



**Universidade de Brasília – Unb  
Instituto de Humanas – IH  
Departamento de Geografia - GEA**

**PEDRO FONTOURA DA ROSA**

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO DA TERRA E DA INFLUÊNCIA DO  
COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM NA PAISAGEM**

**Brasília – DF**

**2019**

PEDRO FONTOURA DA ROSA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO DA TERRA E DA INFLUÊNCIA DO  
COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM NA PAISAGEM**

Monografia apresentada como requisito parcial à  
obtenção do título de bacharel em Geografia pela  
Universidade de Brasília – UnB.

Orientador: Prof. Valdir Adilson Steinke

Brasília, dezembro de 2019

PEDRO FONTOURA DA ROSA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO DA TERRA E DA INFLUÊNCIA DO  
COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM NA PAISAGEM**

Monografia apresentada como requisito parcial à  
obtenção do título de bacharel em Geografia pela  
Universidade de Brasília – UnB.

Brasília, dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Valdir Adilson Steinke  
Departamento de Geografia - Unb  
(Orientador)

---

Prof. Osmar Abílio de Carvalho Júnior  
Departamento de Geografia - Unb

---

Prof. Venicius Juvêncio de Miranda Mendes  
Curso de Geografia - UniProjeção

## **Agradecimentos**

Agradeço, primeiramente, a minha família por me apoiar em todos os momentos e me orientarem ao longo dos anos de estudo. Agradeço especialmente a minha mãe, Mariele, e a minha irmã, Mariana, pela companhia, carinho e por incentivarem e acreditarem em mim. Também ao meu pai, Alexandre, que, além do companheirismo e apoio, foi quem despertou meu interesse em estudos voltados à área ambiental e, conseqüentemente, quem me motivou a cursar Geografia.

Gostaria de deixar meus agradecimentos aos meus amigos de Unb, pela amizade construída ao longo destes quatro anos de curso e pelo apoio na escrita do trabalho. Assim como agradeço aos amigos do colégio que mantiveram as amizades e estiveram ao meu lado.

Por fim, agradeço aos colegas de trabalho e professores que me auxiliaram nos últimos anos, em especial ao meu orientador, Prof. Valdir Adilson Steinke, pelas sugestões e orientações na construção e conclusão da monografia.

## RESUMO

O litoral cearense, mais precisamente os municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia, foram cenários da implantação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), inaugurado oficialmente em 2002. Empreendimentos de grande porte como esse são capazes de influenciar as dinâmicas e a fisionomia da paisagem em que estão integrados, atraindo investimentos, interesses, negócios e pessoas para áreas próximas. O presente trabalho consistiu na análise da influência que o CIPP exerceu com o passar dos anos nas estruturas e dinâmicas da paisagem dos municípios por meio de uma Análise Multitemporal de seis anos (1993, 1999, 2005, 2008, 2013, 2018), abordando o período que antecede as construções industriais até os dias mais atuais. A análise multitemporal foi apresentada mediante mapas temáticos de uso da terra para a área de estudo selecionada, confeccionados por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, com a utilização dos softwares especializados. O procedimento gerou classes de uso da terra para cada ano, que foram mensuradas e comparadas, quantificando as alterações na superfície e interpretando os resultados junto a indicadores socioeconômicos para inferir a participação do complexo na dinâmica municipal com foco na variação da área urbana. A metodologia utilizada favorece o estudo de áreas extensas e sua gestão e planejamento territorial. Constatou-se que o CIPP gerou intensa alteração na região com mudanças evidentes na paisagem apresentada nos mapas temáticos. Houve atração de interesses e investimentos que alavancaram o Produto Interno Bruto, principalmente com o setor industrial, impactando sobretudo São Gonçalo do Amarante. Entretanto, o crescimento econômico veio paralelo a um crescimento urbano desordenado, que não dispôs de recursos suficientes para suprir direitos por uma infraestrutura básica, ocasionando em problemas na saúde, saneamento, ocupações irregulares, baixa assistência social, entre outros.

**Palavras-chave:** Análise Multitemporal, Paisagem, Uso da Terra, Classificador MAXVER, Complexo Industrial e Portuário do Pecém, Porto do Pecém, CIPP, TPP, Ceará, Caucaia, São Gonçalo do Amarante.

## **ABSTRACT**

The coast of Ceará, more precisely the municipalities of São Gonçalo do Amarante and Caucaia, were scenarios of implementation of the Pécem Industrial and Port Complex (CIPP), officially opened in 2002. Large size enterprises like this can influence the dynamics and physiognomy of the landscape in which they are integrated, attracting investments, interests, businesses, and people to nearby areas. The present work consisted of the analysis of the influence that CIPP had over the years in the structures and landscape dynamics of the municipalities, through a six-year Multi-temporal Analysis (1993, 1999, 2005, 2008, 2013, 2018), approaching the period that precedes industrial constructions to the present days. The multi-temporal analysis was introduced through land-use thematic maps for the chosen area, made from remote sensing and geoprocessing techniques with the use of specialized software. The procedure resulted in land use classes for each year, which were measured and compared, quantifying the surface changes, and interpreting the results paired with socioeconomic indicators to infer the complex's participation in the municipal dynamics, focusing on the variation of the urban areas. The methodology used favors the study of large areas and their management and territorial planning. It was found that CIPP caused intense modification in the area, with evident changes in the landscape presented in the thematic maps. There was attraction of interests and investments that leveraged the Gross Domestic Product, mainly with the industrial sector, impacting mostly São Gonçalo do Amarante. However, the economic growth paralleled with a disordered urban growth, which did not have enough resources to provide rights for basic infrastructure, causing problems in health, sanitation, irregular occupations, low social assistance, etc.

**Key words:** Multi-temporal Analysis, Landscape, Usage and Land Cover, MAXVER classifier, Pécem Industrial and Port Complex, Pecém Port, CIPP, TPP, Ceará, Caucaia, São Gonçalo do Amarante.

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO CIPP. ....	18
FIGURA 2 – PROCESSO DE COLETA DE INFORMAÇÃO POR SENSORES REMOTOS. LEGENDA: (A) FONTE DE ENERGIA OU ILUMINAÇÃO; (B) RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA E ATMOSFERA; (C) INTERAÇÃO COM O ALVO; (D) REGISTRO DA ENERGIA PELO SENSOR; (E) TRANSMISSÃO, RECEPÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS; (F) INTERPRETAÇÃO E ANÁLISE; (G) APLICAÇÕES. FONTE: SOUZA, R (CRS/INPE).....	22
FIGURA 3 - LINHA DO TEMPO DAS MISSÕES LANDSAT. FONTE: NASA, 2019. DISPONÍVEL EM: < <a href="https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-timeline/">HTTPS://LANDSAT.GSFC.NASA.GOV/LANDSAT-TIMELINE/</a> >. ACESSO EM: 25 OUT. 2019. ....	23
FIGURA 4 - PRINCIPAIS TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS SEGUNDO UM MODELO GERAL DE DIVISÃO. FONTE: (MENESES; ALMEIDA, 2012, p. 82). ....	27
FIGURA 5 – EQUAÇÃO DO COEFICIENTE DE KAPPA, EM QUE $K = \text{ÍNDICE DE EXATIDÃO KAPPA}$ ; $R = \text{NÚMERO DE LINHAS NA MATRIZ}$ ; $XI = \text{NÚMERO DE OBSERVAÇÕES NA LINHA [i]}$ E $XII = \text{NÚMERO DE OBSERVAÇÕES NA COLUNA [i]}$ ; $XI+ \text{ E } XII = \text{TOTAIS MARGINAIS DA LINHA [i] E COLUNA [i]}$ ; $N = \text{NÚMERO TOTAL DE OBSERVAÇÕES RESPECTIVAMENTE}$ . FONTE: CATTANI ET.AL., 2013.....	38
FIGURA 6 - FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS. ....	40
FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS PARA VALIDAÇÃO DE CAMPO .....	57
FIGURA 8 – COMPARAÇÃO ENTRE OS MAPAS TEMÁTICOS DE USO DA TERRA PRODUZIDOS. ....	60
FIGURA 9 - GRÁFICO DA VARIAÇÃO DAS CLASSES ANALISADAS POR ANO.....	61

## ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1 - ÁREA DE ESTUDO. ....	30
MAPA 2 – USO DA TERRA – 1993. ....	42
MAPA 3 – USO DA TERRA – 1999. ....	44
MAPA 4 - USO DA TERRA – 2005. ....	46
MAPA 5 - USO DA TERRA – 2008. ....	48
MAPA 6 - USO DA TERRA – 2013. ....	50
MAPA 7 - USO DA TERRA – 2018. ....	52

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DO SENSOR MULTISPECTRAL SCANNER SYSTEM (MSS). FONTE: EMBRAPA, 2013. DISPONÍVEL EM: < <a href="http://www.sat.cnpm.embrapa.br">HTTP://WWW.SAT.CNPM.EMBRAPA.BR</a> >. ACESSO EM: 24 OUT. 2019. ....	23
TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DO SENSOR THEMATIC MAPPER (TM). FONTE: EMBRAPA, 2013. DISPONÍVEL EM: < <a href="http://www.sat.cnpm.embrapa.br">HTTP://WWW.SAT.CNPM.EMBRAPA.BR</a> >. ACESSO EM: 24 OUT. 2019. ....	24
TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS DO SENSOR OPERATIONAL LAND IMAGER (OLI). FONTE: EMBRAPA, 2013. DISPONÍVEL EM: < <a href="http://www.sat.cnpm.embrapa.br">HTTP://WWW.SAT.CNPM.EMBRAPA.BR</a> >. ACESSO EM: 24 OUT. 2019. ....	24
TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS DO SENSOR THERMAL INFRARED SENSOR (TIRS). FONTE: EMBRAPA, 2013. DISPONÍVEL EM: < <a href="http://www.sat.cnpm.embrapa.br">HTTP://WWW.SAT.CNPM.EMBRAPA.BR</a> >. ACESSO EM: 24 OUT. 2019. ....	25
TABELA 5 - DESEMPENHO DO ÍNDICE KAPPA. FONTE: FONSECA (2000) <i>APUD</i> VIEIRA E FIGUEIREDO (2007).....	38
TABELA 6 - DADOS DAS CLASSES DE USO DA TERRA – 1993. ....	43
TABELA 7 - DESEMPENHO DO COEFICIENTE DE KAPPA - 1993.....	43
TABELA 8 - DADOS DAS CLASSES DE USO DA TERRA – 1999. ....	45
TABELA 9 - DESEMPENHO DO COEFICIENTE DE KAPPA - 1999.....	45
TABELA 10 - DADOS DAS CLASSES DE USO DA TERRA – 2005. ....	47
TABELA 11 – DESEMPENHO DO COEFICIENTE DE KAPPA - 2005.....	47
TABELA 12 – DADOS DAS CLASSES USO DA TERRA – 2008.....	49
TABELA 13 – DESEMPENHO DO COEFICIENTE DE KAPPA - 2008.....	49
TABELA 14 - DADOS DAS CLASSES DE USO DA TERRA – 2013. ....	51
TABELA 15 – DESEMPENHO DO COEFICIENTE DE KAPPA - 2013.....	51
TABELA 16 – DADOS DAS CLASSES DE USO DA TERRA – 2018.....	53
TABELA 17 – DESEMPENHO DO COEFICIENTE DE KAPPA – 2018. ....	53
TABELA 18 - DADOS DAS CLASSES DE USO DA TERRA PARA TODOS OS ANOS ANALISADOS. ....	61
TABELA 19 – DADOS DAS CLASSES DE USO DA TERRA PARA TODOS OS ANOS ANALISADOS DENTRO DA ÁREA DO CIPP. ....	64
TABELA 20 – NÚMERO DE EMPREGOS FORMAIS POR SETOR EM SÃO GONÇALO DO AMARANTE - CE. FONTE: MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE-RAIS). DISPONÍVEL EM: < <a href="http://cipp.ipece.ce.gov.br/cipp/mappav/vi/serie.php?idresult=136">HTTP://CIPP.IPECE.CE.GOV.BR/CIPP/MAPPAV/VI/SERIE.PHP?IDRESULT=136</a> >. ACESSO EM 05 NOV. 2019. ....	65

## ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 - INFORMAÇÕES DAS CENAS UTILIZADAS NA ANÁLISE MULTITEMPORAL. ....	32
QUADRO 2 - RESPOSTA DA LAGOA GERERAÚ POR CENA ANALISADA APÓS O TRATAMENTO DE IMAGEM. ....	56

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3	JUSTIFICATIVA	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>15</b>
2.1	EMPREENHIMENTOS INDUSTRIAIS PORTUÁRIOS NO BRASIL	15
2.2	COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM (CIPP)	17
2.3	PAISAGEM	19
2.4	MÉTODOS DE IMAGEAMENTO	21
2.4.1	<i>Sensoriamento Remoto</i>	21
2.4.2	<i>Landsat</i>	23
2.4.3	<i>Processamento Digital de Imagens</i>	26
2.4.4	<i>Análise Multitemporal</i>	27
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>29</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO	29
3.2	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO (1ª ETAPA)	30
3.3	PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO (2ª ETAPA)	31
3.3.1	<i>Processamento Digital das Imagens de Satélite</i>	32
3.3.2	<i>Classificação Supervisionada por Método de Máxima Verossimilhança e Pós Classificação</i>	34
3.3.3	<i>Métodos de Validação dos Resultados</i>	37
3.4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS (3ª ETAPA)	39
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>41</b>
4.1	RESULTADO E ANÁLISE DO CLASSIFICADOR MAXVER POR ANO DE ESTUDO	41
4.1.1	<i>Mapa de Uso da Terra - 1993</i>	42
4.1.2	<i>Mapa de Uso da Terra – 1999</i>	44
4.1.3	<i>Mapa de Uso da Terra – 2005</i>	46
4.1.4	<i>Mapa de Uso da Terra – 2008</i>	48
4.1.5	<i>Mapa de Uso da Terra – 2013</i>	50
4.1.6	<i>Mapa de Uso da Terra – 2018</i>	52
4.1.7	<i>Resultado do Classificador MAXVER por Classe de estudo</i>	54
4.1.8	<i>Validação das Classes em Campo</i>	57
4.1.9	<i>Análise Geral dos Resultados do Classificador MAXVER</i>	58
4.2	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS OBTIDOS	58
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>71</b>
<b>7</b>	<b>APÊNDICES</b>	<b>75</b>
7.1	APÊNDICE I	76

7.2	APÉNDICE II .....	77
7.3	APÉNDICE III .....	78
7.4	APÉNDICE IV .....	79
7.5	APÉNDICE V .....	80
<b>8</b>	<b>ANEXO.....</b>	<b>81</b>
8.1	ANEXO I .....	81

## 1 INTRODUÇÃO

A implantação de um empreendimento industrial e portuário é capaz de afetar diretamente as dinâmicas do espaço geográfico, refletindo no cotidiano de comunidades próximas, alterando suas formas e redirecionando funções atribuídas a elas. Com isso, torna-se importante o estudo dessas dinâmicas para compreender as mudanças ocorridas no aspecto paisagístico das comunidades alvo.

O Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), localizado no município de São Gonçalo do Amarante – CE, começou a ser construído na última década do século XX, com o Terminal Portuário do Pecém (TPP), e é um exemplo de empreendimento do gênero que movimenta a logística do espaço geográfico e de paisagens em que atua.

O funcionamento de regiões portuárias vem acompanhado de grandes logísticas de operação que conduzem etapas da cadeia produtiva de empresas exportadoras ou importadoras, integrando procedimentos de transporte rodoviário, aquaviário e ferroviário, além de questões como as de armazenamento, segurança operacional, gerenciamento de resíduos, medidas de mitigação e controle de impactos, sempre regulados e fiscalizados por órgãos públicos que gerenciam as condições para o funcionamento adequado dos portos.

Dessa forma, o espaço geográfico tende a ser requalificado por um novo sistema de processos e informações aplicados a ele, atendendo, sobretudo, “aos interesses dos atores hegemônicos da economia, da cultura e da política e são incorporados plenamente às novas correntes mundiais” (SANTOS, 2006, p.160).

Os complexos industriais e portuários receberam um grande incentivo a partir da primeira metade do século XX no Brasil, tornando os processos portuários cada vez mais intensos em suas áreas de influência. A presença do TPP e de indústrias no Ceará potencializa alterações sobretudo no âmbito social, ambiental, econômico, político e cultural. Essas mudanças, entretanto, podem ser positivas ou negativas. Por tratarem de grandes polos de serviços, os complexos portuários atraem indústrias, trabalhos e comércios que contribuem economicamente com os locais em que estão inseridos. Porém, essa atração de novos sistemas pode trazer inconvenientes ao meio ambiente e às populações próximas, podendo passar por mudanças espaciais que afetam o modo de vida das comunidades.

A paisagem é uma categoria de análise geográfica útil para compreender e dimensionar os impactos de uma região. É estudada há muitos anos na geografia, com diferentes vertentes a

interpretando de maneiras variadas, de forma a buscar a compreensão de seus fenômenos, sendo as diversas abordagens filosóficas úteis como ferramentas para sua concepção. O entendimento dela é um elemento chave para analisar as mudanças perceptíveis em uma área impactada e fundamentar seus processos.

Carl Sauer (1925) já se referia a paisagem como uma área composta por uma associação distinta de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais. Nela, as relações sociais e culturais das comunidades agem sobre a área natural, que serve como meio, e consolidam suas relações e valores. Segundo ele, um grupo cultural é o agente que atua na modelagem de uma paisagem cultural a partir de uma paisagem natural. Já Bertrand (2004) se refere a ela como o resultado de uma combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que a tornam um conjunto único e indissociável.

Para o presente projeto, a paisagem é utilizada como meio de avaliação da influência que a implementação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém gerou no litoral cearense. A análise da paisagem é realizada por meio de um mapeamento do uso da terra da região ao longo dos anos de implementação. São reunidas imagens de satélites orbitais dispostas em sequências multitemporais, de antes e durante a construção do CIPP, trabalhadas em sistemas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, a fim de destacar as principais mudanças no aspecto visível da paisagem local.

A pesquisa inicial do trabalho fundamenta-se no levantamento de dados por meio de livros, artigos, dissertações, legislação, imagens de satélite e consulta a dados públicos. As imagens utilizadas provêm de satélites da série Landsat, no período de 1993 a 2018, e trabalhadas nas ferramentas de geoprocessamento ENVI e Arcgis. Assim, com base nos procedimentos anteriores, é possível analisar os padrões da paisagem e interpretar as mudanças advindas de processos na área de estudo.

As teorias e conceitos aplicados ao espaço geográfico e à sua paisagem como um todo são importantes para interpretar os resultados da análise, buscando, deste modo, respostas em suas dinâmicas por meio do que pôde ser verificado nos resultados das etapas de pesquisa e na paisagem visualizada. Compreender seu desenvolvimento e padrões fomentam estudos e dão auxílio ao planejamento da sociedade e de políticas públicas para a região.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

- Analisar a influência da instalação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) na alteração da paisagem de sua área de influência por meio de um mapeamento do uso da terra.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aplicar técnicas de geoprocessamento em imagens de satélite de diferentes períodos da área de estudo para a confecção de mapas de uso da terra.
- Mensurar as classes do uso da terra e analisar a eficácia do método de classificação utilizado.
- Analisar a contribuição do CIPP nas mudanças observadas na área de estudo no período estudado por meio dos dados gerados e de indicadores.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

A atividade portuária é responsável por atrair vários investimentos ao país e às áreas em que são implementadas, fortalecendo o setor de logística comercial e possibilitando a entrada e a saída de produtos em grandes volumes e com custos relativamente reduzidos em relação a outros meios de transporte de cargas. Com isso, influencia fortemente as regiões em seu entorno e induz a mudanças nos comportamentos sociais e econômicos, modificando a paisagem natural e urbana ao gerar e alterar dinâmicas e atrair interesses.

Com a chegada de empreendimentos de grande porte e de grande interesse econômico como ocorreu na região de implantação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), são gerados impactos positivos e negativos que tendem a afetar o meio ambiente e a população, alterando a paisagem e as dinâmicas locais.

Uma das formas de avaliar e compreender as mudanças é a partir dos estudos da paisagem com o seu dinamismo, sendo capaz de indicar várias alterações no espaço geográfico servindo como importante categoria de análise. Em casos como o do empreendimento que engloba os municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia, as mudanças nas fisionomias paisagísticas podem ter sentido na chegada de grandes investimentos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 EMPREENDIMENTOS INDUSTRIAIS PORTUÁRIOS NO BRASIL**

Os portos são utilizados como meio de transporte no Brasil já no período colonial e perpetuam hoje como um setor significativo, sempre participando com importante papel na economia nacional a partir da logística de importação e exportação de mercadorias.

Com o passar do tempo o setor portuário no país sentiu a necessidade de se adaptar e ampliar as suas atividades. Acompanhando a tendência de modernização e intensificação do setor no país ao longo do último século, com a implementação de leis e ações que atingiam diretamente portos e indústrias, o estado do Ceará conviveu com vários projetos e tentativas de industrialização da região, que resultaram em uma série de fatores que contribuíram para a formação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém e que dão continuidade à modernização do setor e à atração de indústrias até os dias atuais.

O desenrolar político-econômico do Brasil em sua história ajuda a compreender, mesmo que de forma resumida, fatores que favoreceram o surgimento de portos industriais na primeira metade do século XX e a relação existente entre eles e as cidades próximas. Desde o período colonial, o setor portuário passou por mudanças atrás de inovação e maior competitividade, enfrentando crises e incentivos econômicos e novas maneiras de produção em massa alavancadas por conta das revoluções industriais.

A variedade de cargas aumentou consideravelmente, sejam elas provenientes do setor industrial, agrícola ou alimentício; o transporte e a logística das malhas rodoviárias, ferroviárias e aquaviárias foram intensificadas; o portos passaram a exercer cada vez mais influência como polos de concentração econômica, atingindo direta e indiretamente as dinâmicas nas regiões as quais estão inseridos, gerando impactos socioambientais e econômicos.

A região Nordeste, como ponto de chegada e de centralização comercial dos colonos, abrigou as primeiras cidades-porto brasileiras. Os portos da região litorânea eram os responsáveis pela entrada e saída de pessoas e produtos no Brasil, como o desembarque de colonos, de mercadorias provenientes de Portugal e de escravos, e também pela exportação de mercadorias tropicais, favorecendo o crescimento econômico das cidades nordestinas, que no momento dispunham a posição central na economia, administração e política do país (MONIE, 2011).

Segundo Monie (2011), as instalações portuárias agiam como “instrumentos a serviço do capitalismo mercantil e da dominação colonial representativos da inserção dependente do Brasil nas redes de trocas na economia-mundo ocidental”.

Nos anos seguintes a economia no sudeste do país se desenvolveu com o crescimento intensivo de atividades agrícolas na região e o aumento da exploração mineral. A região nordeste deixava de ser o centro político administrativo e a capital federal seria transferida para o Rio de Janeiro em 1763. Monie (2011) também destaca a influência da mudança do centro político-econômico do Brasil para o setor portuário e a abertura dos portos às nações amigas como um importante marco para o sistema de trocas internacionais:

Em seguida, o deslocamento do centro de gravidade da economia do Nordeste para as Minas Gerais e a transferência da capital para o Rio de Janeiro mudaram a hierarquia portuária que passou a ser dominada pelos portos do Sudeste. Em 1808, a abertura dos portos às nações amigas constituiu outro marco na história do sistema portuário por simbolizar o fim de exclusivismo colonial e o ingresso no sistema liberal de trocas internacionais. Porém, a intensificação das importações e das exportações não foi acompanhada por uma mudança da pauta do comércio exterior nem por um aumento significativo da participação do Brasil no comércio mundial (MONIE, 2011, p. 02).

O crescimento das exportações brasileiras, principalmente a partir da produção cafeeira, inseriram o país cada vez mais no mercado mundial e exigiu que os portos se modernizassem para aperfeiçoar a logística no transporte de produtos. Alguns acontecimentos no início do século XX deram início a uma mudança no patamar político-econômico brasileiro, gerando consequências às exportações.

O início da década de 30 do século XX ficou marcada por mudanças que alavancaram a industrialização. O café, que era então uma das principais fontes de renda, se deparou com uma intensa queda em suas exportações por conta da quebra da Bolsa de Valores de Nova Iorque, em outubro de 1929. O sistema político econômico, que já se encontrava em desequilíbrio, sofreu com os efeitos da nova crise, exigindo mudanças no cenário atual. Conforme Cano (2015, p. 446), o Brasil reagiu rapidamente ao enfrentamento da crise, sendo um precursor na tarefa de substituir o governo liberal e implantar ousadas alterações na política econômica e na forma de intervenção econômica do Estado Nacional, exigindo não só “uma rápida e efetiva política estatal de defesa da renda e do emprego, mas também a construção de uma política de industrialização, única rota para sair da grave crise e ingressar em formas econômicas urbanas mais modernas e progressistas”. O autor destaca a relevância do período na industrialização brasileira:

Entre 1930 e 1945, com o I Vargas, pudemos avançar a industrialização, graças à inequívoca condução de uma política nacional de desenvolvimento. Entendamos,

contudo, que tal política continha muitas falhas temáticas e sociais, e não poderia conter, para saná-las, maiores recursos e uma estrutura específica de planejamento. A política anticíclica aplicada na economia cafeeira gerou o efeito renda que permitiu a manutenção da demanda interna em elevado nível, estimulando a indústria a produzir, substituindo as importações para as quais não contávamos com divisas. Isto estimulou o processo de industrialização, que forçou a integração do mercado nacional. Mas também o restante do Brasil recebeu fortes impactos positivos desse processo, pois, se entre 1928 e 1939 a indústria de transformação cresceu em São Paulo, à taxa média anual de 7,3%, a do restante do Brasil foi de 6,4% e, entre 1939 e 1949, elas foram, respectivamente, 9,8% e 7,8%. (CANO, 2015, p.448)

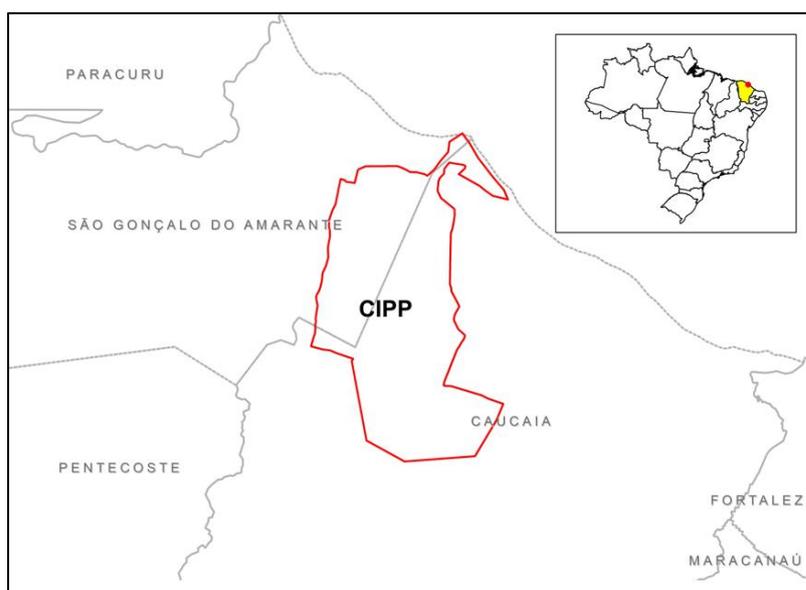
Foi com o governo de Getúlio Vargas que ocorreram importantes investimentos na indústria de base. Somente a partir desse período é que se pode afirmar a existência de um complexo industrial e portuário no Brasil, devido ao surgimento de indústrias de base com dependência de matéria-prima importada através de portos (TELES e AMORA, 2016).

A emergência dos complexos industriais e portuários surgiu como uma resposta às demandas que acompanharam as novas indústrias e como uma maneira de favorecer a logística do processo de produção e transporte, estabelecendo uma relação mais próxima entre os setores industrial e portuário, com o porto conduzindo a dinâmica do complexo, o volume de importação e exportação de produtos, as relações econômicas, políticas e sociais.

Assim, ainda conforme Teles e Amora (2016), entende-se por complexo industrial e portuário uma relação entre porto e indústria na qual o porto assume posição de destaque, uma vez que sua presença na área industrial e suas qualidades orientam os tipos de indústrias construídas, sua hinterlândia, e suas relações multiescalares estabelecidas desde sua logística.

## **2.2 COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM (CIPP)**

O Complexo Industrial e Portuário Mario Covas, mais conhecido como Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), está localizado no estado do Ceará, nos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia, a cerca de 40 km de Fortaleza, e compreende um complexo industrial orientado pela presença de um porto (Figura 1).



**Figura 1 - Localização e delimitação do CIPP.**

A construção do complexo industrial teve início em março de 1995, com o Grupamento de Navios Hidroceanográficos da Marinha do Brasil, que realizou os primeiros levantamentos ecobatimétricos na região denominada de Ponta do Pecém, no município de São Gonçalo do Amarante. Em maio de 1996 o TPP começou a ser construído, atraindo a construção de importantes rodovias de acesso e finalizando importantes obras nos anos que procederam, como da Ponte de Acesso e do Píer 1, do Sistema Elétrico do CIPP, do Píer 2 e conclusão do Quebramar para, enfim, como parte do CIPP, iniciar suas operações comerciais em novembro de 2001 e ser inaugurado oficialmente em março de 2002 (Porto do Pecém).

Por se tratar de uma região litorânea com condições geográficas favoráveis e estratégicas para a atividade portuária e, conseqüentemente, para a logística de exportação do nordeste, o local foi escolhido para a instalação do Terminal Portuário do Pecém, que abriria portas para o funcionamento do CIPP. O TPP serviu como local estratégico cuja retroárea compreenderia espaços destinados a funcionar como Zona de Processamento de Exportação – ZPE, e como área de atração de grandes empreendimentos dos setores petroquímico e siderúrgicos (CEARÁ, 2013).

A estruturação do CIPP é distribuída por setores que envolvem diversas áreas e instalações, como: o porto (TPP), usinas, terminais de carga, áreas de armazenagem, uma extensa correia transportadora, áreas urbanas, demais áreas industriais e infraestruturas de transporte. O Complexo faz parte de um dos projetos estratégicos do Plano de Desenvolvimento Sustentável do Ceará 1995-1998 (CEARÁ, 2013).

O CIPP foi instituído com o intuito de inserir o Ceará na rota internacional do comércio, com destaque para atividades industriais, numa área que agregue desenvolvimento, sustentabilidade e logística aprimorada (AECIPP, 2019), crescendo em busca de desenvolvimento econômico local, regional e nacional, movimentando materiais siderúrgicos, fertilizantes, granel e contêineres. Também visa reestruturar o parque industrial cearense com a promoção de atividades industriais estruturantes que repercutem na dinâmica econômica cearense impondo um ritmo de crescimento e de desenvolvimento estadual em um novo patamar (CEARÁ, 2014).

Segundo o Plano Diretor do CIPP, o conceito original do Complexo, baseado na política de desenvolvimento do Estado, objetivava a implantação de indústrias-âncoras, com fortes interdependências técnicas a montante e a jusante de suas respectivas cadeias produtivas de grande importância para o desenvolvimento econômico, na formação de renda e na geração de empregos. O pressuposto era que tais indústrias atrairiam a implantação de outras unidades industriais e de serviços, compondo importantes cadeias produtivas ou clusters (arranjos produtivos locais), com grande capacidade de impulsionar o desenvolvimento regional. (CEARÁ, 2014, p. 20).

Por se tratar de um complexo industrial e portuário de acordo com a definição apresentada por Teles e Amora (2016), sua movimentação de cargas está diretamente condicionada ao TPP.

Com o passar dos anos, desde sua inauguração, o CIPP vem crescendo e se modernizando de acordo com a demanda econômica presente. Um empreendimento industrial expressivo potencializa as dinâmicas das populações ao seu redor, inferindo direta e indiretamente nas estruturas locais e nas características da paisagem ao atrair processos diversos para os municípios, sejam eles econômicos, políticos, culturais, entre outros. O intenso movimento de cargas das indústrias para o TPP, a atração de novos trabalhos para a região, a presença constante de novas pessoas e o crescimento urbano são exemplos de acontecimentos capazes de transformar as dinâmicas da paisagem.

### **2.3 PAISAGEM**

Tratando-se de uma importante categoria de análise do espaço geográfico, a paisagem foi objeto de estudo de diversos pesquisadores das mais diferentes áreas do conhecimento ao longo dos séculos, conseqüentemente sendo interpretada a partir de diversos pontos de vista. Como exemplo, pode-se partir das ideias de Carl Sauer, Bertrand e Milton Santos.

Carl Sauer (1925) se referia a paisagem como uma área composta por uma associação distinta de formas ao mesmo tempo físicas e culturais, com relações sociais e culturais das

comunidades agindo sobre a área natural consolidando suas relações e valores a partir de um grupo cultural (paisagem cultural modelada a partir de uma paisagem natural). O brasileiro Milton Santos (1988) conceitua-a como tudo aquilo que nós vemos e que nossa visão alcança, o domínio do visível, formada não apenas de volumes, mas de cores, movimentos, odores, sons, entre outros. Já Bertrand (2004) afirma que a paisagem é o resultado de uma combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que as tornam um conjunto único e indissociável.

A presença do homem em um local implica na produção de seu espaço geográfico que passa a ser alvo de interesses. A paisagem é criada por acréscimos e substituições; um objeto feito no passado não foi submetido à mesma lógica da produção do momento atual (SANTOS, 1988). O aspecto que é presenciado atualmente em cidades, por exemplo, é resultado de dinâmicas e de objetos de diversos períodos históricos que podem não estar mais presentes.

Segundo o autor brasileiro, a paisagem tem um movimento rápido, susceptível à mudanças irregulares ao longo do tempo, constituindo um conjunto de formas heterogêneas de diferentes idades e tempos históricos representativos que escrevem sua história um sobre o outro, nascendo não só das possibilidades técnicas de uma época, mas também “das condições econômicas, políticas, culturais etc.” (SANTOS, 1988, p. 24); como expressa no trecho:

A paisagem não se cria de uma só vez, mas por acréscimos, substituições; a lógica pela qual se fez um objeto no passado era a lógica de produção daquele momento. Uma paisagem é escrita sobre a outra, é um conjunto de objetos que têm idades diferentes, é uma herança de muitos diferentes momentos. (SANTOS, 1988, p. 23)

A paisagem que corresponde à área em estudo diretamente afetada pelas atividades do CIPP, mesmo que analisada, a princípio, por meio de uma série de imagens estáticas, retoma um ciclo histórico, remete a memórias passadas, à identidade e afetividade com grupos que a integram, sendo capaz de informar muito quanto as naturezas sociais, políticas, ambientais e econômicas da região. Quando apresentadas em uma sequência temporal facilitam a percepção de sua alteração, permitem dimensionar a influência de seus agentes internos.

A citação a seguir indica a importância da paisagem enquanto suporte material e com a função de alimentar o subjetivo:

A paisagem enquanto suporte material das lembranças assenta afetividades e efetiva conhecimentos, grupos sociais e saberes-fazer, guarda as marcas do tempo, o movimento da história. (...) Por um lado, se a paisagem é material, por outro, sua função é a de alimentar o subjetivo. Ela indica as correntezas das relações do passado e preserva as tradições técnicas no presente para, sobretudo, dar corpo a um imaginário sobre objetos, lugares e grupos a serem mantidos nas lembranças do futuro. (COSTA, 2014, p. 82)

Existe ainda uma relação mútua entre a paisagem e o grupo que a constitui. Costa (2014, p. 84) afirma que “o lugar, a paisagem, o território e até mesmo um recorte regional recebem a marca de um grupo, correspondem a um modo de vida ativo histórico [ou *gênero de vida*] e, reciprocamente, produzem esse mesmo grupo”.

A exemplo do que foi citado, pode-se destacar a influência da paisagem natural do Pecém sob os grupos. O litoral da região é característico por possuir condições apropriadas para a instalação do setor portuário por se tratar de um ponto estratégico para o escoamento de produtos no Nordeste e por sua proximidade com a Europa, além de características físicas que facilitam a atracagem de veículos aquaviários de grande porte, não havendo sequer a necessidade de dragagem em sua instalação. A principal fonte de renda dos moradores locais provém da pesca, também por se tratar de uma região litorânea, evidenciando mais um exemplo do efeito da paisagem natural nos grupos sociais. Da mesma maneira, os grupos constituem suas vivências e deixam suas marcas na paisagem ao participarem dela impondo suas dinâmicas e estruturas sociais, econômicas e políticas.

A compreensão das paisagens é um instrumento para o aprimoramento de sua análise e entendimento de suas dinâmicas. Avaliar e interpretar os tipos, conceitos e noções apresentados por estudiosos permite o acesso a uma visão mais integrada dos processos da categoria em questão, que deve ser pensada paralelamente às condições políticas, econômicas e culturais, pois ela nos restitui todo um cabedal histórico de técnicas porém, sem mostrar todos os dados, que nem sempre são visíveis (SANTOS, 1988).

## **2.4 MÉTODOS DE IMAGEAMENTO**

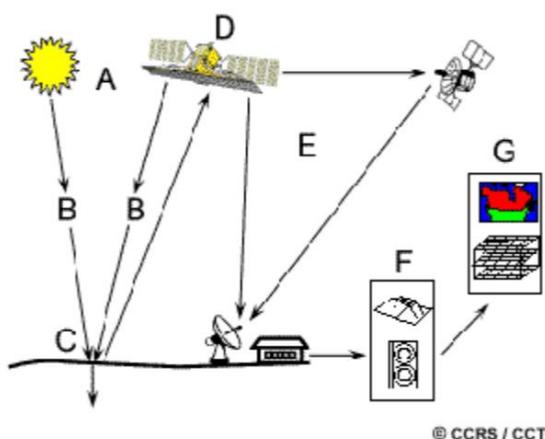
### **2.4.1 SENSORIAMENTO REMOTO**

O sensoriamento remoto é uma tecnologia muito utilizada para a obtenção de imagens da superfície terrestre por meio de sensores remotos que detectam a energia dos objetos alvo. A definição mais comum de sensoriamento remoto, de acordo com Meneses e Almeida (2012), é que consiste em uma técnica de obtenção de imagens de objetos da superfície terrestre sem a necessidade de um contato físico entre o sensor e o objeto. Porém, do ponto de vista mais científico, os autores o classificam como uma ciência que busca desenvolver e capturar imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestre.

Os sensores são equipamentos capazes de coletar e converter a energia proveniente de objetos a fim de extrair de forma adequada as informações desejadas (SPRING, 2019). Já os sensores remotos são entendidos como “sistemas fotográficos ou óptico-eletrônicos que detectam e registram o fluxo de energia radiante refletido ou emitido por objetos distantes (SPRING, 2019).

Os sensores ainda podem ser classificados como ativos, emitindo sua própria fonte de radiação eletromagnética, ou passivos, utilizando outras fontes de radiação não emitidas por ele. Portanto, os sensores possibilitam a captação de informações a respeito da superfície terrestre com o intuito de gerar as informações desejadas por meio dos dados obtidos.

A Figura 2 mostra um esquema representativo do processo de coleta e informação por sensores remotos:



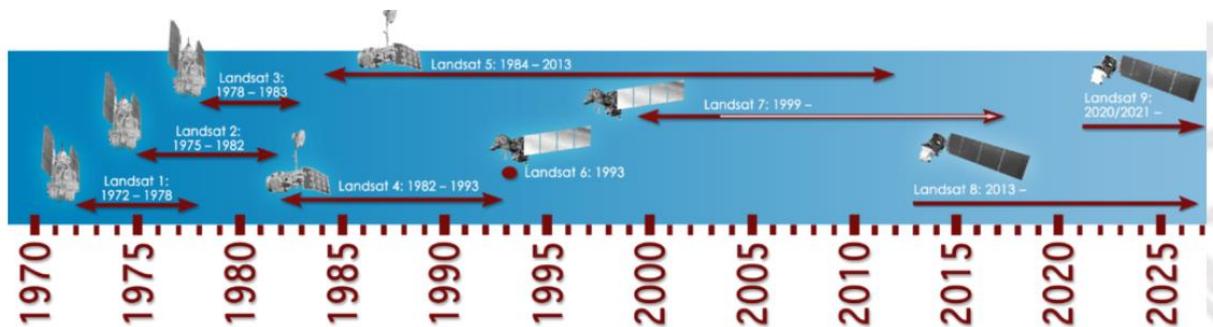
**Figura 2 – Processo de coleta de informação por sensores remotos. Legenda: (A) Fonte de energia ou iluminação; (B) Radiação eletromagnética e atmosfera; (C) Interação com o alvo; (D) Registro da energia pelo sensor; (E) Transmissão, recepção e processamento dos dados; (F) Interpretação e análise; (G) Aplicações. Fonte: Souza, R (CRS/INPE).**

A técnica de sensoriamento remoto, sobretudo a realizada por meio de sensores imageadores, possibilita o acesso a uma ampla visão de paisagens. É um método que viabiliza análises mais apuradas delas permitindo a extração de informações mais precisas, com maior periodicidade e sem a necessidade de um levantamento de campo, reduzindo custos. A imagem disponibilizada como resultado dos dados coletados pelos sensores é capaz fornecer informações de áreas urbanas, vegetações nativas, agriculturas, áreas desmatadas, entre outros, gerando uma base estatística.

## 2.4.2 LANDSAT

A série de satélites LANDSAT dispõe de imagens capazes de propiciar uma sequência apropriada da transição da paisagem em várias regiões, abrangendo uma série histórica datada do início da década de 70. A faixa temporal de funcionamento da série de satélites favorece sua utilização para a metodologia de análise temporal.

A série teve início na década de 60 com um projeto desenvolvido pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA), dedicando-se exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres (DGI/INPE, 2019). O primeiro satélite, o Landsat 1, iniciou seus trabalhos em 1972 (Figura 3). Compreende ao todo 8 satélites (de Landsat 1 ao Landsat 8).



**Figura 3 - Linha do tempo das missões Landsat. Fonte: NASA, 2019. Disponível em: <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/a-landsat-timeline/>>. Acesso em: 25 out. 2019.**

Cada satélite possui propriedades que podem variar e que alteram o resultado final. As imagens do LANDSAT 4 e 5, por exemplo, foram captadas com os sensores MSS e TM, enquanto o LANDSAT 7 com ETM+ e o 8 com os sensores OLI e TIRS. O foco será atribuído às imagens do Landsat 5 e Landsat 8, que possuem os sensores e imagens da série mais apropriados para o período e análise da área desejada, ou seja, os sensores MSS e TM para o Landsat 5, e os sensores OLI e TIRS para o 8.

O sensor MSS foi carregado nos 5 primeiros Landsats, operando com 4 bandas espectrais (Tabela 1). O Landsat 3 possuía uma banda adicional para o sensor infravermelho termal. Porém, houve uma falha no sensor termal após o lançamento (Embrapa, 2013).

**Tabela 1 - Características do sensor Multispectral Scanner System (MSS). Fonte: EMBRAPA, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpem.br>>. Acesso em: 24 out. 2019.**

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
MSS (Multispectral Scanner System)	(B4) VERDE	0.5 - 0.6 $\mu\text{m}$	57 x 79 m	18 dias (L1-L3); 16 dias (L4-L5)	185 km	6 bits (L1-L3); 8 bits (L4-L5)
	(B5) VERMELHO	0.6 - 0.7 $\mu\text{m}$				
	(B6) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.7 - 0.8 $\mu\text{m}$				
	(B7) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.8 - 1.1 $\mu\text{m}$				
	(B8) INFRAVERMELHO TERMAL	10.41-12.6 $\mu\text{m}$				
s.d. = sem dados/informações						

O sensor TM, foi executado para projetar maior resolução da imagem, uma separação espectral nítida e melhor precisão e resolução radiométrica que o sensor MSS (NASA, 2019). Possui 7 bandas espectrais e a banda 6 para o infravermelho termal, conforme Tabela 2.

**Tabela 2 - Características do sensor Thematic Mapper (TM). Fonte: EMBRAPA, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 24 out. 2019.**

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
TM (Thematic Mapper)	(B1) AZUL	0.45 - 0.52 $\mu\text{m}$	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	(B2) VERDE	0.52 - 0.60 $\mu\text{m}$				
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 $\mu\text{m}$				
	(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.76 - 0.90 $\mu\text{m}$				
	(B5) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55 - 1.75 $\mu\text{m}$				
	(B6) INFRAVERMELHO TERMAL	10.4 - 12.5 $\mu\text{m}$	120 m			
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.08 - 2.35 $\mu\text{m}$	30 m			
s.d. = sem dados/informações						

O sensor OLI mede as faixas do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas do espectro (NASA, 2017), possuem resoluções espaciais microcromáticas de 15 e 30 metros ao longo de uma faixa de 185 km fornecendo resolução suficiente para distinguir recursos da superfície para o uso da terra. Diferente do sensor TM, o OLI ainda possui uma banda pancromática. A Tabela 3 apresenta em detalhes algumas as principais características do sensor do Landsat 8.

**Tabela 3 - Características do sensor Operational Land Imager (OLI). Fonte: EMBRAPA, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 24 out. 2019.**

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) COSTAL	0.433 - 0.453 $\mu\text{m}$	30 m	16 dias	185 km	12 bits
	(B2) AZUL	0.450 - 0.515 $\mu\text{m}$				
	(B3) VERDE	0.525 - 0.600 $\mu\text{m}$				
	(B4) VERMELHO	0.630 - 0.680 $\mu\text{m}$				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.845 - 0.885 $\mu\text{m}$				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.560 - 1.660 $\mu\text{m}$				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.100 - 2.300 $\mu\text{m}$				
	(B8) PANCROMÁTICO	0.500 - 0.680 $\mu\text{m}$	15 m			
	(B9) Cirrus	1.360 - 1.390 $\mu\text{m}$	30 m			

s.d. = sem dados/informações

O TIRS consiste em um sensor infravermelho térmico que mede a temperatura da superfície terrestre em duas bandas térmicas. Possui fotodetectores infravermelhos para detectar longos comprimentos de onda da luz emitida na superfície, chamados de infravermelhos térmicos, que não são detectáveis pela visão humana (NASA, 2017). As características do sensor estão dispostas na Tabela 4.

**Tabela 4 - Características do sensor Thermal Infrared Sensor (TIRS). Fonte: EMBRAPA, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em: 24 out. 2019.**

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica	Área Imageada
TIRS (Thermal Infrared Sensor)	(B10) LWIR - 1	10.30 - 11.30 $\mu\text{m}$	100 m	16 dias	12 bits	185 km
	(B11) LWIR - 2	11.50 - 12.50 $\mu\text{m}$				

s.d. = sem dados/informações

Dentre estas e outras características e utilidades, a Embrapa (2013) discute as principais aplicações da série Landsat, como: mapeamentos temáticos diversos, mapeamentos hidrológicos, prospecção geológica, mapas de uso e cobertura da terra e planejamento urbano e regional.

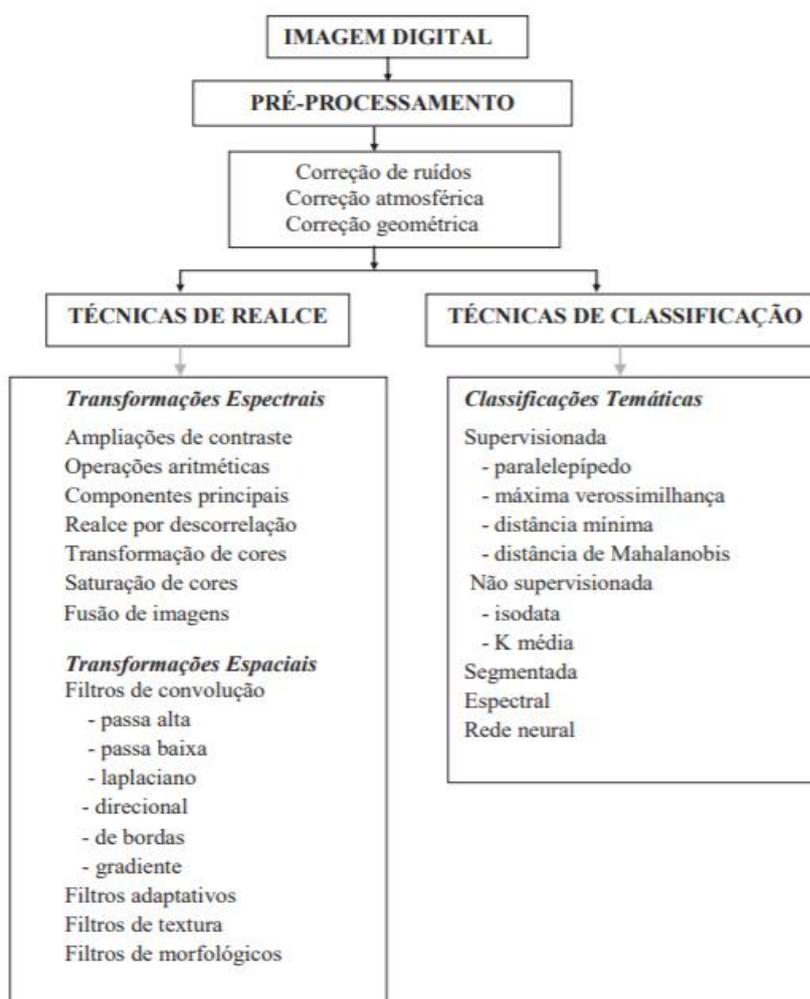
As características dos sensores e satélites são diversas. Suas variações encontram-se tanto no posicionamento dos satélites e características orbitais, como na altitude, inclinação, tempo de duração da órbita, horário de passagem e também na resolução espectral, que melhorou com o passar dos anos. As diferenças existentes comprometem a análise multitemporal de uma área. Para isso, o processamento digital de imagens surge como uma alternativa para trabalhar e corrigir as diferenças de posicionamento geográfico e qualidade a fim de reduzir as diferenças e interferências existentes.

### 2.4.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Apesar das imagens apresentarem um grande número de informações, muitas vezes necessitam de processamentos para torná-las mais interpretáveis ao olho humano e adequadas para análise.

O processamento digital de imagens consiste na manipulação de imagens por meio de técnicas de análise de dados multidimensionais adquiridos por sensores, onde a entrada e a saída do processo são imagens (SPRING, 2019). Um de seus segmentos consiste na execução de operações matemáticas de dados para adquirir melhores qualidades espectrais e espaciais às imagens para torná-las mais apropriadas para uma determinada aplicação, sendo configurado por algoritmos especializados que geram a aplicação de uma grande variedade de técnicas de processamento (MENESES; ALMEIDA, 2012, p. 82).

As imagens podem passar por etapas de realce ou classificação. Porém, caso necessário, poderão ser submetidas anteriormente ao chamado pré-processamento. Para Meneses e Almeida (2012), o pré-processamento fundamenta-se em técnicas para remover ou corrigir erros e distorções existentes nas imagens por conta de erros instrumentais, de interferências da atmosfera e da geometria de imageamento. Já a técnica de realce implica na melhoria da qualidade da imagem para melhor discriminação dos objetos sob os critérios do olho humano (SPRING, 2019) por meio de processos de transformações espectrais e espaciais. A manipulação do contraste, por fim, ainda de acordo com o SPRING (2019), consiste numa transferência radiométrica em cada "pixel", capaz de aumentar a discriminação visual entre os objetos da imagem.



**Figura 4 - Principais técnicas de processamento de imagens segundo um modelo geral de divisão. Fonte: (MENESES; ALMEIDA, 2012, p. 82).**

De modo geral, o processamento digital de imagens é uma técnica que permite facilitar a correção, visualização e análise da imagem de vários elementos da paisagem, ficando a critério do pesquisador os objetos que deseja manipular a fim de alcançar os resultados desejados.

Como destacado na Figura 4, várias são as técnicas de processamento, podendo executar procedimentos como o contraste, saturação de cores, filtragem, classificações supervisionadas, correlação de dados com parâmetros estatísticos, entre outros. Portanto, configura-se como um instrumento eficaz para a análise de paisagens.

#### 2.4.4 ANÁLISE MULTITEMPORAL

A análise multitemporal, segundo Novo (1988, apud REDIVO et al, 2003), fundamenta-se na manipulação e interpretação de imagens de satélite obtidas em diferentes períodos de tempo

para uma mesma área. Uma série temporal de imagens de uma mesma área desenvolvida a partir dos métodos de sensoriamento remoto e trabalhada com as técnicas de processamento digital de imagens acrescenta um acervo de informações propícias a análise da paisagem e de suas dinâmicas espaciais.

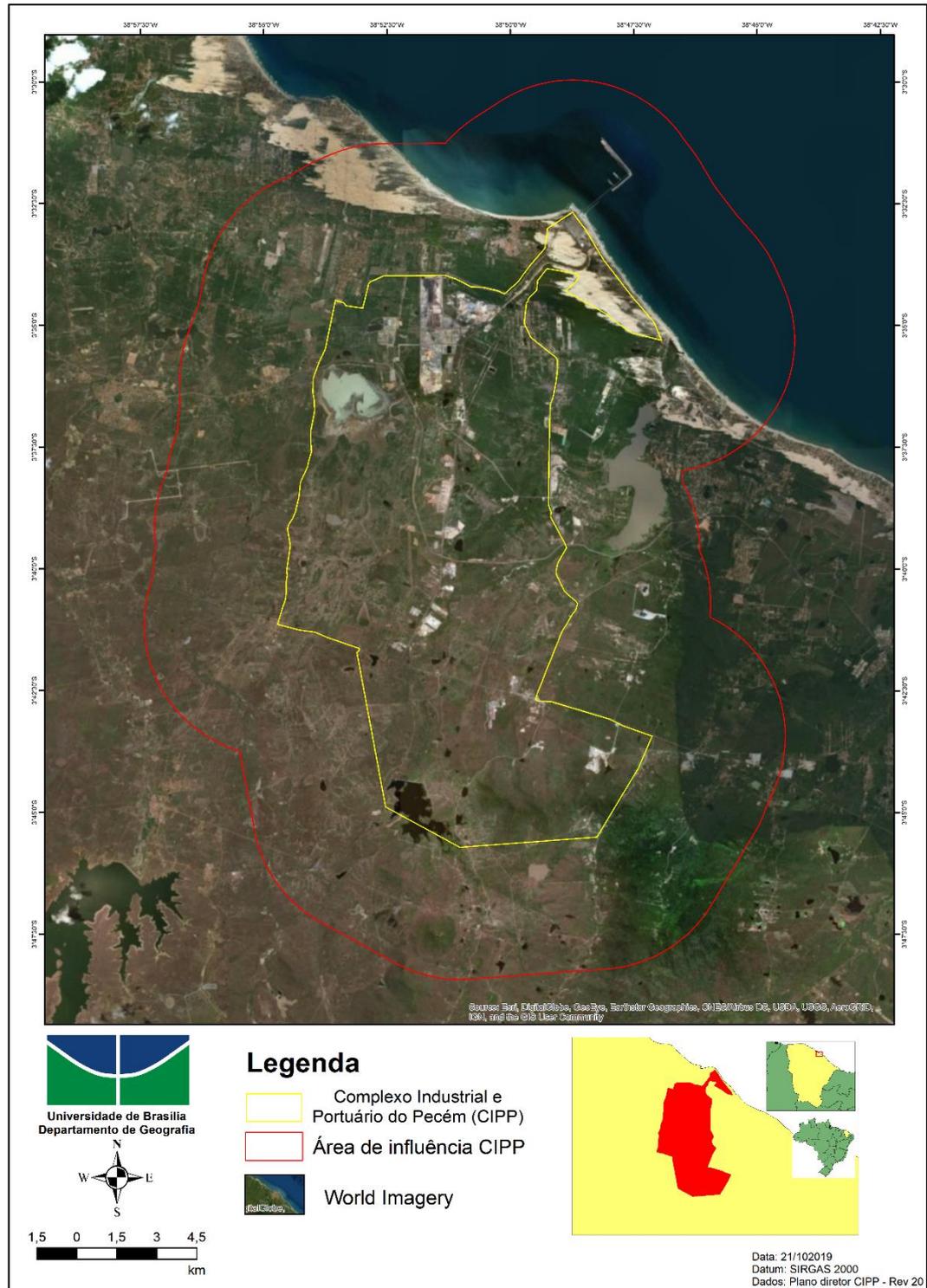
Braz, Costa e Garcia (2015) descrevem algumas aplicações da análise multitemporal no contexto do planejamento e estudo de bacias hidrográficas, mas que se encaixam também para a paisagem. Para eles, a análise multitemporal auxilia na compreensão da dinâmica ambiental da área de estudo, serve como importante ferramenta para o levantamento de informações que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de estratégias de planejamento e também fomentam o desenvolvimento de políticas públicas. Ao permitir a comparação com diferentes períodos, a técnica é capaz de auxiliar em diferentes estudos. No que se refere à paisagem, além do que já foi citado, ainda permite avaliar e reconhecer padrões e rumos dela, assim como sua dinâmica, evolução e as marcas de seus grupos mediante uma perspectiva de escala mais ampla. Porém, vale lembrar que apesar de nos restituir um cabedal histórico de técnicas, nem sempre os dados são visíveis à paisagem (SANTOS, 1988).

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A execução do trabalho foi dividida em três etapas para seu desenvolvimento, apresentando os resultados de forma clara e objetiva para a área de estudo abordada. A primeira etapa consistiu no levantamento bibliográfico de dados por meio de diferentes fontes de pesquisa, sendo elas, por exemplo, livros, artigos, dissertações, imagens de satélite, leis e endereços eletrônicos de órgãos públicos. A segunda etapa implicou na elaboração de mapas técnicos para a análise multitemporal do uso da terra na região de estudo a partir de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto em imagens de satélite obtidas. A validação dos dados gerados para uso da terra foi feita por meio de métodos de validação com o coeficiente Kappa e com análise em campo. Após a confecção e validação dos mapas iniciou-se a terceira etapa, na qual foi realizada a análise e discussão dos dados gerados com o uso da terra local, verificando também se o método de classificação utilizado foi eficiente no processo e para alcançar os objetivos. Serão analisados os resultados da segunda etapa para que sirva como principal base para a conclusão.

#### **3.1 ÁREA DE ESTUDO**

Para dar início as etapas, foi definida a área de estudo para a pesquisa. A área de estudo compreende um raio de 5 km a partir do polígono que define a área do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, interceptando os municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia (Mapa 1). A escolha da área de estudo como área de influência da pesquisa visa incluir todo o CIPP e os núcleos urbanos que margeiam sua área, tendo em vista que essas são as áreas que podem indicar maiores alterações com a implantação do empreendimento. O polígono utilizado para a delimitação da área do CIPP foi retirado do Plano Diretor – CIPP, revisão 20 (ANEXO I), disponível no endereço eletrônico da Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE).



**Mapa 1 - Área de Estudo.**

### 3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO (1ª ETAPA)

A primeira etapa, como dito anteriormente, buscou o levantamento de dados para o trabalho. A pesquisa foi realizada com o auxílio de estudos que servem como embasamento para conceitos e teorias importantes na compreensão dos aspectos e fenômenos da paisagem.

Os estudos abordaram ainda temas de impactos relacionados a portos (industriais ou não), manejo e elaboração de imagens para geoprocessamento, legislação e estudos anteriores realizados na área em questão que podem contribuir, assim como temas recorrentes em complexos portuários como um todo.

A etapa também contou com um nível de pesquisa descritivo para colaborar com a descrição e conhecimento do local de estudo para melhor abordagem científica. Segundo Gil (2008), a pesquisa descritiva objetiva a descrição das características de uma população ou fenômenos ou estabelecer relações entre variáveis, podendo também determinar a natureza dessas relações. Posteriormente, de forma a complementar a pesquisa descritiva, a terceira etapa abordou o nível de pesquisa explicativo.

### **3.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO (2ª ETAPA)**

A elaboração de mapas e mensuração de suas classes para a análise multitemporal do uso da terra nas paisagens locais é essencial para o desenvolvimento do trabalho, tornando-se o compromisso na segunda etapa. Para isso, a etapa usufruiu de bancos de dados disponíveis publicamente e imagens de satélites Landsat, que foram trabalhadas a partir de métodos de geoprocessamento e sensoriamento remoto. A análise da alteração visível dos aspectos paisagísticos a partir do período de implantação do Terminal Portuário do Pecém é importante para estudar os fenômenos que atuaram na alteração desse espaço.

Os sensores que captam as imagens de satélite são capazes de detectar a energia que reflete ou é refletida dos objetos da superfície. Cada objeto, seja ele natural ou artificial, possui uma assinatura espectral específica e, a partir de suas informações, é possível realçar a imagem ou alterar a razão de bandas de acordo com a preferência do observador.

Os procedimentos efetuados nesta etapa consistiram, principalmente, no realce e correção das imagens em diferentes datas para destacar os elementos necessários em cada mapa, efetuando as etapas de classificação supervisionada e gerando o uso da terra como resultado. O tratamento das imagens e a classificação supervisionada foram realizados por diferentes ferramentas disponíveis no *software* de sensoriamento remoto ENVI 5.3. Os demais procedimentos para a quantificação dos dados e elaboração do *layout* para o produto final foram trabalhados diretamente no ArcGis 10.2. Os mapas gerados apresentaram os resultados do uso da terra de cada ano selecionado e possibilitaram a comparação entre eles.

Para a realização da análise multitemporal do uso da terra na área de estudo, foram utilizadas imagens de satélite de 6 diferentes anos. As imagens corresponderam a cenas que antecedem a construção do Terminal Portuário do Pecém (TPP) e do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) e por cenas que demonstraram a paisagem local nos anos que procedem essa instalação, até 2018, com o CIPP ainda em desenvolvimento.

As imagens foram obtidas no endereço eletrônico do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), correspondendo ao período de 1993 a 2018, provenientes do catálogo das séries de satélites Landsat 5 TM (até 2013) e Landsat 8 OLI (2013 em diante), conforme Quadro 1.

Ano	Mês	Dia	Horário da cena	Satélite
1993	Outubro	30	12:08	Landsat 5
1999	Julho	11	12:24	Landsat 5
2005	Julho	27	12:34	Landsat 5
2008	Julho	03	12:33	Landsat 5
2013	Julho	01	12:48	Landsat 8
2018	Junho	13	12:45	Landsat 8

**Quadro 1 - Informações das cenas utilizadas na análise multitemporal.**

Para análise temporal da área de estudo, buscou-se imagens de 5 em 5 anos a partir de 1993 até 2018 que correspondessem a meses próximos e condições climáticas mais aproximadas. Entretanto, por se tratar de uma região com um alto índice de nuvens que cobrem grandes porções da área desejada ao longo de todo o ano, foi necessário alterar a data de análise de duas séries temporais a fim de obter cenas com menor interferência: de 1998 para 1999 e de 2003 para 2005. Em 1993, a cena que se encontrava favorável para análise pertencia ao mês de outubro, enquanto as demais, aos meses de junho e julho.

### 3.3.1 PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS DE SATÉLITE

Para compreender toda a área de estudo nas imagens do Landsat 5, foi necessário baixar duas cenas por período. O mesmo procedimento não foi necessário para as cenas do Landsat 8, pois o posicionamento de suas imagens capturava toda a área. Após o *download* das imagens no formato GeoTiff, verificou-se a necessidade da aplicação de filtros, correções atmosféricas e realces para adquirir uma resposta favorável na classificação supervisionada. Para isso, as imagens foram trabalhadas no *software* de processamento digital de imagens Envi 5.3.

A primeira etapa de processamento consistiu no recorte espacial das imagens para a área de estudo na ferramenta ROI Subject com o intuito de diminuir o arquivo para processamento e otimizar o tempo do mesmo. O recorte gerou imagens reduzidas com uma reamostragem dos pixels em relação à cena original.

Em seguida foram efetuados mosaicos dos recortes que representavam o mesmo período por intermédio da ferramenta Seamless Mosaic para unificar as imagens, equalizando-as com referência na cena de melhor visualização. Para as imagens do Landsat 8, foi realizado o procedimento de fusão de bandas com base no processo de Pan-Sharpning, que consiste, “basicamente, em integrar a melhor resolução espacial de 15 metros da banda pancromática preservando o conteúdo / cor da imagem composta” (COELHO; RAMOS; BERGAMASCHI, 2015).

Ao longo do processamento das imagens, utilizou-se sempre o realce gaussiano para visualização da área estudada. O filtro gaussiano é aplicado automaticamente na imagem pelo *software* e visa, segundo o IBGE (2001), enquadrar os dados da imagem segundo uma distribuição gaussiana, também chamada de distribuição do histograma, sendo útil para equiparar imagens diferentes em termos de média e desvio padrão e em composições coloridas para produzir um balanceamento das cores das três bandas. Com o recorte espacial da imagem e o filtro efetuados, foram aplicados métodos de correção atmosférica para as imagens, um para cenas de Landsat 5 e outro para Landsat 8, sendo eles os métodos QUAC e FLAASH, respectivamente.

De acordo com o Guia de Correção Atmosférica disponibilizado pelo ENVI (2009), o Quick Atmospheric Correction (QUAC) é um método de correção atmosférica na faixa do infravermelho visível próximo através de ondas curtas de infravermelho para imagens multiespectrais e hiperespectrais que determina os parâmetros de compensação da cena a partir das informações contidas nela, sem informações auxiliares. É baseado na descoberta empírica de que a reflectância média de uma coleção de diversos espectros materiais é essencialmente independente da cena (ENVI, 2009). Dessa forma, o método de correção QUAC mostrou ser o mais satisfatório para todas as cenas adquiridas do Landsat 5, respondendo bem as características de cada ao suavizar a imagem e facilitar a distinção de suas classes. O método foi aplicado rapidamente por meio da ferramenta Quick Atmospheric Correction (QUAC), sem a necessidade de fornecer informações específicas de cada cena.

Já para a correção atmosférica das imagens do Landsat 8, foi executado o algoritmo *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes* (FLAASH). O FLAASH é uma ferramenta que corrige comprimentos de onda na faixa do visível através de regiões do infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, até 3  $\mu\text{m}$ , incluindo recursos como: a opção de cálculos de visibilidade média da cena (aerossóis/neblina) e a correção do efeito de adjacência em pixels (ENVI, 2009).

Para a aplicação do FLAASH, foi utilizado o mesmo procedimento apresentado por França, Siani e Moraes (2015), no qual aplicou-se a correção radiométrica por meio da ferramenta Radiometric Calibration que gerou como *output* os dados de radiância no topo da atmosfera, servindo como *input* para alimentar o algoritmo de correção atmosférica (FLAASH) por meio da ferramenta FLAASH Atmospheric Correction. Para executar o algoritmo, foi necessário informar ao programa a data, o horário, a predominância rural da cena e o modelo atmosférico tropical do local. O processo final resultou nas cenas corrigidas em valores de reflectância, simulando a contribuição atmosférica.

### 3.3.2 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA POR MÉTODO DE MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA E PÓS CLASSIFICAÇÃO

A classificação supervisionada utiliza algoritmos cujo reconhecimento dos padrões espectrais da imagem se faz com base numa amostra de área de treinamento que é fornecida ao sistema de classificação pelo analista (MOREIRA, 2001).

Para a implementação da classificação supervisionada o analista relaciona áreas da imagem com as classes de cobertura da terra que deseja separar, selecionando amostras de treinamento que são um conjunto de pixels considerados mais representativos das classes de interesse (IBGE, 2001). Deste modo:

(...) As classes são, portanto, definidas a priori e o processo da classificação visa enquadrar cada pixel a uma classe. Todos os pixels da amostra de treinamento de uma dada classe constituem o conjunto de treinamento para aquela classe, o qual define o conjunto de treinamento para aquela classe, o qual define um padrão de comportamento espectral da classe, geralmente expresso pelos parâmetros estatísticos. O enquadramento de um pixel a uma das classes é feito por vários métodos, levando-se em consideração os valores de NC dos pixels nas várias bandas utilizadas e os padrões das classes. (IBGE, 2001, p.76).

Após o procedimento de tratamento digital, as cenas estavam preparadas para a realização da classificação supervisionada com o intuito de gerar como produto o uso da terra local para cada ano em análise.

O método utilizado foi o método do classificador supervisionado por máxima verossimilhança (MAXVER), que incorpora tanto a média como a variância do conjunto de dados coletados para a regra de decisão de classificação (CATTANI et.al., 2013). Nele, a distribuição espectral é considerada como tendo uma distribuição normal, ou seja, gaussiana (MEDEIROS, 2001) e, segundo o IBGE (2001), leva em conta a covariância na definição das elipses de equiprobabilidade. Este método necessita da avaliação de analista para obter amostras de treinamento de cada classe que servem como base para o classificador.

As amostras de treinamento escolhidas na análise foram baseadas nas seguintes classes escolhidas: Sombra, Nuvem, Área Urbana, Massa D'água, Vegetação Natural, Campos de Dunas / Areia, Área Antropizada (Não Urbana).

A escolha das classes se deu com o objetivo de captar as seguintes características da paisagem para cada:

**Sombra:** a classe de “Sombra” indic todas as áreas com pixels comprometidos pela presença de sombras. De modo geral, são sombras provenientes das nuvens ou poucas vezes por relevos mais acidentados.

**Nuvem:** a classe “Nuvem” representa as nuvens que recobrem a área das cenas. Por se tratar de uma região litorânea e com grande presença de nuvens em todo o ano, a classe é frequente.

**Área Urbana:** a classe “Área urbana” representa a área da paisagem preenchida por área urbana, incluindo as cidades, casas, indústrias, áreas em construção e rodovias pavimentadas na área de estudo. Baseado no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (1999), esta classe compreende área urbana residencial, comercial e de serviços, industrial, de uso misto e complexos industriais e comerciais.

**Massa D'água:** a classe de massa d'água abordou todos os tipos de massas d'água, isto inclui os lagos, o oceano e açudes. As drenagens menores não foram representadas.

**Vegetação Natural:** para a classe vegetação natural foram selecionadas as áreas de vegetação natural, sem alteração antrópica. Isso inclui áreas de vegetação mais ou menos densa e de mata ripária, sem distinguir os tipos existentes na paisagem local.

**Campos de Dunas / Areia:** esta classe simboliza campos de dunas e também a areia litorânea e de canteiros de obra.

**Área Antropizada (Não Urbana):** a classe de área antropizada (não urbana) representa toda a área identificada com interferência humana não urbana (seja pastagem, agricultura, loteamentos, entre outros). É uma classe de difícil interpretação na área de estudo, podendo ser facilmente confundida com a vegetação natural.

Após a definição do que seria abordado por classe, foram definidas as amostras a serem indicadas à ferramenta por meio de regiões de interesse (ROI) com a utilização da ferramenta ROI Tool e selecionadas de acordo com os critérios do observador sob uma análise visual de cada classe. Para obter melhor resposta do classificador foram selecionadas diversas amostras indicando os pixels correspondentes à cada classe com o intuito de aumentar a distribuição amostral e minimizar a ocorrência de confusões e erros no resultado final do método de verossimilhança. O procedimento foi repetido em todos os anos selecionados para toda a área de estudo, definindo novas regiões de interesse para cada cena.

Tendo em vista a difícil diferenciação visual de classes em partes das cenas, em alguns momentos foi necessário alterar a composição das bandas entre composições de cor verdadeira e de falsa cor para assinalar os ROIs. Com a ferramenta Maximum Likelihood Classification foi necessário apenas indicar a imagem desejada com os ROIs definidos para os anos correspondentes. Deste modo, foram gerados seis *Rasters* equivalentes ao uso da terra preenchendo toda a área das imagens com as classes estabelecidas pelo avaliador e na classificação dada.

Encerrada a classificação supervisionada, o método de pós classificação foi feito por meio da ferramenta Classification Agregation que, conforme descrito no próprio *software*, agrega regiões de classes menores a regiões de classes adjacentes como parte da classificação (ENVI). Os *Rasters* foram introduzidos na ferramenta, que reduziu a quantidade de pixels isolados e tornou o produto final com um aspecto mais limpo para análise, agregando todas as regiões compostas por nove ou menos pixels (o valor mínimo dos pixels por região é de escolha do analista) a uma classe adjacente.

Por fim, os produtos da pós-classificação foram convertidos de raster para vetor na ferramenta Raster to Vector e posteriormente de vetor para shapefile na ferramenta Classic EVF to Shapefile. Assim foi possível abri-los no *software* Arcgis para a então quantificação dos dados e confecção dos mapas e figuras.

O mapeamento permitiu a verificação das áreas que mais se alteraram com o passar dos anos para determinados tipos de uso da terra na área, o que auxiliou na percepção de áreas com mudanças mais acentuadas, prioritárias para análise e discussão, a fim de analisar possíveis fatores que levaram àquela modificação e verificar uma relação, seja direta ou indireta, com a chegada do CIPP.

### 3.3.3 MÉTODOS DE VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

Como forma de validação dos dados obtidos no classificador MAXVER, o método de avaliação por matriz de confusão ou matriz de erro foi executado. De acordo com Vieira e Figueiredo (2007), a utilização da matriz de confusão é um método comum para validação da precisão temática, sendo ela capaz de fornecer a base para descrever a precisão da classificação e destacar os erros, ajudando a refinar a classificação. A mesma fornece medidas e índices para analisar os resultados, como: a exatidão global, precisão de classe individual, precisão de produtor, precisão de usuário, índice Kappa, entre outros.

#### 3.3.3.1 Validação pelo Índice Kappa

Dentre os índices e medidas produzidas a partir da matriz de confusão, o índice de Kappa é o principal na metodologia de validação utilizada no presente estudo, indicando a eficácia do classificador MAXVER no resultado gerado por cena.

Para Vieira e Figueiredo (2007), a análise por meio do coeficiente Kappa é uma técnica multivariada discreta que é usada na avaliação da precisão temática que utiliza todos os elementos da matriz de confusão em seus cálculos, sendo o coeficiente uma medida do quanto a classificação está de acordo com os dados de referência.

Uma vantagem do índice kapa é que ele incorpora a informação dos pixels mal classificados, e não apenas dos pixels bem classificados (ENVI, 2009). O Coeficiente de Kappa pode ser calculado com a equação disposta na Figura 5:

$$K = \frac{[n * \sum_{i=1}^r x_{ij} - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)]}{[n^2 - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)]}$$

**Figura 5 – Equação do coeficiente de Kappa, em que K = Índice de exatidão Kappa; r = número de linhas na matriz; x<sub>ij</sub> = número de observações na linha [i] e coluna[j]; x<sub>i+</sub> e x<sub>+i</sub> = totais marginais da linha[i] e coluna[i]; N = número total de observações respectivamente. Fonte: CATTANI et.al., 2013.**

O índice é fornecido em valores de 0 a 1 que demonstram o desempenho do classificador MAXVER. O indicador de desempenho mais aceito é o disposto na Tabela 5.

**Tabela 5 - Desempenho do Índice Kappa. Fonte: Fonseca (2000) *apud* Vieira e Figueiredo (2007)**

<b>Índice Kappa</b>	<b>Desempenho</b>
< 0	Péssimo
0 < k ≤ 0,2	Ruim
0,2 < k ≤ 0,4	Razoável
0,4 < k ≤ 0,6	Bom
0,6 < k ≤ 0,8	Muito Bom
0,8 < k ≤ 1,0	Excelente

Para chegar ao índice kappa, fez-se o uso da ferramenta Confusion Matrix no *software*. Nela, foram selecionados os resultados finais da classificação supervisionada por máxima verossimilhança de todos os anos indicando as amostras de estudo do observador para a matriz de confusão.

A análise multitemporal, como o próprio nome diz, trata da análise de mais de um tempo. Por conta disso, as amostras direcionadas na matriz de confusão foram feitas a partir da observação do analista sob as cenas, visto que a amostragem de campo para esta situação não se faz precisa para anos passados em uma área dinamizada com alterações na paisagem. Ao final do processo, a matriz de confusão gerou vários índices para validação da classificação.

### **3.3.3.2 Validação em campo**

Na validação dos dados também foi aplicada uma metodologia com procedimentos realizados em campo, na qual, após a verificação dos resultados, foram selecionados cinco pontos, um para cada classe principal de superfície, sendo elas: Massa d'água, Vegetação Natural, Campos de Dunas /Areia, Área Urbana e Área Antropizada (Não Urbana).

Nesta metodologia, os pontos trataram de locais em que suas respectivas classes são reincidentes em todo o período estudado, ou seja, a classe manteve-se a mesma de 1993 a 2018 para o local. Assim são reduzidos os riscos de validar uma área que não se enquadre para todos os anos. Também houve o auxílio de imagens de satélite recentes para selecionar áreas que

visualmente não foram alteradas desde a última cena, que corresponde ao ano anterior do trabalho de campo.

Escolhidos os pontos, procedeu-se a visita de campo em 01 de novembro de 2019. Deste modo, foram retiradas quatro fotos por ponto nas direções norte, sul, leste e oeste e suas coordenadas geográficas registradas. Este procedimento permitiu visualizar se o resultado obtido na classificação correspondeu ao que está na região.

### **3.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS (3ª ETAPA)**

O mapeamento forneceu uma noção geral da mudança na paisagem no período de estudo ao facilitar a visualização dos elementos desejados, e com ele iniciou-se a terceira etapa, que consistiu na análise dos mapas, na mensuração de suas classes e na validação do classificador MAXVER.

Nesta etapa foram aproveitadas as pesquisas feitas no primeiro momento e deu início a continuação da pesquisa descritiva a partir da pesquisa explicativa, que possui como preocupação central identificar fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2008).

Pode-se dizer que o conhecimento científico está assentado nos resultados oferecidos pelos estudos explicativos. Isto não significa, porém, que as pesquisas exploratórias e descritivas tenham menos valor, porque quase sempre constituem etapa prévia indispensável para que se possam obter explicações científicas. Uma pesquisa explicativa pode ser a continuação de outra descritiva, posto que a identificação dos fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito (GIL, 2008, p. 28).

Esta etapa teve como função reunir todos os dados e informações coletados nas etapas anteriores para que se possa concluir os objetivos. As teorias e conceitos foram utilizados e reforçados no decorrer do processo de interpretação e análise das informações obtidas, com a utilização dos mapas de uso da terra, gráficos e tabelas para melhor entendimento, visando compreender o que foi demonstrado na análise multitemporal de paisagem da região.

#### **Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos**

O fluxograma a seguir (Figura 6) resume as etapas do trabalho descritas nos procedimentos metodológicos:

## Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos

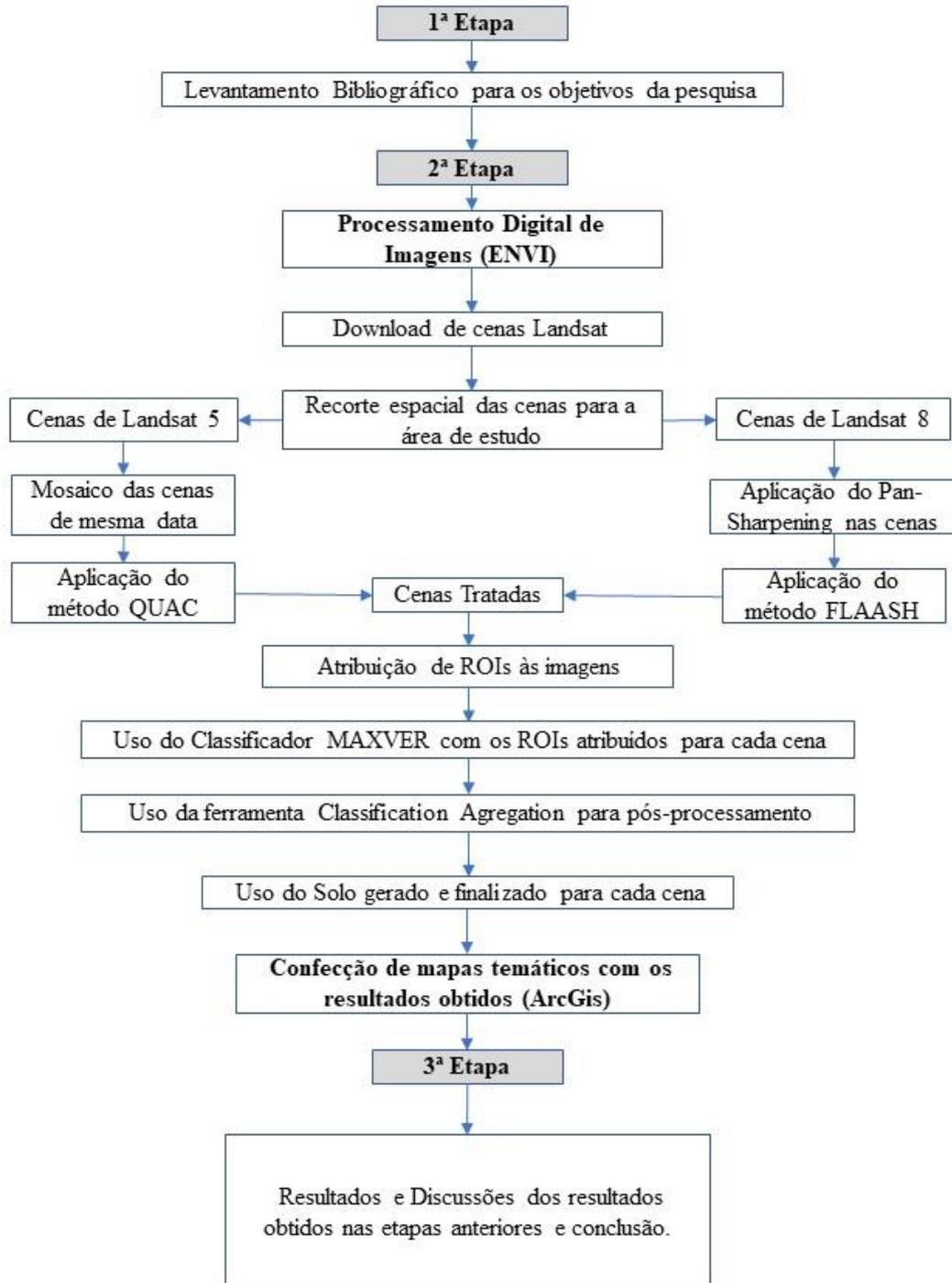


Figura 6 - Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos.

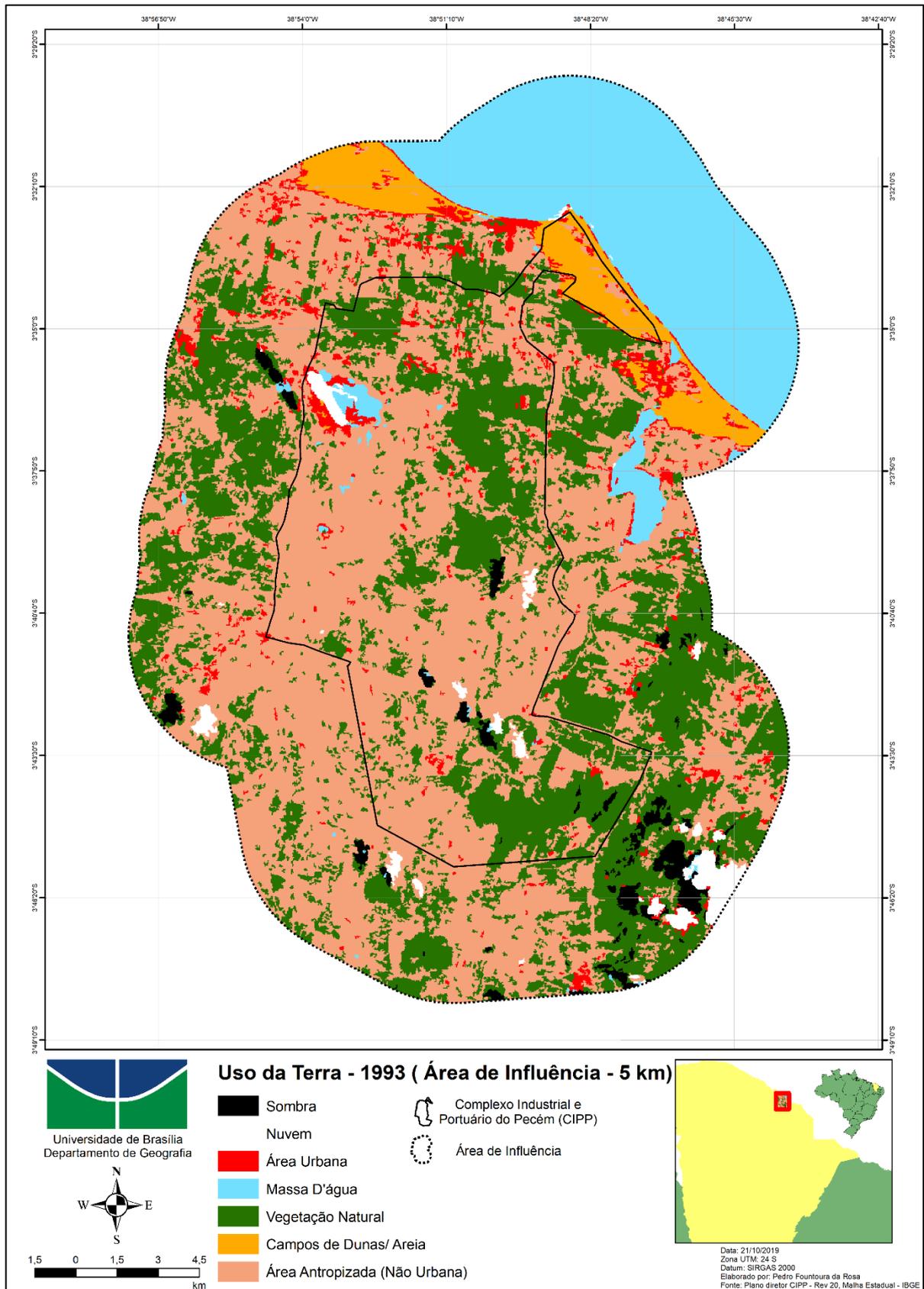
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados dos procedimentos realizados no processamento digital de imagens são apresentados neste tópico. A mudança da paisagem é discutida por meio da análise dos mapas e de seus dados por tabelas, gráficos e indicadores, contribuindo para discussões de estudo para o local. Também se utiliza do coeficiente Kappa e de registros de campo para a validação do classificador MAXVER.

### **4.1 RESULTADO E ANÁLISE DO CLASSIFICADOR MAXVER POR ANO DE ESTUDO**

O método de análise multitemporal consistiu no mapeamento do uso da terra na área de estudo, definida com um raio de 5 km a partir do polígono que delimita o CIPP. Para tal, foi utilizado o classificador supervisionado por máxima verossimilhança (MAXVER), que resultou no mapeamento de classes da área para os anos de 1993, 1999, 2005, 2008, 2013 e 2018. Assim, neste tópico, foram avaliados os resultados obtidos pelo classificador para cada ano, analisando a eficácia do MAXVER na série Landsat para a região com o auxílio do coeficiente Kappa e de observações de campo como forma de validação.

## 4.1.1 MAPA DE USO DA TERRA - 1993



Mapa 2 – Uso da Terra – 1993.

Para o ano de 1993 foi utilizada a imagem do satélite Landsat 5, do dia 30 de outubro, de período anterior as construções referentes ao CIPP. Após os procedimentos de correção e de classificação supervisionada pelo método MAXVER foi possível formular um mapa de uso da terra para a área de estudo (Mapa 2). As classes foram quantificadas e tabeladas para análise (Tabela 6).

**Tabela 6 - Dados das Classes de Uso da Terra – 1993.**

<b>Uso da Terra - 1993</b>		
<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Sombra	964,00	1,52
Nuvem	805,49	1,27
Área Urbana	2151,75	3,39
Massa D'água	8561,52	13,47
Vegetação Natural	18309,57	28,82
Campo de Dunas / Areia	2252,19	3,54
Área Antropizada (Não Urbana)	30493,17	47,99
Total	63537,69	100

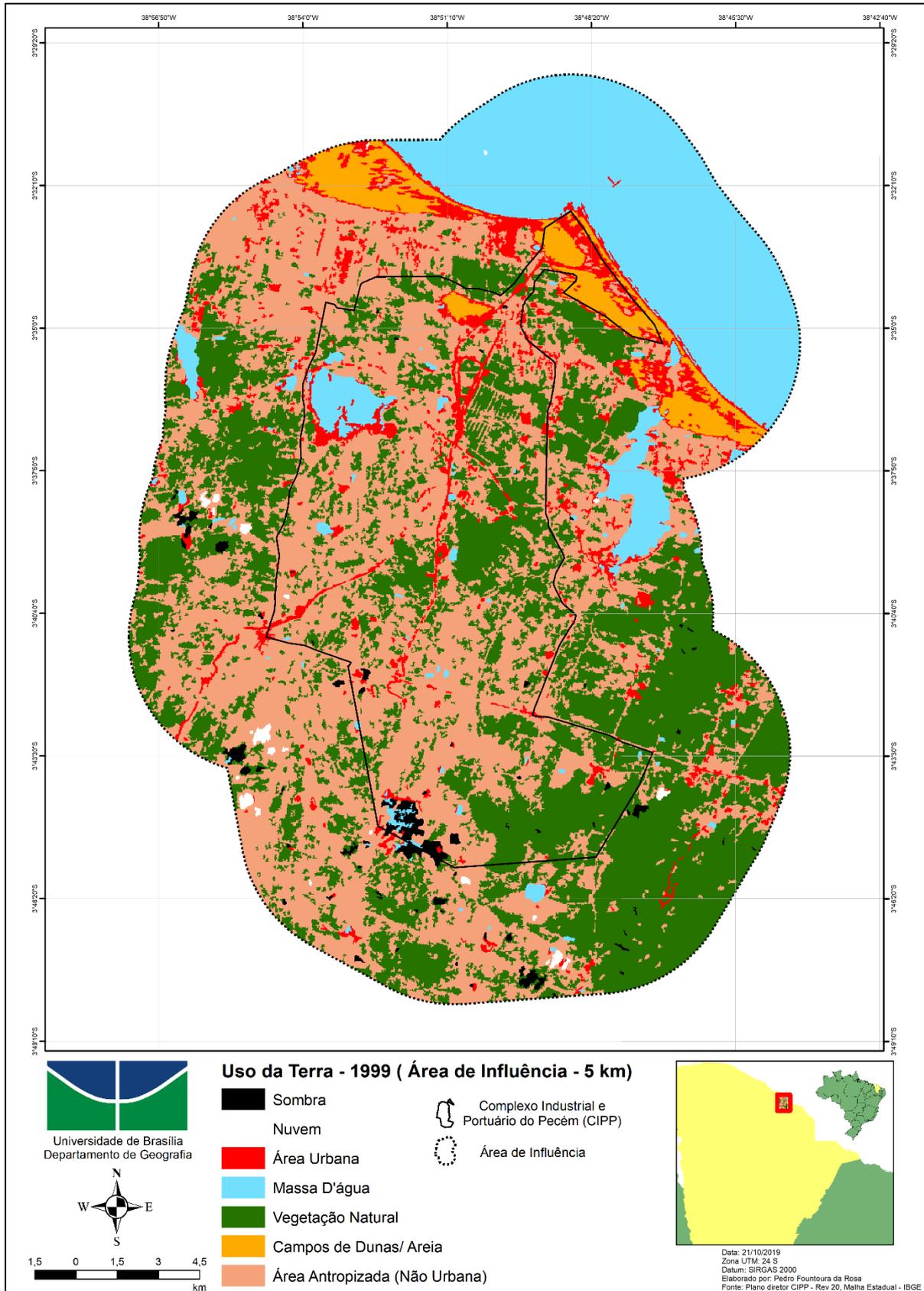
Do total de 63.537,69 ha representados na cena, 1.769,49 ha sofreram interferências de nuvens e sombras, totalizando 2,79% da área estudada. A classe “Área Antropizada (Não Urbana)” é a mais frequente, totalizando aproximadamente 48% da paisagem, seguida da Vegetação Natural (28,82%) e da Massa D'Água (13,47%). Campo de Dunas / Areia e Área Urbana são as classes da superfície com menor uso da terra no período, com 3,54% e 3,39%, respectivamente. O coeficiente de Kappa validou o resultado do MAXVER para 1993 com o seguinte desempenho representado na Tabela:

**Tabela 7 - Desempenho do Coeficiente de Kappa - 1993**

<b>Ano</b>	<b>Coeficiente de Kappa</b>	<b>Desempenho</b>
1993	0,93	Excelente

Como apresentado no coeficiente Kappa na Tabela 7, a classificação foi validada com desempenho excelente, demonstrando eficácia no método MAXVER para o ano. No entanto, encontraram-se problemáticas no momento da classificação, sobretudo com a diferenciação entre a classe antropizada e vegetação natural. A grande área antropizada apresentada pode ser resultado da confusão apresentada entre vegetação natural e áreas de pastagem, agricultura e loteamentos, aumentando seu percentual na área. A necessidade pela escolha pelo mês de outubro também comprometeu para a confusão, visto que a vegetação estava mais seca e pouco realçada. As demais classes, principalmente área urbana, foram bem distinguidas e representadas no mapeamento. A área urbana, que também compreende área industrial, era concentrada em pequenos núcleos, ainda não havendo estruturas referentes ao CIPP.

### 4.1.2 MAPA DE USO DA TERRA – 1999



**Mapa 3 – Uso da Terra – 1999.**

O Mapa 3 foi gerado na classificação MAXVER para a imagem Landsat 5, datada de 11 de julho de 1999. A área de cobertura de cada classe está representada na Tabela 8.

**Tabela 8 - Dados das Classes de Uso da Terra – 1999.**

<b>Uso da Terra - 1999</b>		
<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Sombra	493,92	0,78
Nuvem	172,97	0,27
Área Urbana	3675,22	5,78
Massa D'água	9420,98	14,83
Vegetação Natural	21171,00	33,32
Campo de Dunas / Areia	1907,22	3,00
Área Antropizada (Não Urbana)	26696,37	42,02
Total	63537,69	100

A cena contém cerca de 1% de cobertura de nuvens e sombras, com a Área Antropizada (Não Urbana) sendo a mais expressiva, com 42,02% de ocupação do estudo. A Vegetação Natural em sequência com 33,32%, seguido da Massa D'água 14,83%, Área Urbana (5,78%) e Campo de Dunas / Areia (3%). O desempenho do classificador encontra-se na Tabela 9.

**Tabela 9 - Desempenho do Coeficiente de Kappa - 1999.**

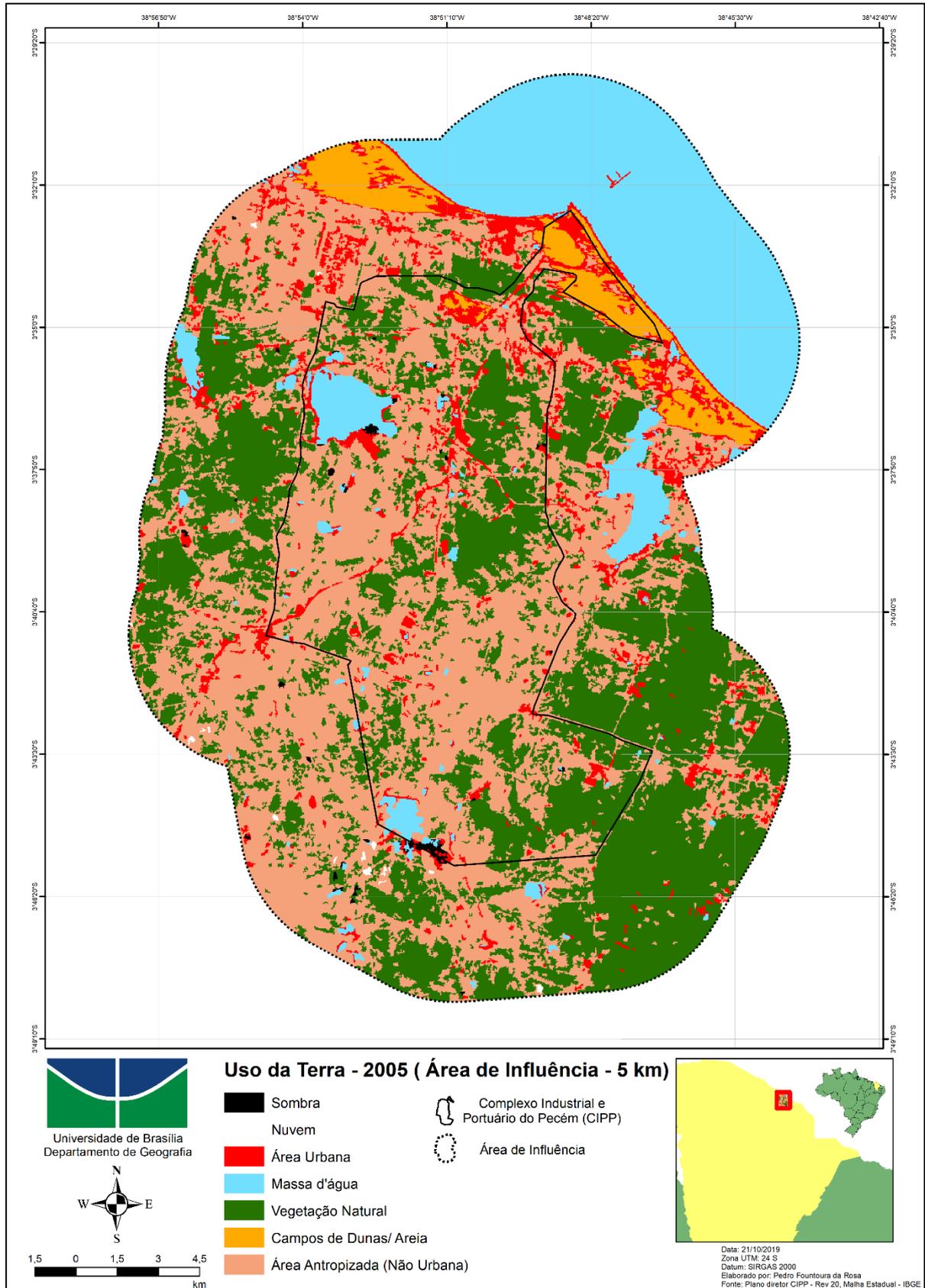
<b>Ano</b>	<b>Coeficiente de Kappa</b>	<b>Desempenho</b>
1999	0,92	Ótimo

O classificador MAXVER, segundo o coeficiente Kappa, obteve excelente desempenho. As problemáticas na avaliação ficaram por parte de confusões geradas entre pixels de água interpretados como sombra no sul da área de influência e de bordas de dunas e massas d'água sendo por vezes classificadas como área urbana. Com exceção destes erros pontuais, as classes foram bem delimitadas de acordo com as amostras sugeridas na análise.

No Mapa 3 há um aumento na área urbana, especialmente dentro dos limites do CIPP. Isso se deve principalmente em razão da construção do TPP, que começou a ser construído em 1995, e de diversas rotas de acesso, com destaque para a CE-422. As novas rotas são margeadas por núcleos urbanos, incluindo uma superfície ocupada por areia, representando um grande canteiro de obra nas proximidades. Também houve o surgimento de um açude na porção sul da área do CIPP, indicado como uma massa d'água mesclada com pixels de sombra na classificação.

Grande parte do TPP já havia sido construído nesta época. Todavia, é possível ver apenas uma parcela de sua estrutura no mapa, pois o método de pós-classificação removeu parte dos pixels que a compunham.

## 4.1.3 MAPA DE USO DA TERRA – 2005



Mapa 4 - Uso da Terra – 2005.

O Mapa 4, de 27 de julho de 2005, foi montado no uso da cena de Landsat 5 para o período. Nesta época, já haviam se passado três anos desde a inauguração oficial do CIPP e TPP. A Tabela 10 indica os dados de uso da terra por classe:

**Tabela 10 - Dados das Classes de Uso da terra – 2005.**

<b>Uso da Terra - 2005</b>		
<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Sombra	133,52	0,21
Nuvem	54,21	0,09
Área Urbana	4073,23	6,41
Massa D'água	9751,49	15,35
Vegetação Natural	21275,53	33,48
Campo de Dunas / Areia	1996,55	3,14
Área Antropizada (Não Urbana)	26253,15	41,32
Total	63537,69	100

Na cena utilizada quase não há interferência de nuvens e sombras, representando apenas 0,3% da área total. A Área Urbana passou a representar 6,41% da superfície e a Área Antropizada (Não Urbana) manteve-se como a mais expressiva (41,32%). As demais classes abarcam 51,97% da área, sendo elas Vegetação Natural (33,48%), Massa D'água (15,35%) e Campo de Dunas / Areia (3,14%). A Tabela 11 indica o Coeficiente Kappa para o classificador.

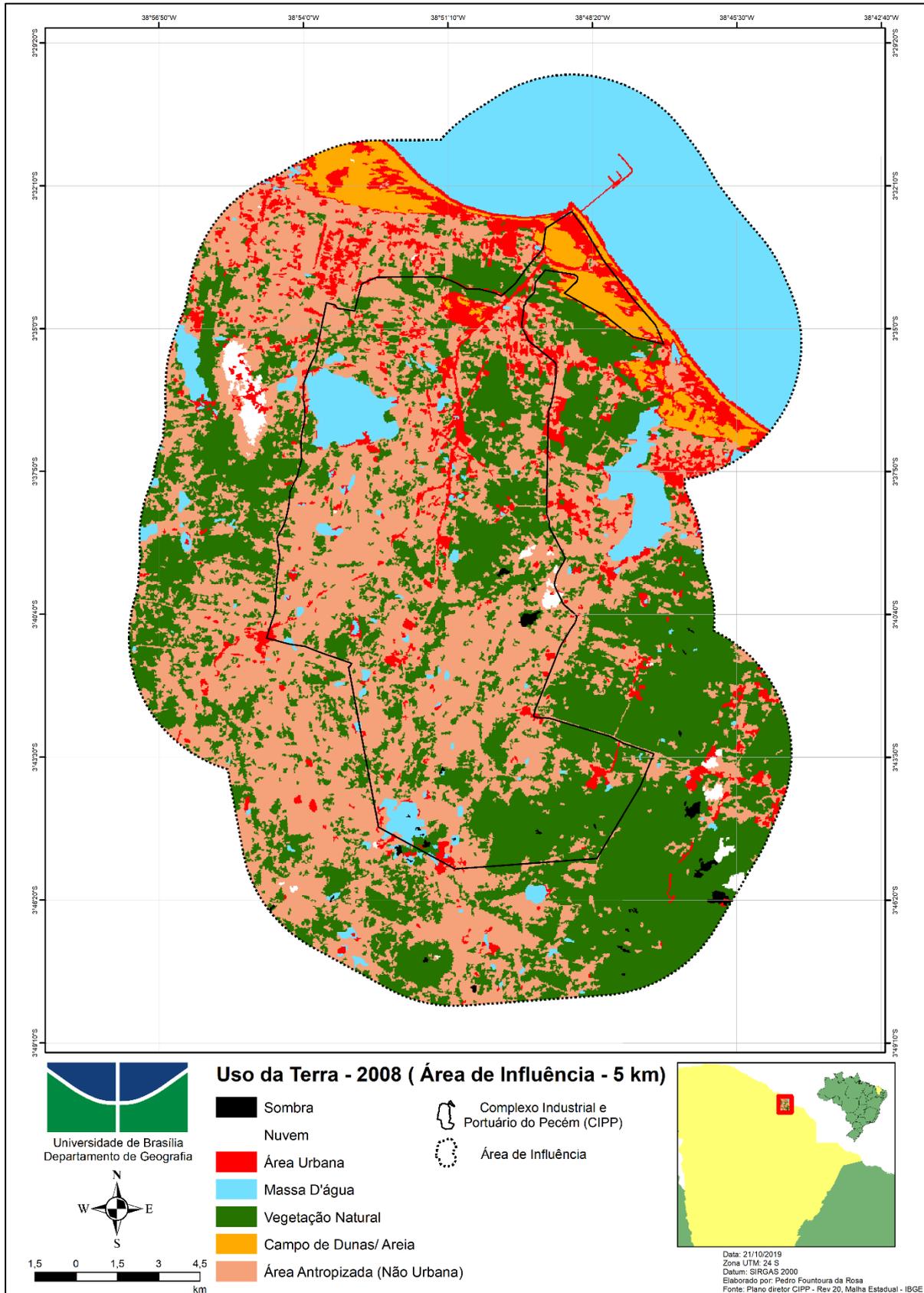
**Tabela 11 – Desempenho do Coeficiente de Kappa - 2005**

<b>Ano</b>	<b>Coeficiente de Kappa</b>	<b>Desempenho</b>
2005	0,9	Excelente

A classificação MAXVER para 2005 foi classificada com excelente desempenho de acordo com o coeficiente. Por possuir baixa cobertura de nuvens, a cena representa melhor a realidade de cada classe, tendo um bom desempenho para todas. As dificuldades de interpretação, mais uma vez, advêm da semelhança visual e espectral entre as superfícies de vegetação e áreas de agropecuária / loteamentos. O resultado final apresentou algumas incongruências de áreas urbanas margeando dunas e massas d'água, assim como parte do TPP omitida na pós classificação.

Em 2005 as atividades portuárias já haviam iniciado. Entretanto, o restante do complexo industrial não se desenvolveu de maneira expressiva desde a inauguração, estando ainda no processo de atração e construção de infraestruturas e novas indústrias.

## 4.1.4 MAPA DE USO DA TERRA – 2008



Mapa 5 - Uso da Terra – 2008.

O Mapa 5 representa a realidade da cena de 03 de julho de 2008, referente ao satélite Landsat 5, já passados 13 anos das primeiras obras e 7 da inauguração oficial. O quantitativo de cada classe para 2008 é representado na Tabela 12.

**Tabela 12 – Dados das classes Uso da Terra – 2008.**

<b>Uso da Terra - 2008</b>		
<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Sombra	152,66	0,24
Nuvem	436,78	0,69
Área Urbana	4498,20	7,08
Massa D'água	9994,15	15,73
Vegetação Natural	22232,76	34,99
Campo de Dunas / Areia	1805,46	2,84
Área Antropizada (Não Urbana)	24417,67	38,43
Total	63537,69	100

As classes que representam nuvens e sombras ocupam aproximadamente 1% da cena para 2008. A superfície está majoritariamente ocupada por áreas antropizadas não urbanas e por áreas de vegetação natural, que configuram 38,43% e 34,99% da área de influência. A leitura para área urbana indicou um aumento para 7,08%, enquanto as massas d'água (15,73%) e os campos de dunas / areia (2,84%) completam os 100% referentes aos 63.537 ha. A matriz de confusão aplicada aos resultados do classificador gerou a seguinte validação:

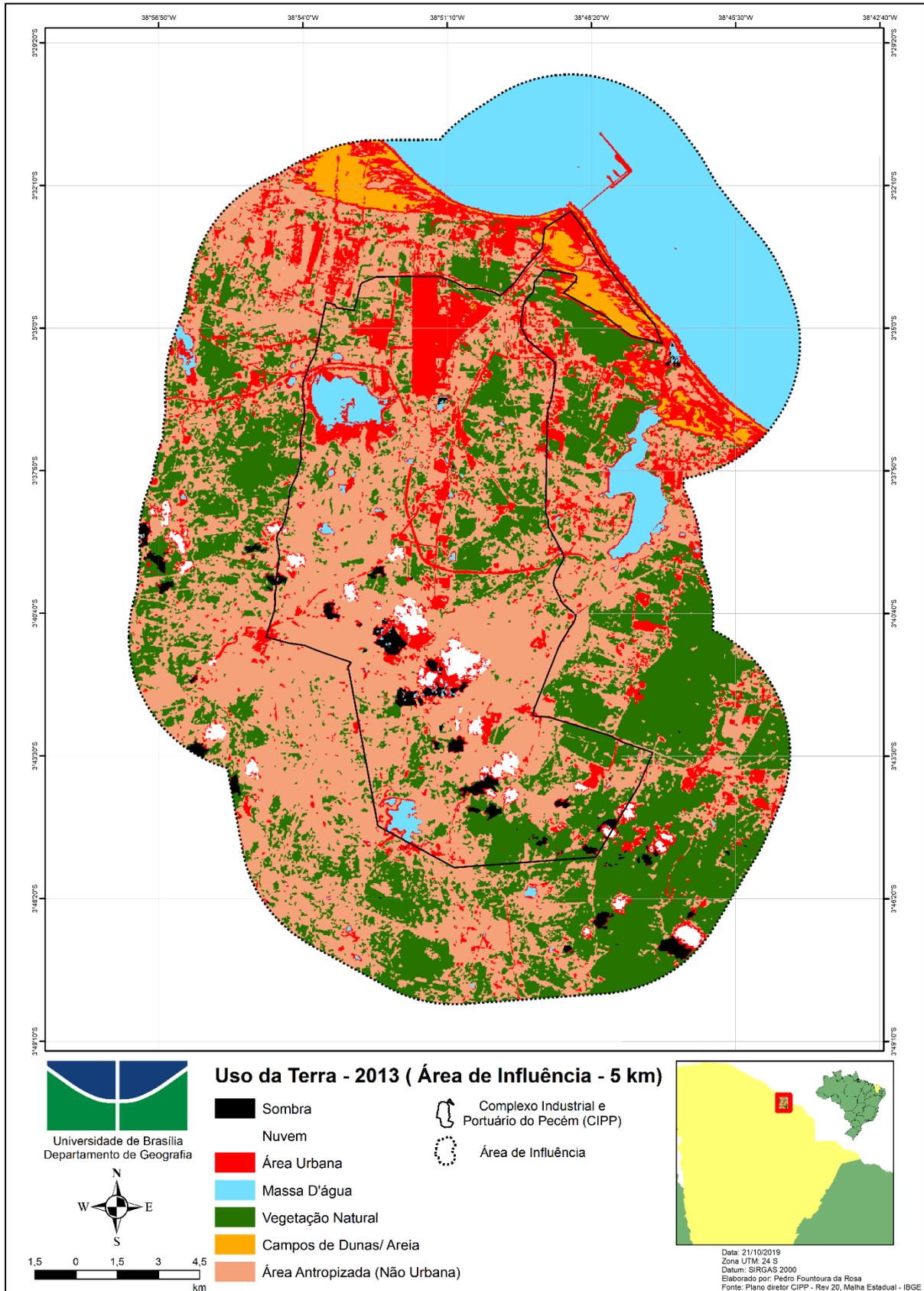
**Tabela 13 – Desempenho do Coeficiente de Kappa - 2008**

<b>Ano</b>	<b>Coeficiente de Kappa</b>	<b>Desempenho</b>
2008	0,9	Excelente

O MAXVER foi classificado com excelente desempenho para 2008 (Tabela 13), assim como com os anos anteriores. Da mesma maneira, a distinção para a distribuição da amostragem à ferramenta de classificação supervisionada com relação as classes de vegetação natural, agropecuária e loteamentos é dificultada, pois a resolução espacial do satélite para esta porção do litoral cearense não é a ideal por consistir em um local com alta antropização. As outras classes foram bem definidas, incluindo a área urbana, com uma exceção nos espaços entre dunas.

Não há grandes mudanças visíveis em relação a 2005, seja na área do complexo industrial ou em sua área de influência adotada. Desta vez, porém, o TPP foi representado por completo, incluindo novas estruturas.

## 4.1.5 MAPA DE USO DA TERRA – 2013



Mapa 6 - Uso da Terra – 2013.

A partir de 2013 as cenas adquiridas pertencem ao satélite Landsat 8. Esta linha possui melhor qualidade de imagem em relação ao Landsat 5. A cena de 2013 é de 01 de julho, com suas classes representadas no Mapa 6 e seus dados indicados na Tabela 14.

**Tabela 14 - Dados das classes de Uso da Terra – 2013.**

<b>Uso da Terra - 2013</b>		
<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Sombra	635,27	1,00
Nuvem	702,47	1,11
Área Urbana	7720,97	12,15
Massa D'água	8908,89	14,02
Vegetação Natural	17080,67	26,88
Campo de Dunas / Areia	1212,72	1,91
Área Antropizada (Não Urbana)	27276,70	42,93
Total	63537,69	100

Sombras e nuvens recobrem juntas 2,11% da área de influência na cena. A classe Área Antropizada (Não Urbana) se mantém como a mais frequente (42,93%) e a área urbana recebe destaque, agora com 12,15% do total. Massa D'água (14,02%), Vegetação Natural (26,88%) e Campo de Dunas / Areia constituem o restante. Para o MAXVER de 2013, o Coeficiente de Kappa foi o seguinte:

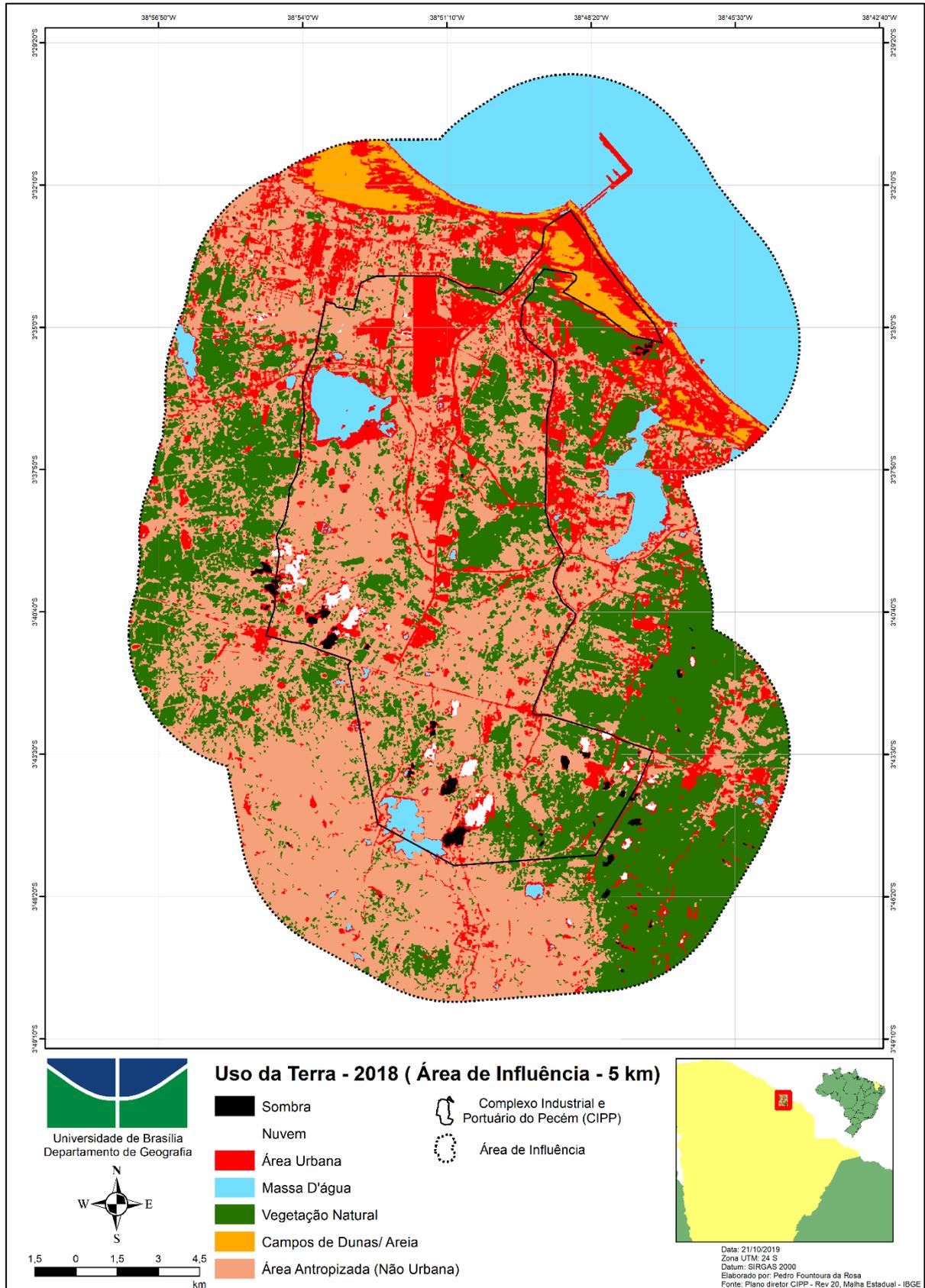
**Tabela 15 – Desempenho do Coeficiente de Kappa - 2013**

<b>Ano</b>	<b>Coeficiente de Kappa</b>	<b>Desempenho</b>
2013	0,92	Excelente

O coeficiente (Tabela 15) indicou um ótimo desempenho para o período. É importante destacar o grande crescimento da área urbana, que se deve ao fato da chegada de outras indústrias e do adensamento populacional, mas também de erros na classificação em bordas de nuvens, em dunas e em algumas massas d'água, que foram interpretadas como superfícies urbanas. Apesar apresentar erros, a transição para o Landsat 8 facilitou a análise e interpretação da cena para o observador e classificador, realçando melhor as diferenças entre vegetação e agropecuária, e delimitando áreas urbanizadas com maior precisão.

O mapa para o período demonstra um adensamento urbano da região dentro e fora do CIPP se comparado a anos anteriores. Há um aumento nas obras e estruturas no complexo industrial, com destaque para a grande estrutura na porção norte do CIPP, que retrata as obras da Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP), e para a chegada de novas indústrias. O TPP também foi ampliado em relação a 2008.

## 4.1.6 MAPA DE USO DA TERRA – 2018



Mapa 7 - Uso da Terra – 2018.

O Mapa 7 refere-se a última cena selecionada, datada de 13 de junho de 2018, capturada no satélite Landsat 8. As informações para cada classe de uso da terra encontram-se na Tabela 16.

**Tabela 16 – Dados das classes de Uso da Terra – 2018.**

<b>Uso da Terra - 2018</b>		
<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Sombra	281,61	0,44
Nuvem	375,21	0,59
Área Urbana	9134,30	14,38
Massa D'água	9127,28	14,37
Vegetação Natural	17205,39	27,08
Campo de Dunas / Areia	1435,25	2,26
Área Antropizada (Não Urbana)	25978,64	40,89
Total	63537,69	100

Para a análise de 2018, 1,03% da área total está coberta por nuvens e sombras, correspondendo a 656,82 ha. A área urbana compreende 9134,30 ha (14,38%), enquanto as massas d'água (14,37%), a vegetação natural (27,08%) e os campos de dunas / areia (2,26%) completam o uso da superfície. A seguir, consta a validação do MAXVER com o coeficiente Kappa para 2018:

**Tabela 17 – Desempenho do Coeficiente de Kappa – 2018.**

<b>Ano</b>	<b>Coeficiente de Kappa</b>	<b>Desempenho</b>
2018	0,96	Excelente

O coeficiente de Kappa para o ano de 2018 (Tabela 17) foi o de melhor desempenho para o classificador MAXVER no período estudado, apresentando valor de 0,96, sendo considerado excelente. Esse resultado pode estar associado a utilização de uma cena Landsat 8 corrigida e com resolução aperfeiçoada com o método Pan-Sharpnig, assim como pela menor quantidade de nuvens em relação à outra cena do mesmo satélite.

As classes foram bem delimitadas, de acordo com as amostras indicadas ao classificador no momento da análise. Para o resultado final, houve um excesso de representação de superfície urbana nas áreas de dunas. Porém, de modo geral, a Área Urbana foi representada com precisão.

Em 2018 o CIPP continuava crescendo, assim como atualmente. O adensamento estrutural urbano da região continua marcado por novos arranjos e pelo aumento dos núcleos nas cidades mais próximas ao complexo.

#### 4.1.7 RESULTADO DO CLASSIFICADOR MAXVER POR CLASSE DE ESTUDO

Em suma, as classes geradas no MAXVER, representadas nos mapas, responderam de forma específica. Cada classe respondeu com resultados específicos para as imagens do Landsat 5 e 8 sendo mais ou menos eficazes no produto final, conforme é discutido a seguir:

- *Área Urbana*

A classificação das áreas urbanas a partir do método escolhido mostrou-se satisfatória para o objetivo do trabalho. Vale reiterar que a classe urbana compreende complexos industriais e comerciais e áreas urbanas residenciais, comerciais e de serviços, industriais e de uso misto, com base no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 1999).

Tratando-se da principal classe a ser analisada para observar as mudanças estruturais da área de estudo no período analisado, a área urbana demonstrou uma boa resposta para todas as cenas em questão, não havendo grandes confusões entre pixels, com exceção de pixels classificados como urbanos em bordas de nuvens, em massas d'água sedimentadas e na vegetação de parte da área litorânea, principalmente entre dunas.

- *Nuvem*

Classe existente em todas as imagens avaliadas, a resposta espectral das nuvens foi bem detectada pelo classificador, estando bem delimitadas em toda a série temporal.

- *Sombra*

A classe de sombras também demonstrou coerência no produto final, delimitando as áreas recobertas sobretudo por nuvens. Apesar do resultado satisfatório, o ano de 2005 apresentou discordâncias com a classe de sombras em pequenas parcelas de massas d'água sedimentadas, sem comprometer o resultado final.

- *Vegetação Natural*

Por se tratar de uma região de solos arenosos e altamente antropizada, seja por áreas urbanas e industriais, seja por uso agropecuário, a vegetação natural foi de difícil distinção visual no processo de análise. Contudo, o classificador distinguiu as classes de acordo com a classe amostral indicada a ele, com boa consistência nos dados gerados.

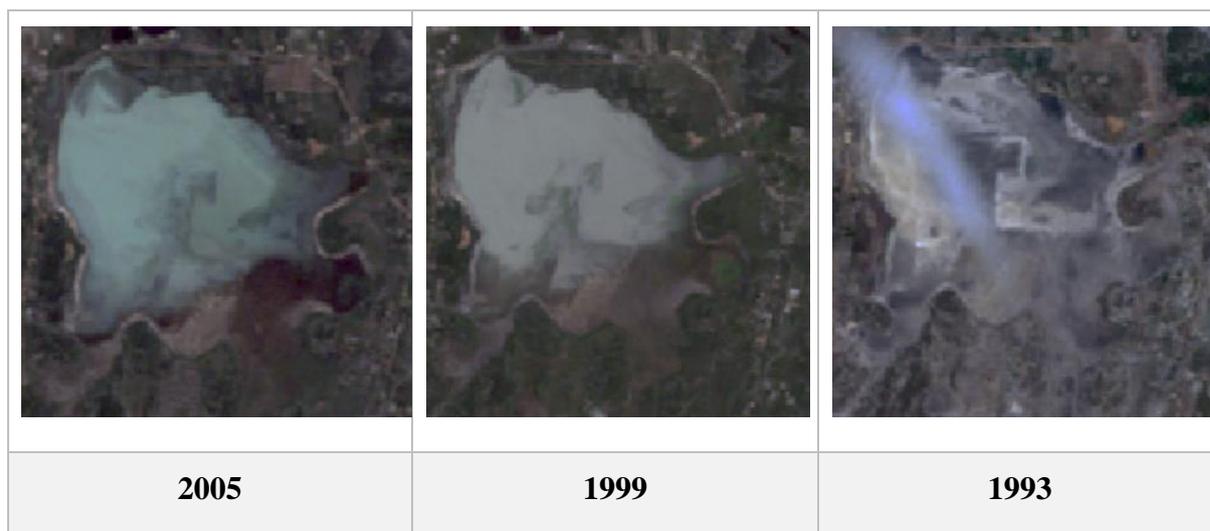
Com a finalidade de reduzir erros na interpretação e classificação, foram utilizadas cenas que representassem meses próximos em cada ano, nos quais a vegetação natural se encontrasse com um aspecto mais semelhante e menos seco. O ano de 1993 foi o único desvio a regra por conta da indisponibilidade de períodos com pouca cobertura de nuvens e, com isso, o mês de outubro foi escolhido. Em outubro, entretanto, a vegetação natural encontrava-se mais seca que os demais meses selecionados e, conseqüentemente, com cores mais fracas e de difícil distinção para outras áreas antropizadas, interferindo na análise visual e no resultado final.

- *Massa D'água*

As massas d'água dispunham-se em proporções semelhantes nos resultados, com uma constância na área representada ao longo dos anos. Por vezes, foi confundida com outras classes por conta de diferentes respostas espectrais dos corpos d'água em alguns anos. Esta resposta pode ser resultado da sedimentação visualizada nas águas locais, que pode se dar em razão da grande força dos ventos e de águas pluviais que carregam sedimentos de áreas antropizadas e das demais superfícies.

A Lagoa do Gereraú, representada no Quadro 1, é um exemplo de diferentes respostas espectrais encontradas em cada ano:





**Quadro 2 - Resposta da Lagoa Gereraú por cena analisada após o tratamento de imagem.**

No Quadro 2 é perceptível a diferença apresentada pela mesma massa d'água no intervalo de 25 anos. Essa mudança pode ser consequência da alteração da paisagem ao redor, como nas dinâmicas do espaço físico interferindo na quantidade de sedimentos e nutrientes do local ou até mesmo por conta de uma dinâmica diferente nos recursos hídricos da área entre cada ano.

Os métodos distintos de correção utilizados nas imagens de satélite Landsat 5 e Landsat 8 também interferem na visualização final da lagoa. O método de correção atmosférica FLAASH (realizado nas cenas de 2013 e 2018) trouxe mais realce para os corpos hídricos de toda a paisagem se comparado com as cenas que passaram por correção por meio do método QUAC (1993 a 2008), situação que pode ter causado diferentes interpretações de classes por parte do classificador para o mesmo local, sobretudo nas bordas da lagoa.

- *Campos de Dunas /Areia*

A classificação dos campos de dunas foi eficiente e correspondeu às amostras indicadas ao software, não apresentando erros envolvendo outras classes.

- *Área Antropizada (Agropecuária)*

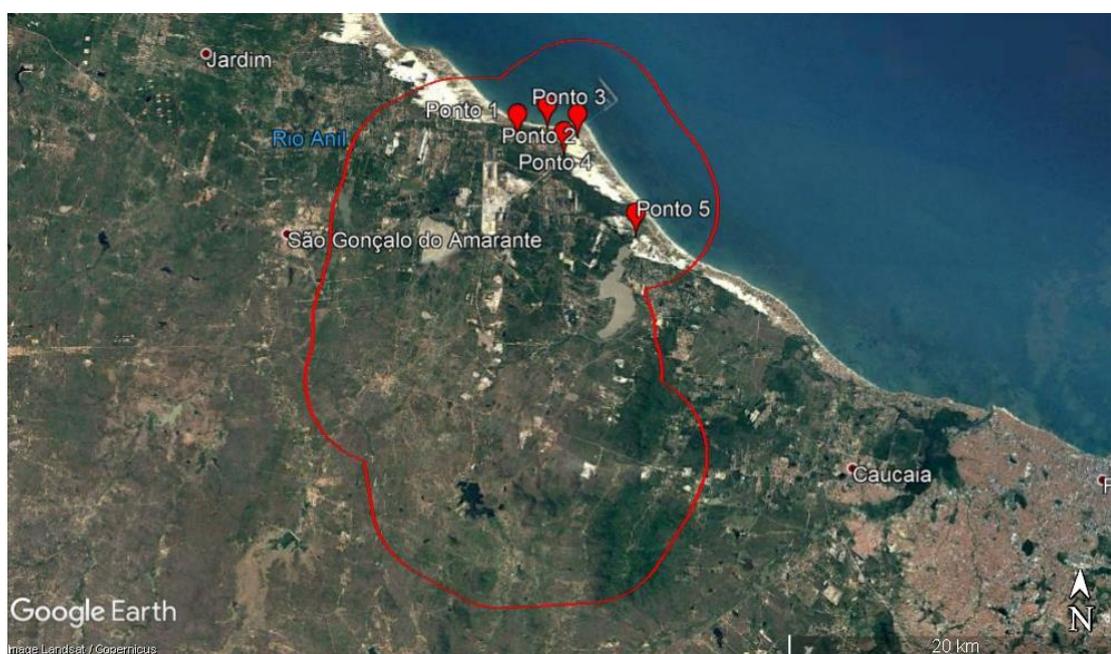
Assim como na classe “Vegetação Natural”, a classe “Área antropizada (Não Urbana)” denotou difícil distinção visual com outras classes, incluindo diversas áreas antropizadas, como: agricultura, pecuária, pastagem, áreas desmatadas, loteamentos, entre outros. De modo geral, o classificador por máxima verossimilhança foi eficiente em delimitar a classe de acordo com o indicado na análise visual. Entretanto, as diferenças de qualidade em cada cena, sobretudo do Landsat 5 para o Landsat 8, contribuíram para um resultado distinto entre alguns anos, porém

sem grandes alterações no percentual de área ocupada. Também de acordo com a classe de “Vegetação Natural”, o ano de 1993 foi o mais comprometido já que a chuva mais adequada era de um mês mais seco, dificultando a análise.

#### 4.1.8 VALIDAÇÃO DAS CLASSES EM CAMPO

Além do coeficiente Kappa, foram selecionados 5 pontos dentro da área de influência, um para cada classe da superfície escolhida no estudo, a fim de validar em campo os resultados do classificador. Para isso, foram escolhidos pontos que apresentaram a mesma resposta do classificador em todos os anos analisados, ou seja, que a classe foi a mesma em todos os anos. Este método de escolha de classes recorrentes colabora para que a validação se aplique a todo o período de 26 anos.

Os pontos correspondem as seguintes classes: Ponto 1, Área Antropizada (Não Urbana); Ponto 2, Área Urbana; Ponto 3, Campo de Dunas / Areia; Ponto 4, Vegetação Natural e Ponto 5, Massa D’água. As fichas de validação de campo encontram-se disponíveis no Apêndice I, Apêndice II, Apêndice III, Apêndice IV e Apêndice V, para os pontos de 1 a 5, respectivamente.



**Figura 7 - Localização dos Pontos para Validação de Campo**

Para cada ponto (Figura 7) foram registradas as coordenadas e 4 fotos, apontando para os pontos cardeais norte, leste, sul e oeste. Por questões de acesso, a localização de alguns pontos precisou ser alterada em relação ao planejamento inicial, mas nada que comprometesse os resultados. O campo foi realizado em 01 de novembro de 2019.

A validação foi satisfatória para todos os locais. Os pontos de 1 a 4 coincidiram com a classe gerada no MAXVER. Já o Ponto 5 está posicionado em um local que não responde como massa d'água para o classificador em todos os anos, sua posição precisou ser alterada para possibilitar o acesso ao local. Entretanto, o local escolhido corresponde a um curso d'água do Lagamar do Cauípe, a maior massa d'água na porção leste da área de estudo.

#### 4.1.9 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS DO CLASSIFICADOR MAXVER

De modo geral, os resultados obtidos pelo classificador MAXVER para cada classe nas análises em questão foram satisfatórios, atendendo aos objetivos ao ser eficiente na distinção de áreas urbanizadas sobretudo, apresentando apenas erros pontuais no uso da terra que variaram de acordo com a cena e o satélite. O coeficiente Kappa apontou excelência para todas as cenas e a validação em campo correspondeu às classes.

A série de satélites Landsat foi a mais apropriada por abordar todo o período de 26 anos escolhido. Mesmo assim, por ser uma região litorânea e com grande quantidade de nuvens, a escolha das cenas e processamento foram comprometidos, pois a resolução temporal dos satélites Landsat, com a frequência de 16 dias entre cada captura, não foi suficiente para a área de influência, visto que foram necessárias mudanças nas datas selecionadas, não sendo possível manter um padrão de tempo entre os anos estudados por conta das áreas encobertas.

A alta antropização da área e a semelhança entre porções das classes de vegetação e área não antropizada também inferiu na análise, dificultando a distinção visual das classes na etapa supervisionada da classificação, principalmente nas cenas do Landsat 5.

Os resultados apresentados na forma de mapa temático permitem dimensionar e interpretar as mudanças na paisagem, fornecendo apoio para a gestão, estudo e desenvolvimento do território ao demonstrar as alterações na superfície, os locais mais afetados e ao fornecer dados para análise.

## 4.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS OBTIDOS

Como já dito anteriormente, os mapas que representam a análise multitemporal do uso da terra para o CIPP revelam uma grande mudança no uso da paisagem na área de influência pertencente aos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia. A mesma área foi representada no mapeamento abordando o ano anterior a chegada de qualquer construção

referente ao complexo industrial e portuário, indo até os anos mais recentes nos quais várias indústrias já estão bem estabelecidas.

A comparação dos dados fornecidos por cada classe por meio de tabelas e gráficos e sua correlação com indicadores socioeconômicos orientam o estudo da paisagem local. A seguir, os dados reunidos em cada mapa são dispostos lado a lado para análise e correlação com indicadores dos municípios.

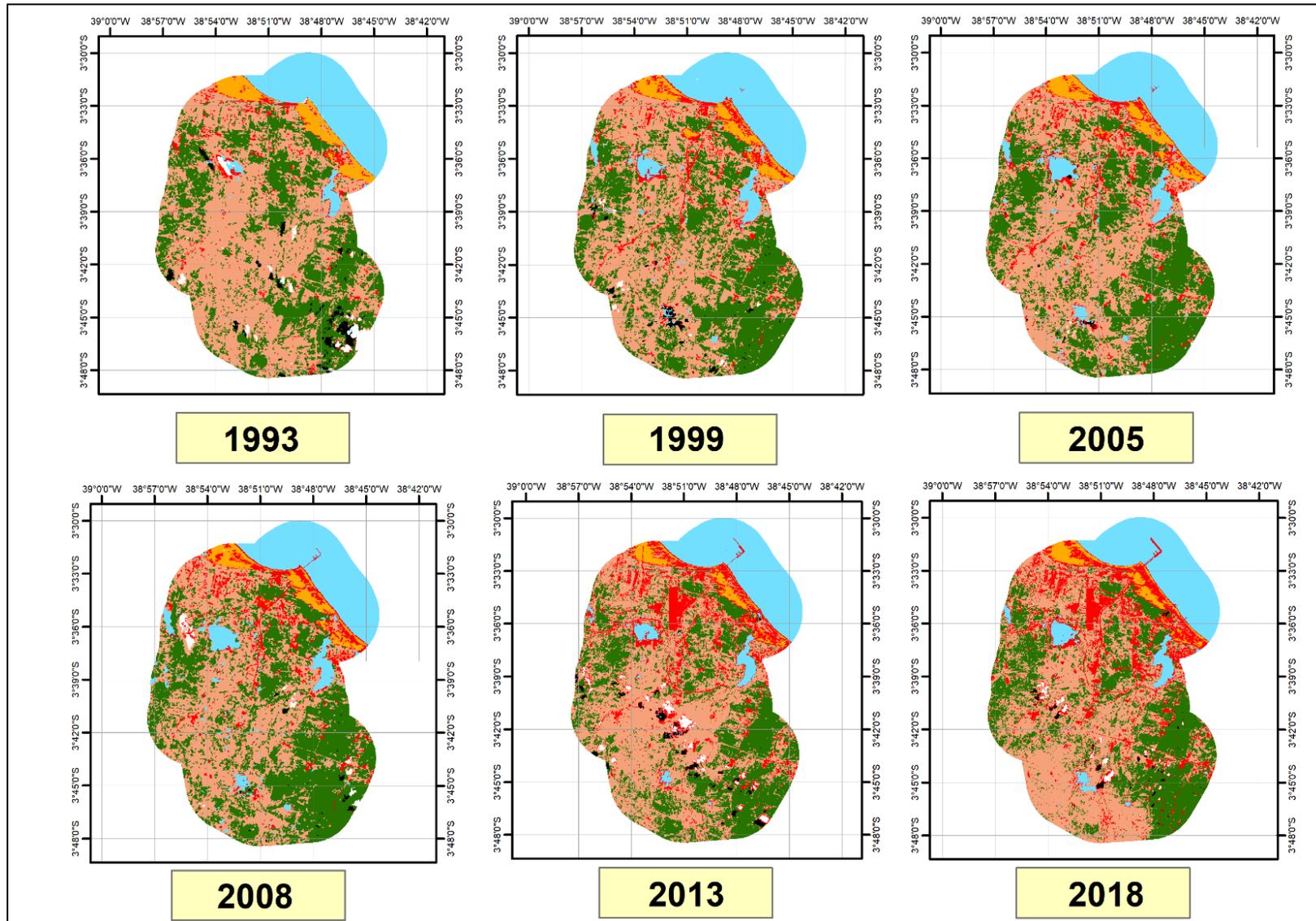


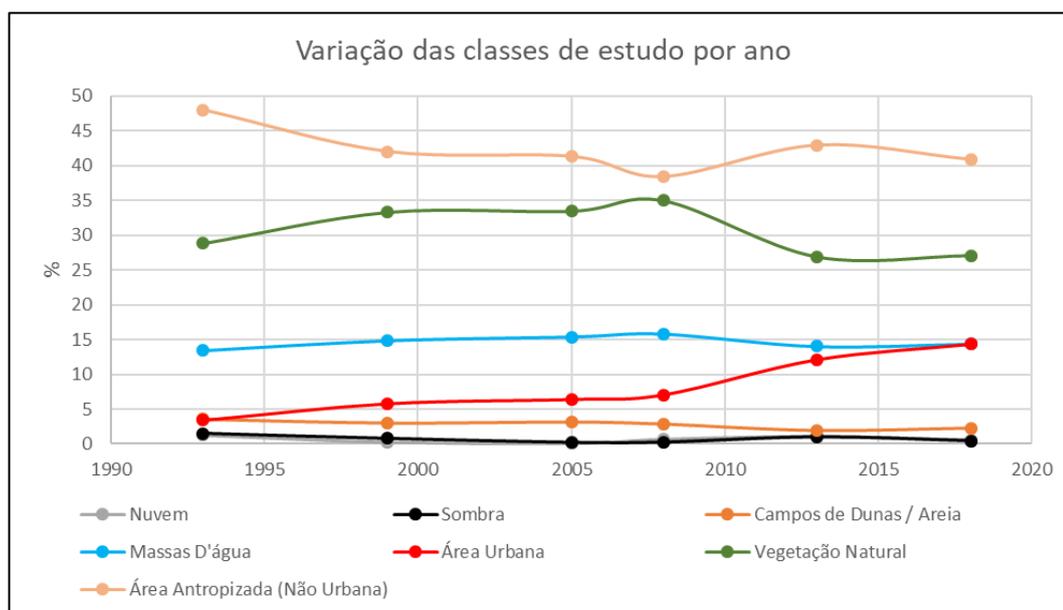
Figura 8 – Comparação entre os mapas temáticos de Uso da Terra produzidos.

A comparação entre os anos da análise, conforme Figura 8, demonstra uma mudança evidente na paisagem da área de influência. Para compreender os processos que levaram a essa mudança, podemos retomar o conceito de complexo industrial e portuário de Teles e Amora (2016), em que é entendido como uma relação entre porto e indústria na qual o porto possui posição de destaque orientando os tipos de indústrias construídas, sua hinterlândia e suas relações multiescolares estabelecidas desde sua logística. Ou seja, na realidade da área de influência, o TPP exerce essa influência sob o restante do CIPP.

A Tabela 18 e a Figura 9 apontam a mensuração das classes em cada ano da análise temporal.

**Tabela 18 - Dados das classes de Uso da Terra para todos os anos analisados.**

Área de Influência							
	Nuvem	Sombra	Área Urbana	Massas D'água	Vegetação Natural	Campos de Dunas / Areia	Área Antropizada (Não Urbana)
<b>1993</b>	1,27	1,52	3,39	13,47	28,82	3,54	47,99
<b>1999</b>	0,27	0,78	5,78	14,83	33,32	3,00	42,02
<b>2005</b>	0,09	0,21	6,41	15,35	33,48	3,14	41,32
<b>2008</b>	0,69	0,24	7,08	15,73	34,99	2,84	38,43
<b>2013</b>	1,11	1,00	12,15	14,02	26,88	1,91	42,93
<b>2018</b>	0,59	0,44	14,38	14,37	27,08	2,26	40,89



**Figura 9 - Gráfico da variação das classes analisadas por ano.**

A Tabela 18 compara as mensurações da classificação supervisionada em todo o período estudado. De modo geral, há valores constantes sobretudo para a classe de massas d'água e

campos de dunas / areia. A vegetação natural e a área antropizada não urbana são as mais frequentes e a área urbana apresenta maior crescimento no período.

Nas classes de vegetação natural e área antropizada não urbana, é possível notar uma relação inversamente proporcional no gráfico da Figura 9, isso aponta a possível confusão do classificador MAXVER citada anteriormente. Ou seja, quando a vegetação natural classificada aumenta, a área antropizada não urbana diminui quase que na mesma proporção, indicando que parte da superfície anteriormente classificada como vegetação natural em um ano passou a ser classificada como área não antropizada no ano seguinte, e vice-versa. Juntas, as áreas das duas classes totalizam 75% da área de influência em 1993, esta soma decaiu para aproximadamente 67% em 2018, sugerindo o crescimento urbano sobre estas superfícies.

Já as massas d'água mantiveram uma proporção semelhante com o passar dos anos. A mudança mais perceptível ocorreu entre 1993 e 1999, quando houve o surgimento da barragem situada ao sul do CIPP. Nos anos seguintes os valores sofreram leves alterações, muito por conta da leitura da análise e das dinâmicas dos corpos hídricos em cada ano.

A classe de Campo de Dunas / Areia sofreu uma redução de pouco mais de 1% desde 1993, consistindo na substituição de suas superfícies por área urbana, seja na faixa litorânea, seja pela conclusão de canteiros de obra na área industrial.

Como dito anteriormente, a superfície urbana apresentou grande crescimento, com diferença de 10,99% de área ocupada entre o ano inicial e o final da análise. A área urbana se destaca na alteração visual da paisagem na análise multitemporal, o seu aumento pode estar diretamente relacionado com a implantação do CIPP. É necessário se aprofundar mais na análise desta classe para inferir a relação.

O crescimento da área urbana veio acompanhado de um considerável aumento demográfico nos municípios. Segundo o Censo Demográfico do IBGE (1991, 2000 e 2010), a população total em São Gonçalo do Amarante em 1991 era de 29.286 pessoas, sendo 61,45% população urbana. Em 2010 o percentual subiu para 65% num total de 43.890. Já em Caucaia, a população urbana em 1991 representava 89,4% do total, enquanto em 2010 o percentual urbano manteve-se praticamente o mesmo para 325.441 habitantes. A estimativa de 2019 para São Gonçalo do Amarante é de 48.422 pessoas e para Caucaia, 361.400.

A proximidade com Fortaleza sugere que grande parte da mão de obra do CIPP é residente da cidade, já que a capital possui maior capacidade de qualificação dos trabalhadores

para as indústrias. O que justifica a diferença do percentual de população urbana dos municípios.

Assim como representado na Figura 9, o Relatório Pacto pelo Pecém (CEARÁ, 2014) informa que o crescimento demográfico na região veio acompanhado de uma ocupação urbana desordenada, acarretando problemas quanto ao parcelamento, uso e ocupação do solo, principalmente quanto a perda de áreas rurais para o uso urbano, observando ainda descaracterização das praias e construção desordenada de conjuntos habitacionais.

Em 1993 a classe de área urbana ocupava 3,39% do total estudado, neste ano não havia construções referentes ao CIPP e as vilas próximas possuíam economia tradicionalmente pesqueira. As obras do porto foram iniciadas em 1995 e, em 1999, a classe já representava 5,78%. A paisagem em 1999 possuía diferentes feições. É notável a existência de novos acessos para transporte, como a CE-422, e a presença de canteiros de obras dentro do CIPP, incluindo um terminal do Porto do Pecém.

O CIPP foi inaugurado oficialmente em 2002. Porém, de 1999 a 2008 o crescimento da área urbana foi de apenas 1,3%. O Mapa 4 e Mapa 5 são pouco distintos em relação ao urbano, aparentando apenas um adensamento em núcleos e estruturas já existentes anteriormente em sua maioria. Neste período, a participação de São Gonçalo do Amarante no Produto Interno Bruto (PIB) total do Ceará foi de 0,26% em 2002 a 0,65% em 2010 e, para Caucaia, o PIB que antes compunha 2,91% passou a exercer 3,58% de participação (IPECE, 2019).

Foi a participação industrial que obteve destaque em São Gonçalo do Amarante na renda do município, passando a ser mais ativa no PIB do estado. Segundo o IBGE, em 2002 a indústria do município participava com 0,1% do PIB industrial do estado, assumindo a posição de *ranking* 49 dentre os municípios. Já em 2010, assumia o 13º lugar, com 0,91% de participação. No mesmo período a participação da indústria no PIB total do município variou de 8,34% em 2002 para 34,03% em 2010.

É a partir de 2013 que se nota uma diferença considerável na área urbana, passando de 7,08% para 12,15% e posteriormente para 14,38% em 2018. Em 2013 há um aumento nas estruturas urbanas em todas as áreas entorno do CIPP e que compreendem a área de influência selecionada. A paisagem possui maior infraestrutura representada por novos acessos e indústrias atraídas pelo complexo, com destaque para a maior malha urbana que representa a construção da Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP). O número de indústrias ativas cresceu

de 2010 a 2016: de 780 a 2263 indústrias em Caucaia e de 81 a 188 em São Gonçalo do Amarante (SEFAZ, 2019).

Em 2016 o PIB de São Gonçalo representava 1,70% do PIB do estado, enquanto Caucaia alcançava 3,93% pontos percentuais. Os dois municípios registraram o maior ganho de participação no Ceará entre 2002 e 2016 (IPECE, 2019).

A indústria em 2016 já contribuía com 58,05% no PIB de São Gonçalo, com participação superior a qualquer outro setor, passou a ser o município com maior participação industrial em sua economia em todo o Ceará. Caucaia registrou uma redução da participação da indústria em seu PIB desde 2002, mesmo com o valor incluído da indústria no produto interno bruto aumentando. Isso ocorre porque a geração de renda no município é mais bem distribuída entre outros setores de produção. Esse crescimento na indústria está associado com o desenvolvimento do CIPP (IPECE, 2019).

O desenvolvimento do complexo torna-se ainda mais evidente quando a mensuração dos dados das classes de uso da terra é feita sob o recorte espacial do polígono que representa os limites do CIPP (Tabela 19).

**Tabela 19 – Dados das classes de Uso da Terra para todos os anos analisados dentro da área do CIPP.**

Percentual de Uso da Terra no CIPP (1993-2018)							
	Nuvem	Sombra	Área Urbana	Massas D'água	Vegetação Natural	Campos de Dunas / Areia	Área Antropizada (Não Urbana)
<b>1993</b>	1,27	0,88	2,76	1,05	30,62	3,22	60,20
<b>1999</b>	0,02	1,02	6,86	3,14	32,32	2,89	53,74
<b>2005</b>	0,00	0,40	6,97	4,44	31,02	2,90	54,27
<b>2008</b>	0,31	0,25	7,36	5,50	33,56	2,63	50,38
<b>2013</b>	2,35	1,90	16,55	2,84	19,65	1,90	54,80
<b>2018</b>	1,61	0,94	17,93	3,73	23,00	1,96	50,83

Tal como com a área de influência, a mensuração das classes dentro da área do CIPP aponta um grande aumento da área urbana, desta vez superior a 15%, acompanhada da diminuição da vegetação natural, de campos de dunas e de outras áreas antropizadas. Isto é, na área de 19.480 ha do CIPP, 3.492 ha pertencem a classe urbana em 2018, um crescimento de 2.995 ha desde 1993. Em 2018, 38,2% de toda a área urbana da área de influência estava contida no complexo industrial.

O crescimento dentro do complexo não é destinado a estruturas urbanas habitacionais. Como exemplo, de acordo com o relatório Pacto do Pecém: Cenário Atual do Complexo

Industrial e Portuário do Pecém (CEARÁ, 2013), na primeira fase de implantação do CIPP, 386 famílias foram desapropriadas da área de utilidade pública. Desse total, 218 foram beneficiadas pelo Plano de Reassentamento organizado pelo Instituto de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (Idace). Assim, o aumento da população urbana acompanhou a construção de habitações fora da área do CIPP em sua maioria, possivelmente estimulado pelo desenvolvimento da indústria local.

Os dados de emprego formal e renda em São Gonçalo do Amarante fomentam a análise da mudança econômica e de estruturas urbanas na paisagem local. Suas variações evidenciam o impacto do empreendimento na região nos últimos anos (Tabela 20).

**Tabela 20 – Número de empregos formais por setor em São Gonçalo do Amarante - CE. Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (MTE-RAIS). Disponível em: <  
<http://cipp.ipece.ce.gov.br/cipp/mappav/vi/serie.php?idResult=136>>. Acesso em 05 nov. 2019.**

Número e percentual de empregos formais em São Gonçalo do Amarante - CE						
	Agropecuária	Comércio	Construção Civil	Indústria	Serviços	Total (empregos)
<b>2008</b>	305 (7,6%)	214 (5,3%)	199 (4,9%)	661 (16,5%)	2618 (65,4%)	3997 (100%)
<b>2013</b>	347 (4,0%)	502 (5,7%)	1998 (23,0%)	1305 (15,0%)	4522 (52,1%)	8674 (100%)
<b>2017</b>	144 (1,0%)	723 (5,4%)	1220 (9,2%)	4532 (34,2%)	6624 (50,0%)	13243 (100%)

O número de empregos formais em São Gonçalo do Amarante manifesta relação direta com os valores e aspectos gerados por meio da classificação supervisionada. Como já citado, a classe urbana cresceu principalmente entre 2008 e 2013 com a atração de indústrias para os municípios. No mesmo período ocorre um aumento de 18% nos empregos formais voltados para a construção civil, assinalando a necessidade por trabalhadores no setor visando atender a demanda crescente pela expansão urbana e industrial.

Em 2017, com mais indústrias em atividade, a demanda pela construção civil diminuiu, porém, a demanda industrial e o número de empregos no setor cresceu. O setor industrial aumentou sua participação no total de empregos formais em quase 20%, enquanto a agropecuária diminuiu para apenas 1,0%, com 144 empregos, e o setor de serviços se manteve como o mais atuante.

O PIB total e industrial dos municípios aponta uma mudança nas diretrizes econômicas da região com a chegada do complexo. A economia passou a ser cada vez mais direcionada ao setor industrial e tornou-se mais expressiva na escala estadual, modificando a composição da população local e induzindo a qualificação e geração de empregos voltados a novos setores antes menos ativos na economia. Os impactos do empreendimento sobre o meio

socioeconômico se referem principalmente “às alterações na composição da população humana com a incorporação de trabalhadores, principalmente do gênero masculino, seus costumes e tradições” (CEARÁ, 2011, p. 57).

Porém, é importante ressaltar que o aumento do PIB total e da participação industrial nos municípios não reflete necessariamente em melhorias a sociedade e a qualidade de vida. Apesar de haver investimentos econômicos para a urbanização e infraestrutura local, o aumento da urbanização ocorreu sem o correspondente provimento de infraestrutura e equipamentos para o serviço público (CEARÁ, 2014), conforme constatado a seguir:

A urbanização ocorre de forma desordenada, com ocupação de áreas ainda carentes de infraestrutura básica de habitação, saneamento e transporte, que somada ao rápido e expressivo aumento populacional, também não é acompanhado, no mesmo ritmo, pela oferta de serviços públicos de saúde, educação, assistência social, esportes, lazer e cultura. Tal realidade resulta no agravamento dos problemas sociais que já se evidenciam na região (CEARÁ, 2014, p.39).

A paisagem não é somente visual, suas marcas são deixadas por meio de dinâmicas imprimidas em seu espaço. No caso, além de mudanças em suas formas, funções foram atribuídas e modificadas.

Reiterando o que já dizia Bertrand (2004), a paisagem é o resultado de uma combinação de elementos físicos, biológicos e antrópicos que as tornam um conjunto indissociável. A ação antrópica alterou o desenvolvimento local e o uso da paisagem, acrescentando elementos e substituindo outros, induzindo ao que Milton Santos (1988, p. 23) diz: “a paisagem não se cria de uma só vez, mas por acréscimos, substituições; a lógica pela qual se fez um objeto no passado era a lógica de produção daquele momento”.

Com o passar dos anos a área de influência foi sendo adaptada às dinâmicas recentes que induziam a um perfil econômico distinto e a modificação da paisagem local. A estruturas industriais e habitacionais tomaram conta de grandes áreas, a atividade econômica da região passou a ser moldada seguindo a lógica de produção mais recente de seu espaço geográfico, mantendo tradições e culturas das populações locais, mas também moldando ou introduzindo funções a paisagem.

A confecção de mapas de uso da terra de uma análise multitemporal da paisagem do Complexo Industrial e Portuário do Pecém e de sua área de influência, alinhados com a mensuração dos dados das classes geradas acrescentam ferramentas e informações para estudos na região e do impacto da presença de empreendimentos do gênero.

O uso deste método permite avaliar a alteração de uma paisagem em uma outra perspectiva, buscando aspectos de outros tempos, mas não fornece todas as informações necessárias para interpretação, sendo necessário buscar indicadores e demais informações que auxiliem a análise. Como disse Milton Santos (1988), a categoria de análise da paisagem deve ser pensada paralelamente às condições políticas, econômicas e culturais que a constituíram em seu respectivo tempo, pois ela nos restitui um cabedal histórico de técnicas, sem mostrar todos os dados, que nem sempre são visíveis.

## 5 CONCLUSÃO

Os complexos industriais e portuários são empreendimentos cuja logística está diretamente condicionada a dinâmica de portos que, por meio de atividades antrópicas, influenciam suas estruturas, tipos de indústrias, sua área de influência e outros fatores. O Complexo Industrial e Portuário do Pecém chegou ao litoral oeste do Ceará com objetivos de desenvolvimento industrial e econômico da região. Em 1995, suas obras foram iniciadas, sendo oficialmente inaugurado em março de 2002, inserido nas áreas dos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia e, desde então, participando da paisagem local.

Para analisar a influência do CIPP nos dois municípios cearenses, foram definidos e realizados um objetivo geral e três específicos. O objetivo geral com o intuito de analisar a influência do complexo industrial na alteração da paisagem de sua área de influência por meio de um mapeamento multitemporal do uso da terra. Os objetivos específicos visaram a aplicação de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto em imagens de satélite em anos distintos para o mesmo local, a mensuração, validação dos dados do mapeamento de uso da terra e a análise da contribuição do CIPP nas mudanças observadas no mapeamento a partir dos dados gerados e de indicadores.

A utilização de mapas do uso da terra é importante para dimensionar a mudança paisagística em decorrência da ação antrópica. Seus dados permitem deduzir fatores que contribuíram para a alteração de sua dinâmica e correlacionar informações com indicadores espaciais. A análise multitemporal, assim como executado neste trabalho, fornece um arcabouço quantitativo de informações temporais que remetem à realidade de cada período, permitindo a utilização de seus dados em pesquisas, projetos de monitoramento, estudos regionais e de gestão pública e planejamento sustentável do território, por exemplo.

O método de classificação supervisionada por máxima verossimilhança consistiu na classificação das imagens mediante ferramentas do software de sensoriamento remoto auxiliado por amostras de cada classe escolhidas visualmente pelo analisador. A classificação supervisionada permite que o analisador oriente a ferramenta de classificação na escolha dos objetos da imagem que representam cada classe, desta forma os erros na análise são reduzidos. Todavia, os resultados ainda apresentaram erros, mas o classificador MAXVER correspondeu com excelência para todas as cenas de acordo com o coeficiente Kappa, respondendo bem às amostras indicadas a ferramenta com apenas algumas incongruências pontuais devido dificuldades visuais de interpretação das classes.

Confeccionados os mapas e mensurados seus dados, constatou-se que houve alteração da paisagem na área de estudo no período selecionado. A área urbana foi a que mais se destacou e obteve crescimento expressivo em toda a área de influência, sobretudo dentro dos limites do CIPP. Concomitantemente, houve uma redução na vegetação natural, nos campos de dunas e nas áreas antropizadas não urbanas e leves mudanças na composição da classe de massa d'água em decorrência das dinâmicas hídricas.

A cobertura de infraestrutura urbana cresceu nos dois municípios em ritmo acelerado de 2002 em diante com a inauguração do complexo portuário. Paralelo ao crescimento urbano, sucedeu um aumento e melhoria nos os indicadores econômicos da região, principalmente para São Gonçalo do Amarante. O Produto Interno Bruto do município aumentou, ocupando a 13ª colocação no ranking do PIB estadual, e a participação da indústria no mesmo passou de 34% em 2002 a 58% em 2018, ao mesmo tempo em que crescia a população urbana na região.

O número de empregos e renda também refletiu com o empreendimento. A quantidade de empregos cresceu em todos os setores, com exceção do agrícola. O crescimento percentual no setor industrial e de construção civil acompanhou as demandas que agiam no território em período específico. O setor de construção civil cresceu com o aumento da demanda de construção, enquanto o setor industrial aumentou com o aumento da área industrial e da oferta de empregos. Mesmo com o aumento, o setor de serviços foi predominante em todo o período.

Apesar dos indicadores positivos, o CIPP veio acompanhado de um crescimento demográfico acelerado junto de uma urbanização desordenada, não acompanhada por infraestrutura adequada, com ocupação de áreas com pouca estrutura, saneamento e transporte, não assistidas por serviços públicos adequados ao aumento populacional, acarretando problemas sociais.

A avaliação da alteração da paisagem e de sua dinâmica para os municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia para o período de 26 anos, por meio do método do classificador MAXVER em imagens de Landsat, mostrou-se eficaz para os objetivos almejados. Para esta região do litoral cearense, entretanto, a análise foi comprometida pela grande presença de nuvens ao longo de todos os anos. A série Landsat é a que melhor abordou o período de estudo, porém sua resolução temporal não foi suficiente para estudos multitemporais para meses próximos na região abordada, visto que as cenas apropriadas para utilização são escassas, sendo necessária a alterar a escolha de dois anos. A interpretação visual das cenas para a região

também foi comprometida por se tratar de uma área muito antropizada e com difícil distinção entre classes, principalmente no Landsat 5.

As mudanças observadas na paisagem da área de estudo de 1993 a 2018 sofreram influências da implantação do complexo industrial e portuário da região. Os indicadores de crescimento demográfico e econômico demonstraram um aumento acelerado da população que coincidiu com o aumento da área urbana, assim como a tendência de crescimento para atividades e rendas que se voltaram ao setor industrial. A paisagem foi adaptada as novas dinâmicas, com consequências positivas e negativas aos afetados.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AECIPP, Associação das Empresas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. **AECIPP**. Disponível em: <<http://www.aecipp.com.br/>>. Acesso em: 20 out. 2019.
2. BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **R. RA'EGA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.
3. BRASIL. **Censo IBGE 1991**. 1991. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 02 nov. 2019.
4. BRASIL. **Censo IBGE 2000**. 2000. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 02 nov. 2019.
5. BRASIL. **Censo IBGE 2010**. 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 02 nov. 2019.
6. BRAZ, A. M.; COSTA, Karen Cristina Pereira; GARCIA, Patricia Helena Mirandola. ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E ALTERAÇÕES AMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIBEIRÃOZINHO – MS – BRASIL. **XI Fórum Ambiental da Alta Paulista: Geotecnologias Aplicadas à Análise Ambiental**, Ribeirãozinho - Ms, v. 11, n. 5, p.79-92, 2005. ISSN 1980-0827.
7. CANO, W. Crise e industrialização no Brasil entre 1929 e 1954: a reconstrução do estado Nacional e a política nacional de desenvolvimento. **Revista de Economia Política**, São Paulo - Sp, v. 35, n. 3, p.444-460, jul./set. 2015.
8. CATTANI, C. E. V. et al. Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye. **Anais Xvi Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Sbrs**, Foz do Iguaçu – Pr: INPE, p.8005-8010, 13 a 18 abr. 2013.
9. CEARÁ, Governo do Estado do. **Plano Diretor - CIPP**. 20. ed. Fortaleza: SEINFRA, 2016. Disponível em: <<https://www.adece.ce.gov.br/2014/06/11/complexo-industrial-e-portuario-do-pecem/>>. Acesso em: 25 jun. 2019.
10. CEARÁ. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos; Assembléia Legislativa do Ceará (Org.). **Pacto pelo Pecém: Cenário Atual do Complexo Industrial e Portuário do Pecém**. Fortaleza: Inesp, 2013. 328 p. (ISBN 978-85-7973-035-1).

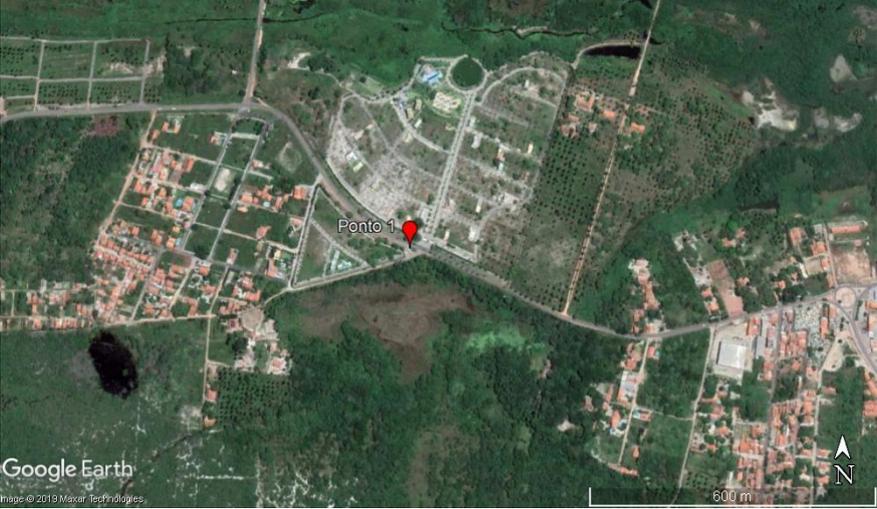
11. CEARÁ. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos; Assembléia Legislativa do Ceará (Org.). **Pacto pelo Pecém**: Agenda Estratégica para o Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP. Fortaleza: Inesp, 2014. 130 p.
12. CEARÁ. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos; Assembléia Legislativa do Ceará (Org.). **Pacto pelo Pecém**: Iniciando o Diálogo. Fortaleza: Inesp, 2011. 77 p.
13. COELHO, A. L. N.; RAMOS, A. L. D.; BERGAMASCHI, R. B. Aplicação dos Produtos Landsat-8/TIRS/OLI e Aster/GDEM na Avaliação do Comportamento Termal de Superfície, Usos e Topografia. **Anais Xvii Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Sbsr**, João Pessoa: INPE, p.1323-1330, 25 abr. 2015.
14. COSTA, E. B. (Org.). Paisagem-Memória e Função Social da Fotografia. In: STEINKE, Valdir Adilson; REIS JUNIOR, Dante Flávio; COSTA, Everaldo Batista (Org.). **Geografia & Fotografia**: Apontamentos Teóricos e Metodológicos. Brasília: Laboratório de Geoiconografia e Multimídias - LAGIM, 2014. Cap. 3. p. 1-222. (ISBN - 978-85-68437-01-8).
15. DGI/INPE. **Landsat**. 2019. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>>. Acesso em: 25 mai. 2019.
16. EMBRAPA **MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 24 out. 2019.
17. ENVI. Sulsoft. **Guia do ENVI em Português**. 2000. Disponível em: <[www.sulsoft.com.br](http://www.sulsoft.com.br)>. Acesso em 20 jul. 2019.
18. FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. **Estudo de Comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5755-5762.
19. FRANÇA, David Guimarães Monteiro; SIANI, Sacha Maruã Ortiz; MORAES, Elizabete Caria. Avaliação da correção atmosférica por FLAASH sobre cenas OLI Landsat-8. **Anais Xvii Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Sbsr**, João Pessoa: INPE, p.6526-6533, 25 abr. 2015.
20. GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas 2008. 200p.

21. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Manuais Técnicos em Geociências – número 9. Rio de Janeiro, RJ, 2001. 94 p.
22. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 nov. 2019.
23. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**: Manuais Técnicos em Geociências número 7. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. (ISBN 85-240-0677-3)
24. IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Produto Interno Bruto Municipal**: Análise do PIB dos Municípios Cearenses - 2002, 2010, 2015 e 2016. 2. ed. Fortaleza: IPECE, 2019. 76 p.
25. IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2019. **BANCO DE DADOS DE INDICADORES SOCIOECONÔMICOS DA REGIÃO DO CIPP**. 2019. Disponível em: < <http://cipp.ipece.ce.gov.br/cipp/mappav/vi/>>. Acesso em: 02 nov. 2019.
26. MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de (Org.). **INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**. Universidade de Brasília – Unb, Brasília: 2012. 264 p.
27. MONIÉ, Frédéric (2011): **Globalização, modernização do sistema portuário e relações cidade/porto no Brasil** In: SILVEIRA, Márcio Rogério (org.): Geografia dos transportes, circulação e logística no brasil. São Paulo: Outras Expressões, Col. “geografia em movimento”, p. 299-330.
28. MOREIRA, A. M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 250 p.
29. MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 250 p. (ISBN - 901991).
30. MTE-RAIS. Ministério do Trabalho e Emprego. **Emprego e Renda**. 2019. Disponível em: < <http://cipp.ipece.ce.gov.br/cipp/mappav/vi/serie.php?idResult=136>>. Acesso em: 05 nov. 2019.
31. NASA. **Landsat Science**. 2019. Disponível em: <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

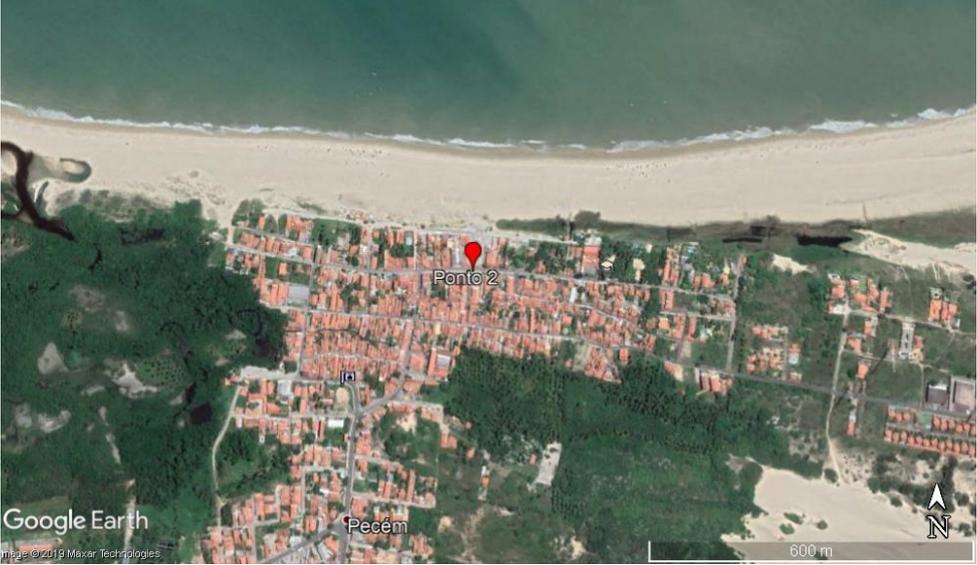
32. NASA. **Landsat Science: A Landsat Timeline.** 2019. Disponível em: <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/a-landsat-timeline/>>. Acesso em: 25 out. 2019.
33. NASA. **Landsat: Landsat 8 Instruments.** 2017. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/content/landsat-8-instruments#.UieDrzY3s0M>>. Acesso em: 25 out. 2019.
34. Porto do Pecém. **História Portuária do Ceará.** 2019. Disponível em: <<http://wp.cearaportos.ce.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2019.
35. REDIVO, A. L. et al. **ANÁLISE MULTITEMPORAL DO RIO SÃO FRANCISCO, NO TRECHO ENTRE OS MUNICÍPIOS DE SÃO ROMÃO E SÃO FRANCISCO NO ESTADO DE MINAS GERAIS.** Geouerj, Rio de Janeiro, v. 1, p. 1223-1230, 2003.
36. RONALD BUSS DE SOUZA. CRS/INPE. **Sensoriamento Remoto: conceitos fundamentais e plataformas.** Santa Maria, 2010. 76 slides, color.
37. SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: espaço e tempo, razão e emoção.** 4. Ed. São Paulo: EDUSP, 2006. 259 p.
38. SANTOS, M. **METAMORFOSES DO ESPAÇO HABITADO, fundamentos Teórico e metodológico da geografia.** Hucitec. São Paulo 1988.
39. SAUER, C. O. The morphology of Landscape. **Publications in Geography.** University of California, v. 2, n. 2, p. 19-55, 1925.
40. SEFAZ. Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará. **Economia.** 2019. Disponível em: <<http://cipp.ipece.ce.gov.br/cipp/mappav/vi/serie.php?idResult=156>>. Acesso em: 05 nov. 2019.
41. SPRING. DPI/INPE. **Tutorial de Geoprocessamento.** 2019. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 25 mai. 2019.
42. TELES, G. A.; AMORA, Z. B.. A GÊNESE DO COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM - CIPP NAS POLÍTICAS DE INDUSTRIALIZAÇÃO CEARENSE E A DINÂMICA NA PRODUÇÃO DO ESPAÇO METROPOLITANO. **Revista da Casa da Geografia de Sobral,** Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral - Ce, v. 18, n. 1, p.24-43, jul. 2016. ISSN 2316-8056. Disponível em: <<http://uvanet.br/rcgs.ISSN>>. Acesso em: 10. jun. 2019.
43. USGS. **EarthExplorer.** Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

## **7 APÊNDICES**

## 7.1 APÊNDICE I

<b>Ficha de Validação de Campo</b>	
<b>Nome:</b> Ponto 1	
<b>Coordenadas Geográficas:</b> X: 9607269 L; Y: 9607269 S	<b>Zona UTM:</b> 24M
<b>Classe para validação:</b> Área Antropizada (Não Urbana)	
<b>Classe observada no local:</b> Área Antropizada (Não Urbana)	
	
<b>Localização do Ponto 1</b>	
	
<b>Ponto 1: Norte</b>	<b>Ponto 1: Leste</b>
	
<b>Ponto 1: Sul</b>	<b>Ponto 1: Oeste</b>
<p><b>OBSERVAÇÃO:</b> A superfície local possui loteamentos imobiliários com baixa ocupação, praticamente sem construções concluídas, validando a escolha de Área Antropizada (Não Urbana).</p>	

## 7.2 APÊNDICE II

Ficha de Validação de Campo	
Nome: Ponto 2	
Coordenadas Geográficas: X: 9607837 L; Y: 518907 S	Zona UTM: 24M
Classe para validação: Área Urbana	
Classe observada no local: Área Urbana	
	
<b>Localização do Ponto 2</b>	
	
<b>Ponto 2: Norte</b>	<b>Ponto 2: Leste</b>
	
<b>Ponto 2: Sul</b>	<b>Ponto 2: Oeste</b>
<b>OBSERVAÇÃO:</b> O uso da terra no ponto coincide com a classificação supervisionada.	

## 7.3 APÊNDICE III

<b>Ficha de Validação de Campo</b>	
<b>Nome:</b> Ponto 3	
<b>Coordenadas Geográficas:</b> X: 9607345 L; Y: 520725 S	<b>Zona UTM:</b> 24M
<b>Classe para validação:</b> Campo de Dunas / Areia	
<b>Classe observada no local:</b> Campo de Dunas / Areia	
	
<b>Localização do Ponto 3</b>	
	
<b>Ponto 3: Norte</b>	<b>Ponto 3: Leste</b>
	
<b>Ponto 3: Sul</b>	<b>Ponto 3: Oeste</b>
<b>OBSERVAÇÃO:</b> O uso da terra no ponto coincide com a classificação supervisionada.	

## 7.4 APÊNDICE IV

Ficha de Validação de Campo	
Nome: Ponto 4	
Coordenadas Geográficas: X: 9606278 L; Y: 519934 S	Zona UTM: 24M
Classe para validação: Vegetação Natural	
Classe observada no local: Vegetação Natural e Campos de Dunas / Areia	
	
Localização do Ponto 4	
	
Ponto 4: Norte	Ponto 4: Leste
	
Ponto 4: Sul	Ponto 4: Oeste
<b>OBSERVAÇÃO:</b> As fotos foram retiradas na transição entre vegetação natural e campos de dunas, pois não foi possível adentrar a vegetação local.	

## 7.5 APÊNDICE V

<b>Ficha de Validação de Campo</b>	
<b>Nome:</b> Ponto 5	
<b>Coordenadas Geográficas:</b> X: 9601511 L; Y: 524315 S	<b>Zona UTM:</b> 24M
<b>Classe para validação:</b> Massa D'água	
<b>Classe observada no Local:</b> Massa d'água, Vegetação Natural e Areia	
	
<b>Localização do Ponto 5</b>	
	
<b>Ponto 5: Norte</b>	<b>Ponto 5: Leste</b>
	
<b>Ponto 5: Sul</b>	<b>Ponto 5: Oeste</b>
<b>OBSERVAÇÃO:</b> O ponto correspondeu com a massa d'água esperada para o local.	

# 8 ANEXO

## 8.1 ANEXO I

