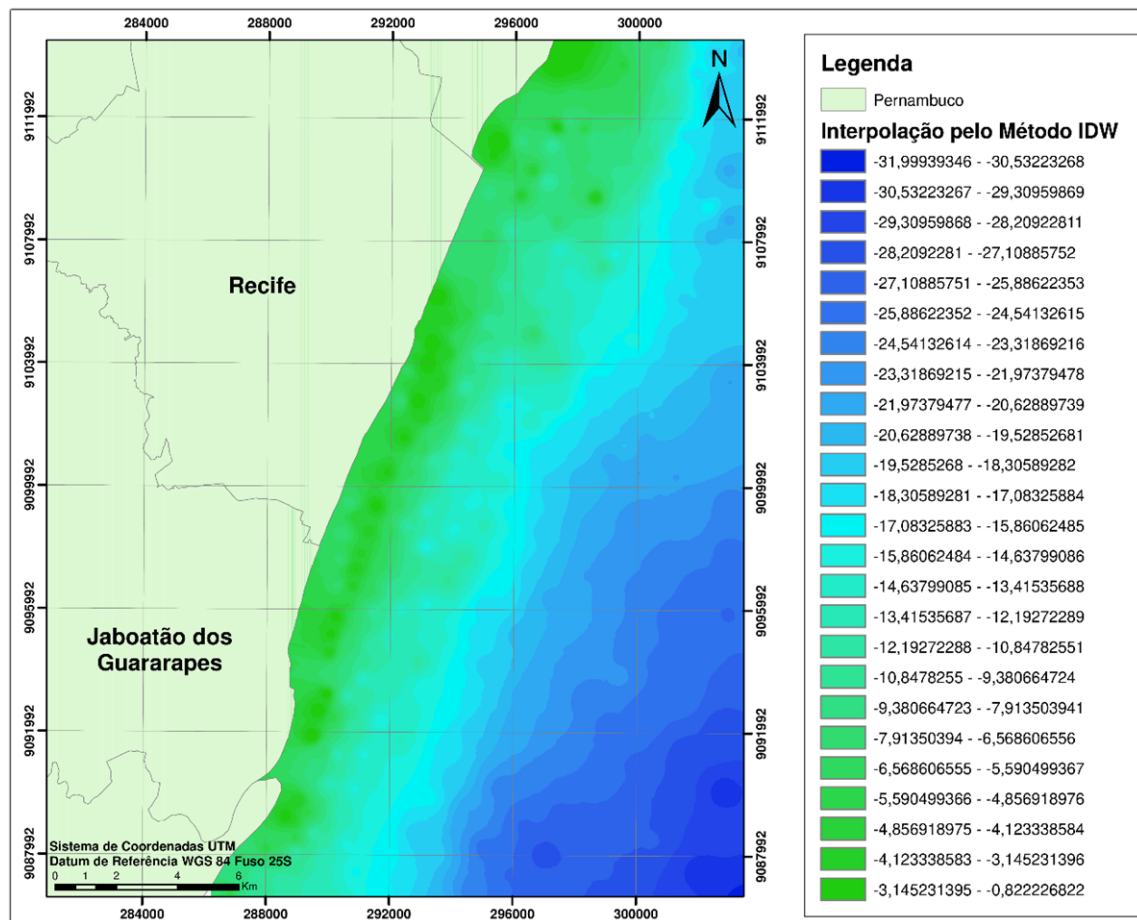
<b>Normas técnicas de classificação de precisão</b>			
<b>Escala</b>	<b>Classe</b>	<b>Padrão de exatidão cartográfico Altimétrico (m)</b>	
		PEC	EP
<b>1:250.000</b>	A	27	16,67
	B	50	33,33
	C	60	40

Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

O erro padrão sendo igual a 2,17m, temos uma PEC de 3,57m e observando a tabela 3, que apresenta as correspondências dos critérios de classificação de uma escala de 1:250.000, os dados são classificados em Classe A.

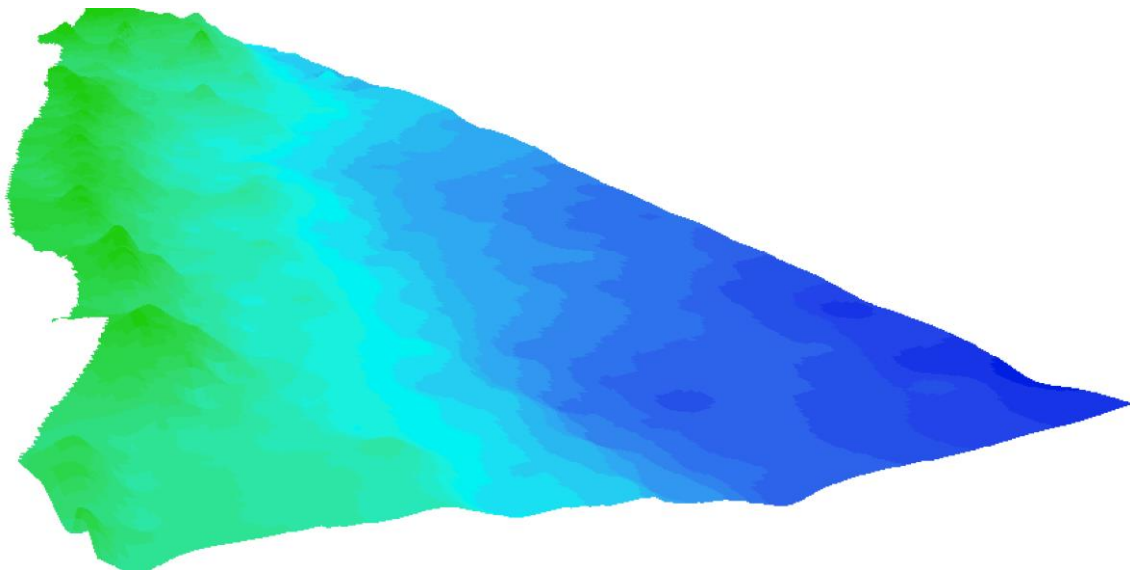
Para um modo de melhor observação foram feitas representações das superfícies em três dimensões, para isso a interpolação passou pelo o processo de transformação para *raster*, em formato *GEOTIFF*, e, por conseguinte foi realizado o modelo de visualização da batimetria do terreno submerso. As figuras 27 e 28 são a representação da interpolação realizada pelo modelo IDW da área entre a Praia de Candeias e a Baía do Pina.

Figura 27 - Interpolação pelo Método IDW.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Figura 28- Representação em perspectiva da área interpolada pelo Método IDW



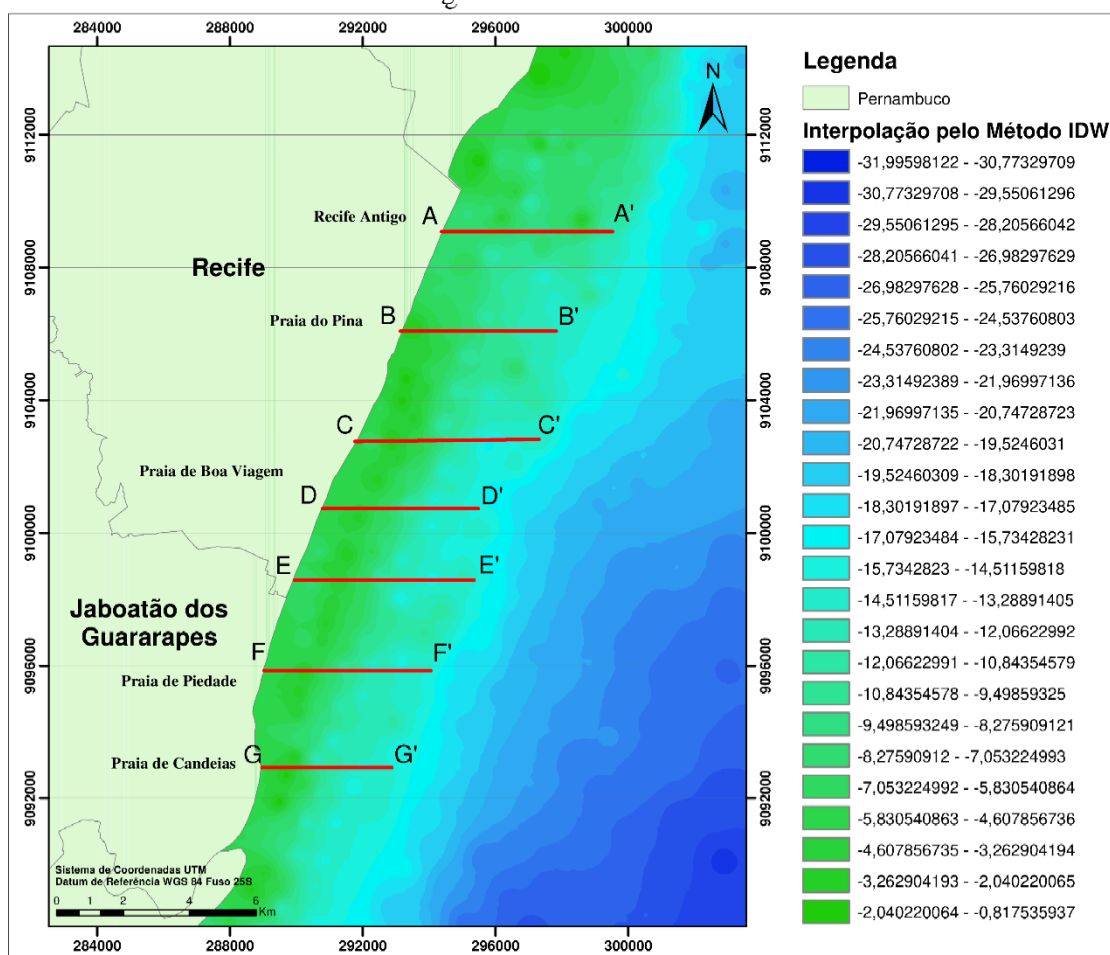
Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Com os resultados obtidos pela interpolação dos dados batimétricos pode-se verificar a existência de um canal adjacente à costa, onde a sua localização está

aproximadamente 500m de distância e com uma profundidade de cerca de 6m durante a maré baixa.

Após a realização da geração da superfície, foi criado um arquivo vetorial do tipo linha para obter informações dos perfis do relevo submerso referente as linhas, figura 29. Sua localização foi escolhida considerando as informações obtidas das literaturas que afirma a existência de um canal profundo localizado adjacente que se estende da Praia de Boa Viagem até a Praia de Piedade, por esse motivo explica que a topografia submarina desse local seja responsável por cerca de 75% dos ataques, pois são os trechos da orla onde o canal fica mais próximo da praia. (Hazin, 2008).

Figura 29- Localização dos Perfis Batimétricos transversais, construídos a partir do Modelo Digital do Relevo Submerso.

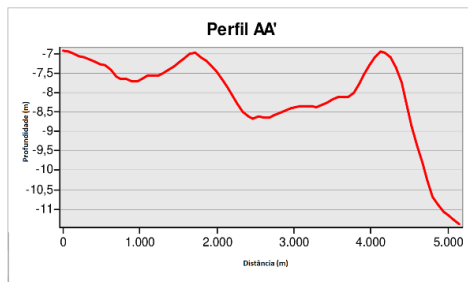


Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

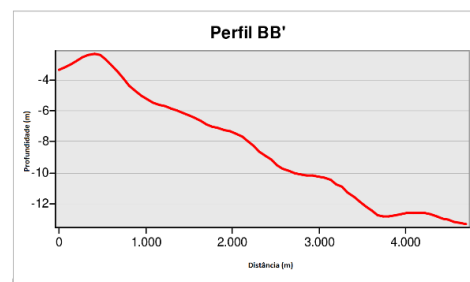
Observando os perfis, figura 30, verificou-se que no trecho próximos da costa ocorreram erros de interpolação devido à ausência de pontos, mas não interferiu na visualização do canal. E a partir dos perfis percebeu-se que o canal chega a uma

profundidade em torno de oito metros, em trechos da Praia de Boa Viagem (perfis CC' e EE') a uma distância por volta de trinta metros e em seguida a uma diminuição da profundidade chegando a dois metros e quatro metros, respectivamente.

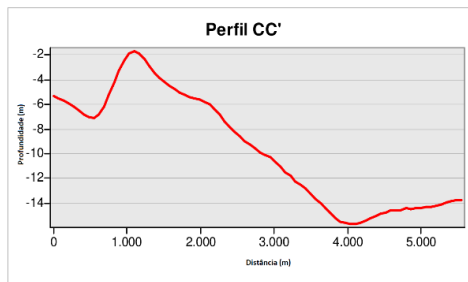
Figura 30- Perfis transversais construídos a partir da superfície gerada. Perfis AA' do Recife Antigo; BB' da Praia do Pina, CC', DD' e EE' da Praia de Boa Viagem; FF' da Praia de Piedade e GG' da Praia de Candeias.



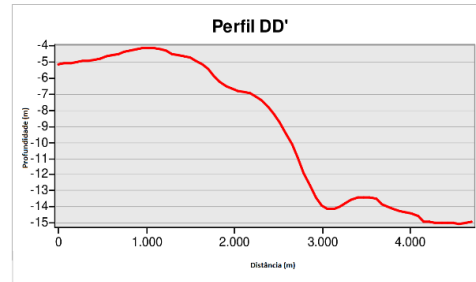
a)



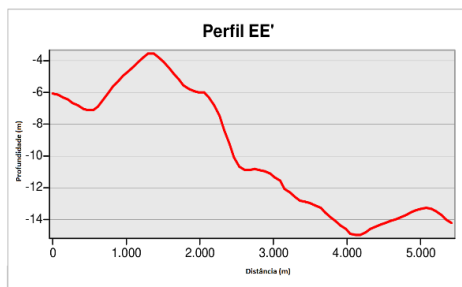
b)



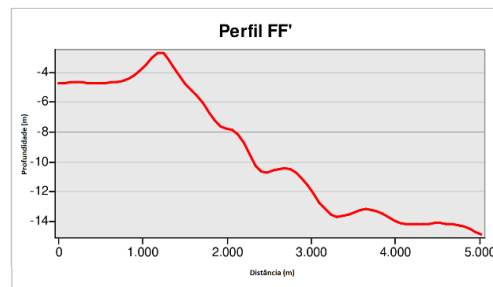
c)



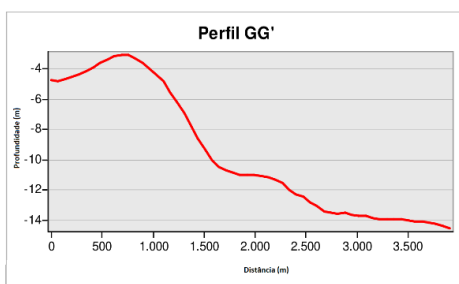
d)



e)



f)



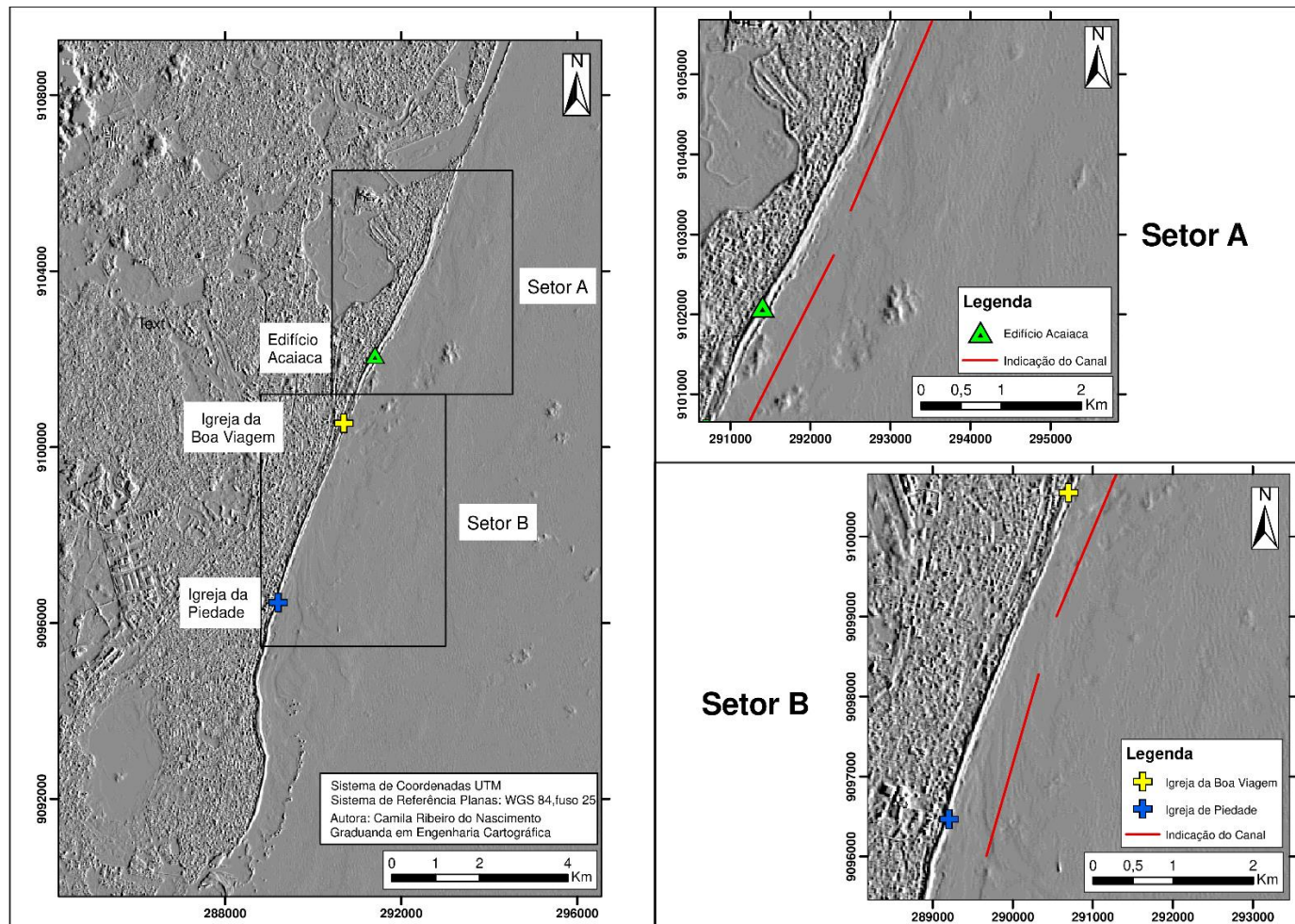
g)

Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.

Após a análise dos dados interpolados fez-se a o mesmo para os processos de filtragem. Como é sabido esse processo realça a resposta diferenciada à energia eletromagnética, e para uma imagem monocromática, o que ocorre é que haja uma mudança brusca nos intervalos de níveis de cinza, diante dos limites entre as áreas distintas que representam. Assim, a eliminação das baixas frequências espaciais na imagem, restando apenas as altas frequências correspondem às bordas. Por esse motivo foi possível identificar o canal no fundo marinho das áreas de águas mais raras nas imagens do Sensor OLI (*landsat 8*).

Na figura 32, o canal foi identificado. E quando comparado com o trabalho de Assis (2007) que destaque também a presença do canal houve uma semelhança na localidade.

Figura 31- Efeito do filtro direcionais de borda, onde foi sobreposto as curvas de nível de -5m, que identificam a localização do canal.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2018.



Realizando uma análise detalhada entre com as imagens de satélites processadas com filtro e a superfície gerada, foi possível caracterizar melhor e identificar a topografia heterogenia do local, com tudo as observações só com o uso das imagens de satélites não seriam suficientes para se identificar e representar o relevo submerso de forma nítida, no caso de imagens com baixa resolução espacial, no presente trabalho foi trabalhado com imagens com 15 metros.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No presente trabalho procurou-se abordar como resultados a representação da topografia marinha, para se ter um retrato fiel das profundidades de onde se tem mais ocorrências de incidentes com tubarão. Para isso utilizou-se de técnicas de geoprocessamento e processamento de imagens para criação de um modelo digital que melhor representasse a realidade.

É sabido que levantamentos batimétricos tradicionais para representação de superfícies precisa, na sua grande maioria, de um alto investimento e demanda tempo, sendo demorados. E as técnicas de Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens no emprego para obter informações batimétricas teriam um custo menor para a extração e representação de profundidade.

A confecção da Modelo Digital que representa as profundidades foi o primeiro passo a ser realizado. Desse modo foi efetuado uma análise mais precisa, que para se ter um maior embasamento estatístico da seleção do modelo final, deve fazer uma análise dos erros dos valores preditos.

E para melhorar a visualização foi analisado também o uso do Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, onde se verificou as equidistâncias das curvas de nível. A avaliação de qualidade posicional altimétrica realizada através de testes estatísticos apresentou resultados que indicam a regularidade geométrica da planta digital, classificada como de Classe A para altimetria na escala de 1:250.000. Além da análise do PEC foram traçados perfis, para avaliação do comportamento do Modelo Digital de Superfície que representa o relevo submerso, e comprovou que os erros de interpolação não interferiram no resultado final para confecção do modelo.

A segunda análise foi a utilização do Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagem com o uso de imagens do sensor OLI (*Landsat 8*) para a obtenção da profundidade de águas raras e assim realizar uma modelagem da superfície submersa. A utilização de filtros direcionais de borda, que estes permitem o realce de bordas, para destaques do canal paralelo a costa, mesmo com imagens de baixa resolução que é o caso do sensor OLI e a presença de nuvens foi possível identificá-los, após alguns processos de realce e contrastes. Diante dos dados utilizados os resultados são aceitável e mostraram-se confiáveis dentro dos limites para identificação, não muito nítida, da profundidade.

Já para a utilização dos índices físicos para não foi obtido resultados aceitáveis para a representação das profundidades raras da área em que se encontra o canal. Desse modo o NDVI, NDWI e NDBI não tiveram medidas radiometrias suficientes para identificação das informações necessárias para identificação do relevo.

Espera-se que processos para realização de modelagem de superfície submersa, dentre alguns limites de profundidades, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens para imagens de alta resolução tenham um desempenho melhor para que sejam identificados com mais detalhes e assim possa ser gerado mapas batimétricos e modelos digitais para representação da superfície.

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, H. M. B. **Influência da Hidrodinâmica das ondas no zoneamento litorâneo e na faixa costeira emersa, entre Olinda e Porto de Galinhas, Pernambuco**. 2007. 140p. Tese (Doutorado em Geociências, na área de concentração Geologia e Sedimentar e Ambiental). Universidade Federal de Pernambuco. (UFPE). Recife, Pernambuco.
- BRASIL. Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984. **Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**, Brasília, Distrito Federal, 20 jun. 1984.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Hidrologia. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/it113-hidrologia.htm>. Acesso em 12 de set. 2017.
- COMITÊ ESTADUAL DE MONITORAMENTO DE INCIDENTES COM TUBARÃO - CEMIT. **Estatística dos incidentes com tubarões ocorridos no Estado de Pernambuco**. Secretaria de Defesa Social. Recife, 2018. Disponível em: <http://www.portaisgoverno.pe.gov.br/web/sds/cemit1>. Acesso em: 12/06/2018.
- CUNHA, K. L. **Uso de imagens LANDSAT e CBERS no mapeamento da suscetibilidade à erosão na região de Primavera do Leste – MT**. 2009. 147p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental). Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Cuiabá, Mato Grosso.
- DO NASCIMENTO, R. B., et al. **Método IHS para fusão de imagem TM com fotografia aérea**. II SBG e V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Presidente Prudente - SP, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Brasil em Relevo Download do SRTM**. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/>
- FERREIRA, Ítalo Oliveira. **Coleta, processamento e análise de dados Batimétricos visando a representação computacional do relevo submerso utilizando Interpoladores Determinísticos e Probabilísticos**. 2013. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa. (UFV). Viçosa, Minas Gerais.
- FRANÇA, A. F.; JUNIOR, J. R. T.; FILHO, J. C. C. M. **Índices NDVI, NDWI e NDBI como Ferramentas ao mapeamento temático do entorno da Lagoa Olho D'água, em Jaboatão dos Guararapes – PE**. In: Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, 2012.
- FRAZÃO, Luciana de Souza. **Morfologia Submersa do Cânion Apodi-Mossoró baseado em dados in situ e Geotecnologias Multifontes**. 2016. 122 p. Teste (Doutorado em Engenharia de Petróleo pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia do Petróleo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Natal, Rio Grande do Norte.

GALLARDO, A. Geostatística. **Ecossistemas**, Móstoles, v. 15, n. 3, p. 1-11, 2006

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Disponível em: <http://www.pe.gov.br/>. Acesso em: 12/06/2018.

HAZIN, F. H. V.; BURGESS, G. H.; CARVALHO, F. C. **A Shark Attack Outbreak off Recife, Pernambuco, Brazil: 1992–2006**. Bulletin of Marine Science, 82(2): 199–212, 2008.

HAZIN, F. H. V.; JÚNIOR J. A. M. W.; MATTOS, S. M. G. **Distribuição e Abundância Relativa de Tubarões no litoral do estado de Pernambuco, Brasil**. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 2000, 33: 33-42.

INTERNATIONAL SHARK ATTACK FILE - ISAF Disponível em: <https://www.floridamuseum.ufl.edu/shark-attacks/>. Acesso em: 12/06/2018.

INTERNATIONAL SHARK ATTACK FILE - ISAF. **Map of World's Confirmed Unprovoked Shark Attacks**. 1580-Present. Disponível em: <https://www.floridamuseum.ufl.edu/fish/isaf/shark-attacks-maps-data/world/> Acesso em: 12/06/2018. Mai. 2017

LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; VICENTE, L. E.; TORRESAN, F. E.; VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L. (2013). **Monitoramento da seca de 2011/12 a partir do NDWI e NDVI padronizado do SPOT-Vegetation**. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, Paraná, 2013.

MARINHA DO BRASIL. **PORTO DO RECIFE (ESTADO DE PERNAMBUCO) 2018**. disponível em: [file:///C:/Users/MICHELLE/Desktop/recife\\_2018%20-%20TABUA%20DE%20MARÉS%20-%20Marinha%20do%20Brasil.pdf](file:///C:/Users/MICHELLE/Desktop/recife_2018%20-%20TABUA%20DE%20MARÉS%20-%20Marinha%20do%20Brasil.pdf). Acesso em 01.02.2018.

MENESES, P. R. e DE ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. E-book. 2012. Universidade de Brasília - UnB.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005.- 425p.

NASCIMENTO, P. H. O. **Análise e Eliminação de ruídos em produtos MDE do LIDAR na interface água/solo**. 2017. 55p. Monografia (Bacharel em Engenharia Cartográfica). Universidade Federal de Pernambuco. (UFPE). Recife, Pernambuco.

PENHA, A. L. T.; SILVA, D. C. **Correção de erro de altitude em MDS ASTER-GDEM em delimitação de bacia hidrográfica**. In: Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, Pernambuco, 2012.

PERNAMBUCO (Estado). **Decreto n.42.010, de 04 de agosto de 2015. Institui a linha de costa da zona costeira de Pernambuco, medida na preamar máxima atual**. Legislação do Estado de Pernambuco, Pernambuco, 4 ago. 2015.

SILVA, C. R.; QUINTAS, M. C. L.; CENTENO, J. A. S. **Estudo do método de interpolação do Inverso da Distância a uma Potência**. In: Anais do II Simpósio

Brasileiro de Geomática e V Colóquio Brasileiro de Ciência Geodésicas. Presidente Prudente, São Paulo, 2007.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; R.B. **Avaliação de interpoladores estatísticos e determinísticos na estimativa de atributos do solo em agricultura de precisão**. IDESIA (Chile). Volumen 26, Nº 2, Páginas 75-8175. 2008

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. Earth Explorer. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

VIGANÓ, H. A. et al. **Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster**. In Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, Paraná, 2011.