



**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN**  
**Faculdade de Ciências Exatas e Naturais - FANAT**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais - PPGCN**  
**Mestrado em Ciências Naturais – MCN**



**ANDERSON ADAILSON DA SILVA**

**CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO PARA MAPEAMENTO DA  
COBERTURA VEGETAL DA ZONA URBANA DE MOSSORÓ/RN**

Mossoró/RN

2015

**ANDERSON ADAILSON DA SILVA**

**CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO PARA MAPEAMENTO DA  
COBERTURA VEGETAL DA ZONA URBANA DE MOSSORÓ/RN**

Dissertação de mestrado apresentada para  
Defesa junto ao Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Naturais –  
PPGCN, na linha de pesquisa: Diagnóstico  
e Conservação Ambiental.

Orientador: **Prof. Dr. Alfredo Marcelo Grigio**

Co-orientador: **Prof. Dr. Antônio Conceição Paranhos Filho**

Mossoró/RN

2015

**Catálogo da Publicação na Fonte.**  
**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Silva, Anderson Adailson da  
Classificação orientada a objeto para mapeamento da cobertura vegetal da  
zona urbana de Mossoró/RN. / Anderson Adailson da Silva. – Mossoró, RN, 2015.

151 p.  
Orientador(a): Prof. Dr. Alfredo Marcelo Grigio

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais). Universidade do Estado do  
Rio Grande do Norte. Programa de Pós Graduação em Ciências Naturais

1. Geotecnologias. 2. Cobertura vegetal. 3. Área urbana. I. Grigio, Alfredo Marcelo. II.  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

UERN/BC

CDD 910

Bibliotecária: Elaine Paiva de Assunção CRB 15 / 492

**ANDERSON ADAILSON DA SILVA**

**CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO PARA MAPEAMENTO DA  
COBERTURA VEGETAL DA ZONA URBANA DE MOSSORÓ/RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais (PPGCN), da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Naturais.

**Aprovado em:** \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Alfredo Marcelo Grigio - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte  
Orientador

---

Dr. Antônio Conceição Paranhos Filho – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Co-orientador e Examinador Externo

---

Dr. Marco Antônio Diodato – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Examinador Externo

MOSSORÓ-RN  
MARÇO/2015

**A Deus, meus pais, meu irmão e meus amigos.**

**DEDICO**

“Ninguém caminha sem aprender a caminhar, sem aprender a fazer o caminho caminhando,  
refazendo e retocando o sonho pelo qual se pôs a caminhar.”

*Paulo Freire*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, o qual me concedeu a possibilidade de estar entre os vivos neste momento, a quem me ilumina e acompanha meus passos e me sustenta no momentos mais difíceis.

Ao meu professor orientador Alfredo Marcelo Grigio (DG/FACEM/UERN, coordenador do Núcleo de Estudos Socioambientais e Territoriais – NESAT), o qual me acolheu de bom grado como seu orientando, e pela orientação acadêmica e atenção despendida para comigo. Permitindo assim um novo passo para meu crescimento científico. Além da construção de uma amizade, que possa durar por outras vidas. Muito Obrigado!

Ao meu co-orientador Antônio Conceição Paranhos Filho por ter me acolhido tão bem em Mato Grosso do Sul, abrindo a porta do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais na UFMS, fornecendo toda sua estrutura e compartilhando conhecimento para aprimoramento da minha pesquisa. E inclusive me dando abrigo em sua casa. Muito Obrigado!

A Ana Paula Garcia Oliveira por ter compartilhado seus conhecimentos sobre a prática de utilização do eCognition, além de termos dividido o aprendizado. Muito Obrigado!

Aos companheiros e amigos que fiz no do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais na UFMS, nas pessoas de Ana Paula, Anny, Gamarra, Luciana, Alessana, Camila, Leandro, José Renato, Paulo, Luana, entre outros.

Aos professores José Marcato, Rodrigo e Marco Diodato pelas dicas e sugestões para o trabalho.

Aos diversos amigos feitos no NESAT pela atenção e momentos especiais vivenciado neste ambiente, nas pessoas de Maykon, Samuel, Regina, Sóstenes, Luana, Wesley, entre outros os quais frequentavam o laboratório.

A todos os colegas da minha turma de mestrado por propiciarem momentos de alegria e companheirismo, principalmente a Francisca Kélia, Samylle, Heloisa, Bárbara, Hafsanjan, Luiz Tavernard, João Paulo, Jean, Hilquias.

Ao professor Renato por sua amizade e por ter me concedido “abrigo” em Mossoró.

Aos amigos Diógenes, Raiane, Joadson, Milton, David, Assis, entre outros. Cada um que, de sua forma, serão sempre lembrados por mim. Acreditem que cada parágrafo escrito apresentou um traço da contribuição de vocês.

À minha família, em especial aos meus pais Antônio e Lúcia, que, mesmo sem terem uma formação acadêmica, se esforçaram muito para me manter sempre estudando; ao meu querido irmão Alyson e minha companheira Josilene. Saiba que vocês contribuem com meu crescimento.

Ao CNPQ através do Projeto: MODELO GEOESPACIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA DE MOSSORÓ (RN). Chamada: Universal 14/2012-Processo: 473817/2012-8. Pela concessão do financiamento da pesquisa.

## RESUMO

Com o processo de urbanização vivido nas cidades e o aumento do fluxo das pessoas do campo para cidade, ocorreu um crescimento urbano desordenado, o que provocou uma forte pressão sobre os recursos naturais adjacentes a estes ambientes. A mudança perceptível foi na alteração da vegetação local, que deu lugar às construções antrópicas. Nestes novas áreas construídas, a vegetação foi substituída por concreto da construção civil, a vegetação terminou má distribuída em fragmentos pequenos e isolados. A ocorrência da vegetação no ambiente urbano pode trazer inúmeros benefícios. O objetivo da pesquisa compreendeu o mapeamento da cobertura vegetal na área urbana de Mossoró/RN, através da utilização técnica de Classificação Orientada a Objeto (COO), aplicando alguns índices da cobertura vegetal (Índice de Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas – ICVAU e Índice de Verde por Habitante – IVH). Estes índices foram descritos por Alvarez (2004), O ICVAU foi aplicado a toda a área urbana e bairros, e o IVH apenas para área urbana total. Utilizou-se de técnicas do geoprocessamento e cartografia digital para preparar o material para os devidos tratamentos digitais. Na primeira classificação levou em consideração aspectos da Legenda CORINE, utilizando-se do nível 3 com divisão em duas classes: Padrão Urbano Contínuo e Padrão Urbano Descontínuo. Referente ao processo de Classificação Orientada a Objeto (COO), foi utilizada uma adaptação de Pinho et al. (2007) a qual trabalhou com a classificação em ambiente intra-urbano utilizando imagens de satélites de alta resolução. Para o ICVAU, o qual foi aplicado para duas situações, a Área Urbana Total, cujo o valor foi de 29,63% e para apenas a área representada pelo Padrão Urbano Contínuo – PUC, cujo valor foi de 10,30%. Já para o Índice de Verde por Habitante – IVH, a Área Urbana Total - AT apresentou valor de 155,66 m<sup>2</sup> de vegetação/hab. para o Censo de 2010 e para população estimada em 2014 foi de 105,70 m<sup>2</sup> de vegetação/hab. E a Padrão Urbano Contínuo – PUC foi de 16,19 m<sup>2</sup> vegetação/hab. para o Censo de 2010 e para população estimada em 2014 foi de 14,79 m<sup>2</sup> de vegetação/hab. evidencia-se uma notória diferença entre as duas abordagens. Considerando a AT, o bairro que apresentou maior ICVAU foi o Alagados com 52,13%, em contrapartida o que apresentou menor valor foi o bairro Alto de São Manoel com 9,78%. Já considerando a classe PUC, o bairro que apresentou maior valor para o índice foi o bairro Itapetinga com 47,94 %, em contraponto, o de menor valor foi o Alto do Sumaré com 6,28%. Observou-se que em outros trabalhos ocorreram valores semelhantes à valores discrepantes, todos influenciados pela metodologia do mapeamento e abordagem de aplicação dos índices.

**Palavras-Chaves:** Geotecnologias; Cobertura vegetal; área urbana.

## ABSTRACT

With the urbanization process seen in the cities and the increased flow of people from the countryside to the city, there has been an urban sprawl, which has caused strong pressure on adjacent natural resources to these environments. A noticeable change was the change of the local vegetation, which gave way to anthropogenic buildings. In these new areas built, the vegetation has been replaced by concrete construction, vegetation ended badly distributed in small and isolated fragments. The presence of vegetation in the urban environment can bring numerous benefits. The goal of the research included the mapping of vegetation cover in urban Mossoró / RN, through technical use of Oriented Object Classification by applying some indices of vegetation cover (Coverage Ratio Plant in Urban Areas - ICVAU and Green Index for Local - IVH). These figures were described by Alvarez (2004), The ICVAU was applied to the entire urban area and neighborhoods, and IVH only for total urban area. We used geoprocessing techniques and digital mapping to prepare the material for the appropriate digital treatments. In the first classification we took into account aspects of CORINE Legend, using level 3 with division into two classes: Continuous Urban Standard and Discontinuous Urban Standard. Regarding the process Oriented Object Classification (COO), it was used an adaptation of Pinho et al. (2007) which worked with the classification in intra-urban environment using high-resolution satellite images. For ICVAU, which was applied to two situations, Total Urban Area, whose value was 29.63% and for only the area represented by the Continuous Urban Standard - PUC, whose value was 10.30%. As for the Green Index for Local - IVH, Total Urban Area - AT showed a value of 155.66 m<sup>2</sup> of vegetation / hab. for the 2010 Census and estimated population in 2014 was 105.70 m<sup>2</sup> of vegetation / hab. And the Continuous Urban Standard - PUC was 16.19 vegetation m<sup>2</sup> / hab. for the 2010 Census and estimated population in 2014 was 14.79 square meters of vegetation / hab. a notable difference between the two approaches is evident. Considering the AT, the neighborhood with the highest ICVAU was Alagados with 52.13% in return the one which presented the lowest value was the neighborhood Alto de São Manoel with 9.78%. Already considering the PUC class, the neighborhood that presented the highest value for the index was the Itapetinga neighborhood with 47.94%, in contrast, the lowest was the Alto do Sumaré with 6.28%. It was observed in other studies that similar to outliers values occurred, all influenced by mapping methodology and application of the parameters approach.

**Key Words:** Geotechnology; Vegetation cover; urban area.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Organograma das áreas de loteamento que devem ser afetadas como de uso comum. ....	25
<b>Figura 2</b> - Localização da área de estudo. ....	34
<b>Figura 3</b> - Procedimentos executados do trabalho. ....	37
<b>Figura 4</b> - Representação de 1 banda para cada cena – Dados Brutos. ....	38
<b>Figura 5</b> - Coleta de ponto com GPS Geodésico. ....	42
<b>Figura 6</b> - Exemplo do Antes e depois do recorte. ....	43
<b>Figura 7</b> - Ilustração do processo de “mosaicagem”. ....	44
<b>Figura 8</b> - Ilustração do antes e depois do recorte por bairro. ....	45
<b>Figura 9</b> - Mapa do perímetro Urbano de Mossoró/RN. ....	46
<b>Figura 10</b> - Projeto Abolição – Imagem Segmentada. ....	48
<b>Figura 11</b> - Representação das duas Classes CORINE utilizadas. ....	51
<b>Figura 12</b> - Coleta de amostras de treinamento: samples. ....	52
<b>Figura 13</b> - Apresentação da vegetação da área urbana de Mossoró/RN. ....	54
<b>Figura 14</b> - Representação da vegetação com o Padrão Urbano Contínuo para recorte. ....	55
<b>Figura 15</b> - Ilustração do layouts utilizados. ....	56
<b>Figura 16</b> - Mapa da vegetação urbana (Área Total) de Mossoró. ....	69
<b>Figura 17</b> - Mapa da vegetação urbana (Padrão Urbano Contínuo) de Mossoró. ....	72
<b>Figura 18</b> - Mapa da configuração dos bairros. ....	73
<b>Figura 19</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	74
<b>Figura 20</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	75
<b>Figura 21</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	75
<b>Figura 22</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	77
<b>Figura 23</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	77
<b>Figura 24</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	77
<b>Figura 25</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	79
<b>Figura 26</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	79
<b>Figura 27</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	79
<b>Figura 28</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	80
<b>Figura 29</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	81
<b>Figura 30</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	81
<b>Figura 31</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	84
<b>Figura 32</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	84
<b>Figura 33</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	84
<b>Figura 34</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	85
<b>Figura 35</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	86
<b>Figura 36</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	86
<b>Figura 37</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	88
<b>Figura 38</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	88
<b>Figura 39</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	88
<b>Figura 40</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	90
<b>Figura 41</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	91
<b>Figura 42</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	91
<b>Figura 43</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	92
<b>Figura 44</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	92
<b>Figura 45</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	92
<b>Figura 46</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	94
<b>Figura 47</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	94
<b>Figura 48</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	94
<b>Figura 49</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	96
<b>Figura 50</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro. ....	97

<b>Figura 51</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	97
<b>Figura 52</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	98
<b>Figura 53</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	98
<b>Figura 54</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	98
<b>Figura 55</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	100
<b>Figura 56</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	100
<b>Figura 57</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	100
<b>Figura 58</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	102
<b>Figura 59</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	103
<b>Figura 60</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	103
<b>Figura 61</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	104
<b>Figura 62</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	105
<b>Figura 63</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	105
<b>Figura 64</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	106
<b>Figura 65</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	107
<b>Figura 66</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	107
<b>Figura 67</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	108
<b>Figura 68</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	109
<b>Figura 69</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	109
<b>Figura 70</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	110
<b>Figura 71</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	111
<b>Figura 72</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	111
<b>Figura 73</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	112
<b>Figura 74</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	112
<b>Figura 75</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	112
<b>Figura 76</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	114
<b>Figura 77</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	115
<b>Figura 78</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	115
<b>Figura 79</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	116
<b>Figura 80</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	117
<b>Figura 81</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	117
<b>Figura 82</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	118
<b>Figura 83</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	118
<b>Figura 84</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	118
<b>Figura 85</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	121
<b>Figura 86</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	121
<b>Figura 87</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	121
<b>Figura 88</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	123
<b>Figura 89</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	123
<b>Figura 90</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	123
<b>Figura 91</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	125
<b>Figura 92</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	125
<b>Figura 93</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	125
<b>Figura 94</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	127
<b>Figura 95</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	127
<b>Figura 96</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	127
<b>Figura 97</b> - Mapa-Imagem de localização do bairro. ....	128
<b>Figura 98</b> - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.....	129
<b>Figura 99</b> - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo. ....	129
<b>Figura 100</b> - Classificação do ICVAU por bairros – Área Total. ....	130
<b>Figura 101</b> - Classificação do ICVAU por bairros – Padrão Urbano Contínuo.....	132

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Nomenclatura adaptada do Projeto Corine.....	50
<b>Tabela 2</b> - ICVAU para o bairro Abolição. ....	75
<b>Tabela 3</b> - ICVAU para o bairro Aeroporto. ....	76
<b>Tabela 4</b> - ICVAU para o bairro Alagados.....	80
<b>Tabela 5</b> - ICVAU para o bairro Alto da Conceição. ....	82
<b>Tabela 6</b> - ICVAU para o bairro Alto de São Manoel.....	83
<b>Tabela 7</b> - ICVAU para o bairro Alto do Sumaré. ....	86
<b>Tabela 8</b> - ICVAU para o bairro Barrocas.....	89
<b>Tabela 9</b> - ICVAU para o bairro Belo Horizonte. ....	90
<b>Tabela 10</b> - ICVAU para o bairro Boa Vista.....	93
<b>Tabela 11</b> - ICVAU para o bairro Bom Jardim. ....	95
<b>Tabela 12</b> - ICVAU para o bairro Bom Jesus.....	96
<b>Tabela 13</b> - ICVAU para o bairro Centro. ....	99
<b>Tabela 14</b> - ICVAU para o bairro Dix Sept Rosado.....	101
<b>Tabela 15</b> - ICVAU para o bairro Dom Jaime Câmara. ....	102
<b>Tabela 16</b> - ICVAU para o bairro Doze Anos.....	104
<b>Tabela 17</b> - ICVAU para o bairro Ilha de Santa Luzia.....	105
<b>Tabela 18</b> - ICVAU para o bairro Itapetinga.....	108
<b>Tabela 19</b> - ICVAU para o bairro Lagoa do Mato. ....	110
<b>Tabela 20</b> - ICVAU para o bairro Nova Betânia. ....	113
<b>Tabela 21</b> - ICVAU para o bairro Paredões. ....	113
<b>Tabela 22</b> - ICVAU para o bairro Pintos.....	117
<b>Tabela 23</b> - ICVAU para o bairro Planalto Treze de Maio. ....	119
<b>Tabela 24</b> - ICVAU para o bairro Presidente Costa e Silva.....	120
<b>Tabela 25</b> - ICVAU para o bairro Redenção.....	122
<b>Tabela 26</b> - ICVAU para o bairro Rincão.....	124
<b>Tabela 27</b> - ICVAU para o Santa Delmira. ....	126
<b>Tabela 28</b> - ICVAU para o bairro Santo Antônio.....	129

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Especificações do satélite GeoEye-1. ....	35
<b>Quadro 2</b> - Parâmetros utilizados na segmentação. ....	47
<b>Quadro 3</b> - Valores do ICVAU por bairros – Área Total.....	131
<b>Quadro 4</b> - Valores do ICVAU por bairros – Padrão Urbano Contínuo.....	133

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN  
Programa de Pós Graduação de Ciências Naturais - PPGCN  
Núcleo de Estudo Socioambientais e Territoriais – NESAT  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS  
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE  
Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana – ICVAU  
Índice de Verde por Habitante – IVH  
Sistema de Posicionamento Global – GPS  
Classificação Orientada a Objeto – COO  
Padrão Urbano Contínuo – PUC  
Área (Urbana) Total – AT  
Índice de Área Verde – IVA  
Índice de Cobertura Vegetal por Habitantes – ICV/H

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	20
2.1 Áreas verdes ou cobertura vegetal.....	20
2.2 Índices de vegetação no espaço urbano.....	24
2.3 Geotecnologias .....	27
2.4 Classificação orientada a objeto .....	29
<b>3. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	34
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
<b>4.1 Procedimentos metodológicos</b> .....	37
4.1.1 Entrada da Imagem bruta .....	38
4.1.2 Fusão da imagem.....	38
4.1.3 Georreferenciamento.....	40
4.1.4 Recorte da área de estudo.....	42
4.1.5 Mosaico .....	43
4.1.6 Novo Recorte de cena .....	44
4.1.7 Segmentação .....	46
4.1.8 Definição das classes de mapeamento .....	48
4.1.9 Classificação e separação temática de classes a serem utilizadas.....	48
4.1.10 Classificação da imagem segmentada.....	51
4.1.11 Pós-classificação da imagem .....	53
4.1.12 Imagem temática e exportação.....	53
4.1.13 Recorte do vetor Vegetação .....	54
4.1.14 Cálculos dos resultados.....	55
4.1.15 Geração dos mapas e ‘ <i>layouts</i> ’ .....	56
<b>5. ARTIGO SUBMETIDO</b> – Fusão de imagens: avaliação de técnicas tradicionais para a nova geração de imagens de alta resolução – Caso do satélite GeoEye-1 .....	57
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>69</b>
<b>6.1 Mapeamento Área Urbana Total e Padrão Urbano Contínuo</b> .....	69
<b>6.2 Mapeamento por Bairros</b> .....	<b>74</b>
6.2.1 Abolição .....	74
6.2.2 Aeroporto .....	76
6.2.3 Alagados.....	78
6.2.4 Alto da Conceição .....	80
6.2.5 Alto de São Manoel.....	82
6.2.6 Alto do Sumaré .....	85

6.2.7 Barrocas.....	87
6.2.8 Belo Horizonte .....	89
6.2.9 Boa Vista .....	91
6.2.10 Bom Jardim .....	93
6.2.11 Bom Jesus.....	95
6.2.12 Centro .....	97
6.2.13 Dix Sept Rosado.....	99
6.2.14 Dom Jaime Câmara .....	101
6.2.15 Doze Anos .....	103
6.2.16 Ilha de Santa Luzia.....	105
6.2.17 Bairro Itapetinga.....	107
6.2.18 Lagoa do Mato .....	109
6.2.19 Bairro Nova Betânia.....	111
6.2.20 Paredões .....	113
6.2.21 Pintos.....	115
6.2.22 Planalto Treze de Maio .....	117
6.2.23 Presidente Costa e Silva .....	120
6.2.24 Redenção .....	122
6.2.25 Rincão.....	124
6.2.26 Santa Delmira .....	126
6.2.27 Santo Antônio.....	128
<b>6.3 Espacialização do ICVAU por bairros .....</b>	<b>130</b>
<b>7. DISCUSSÃO .....</b>	<b>134</b>
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>137</b>
<b>9. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>139</b>

## APRESENTAÇÃO

O uso das Geotecnologias pode permitir uma abrangência de abordagens para análises espaciais e territoriais. A pressão antrópica exercida sobre os ambientes naturais se intensificam, a partir do aumento da necessidade de exploração de mais recursos, impulsionada pelo consumo exacerbado das sociedades.

O uso das Geotecnologias através da análise de imagens de satélites é um meio pelo qual pode ser usado para realizar mapeamentos, levantamentos dos recursos naturais, os impactos sofridos e modelar cenários futuros. O meio urbano é a representação do ambiente mais alterado pelo homem, e o que promove grande pressão sobre os recursos, pois existe a necessidade de atender as demandas das cidades.

O ambiente urbano tem forte influência sobre a qualidade de vida das pessoas que residem nelas. A configuração das cidades passaram a conter uma estrutura artificializada, negando o meio natural, e resta-se apenas no meio urbano parte da cobertura vegetal, a qual é de suma importância na qualidade de vida dos habitantes.

Assim, este estudo foi conduzido através do levantamento da quantidade e espacialização da vegetação, aplicando índices de cobertura vegetal.

A dissertação encontra-se estruturada em partes, disposto da seguinte maneira: a primeira é a introdução, onde apresenta a ideia inicial do trabalho, justificativa e os objetivos da pesquisa; a segunda apresenta-se a fundamentação teórica através da revisão de literatura; na terceira traz a indicação da área de estudo e a localização; na quarta apresenta os procedimentos metodológicos realizados na pesquisa; na quinta é o artigo submetido a revista com análise do procedimento de fusão de imagem para alta resolução; na sexta apresenta-se os resultados referente ao levantamento da vegetação e aplicação dos índices; na sétima traz a discussão dos resultados correlacionando com outros trabalhos com abordagem parecida; na oitava é apresentada as considerações finais.

As atividades desta pesquisa estão vinculadas ao projeto: MODELO GEOESPACIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA DE MOSSORÓ (RN). Chamada: Universal 14/2012-Processo: 473817/2012-8. Pela concessão do financiamento da pesquisa. O qual visa a geração de um modelo das áreas de inundação na zona urbana de Mossoró/RN.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da Revolução Industrial ocorreram grandes mudanças na estrutura das cidades, através do processo de urbanização das mesmas, através da migração das pessoas do campo para a cidade. Essa mudança no aspecto de estadia da população, culminou em grandes aglomerações desordenadas, as quais cresceram sem qualquer preocupação com a influência deste ambiente sobre a população. O arranjo espacial destas aglomerações são projetadas para atender o interesse econômico e da especulação. “O processo de urbanização deve ser entendido como um processo social e espacial e que traz grandes impactos na vida da população (VIEIRA NETO, 2011, p. 126).”

O ambiente natural foi devastado e substituído pela ocupação urbana desordenada e irregular, aumentando o grau de risco para a população. No Brasil, o crescimento desordenado tende a ser mais acentuado a partir da década de 50, quando os avanços tecnológicos e a tentativa de modernização, intensificam o processo de aglomeração de pessoas na zona urbana (MARTINS, 2012).

As grandes áreas urbanas concentram diversos problemas de ordem ambiental, os que mais se apresentam são a geração de efluentes, contaminação dos recursos hídricos, poluição do ar, sonora, visual, bem como a remoção da vegetação para dar lugar a loteamentos, empreendimentos, enfim, diversas estruturas urbanas (LEAL; FARIAS; ARAÚJO, 2008). Desta forma, há uma diminuição na qualidade de vida da população das cidades, pois não ocorre a preservação dos ambientes com cobertura vegetal e acabam por não terem estruturação básica nos remanescentes para atender a população, com a função de área de recreação, lazer, descanso, amenização da temperatura, absorção dos ruídos, etc.

Áreas no espaço urbano com cobertura vegetal são importantes, devido ao seu papel no que se refere à qualidade do ambiente, servindo como um equilíbrio para a vida moderna no espaço urbano e o ambiente natural, quando preservados para este fim, e que na maioria das vezes a própria população desconhece a sua influência (LIMA; AMORIM, 2006).

Com a ocupação urbana desordenada, pode-se observar a situação dos fragmentos vegetais, pois podem ser considerados como resquícios de uma vegetação natural anterior, sendo circundada por uma matriz paisagística urbana (SOUZA et al., 2013). Em muitos casos, essa vegetação foi repostada através do plantio em vias públicas, praças, etc., mas mesmo assim, acabam compondo fragmentos de vegetação na paisagem urbana.

Dessa forma, Souza (2011, p. 14) considera que “A vegetação é o elemento mais frágil no meio urbano, uma vez que sofre diretamente os efeitos da radiação solar, da poluição atmosférica, da ação antrópica, representada pelas pressões da urbanização e do adensamento populacional”. Esta vegetação possibilita um conforto térmico para o ambiente urbano, pelo seu grande poder de absorção da luz solar, regulando a temperatura e umidade do ar e solo, mantendo a permeabilidade no solo, reduzindo os ruídos (GOMES; SOARES, 2003).

Dentro desta perspectiva da importância da vegetação no ambiente urbano, pode-se comentar sobre a cidade de Mossoró, localizada no limite Nordeste na porção ocidental do Estado do Rio Grande do Norte, localizado na mesorregião Oeste Potiguar. Mossoró é o segundo município mais importante do Estado, sendo considerado polo da região Oeste do Estado, onde inúmeras pessoas são atraídas pela oferta de serviços. A população do município encontra-se com aproximadamente 260 mil habitantes e uma densidade demográfica de 123,7 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010), além de uma população estimada para 2014 de 284.288 habitantes.

A economia do município é muito dinâmica e vem crescendo e atraindo mão de obra das localidades circunvizinhas, ocasionando aumento na demanda por estrutura da prestação de serviços e comércio; com isso, este setor tem representatividade na economia municipal. Mas cabe salientar a importância das outras atividades, destacada por Salles, Grigio e Silva (2013):

“Mossoró possui um grande potencial para o desenvolvimento econômico com a interação entre elementos de diversos setores econômicos, sendo possível destacar como principais atividades econômicas significativas: a petrolífera, salineira, fruticultura irrigada, industrial, alimentícia, habitacional, artefatos cerâmicos, mineração, além da forte pressão sobre o meio ambiente exercida pelo processo de urbanização sem planejamento” (SALLES; GRIGIO; SILVA, 2013, p. 282).

O aumento na oferta de emprego, gera um crescimento da população, implicando na necessidade de estrutura urbana adequada. Neste âmbito, Mossoró não difere das cidades de grande e médio porte do Brasil, as quais sofrem com o crescimento urbano desordenado, onde toda a estrutura funcional da cidade é comprometida, e exerce pressão sobre os recursos naturais (MESQUITA, 2008).

Estas atividades econômicas geram diversas pressões sobre os recursos naturais, e o mais evidente e aparente é a remoção da vegetação para dar lugar a espaços de concreto. Com isso, as áreas que passam a ser ‘ocupadas’, quando não se têm um planejamento adequado, acabam

sucumbindo a vegetação em detrimento do artificial, o que promove a diminuição da qualidade de vida da população, pois a vegetação é capaz de propiciar ambientes amortecedores de impactos advindos do ambiente urbano.

Percebendo a importância da cobertura vegetal em ambiente urbano e da cidade de Mossoró, surge à ideia do desenvolvimento de uma pesquisa, que pudesse contemplar a identificação e espacialização da cobertura vegetal com uso de técnicas de análises espaciais disponíveis no geoprocessamento, conjuntamente com a aplicação de uma metodologia de análise.

O trabalho teve como objetivo realizar o mapeamento da cobertura vegetal da área urbana através do método de Classificação Orientada a Objeto, quantificando os valores através dos índices da cobertura vegetal (Índice de Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas – ICVAU e Índice de Verde por Habitante – IVH).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Áreas verdes ou cobertura vegetal

Falar sobre cobertura vegetal ou áreas verdes é tratar com dificuldades de conceituação, pois a sua conceituação abrange vários aspectos e interpretações, dificultando a sua compreensão. Para inicial de sua compreensão pode-se apoiar-se no aspecto de sua função como parâmetro para uma definição. Neste sentido, existem as funções de Lazer, Ecológica, Estética, Social, Educativa e Psicológicas estando todas inter-relacionadas no ambiente urbano (ALVAREZ, 2004; SOUZA, 2011). Serve-se como parâmetro para entendimento e definição dessas áreas com cobertura vegetal, que incluem todos os outros aspectos referentes ao que sejam áreas verdes, Bargas e Matias (2011, p. 185) apresentam um arcabouço conceitual, discorrendo que:

“um conceito para áreas verdes urbanas deve considerar que elas sejam uma categoria de espaço livre urbano composta por vegetação arbórea e arbustiva (inclusive pelas árvores das vias públicas, desde que estas atinjam um raio de influência que as capacite a exercer as funções de uma área verde), com solo livre de edificações ou coberturas impermeabilizantes (em pelo menos 70% da área), de acesso público ou não, e que exerçam minimamente as funções ecológicas (aumento do conforto térmico, controle da poluição do ar e acústica, interceptação das águas das chuvas, e abrigo à fauna), estéticas (valorização visual e ornamental do ambiente e diversificação da paisagem construída) e de lazer (recreação).” (BARGOS; MATIAS, 2011. p. 185).

Nesta perspectiva, os autores tentaram padronizar de uma forma ampla o que seria áreas verdes, atentando para inúmeros conceitos existentes e fragmentados que dificultam sua utilização, pois muitas vezes, trazem características locais na sua definição.

Na busca pela melhor determinação conceitual para áreas verdes, Daltoé, Cattoni e Loch (2004) apresentam uma classificação com as definições para cada tipo, de acordo com a forma as quais se apresentam no ambiente urbano:

#### **Grupo I - Áreas verdes do sistema viário:**

Predominam vegetações de porte arbustivo e herbáceo. Representam os canteiros, trevos e rotatórias, associados ou não às redes de transmissão de energia. Apresentam-se com valor ecológico variando de baixo a médio e valor cênico médio. Por não possuírem nenhuma estrutura que possa atender às necessidades da população, possuem um baixo valor social.

**Grupo II - Áreas verdes de uso particular:**

Predominam vegetações de porte arbóreo. Neste grupo estão situadas as áreas verdes que se apresentam em domínios de uso habitacional particular. São áreas inacessíveis para uso público devido à ausência de acessos e infraestruturas. Seu valor ecológico é médio, enquanto o cênico e de conforto apresenta-se variando de médio a alto. Devido à impossibilidade de uso direto pelo público seu valor social varia entre médio e baixo.

**Grupo III - Áreas verdes residuais:**

Áreas herbáceo-arbustivas com ou sem cobertura arbórea. Em geral, representam as áreas verdes em loteamentos recentes ou em fase de implantação. Não se enquadram na classificação quanto aos valores cênicos, sociais e ecológicos devido à instabilidade da situação de uso atual.

**Grupo IV - Áreas verdes institucionais:**

Possuem distintas configurações, representadas pelos jardins, áreas verdes de uso institucional, campos de futebol etc. Seu valor cênico é alto e seu valor ecológico e social é médio, devido à restrição de alguns equipamentos para uso da coletividade.

**Grupo V - Áreas verdes públicas e/ou de uso coletivo:**

Nesse grupo enquadram-se as áreas verdes de composição mista com arborização significativa (espécies exóticas e nativas). Compreendem as praças, parques e bosques urbanos, assim como áreas arborizadas dentro dos complexos históricos. Possuem alto valor ecológico, cênico e social.

**Grupo VI - Áreas livres não arborizadas (vazios urbanos):**

Compreendem as coberturas herbáceo-arbustivas (predominantemente gramíneas). Os lotes vazios, característicos principalmente em áreas urbanas de consolidação recente, caracterizam este grupo (Adaptado de DALTOÉ et al. 2004).

A noção de fragmentos florestais urbanos incrementa a discussão e classificação das áreas verdes. A ideia é incluída a discussão, pois a sua definição apresenta que são áreas que contenham 70% do solo coberto por vegetação, logo, apresenta-se como uma área verde. São áreas de extrema importância, pois representam conjuntos florestais arbóreos que influenciam diretamente no amortecimento de aspectos e impactos ambientais provocados pelo processo de urbanização. Beneficia espécies da fauna silvestre com alimentos e ambientes adequados para interações ecológicas (MELO et al. 2011).

Com a grande divergência conceitual existente nos trabalhos desenvolvidos, Bargas e Matias (2011) apresentam um cenário negativo para a criação e melhoria das áreas verdes, comentado que a falta de um consenso causa dificuldade à existência de planejamento voltado a estes ambientes e que atenda as expectativas da sociedade, a qual vive em ambientes extremamente artificializados, e dessa maneira não é possível evitar o declínio da qualidade de vida.

Londe e Mendes (2014) citam que frequentemente existe uma utilização variada de termos para designar a vegetação no ambiente intra-urbano. São utilizados por órgãos ambientais, planejadores e no meio acadêmico. Apresenta-se a ideia de que a vegetação é tratada com diversas perspectivas dentro do cenário das ciências que as estudam.

Na perspectiva de atualizar a conceituação de áreas verdes para o âmbito da legislação vigente e dos vários termos utilizados, Benini e Martin (2011) propõem um conceito sobre áreas verdes públicas:

“Área verde pública é todo espaço livre (área verde/lazer) que foi afetado como de uso comum e que apresente algum tipo de vegetação (espontânea ou plantada), que possa contribuir em termos ambientais (fotossíntese, evapotranspiração, sombreamento, permeabilidade, conservação da biodiversidade e mitigue os efeitos da poluição sonora e atmosférica) e que também seja utilizado com objetivos sociais, ecológicos, científicos ou culturais.” (BENINI; MARTIN, 2011, p. 77).

Compreendendo a importância das áreas com cobertura vegetal, e tendo em vista suas funções que exercem, a vegetação pode ser considerada elemento essencial para regulação de processos ecológicos do ecossistema urbano, pois ela irá proporcionar inúmeras vantagens para o ambiente, dentre eles: maior infiltração da água da chuva, diminuição da poluição sonora e do ar, manterá um equilíbrio da umidade local, regula o microclima urbano, equilíbrio na paisagem da cidade e espaços para recreação (LIMA; AMORIM, 2006; BORGES; MARIM; RODRIGUES, 2012).

A infraestrutura disponível em uma cidade é de extrema importância para a qualidade de vida da população urbana, sendo fatores que influenciam na mesma: o desenvolvimento socioeconômico e os relacionados ao meio ambiente. Neste último, as áreas verdes são consideradas essenciais para a manutenção do bem-estar, pois a saúde mental e física está intimamente relacionada com a estruturação e espacialização destas áreas (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

Observando as funções das áreas verdes, Bargas e Matias (2011, p. 179) nos dizem que: “ela interfere diretamente na qualidade de vida dos seres por meio das funções sociais, ecológicas, estéticas e educativas, que elas exercem para amenização das consequências negativas da urbanização.”

Existe, um grande descaso e falta de interesse das esferas públicas, e em sentido amplo, da própria população no que concerne ao conhecimento da importância da presença destes fragmentos

no ambiente urbano (GOMES; SOARES, 2003). Essa situação de falta de conhecimento é bastante preocupante, pois “o “verde urbano” que, diferentemente da terra, ar e água, não é uma necessidade óbvia na cena urbana, é um atributo muito importante, porém negligenciado no planejamento e desenvolvimento das cidades (NUCCI et al. 2003).”

Existe também a preocupação que “a falta de vegetação nas áreas verdes e espaços públicos destinados ao lazer e à recreação da população também é considerado um problema que interfere na qualidade ambiental dos espaços urbanos, assim como na qualidade de vida da população (LIMA; AMORIM, 2006, p. 70).”

Apesar das aspirações de falta de áreas verdes que sejam bem estruturadas, pode-se considerar que todas as cidades mantêm alguns espaços, mesmo mal estruturados e não planejados ao qual a população pode utilizar. Mesmo que existam algumas dificuldades de acesso para algumas pessoas, por vários motivos, que não cabem aqui elencar. Mas, observa-se que a presença destes espaços não são bem organizados e que não passam de locais dispersos pelo ambiente urbano, sem um controle de distribuição que favoreça todos os cidadãos no âmbito do urbano (LOBODA; DE ANGELIS, 2005).

Com o mesmo pensamento Gomes e Soares (2003) trazem que os sistemas de lazer são precários nas cidades, e que há uma grande dificuldade de acesso a maior parte da população. Torna-se extremamente necessário a conservação e criação de espaços verdes de lazer, os quais possam garantir um mínimo de qualidade de vida. Identificam que a arborização de vias públicas, vazios urbanos e praças, também contribuiriam para amenização do clima urbano e da qualidade de vida da população no meio urbano.

A cidade é considerada um meio de criação e desenvolvimento de relações sociais, e de melhorias na qualidade de vida da população. Sendo este um dos motivos para a criação de espaços verdes, pois é um importante recurso no planejamento e construção de um ambiente adequado (LONDE; MENDES, 2014).

No entanto, Melo et al. (2011) no âmbito de seu trabalho sobre fragmentos florestais, conclui que é importante a conservação dos fragmentos florestais, os quais representam um tipo de área verde, para que possa cumprir suas funções de lazer, e assim, promover a melhoria na qualidade de vida da população.

Com todas as vantagens que a cobertura vegetal pode propiciar nos ambientes urbanos, pode-se considerar como elemento essencial e que deve ser identificado, para que se permita um

gerenciamento adequado destes ambientes. Compreendendo sua importância e as consequências em ter ou não áreas deste tipo, suscitam pensamentos acerca do planejamento do ambiente que valorize espaços naturais, onde se possam desenvolver atividades de lazer e cultura, as quais consequentemente trazem melhoria na qualidade de vida (BORGES, MARIM; RODRIGUES, 2012).

## 2.2 Índices de vegetação no espaço urbano

A maioria das cidades tem sua ocupação ligada às margens dos recursos hídricos, com isso, estes ambientes urbanos estão sujeitos ao Código Florestal (BRASIL, 2012), e em seu Capítulo II, seção I versa sobre as Áreas de Preservação Permanente, que são delimitadas em torno dos recursos hídricos e não pode haver uso deste ambiente, exceto quando de autorização para algum fim de utilidade pública.

Devido à dificuldade de conceituação, as áreas verdes ou com vegetação, são incluídas legalmente dentro do que se chama de áreas livres públicas, sendo assim, elas estão sujeitas a Lei Federal 6.766/79 que dispõe sobre o parcelamento do uso do solo urbano, onde em seu Art. 4º descreve sobre espaços livres de uso público, sendo alterada sua redação pela Lei 9.785/99, descrevendo que estas áreas terão que ser proporcionais a densidade de ocupação, prevista pelo plano diretor ou aprovada por Lei na zona em que se apresentem.

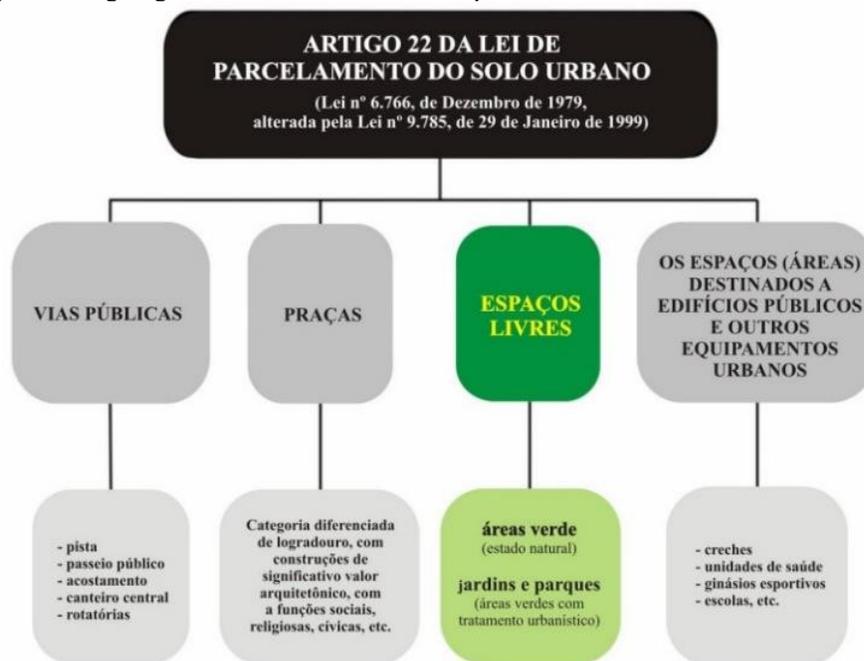
Benini e Martin (2011) propondo uma aproximação conceitual das áreas verdes, elucidada que a Lei do parcelamento do uso do solo urbano, tem subsídios que podem contribuir para superar a difícil conceituação de áreas verdes. Identificam que em seu Art. 22º possibilita determinar quais os equipamentos urbanos e os espaços de área verdes públicas através das áreas de uso comum (**Fig. 01**).

Neste sentido, além de ser regida pelas Leis já citadas, a vegetação localizada em ambiente urbano está sujeita ao plano diretor municipal, que no caso do município de Mossoró/RN, foi instaurado sob a Lei 012/2006. E em seu Art. 80º descreve sobre a proteção de áreas de proteção ambiental, vetando assim atividades de parcelamento do uso do solo nestes ambientes (MOSSORÓ, 2006).

Quanto à criação de áreas verdes no ambiente urbano o Plano Diretor, em seu Art. 81º descreve que: “serão destinadas áreas ao arruamento e à implantação de equipamentos públicos

urbanos e comunitários e áreas verdes, obedecendo ao traçado e ao regime estabelecido nesta lei”. Desta forma, a Lei contempla a implantação pelo município de áreas verdes no ambiente urbano, no que compõe o parcelamento do solo. Desta forma, o órgão municipal deverá propiciar estes ambientes, e qualquer parcelamento que ocorra na faixa urbana do município, deverá contemplar este aspecto.

**Figura 1** - Organograma das áreas de loteamento que devem ser afetadas como de uso comum.



**Fonte:** BENINI, 2011.

As primeiras propostas reais de esclarecimento da aplicação de índices surgem por volta dos últimos anos da década de 90 do século XX. Segundo Alvarez (2004), o trabalho de Guzzo (1999) aprimorou a utilização do índice elaborada por Nucci (1996), esses autores trazem as ideias iniciais para utilização de índices.

Na sua proposta metodológica de aplicação de índices, Alvarez (2004) ainda “questiona-se qual metodologia utilizar para determinação de índices e como conseguir contemplar as muitas contradições presentes na área urbana.”

Os indicadores da quantificação da vegetação têm sido expressos, através da utilização de valores da demografia das áreas em análises, sendo o percentual de área verde pela área total da localidade e/ou por habitante (OLIVEIRA, 1996; HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006).

Harder, Ribeiro e Tavares (2006) apresentam um índice de área para cálculo, através do valor de área total do que está se analisando dividido pelo número de habitantes da área urbana. Alvarez (2004) já comentava este tipo de índice, o qual se aplica a mesma regra de divisão da área total por número de habitantes, o qual ele denomina de Índice de Verde por Habitante (IVH).

Alvarez (2004) também propõe um índice chamado de Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana - ICVAU, o que fornece a porcentagem da proporção da área total pela área da vegetação encontrada. Observa-se uma outra nomenclatura para aplicação deste modelo de índice de vegetação, a qual é semelhante, tendo a mesma lógica do ICVAU e é chamado de Percentual de Áreas Verdes – PAV (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006; PANCHER; ÁVILA, 2012).

Já, Luz e Rodrigues (2014) trabalham com proposta semelhante aos autores supracitados, mas trazem a nomenclatura de Alvarez (2004) quando se refere a utilização do ICVAU. Acabam diferindo quando tratam do IVH, utilizam o Índice de Cobertura Vegetal por Habitantes – ICV/H, onde os procedimentos para obtenção dos valores são semelhantes.

Nesta perspectiva, pode-se observar a presença da questão conceitual da vegetação na área urbana, a qual também influencia na aplicação da nomenclatura para os índices. Além do grande número de metodologias que são utilizadas para descrever a vegetação no ambiente urbano, dificulta-se muitas vezes a comparação (JESUS; BRAGA, 2005; MORERO; SANTOS; FIDALGO, (2007); BARGOS; MATIAS, 2011).

Um dado importante quanto a conceituação para entender os índices, é que um índice de cobertura vegetal será diferente do índice de áreas verdes por compreender todas as manchas de vegetação no ambiente urbano, independentemente de seu uso (JESUS; BRAGA, 2005). Neste mesmo sentido, Mazzei, Colesanti e Santos (2007) trazem a ideia de que área verde é um critério para identificar a qualidade de vida da população, pois estas deverão oferecer opções de lazer, o que à diferencia de cobertura vegetal.

Quanto a comparação em levantamentos de vegetação no ambiente urbano entre diferentes países, deve-se ter uma preocupação em considerar aspectos socioculturais e econômicos de cada nacionalidade, e ainda apresentar paisagens diferentes, através de condições climáticas e ambientais diferentes (JESUS; BRAGA, 2005). Quando considerarmos as cidades brasileiras para comparação entre índices aplicados, deve-se ter preocupação também na questão geográfica das cidades, pois o Brasil é um país com dimensões continentais, o que compreende várias regiões com aspectos e características ambientais, sociais, culturais e econômicas distintas.

Já para Moura e Nucci (2005) pode ser feita uma extrapolação e comparação dos valores de uma cidade para outra, caso se tome os devidos cuidados com a base de informação, escala, data, e as técnicas de mapeamento e quantificação, podendo ter também uma pequena caracterização do meio físico e dos usos da terra.

Outro aspecto importante trata-se da distribuição da cobertura vegetal, ou principalmente, áreas verdes, as quais tem um aspecto destinado a recreação. Onde, caso se obtenha um valor de índice considerável, isso não irá dizer, que toda a população seja beneficiada, pois estes espaços podem ser restritos a uma minoria (LUZ; ARAÚJO; RODRIGUES, 2012).

Alvarez (2004) comenta que o ICVAU e o IVH são os principais índices utilizados como padrões de referência na qualidade de vida para os habitantes de algum local, quando incluso o item da vegetação. O ICVAU é representado em porcentagem e representa uma proporção da área coberta pela vegetação da área estudada. Já o ICH representa a quantidade de cobertura vegetal encontrada dividido pelo número de habitantes da localidade. Sendo expresso em m<sup>2</sup>/habitantes.

### **2.3 Geotecnologias**

As ferramentas computacionais para o mapeamento não existiam como as que conhecemos hoje, o que tornava limitado os vários tipos de mapeamentos. Um exemplo, é relacionado aos banco de dados espaciais que são atualmente fáceis de manipular em computadores, eram realizados através da utilização de um desenho sobre papel ou filme. As técnicas convencionais de produção de mapas são consideradas inadequadas atualmente, em se tratando de atualização das informações espaciais, observando o ritmo de mudança na superfície da terra (BURROUGH; MCDONNELL, 1998).

Segundo Brimicombe (2010) em meados da década de 1960, vários profissionais de diversas áreas, principalmente da América do Norte, ficaram animados com a possibilidade de manipulação de dados espaciais digitalmente. Esses poucos profissionais deram uma enorme contribuição para toda a indústria em torno dos SIGs. Weng (2010) apresenta que o surgimento do GIS, refletiu o desenvolvimento e progresso da tecnologia de computadores e da influência da geografia com seus métodos quantitativos.

Burrough e McDonnell (1998) comentam que por volta da década de 1970 na América do Norte e na de 1980, em alguns países da Europa e a Austrália, em escala menor se comparada com

o primeiro caso, tiveram um desenvolvimento da aplicação de técnicas de Cartografia assistida por computador. Mas o custo das máquinas (hardwares) eram extremamente caros na época, o que tornou empresas relutantes ou incapazes de incorporar as novas práticas aos trabalhos.

Na década de 1990 vem o desenvolvimento e aplicação do *Geography Information System* (GIS), um número maior de pessoas passaram a ter conhecimento sobre a importância e manipulação de grandes quantidades de informação espacial. Os computadores se tornaram menos oneroso, ainda assim os valores eram altos, mas já “acessíveis”, além do aumento da potência de processamento e de armazenamento. Os computadores passaram e se comunicar com redes eletrônicas (internet). Ocorreu uma conexão entre as interfaces dos softwares e dos banco de dados, o que veio a facilitar a manipulação dos dados (BURROUGH; MCDONNELL, 1998).

Azaz (2011) comenta que o GIS (ou SIG) é fundamentalmente uma ferramenta a qual pode fazer ligações entre um banco de dados e um mapa digital em sua tela, ainda assim, possibilitando outros usos, como modelagens de funções específicas para atender a determinadas necessidades. Além de poder representar objetos com precisão cartográfica e possibilitar a análise através de sistemas, objetivando uma tomada de decisão.

No Brasil, com sua imensa extensão territorial, existe a necessidade de informações adequadas sobre os aspectos de seu território, as quais podem ser utilizadas para tomadas decisões acerca dos problemas urbanos e rurais. Principalmente no que se referem às cidades, os usos das técnicas envolvidas nas geotecnologias apresentam um potencial enorme, entendendo que o conhecimento seja adquirido localmente e as tecnologias envolvidas forem de baixo custo (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

As ferramentas que podem ser utilizadas para a identificação das características dos ambientes urbanos, é a geotecnologia apoiada no uso das técnicas de análise espacial do geoprocessamento dentro de ambientes de Sistema de Informação Geográfica (SIG). O SIG pode ser considerado como uma ferramenta, a qual funciona no auxílio à tomada de decisões que forneçam informações para a sociedade, pois consegue tratar os dados simultaneamente (PIRES; SANTOS; PIRES, 2004).

Permitem a realização de análises complexas, integrando os dados de diversas fontes e criando banco de dados, onde podem ser armazenados os dados georreferenciados (CÂMARA; MEDEIROS, 1998), podendo inserir diversos dados, gerar análises sobre as mais diversas relações

espaciais que se façam presentes na paisagem, ainda tendo como possibilidade a representação em forma de mapas (LANG; BLASCHKE, 2009).

O uso dos SIGs permite a entrada de diversos dados, os quais podem ser sobrepostos uns aos outros, como camadas (layers), permite-se a realização de delineamentos, através das interações e relações espaciais (WENG, 2010).

O geoprocessamento aliado ao uso de SIG é considerado, uma ferramenta poderosa e precisa, permite análises e dados digitais e que podem ser aplicado para a situação ambiental específica a qual se deseja analisar (DIAS et al., 2011). As diversas técnicas do SIG tem fundamental importância para o planejamento, passando por todas as fases, o que fornece possibilidades para o aperfeiçoamento do trabalho, otimiza-se e gera um mínimo de gastos possíveis, subsidiando as tomadas de decisões sobre atividades a serem desenvolvidas (MACEDO; AIRES; MACIEL, 2012; SILVA, 2012).

Segundo Silva (2012, p. 64) “O conhecimento do território é de grande importância, pois todas as atividades humanas são exercidas nele, o que cria a necessidade de conhecimento do mesmo, como é, e como seus elementos estão dispostos.” Com esta visão, é possível entender que o uso deste aparato de técnicas, poderá fornecer informações importantes para a gestão do territorial e conseqüentemente da cobertura vegetal no ambiente urbano.

## **2.4 Classificação orientada a objeto**

Orientada a objeto é uma forma de análise através de linguagem de programação (SIMULA 67<sup>11</sup>) a qual é projetada para abordar diretamente a solução de problemas. A qual passou por desenvolvimento desde o seu início na década de 60, e atualmente existem outras linguagens, como Java, Eiffel, CC++, etc. (MANSSOUR, 2002).

Quanto ao modelo Orientado a Objeto ele terá como entidade principal o objeto, o qual dentro da programação estará recebendo e enviando mensagens, executando processamentos (MANSSOUR, 2002). Farinelli (2007, p. 4) comenta que: “a proposta da orientação a Objetos é representar o mais fielmente possível as situações do mundo real nos sistemas computacionais”.

---

<sup>1</sup> Simula 67 é uma linguagem de programação, derivada da ALGOL 60, criadas entre 1962 e 1968 por Kristen Nygaard e Ole-Johan Dahl no Centro Norueguês de Computação em Oslo (SEBESTA, 2011).

Neste aspecto ele irá buscar uma coleção de objetos que interagem entre si, como funciona com as coisas no mundo real.

Nesta perspectiva de se ter no meio computacional a repetição o mais fiel possível do mundo real, a área geotecnológica tende a absorver também a proposição de linguagem de programação em software. Segundo Blaschke et al. (2014) o primeiro software comercial para aplicações no delineamento de análises de objetos em imagens de satélites de sensoriamento remoto, acontece por volta do ano 2000. Surgiu então o software eCognition, o qual foi desenvolvido pela empresa Definiens Imaging. Atualmente é o software mais empregado para análise em imagens de satélites de alta resolução, o mesmo se utiliza do método “*Fractal Net Evolution*”, onde é eficiente para descrever a construção de grandes e complexas semânticas e redes dinâmicas (BAATZ, SCHAPE, 1999).

Com base em Zhang e Maxwell (2006) o método “*Fractal Net Evolution*” implementado por Definiens Imaging para segmentação de objetos, tenta atender seis processamentos: 1 – Produção de objetos primitivos na imagem; 2 – Adaptabilidade para diferentes escalas; 3 – Produção de tamanhos similares de segmentos para uma escala escolhida; 4 – Aplicabilidade para uma variedade de conjuntos de dados; 5 – Reprodução dos resultados da segmentação; e 6 – Requerimento para um desempenho razoavelmente rápido.

Blaschke (2010) comenta que há décadas os conceitos utilizados na classificação orientada a objeto vem sendo discutidos, tais como: segmentação, extração de feições e classificação. Leukert (2007, p. 145), comenta que “a interpretação de imagens com os procedimentos clássicos baseados em *pixels*, como a classificação multiespectral supervisionada, fornece geralmente resultados insatisfatórios para dados de imagem de satélites com alta resolução”.

Os classificadores convencionais foram pensados para imagens entendidas como de baixa resolução atualmente, mas estas já foram consideradas de alta resolução, onde se concentravam na captura e apresentação da informação espectral existente no pixel. No entanto, imagens de alta resolução espacial com valores mais altos passam a surgir mais recentemente e com uma frequência maior, as quais podem integrar e armazenar informações diversas e não somente a espectral (AFFONSO, SILVA, GALO, 2013).

O uso da classificação orientada a objeto tenta utilizar uma lógica que seja parecida com o reconhecimento da mente humana, onde é possível identificar através do software as propriedades dos objetos, por exemplo: a forma, textura, cor, contexto, etc. Assim quando olhamos uma

fotografia, analisa-se os objetos nelas apresentadas (NAVULUR, 2007), desta maneira a Classificação Orientada a Objeto tende a se comportar. O método de classificação orientada a objeto, é conhecido internacionalmente como sendo OBIA (*Object-based Image Analysis*) ou GEOBIA (*GEOgraphyc Object-based Image Analysis*) e a qual é uma aplicação orientada a objeto na análise de imagens (BLASCHKE, 2010).

Hay e Blaschke (2010) comentam que o interesse por GEOBIA, vem crescendo mundialmente e rapidamente, e apresenta que a primeira conferência ligada ao tema foi realizada em Salzburg na Áustria, onde contou com mais de pessoas 120 participantes de 24 países diferentes. Os autores Op Cit. também mostram a crescente difusão de artigos científicos que englobam a temática.

Os procedimentos mais usuais classificam os pixels individualmente, categorizando-se dentro de uma classe específica por métodos estatísticos (CAMPOS et al., 2013), na Classificação Orientada a Objeto o procedimento de classificação delimita os objetos homogêneos, como base para um processamento posterior, através da segmentação, onde leva em conta a dimensão espacial do objeto, ou seja, sua forma (BLASCHKE et al., 2007).

As classificações baseadas no modelo *pixel-pixel* acabam sendo limitadas para a exibição da grandeza de detalhes de ambientes bastantes heterogêneos como o caso do ambiente urbano (PINHO et al., 2007; PINHO; KUX; ALMEIDA, 2007). A abordagem baseada em objeto ou Classificação orientada a objeto é bem mais eficiente e consistente do que o método baseado em *pixel* (ADARWAL, 2013).

Já na concepção do COO, pode-se observar a divisão dos objetos em segmentos que atrelam diversas informações, não apenas o *pixel*, mais o nível de cinza, características espectrais, textura, tamanho, forma, informação do contexto, etc. Bem como a implantação do conhecimento do analista no processo de classificação (CAMPOS et al. 2013).

Neste tipo de classificação, é possível a utilização de diferentes escalas, criando vários níveis de segmentação com diferentes tamanhos de objetos, os quais podem estar relacionados entre si, através de uma rede semântica, utilizando diferentes atributos geométricos (BLASCHKE, 2013; ARYAL, 2013).

Quanto ao uso em imagens de alta resolução espacial, porém menor espectral, para classificação do uso do solo, observa-se que estatisticamente os métodos convencionais para classificação, como o baseado em *pixel*, não tem apresentado resultados suficientemente

satisfatórios (HUANG; LING, 2008). Antunes (2003) ao mesmo tempo comenta que com a utilização de imagens de alta resolução, a classificação orientada a objeto permite o uso de informações vindas dos agrupamentos ou *clusters* de *pixels*, tais como a forma, brilho e textura.

Quanto à solução do problema da análise baseada em pixel, a COO traz a perspectiva de integração das informações de *pixels* vizinhos. Pois no primeiro modelo os *pixels* sofriam influência dos que os circundava, já no segundo irá trabalhar com regiões homogêneas, através da criação de segmentos que serão utilizados na classificação, sendo utilizadas informações geométricas e topológicas, o que oferece maior confiabilidade nos resultados (ALVES; VERGARA, 2005).

O processamento básico da análise orientada a objeto, consiste na geração de segmentos, os quais são chamados de objetos, e não representam apenas um pixel simples. Existe a vantagem de se utilizar informações adicionais para que se possa melhorar a relação entre os objetos do mundo real e os objetos gerados na segmentação (BENZ et al., 2004; BLASCHKE, 2013).

A classificação orientada a objeto apresenta seus problemas na identificação dos objetos, muitas vezes por confundir objetos parecidos, ou seja, que tenham respostas espectrais parecidas, mas isto pode ser contornado através do uso de informações adicionais ao processo de classificação (BLASCHKE, 2013). Sendo importante o uso de dados SIG ou dados geográficos preexistentes para fornecer informações complementares, onde os dados da classificação possam ser refinados e terem uma maior confiabilidade (LEUKERT, 2007).

Mas, podemos considerar que com as escolhas de amostras e parâmetros de segmentação adequados, o método de classificação orientada a objeto tende a diminuir o ruído, ou problemas de interpretação da imagem, e tem alta acurácia e eficiência, comparando-a com o método baseado em pixel. Sendo considerado um método muito mais simples de se entender e de explicar (HUANG; LING, 2008).

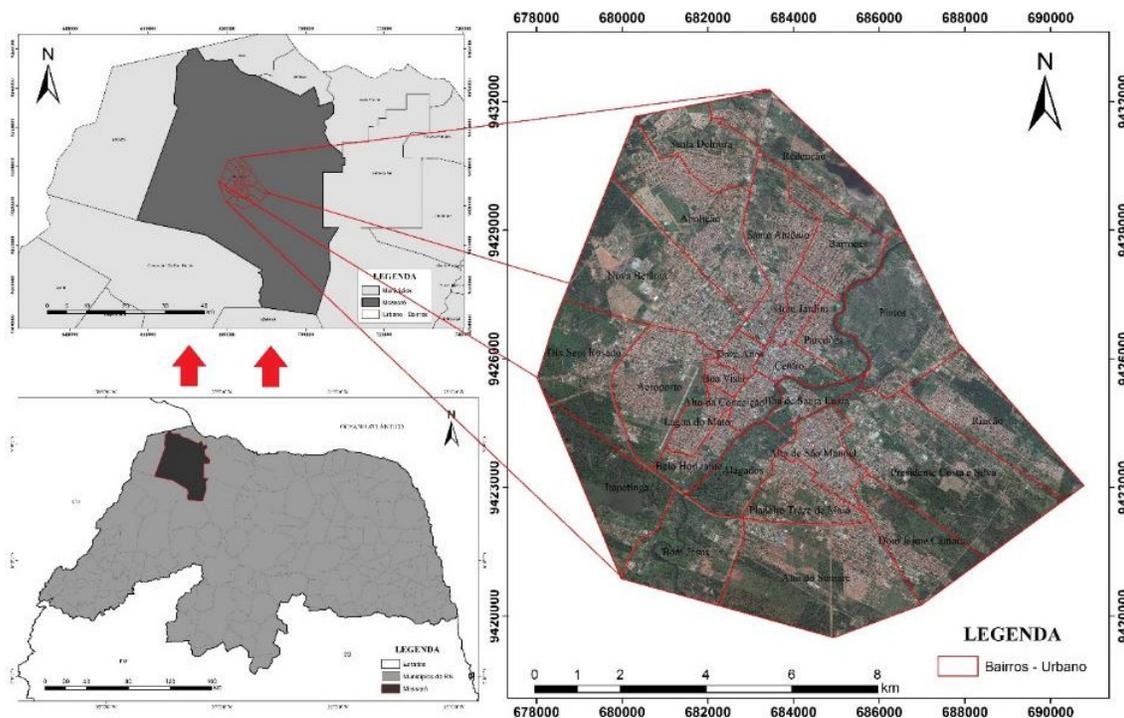
Esta técnica se apresenta como uma alternativa de automatização, ou melhor, semi-automatização do processo de classificação do ambiente intra-urbano, utilizando imagens de alta resolução, pois ela apresenta-se como um método rápido para obtenção de boa qualidade de dados ecológicos e de áreas verdes ou jardins em ambientes urbanos (MATHIEU; FREEMAN; ARYAL, 2007). A classificação orientada a objeto tem grande potencial para extração e mapeamento de informações de imagens de alta resolução, mas tem que se observar que o operador do sistema

deve ter também um bom conhecimento da área, pois é ele quem vai decidir as classes e organizá-las hierarquicamente (ZHANG; MAXWELL, 2006).

### 3. ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na área urbana do Município de Mossoró no Estado do Rio Grande do Norte (**Figura 2**). O município apresenta uma importância econômica e de desenvolvimento para o Estado, sendo o segundo maior município, com população de 259.815 habitantes, ficando apenas atrás da capital Natal/RN com 803.739 habitantes (IBGE, 2010). Foi fator preponderante para escolha da mesma para desenvolvimento da pesquisa. Com o grande número de habitantes e com uma economia crescente, acarreta o crescimento urbano, aumentando a demanda por novas áreas para instalação de loteamentos e empreendimentos, os quais vão se expandido em direção à zona rural, causando impactos negativos ao ambiente.

**Figura 2** - Localização da área de estudo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Dos aspectos físicos, cabe citar um fator bastante preponderante, o clima, pois o município está inserido na região semiárida (com clima tropical equatorial de Nimer (1972) classificação do tipo BSw'h' de Köppen), clima muito quente e semiárido, essas áreas são marcadas pela forte incidência solar (RADAMBRASIL, 1981; NUNES, 2006). Com a situação de altas temperaturas na região, a presença de vegetação no meio urbano pode ser considerada como imprescindível, pois ela irá amenizar a temperatura local e aumentar a umidade, e ainda propiciar diversos outros benefícios.

Esta atividade fornece subsídio ao órgão público municipal e a toda comunidade, pois indica os locais onde existem cobertura vegetal. E está mostrando os índices de cobertura florestal, o que irá coincidir com quais áreas faltam cobertura vegetal e conseqüentemente quais necessitam de maior intervenção para sua implantação.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Na proposta de embasar a pesquisa científica, foi realizado o levantamento bibliográfico dos assuntos nas áreas de concentração dos temas abordados, tais como: geoprocessamento, SIG, classificação orientada a objeto, cobertura vegetal em zona urbana, etc. Buscando sempre trabalhos mais recentes nas áreas que envolvem a pesquisa, mas também dando ênfase a trabalhos mais antigos, que sejam ícone de referência na área.

Para a realização desse trabalho foi utilizada imagem de satélite de alta resolução, imagem do Satélite GeoEye-1 (Threetek, 2013) em modo Bundle, com 50 cm de resolução espacial na banda pancromática e 2 m na faixa multiespectral (**Quadro 1**), fornecidas pelo Núcleo de Estudos Socioambientais e Territoriais (NESAT) através de seu banco de dados.

**Quadro 1** - Especificações do satélite GeoEye-1.

<b>GeoEye-1 – especificações técnicas básicas</b>	
<b>Informação de lançamento</b>	Data: 06/09/2008
<b>Local do Lançamento</b>	Base aérea de Vandenberg, Califórnia, EUA
<b>Órbita</b>	Altitude: 684 km
<b>Tipo</b>	Heliossíncrona, 10:30 am
<b>Período</b>	98 minutos
<b>Bandas do sensor</b>	Pancromática, Vermelha, Azul, Verde e Infravermelho
<b>Resolução espacial</b>	50 cm verdadeiros (pancromática) 2 m (multiespectral)
<b>Resolução Radiométrica</b>	11 bits por pixels (2048 níveis de cinza)
<b>Comprimento da faixa</b>	15,2 km no nadir
<b>Ângulo máximo de visada</b>	+/- 45° off-nadir
<b>Capacidade de coleta</b>	700 mil km <sup>2</sup> por dia
<b>Resolução temporal</b>	Aproximadamente 3 dias – 30° off-nadir
<b>Acurácia posicional</b>	Acurácia especificada de 50 CE90% no nadir excluindo efeitos do terreno

Fonte: Adaptado de Globalgeo, 2014.

Os softwares de Sistema de Informação Geográfica empregados nas atividades da pesquisa, foram:

ArcGis 10.1: software de propriedade da empresa Esri, será utilizado através da licença *Concurrent Use*, conseguida pelo NESAT através de projetos financiados por entidade de fomento.

SPRING 5.2: software livre brasileiro, disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE) (CÂMARA et al., 1996).

QGIS: em suas diversas versões; software livre que foi desenvolvido pelo projeto oficial *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo).

PCI Geomatica 9.1: software comercial para processamento digital de imagens, foi utilizado através da licença do LabGIS – Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais (CCET/UFMS).

eCognition Developer 8.7: software comercial para classificação de imagens de satélites, foi utilizado através de parceria com o LabGIS – Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais (CCET/UFMS) e o NESAT (UERJ), o qual detém a licença de uso.

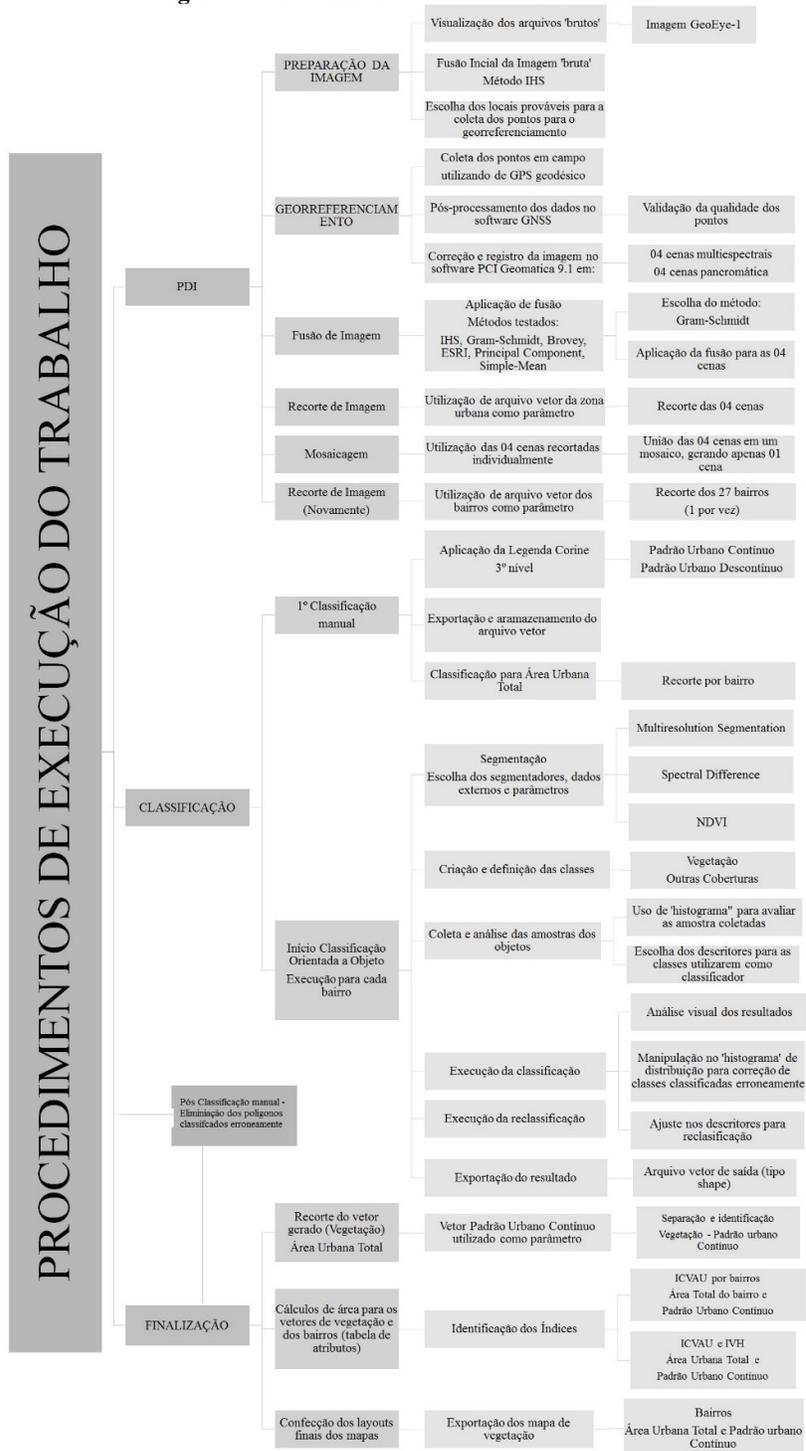
A utilização de dados preexistentes foi essencial para a execução da pesquisa, tendo em vista a necessidade de se ter previamente o arquivo vetorial da zona urbana do município, bem como a divisão dos bairros. Estes itens foram utilizados a partir do banco de dados existente no NESAT e fornecidos pelo mesmo.

Os procedimentos utilizados para identificação da cobertura vegetal foi o de Classificação Orientada a Objeto (COO) (ALVES; VERGARA, 2005; PINHO, et al., 2007; HUANG, LING, 2008; NAVULUR, 2007; AFFONSO; SILVA; GALO, 2013; ARYAL, 2013), devido ao uso de imagem de alta resolução, já que os principais métodos usuais como Máxima Verossimilhança, Distância Mínima, Paralelepípedo etc. (FITZ, 2008; MOREIRA, 2011; MENESES; ALMEIDA, 2012) para classificação automática não conseguem atender perfeitamente o resultado esperado.

## 4.1 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos a serem utilizados foram adaptados de Pinho et al. (2007), seguindo o fluxograma (Figura 3):

Figura 3 - Procedimentos executados do trabalho.

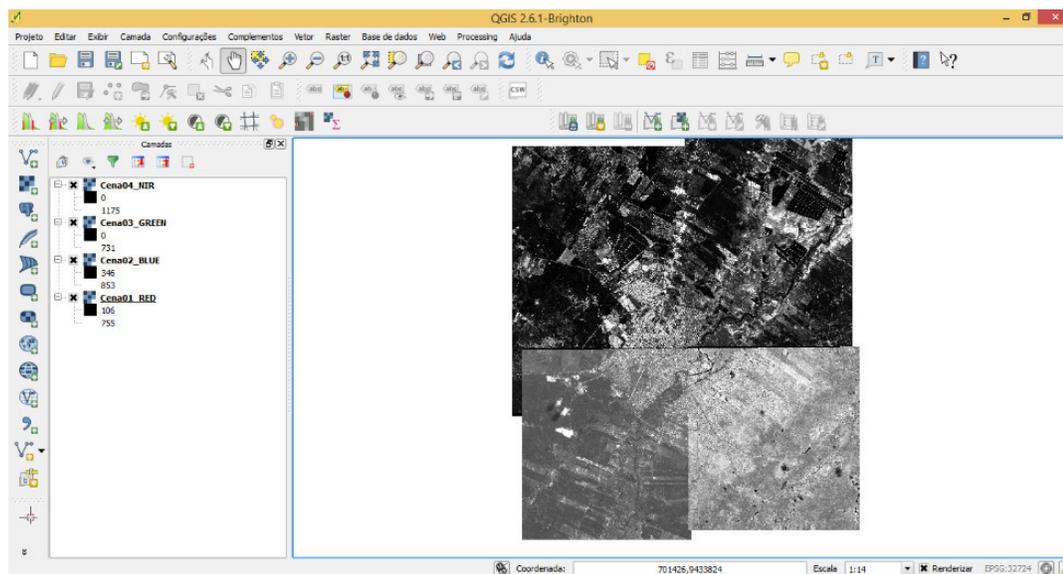


Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 4.1.1 Entrada da Imagem bruta

Nesta fase foi adicionada ao software SIG (ArcGIS, Spring e QuantunGis) a imagem disponibilizada pelo NESAT (**Figura 4**). Realizou-se análises iniciais da mesma e preparação para o passo seguinte, o de uma fusão inicial com os dados brutos. Esta fusão serviu para visualização da cena e na identificação de possíveis locais para inserção dos pontos a serem coletados com GPS GNSS com os canais L1/L2.

**Figura 4** - Representação de 1 banda para cada cena – Dados Brutos.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 4.1.2 Fusão da imagem

O método IHS é o mais comumente empregado para fusão de imagens, pois este método corresponde à combinação de três componentes: Saturação (S), Matiz (H) e Intensidade (I), “Essa transformação de espaços no âmbito visual/perceptivo possibilita a substituição do valor da intensidade das imagens multiespectrais pelo valor da imagem pancromática (POLIZEL et al., 2011, p. 7762)”, onde descreve melhor a formação de cores com uma forma muito próxima aquela pela qual o sistema da visão humana irá perceber as cores (LEONARDI et al., 2009). Na fusão inicial para visualização este método foi o aplicado.

Foi utilizado o método Gram-Schmidt (GS) onde ocorrerá uma simulação da banda PAN, com alta resolução, é usada como primeira banda na fusão dos dados com as bandas

multiespectrais (baixa resolução), onde ocorre à transformação GS (LABEN; BROWER, 2000; POLIZEL, et al., 2011). Neste caso, o autor Op Cit. identificou este método como o mais adequado a ser utilizados em imagens GeoEye-1, devido operar com mais de três bandas e manter a resolução radiométrica das imagens originais.

Tendo em vista a existência da imagem com uma banda com maior resolução e outras com resoluções mais baixas, mas que estão dentro do que a visão humana percebe como “colorida”, a técnica da fusão destas bandas é um meio eficiente e econômico para se obter, imagens com alta resolução espacial, além da informação espectral (KALPOMA; KUDOH, 2007; POLIZEL et al., 2011).

Este procedimento foi realizado em uma das visitas ao Laboratório de LabGIS – Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais (UFMG). Onde foram testados alguns procedimentos de fusão de imagens com softwares específicos, pois os mesmos tinham a licença. Além de ser executada para cada cena das quatro existentes da área de interesse.

As técnicas de fusão empregadas e testadas foram: IHS, ESRI, SIMPLE-MEAN e BROVEY. Sendo estas disponíveis no pacote do software ArcGis 10.1: O método IHS é o processo de transformação do espaço RGB para IHS, e depois de volta do IHS para o RGB, sendo a banda I substituída pela imagem Pancromática, onde é capaz de produzir composições diversificadas, permitindo que se tenha uma melhor combinação a imagem e das cores. Ocorrendo a operação de inversão do espaço simulado de volta para o RGB. Esta técnica tem a limitação de utilizar apenas 3 bandas na imagem resultante (CROSTA, 1992; MENESES, 2012; BORGES et al. 2013; ESRI, 2014).

O método ESRI utiliza uma média ponderada, cujo resultado cria valores para ajuste, e tem na banda do infravermelho próximo, opcionalmente, pra os cálculos dos valores de saída (idem).

O método SIMPLE-MEAN utiliza uma equação de média aritmética simples às combinações de saída (idem).

O método BROVEY é o processo matemático de razão e divisão das bandas da imagem colorida (baixa resolução) e de alta resolução. Sendo cada banda multiespectral multiplicada pela pancromática e dividida pelo soma das bandas multiespectrais, desta forma a imagem tem a cor normalizada, contribuindo para baixar a instabilidade (MENESES, 2012; op. cit.).

O método de Principais Componentes, também conhecida como PC, onde o mesmo tenta manter a correlação entre as duas imagens brutas, onde substitui a primeira componente pela imagem de alta resolução, passa por um processo de equalização da média e variância para que fique parecida com a primeira (CROSTA, 1992; MENESES, 2012).

O método Gram-Schmidt simula a banda pancromática utilizando as multispectrais que contém a menor resolução. Sendo que a transformação é aplicada para o conjunto simulado, e a primeira banda (pancromática) vai ser considerada como a simulada. Depois é realizada uma conversão inversa, onde traz as bandas simuladas com o valor espacial da banda pancromática, transformando assim a imagem (*idem*).

Ocorrem dois processos de fusões distintos: o primeiro foi realizado com a imagem bruta advinda do material entregue através da empresa responsável pela distribuição das imagens aqui no Brasil (DigitalGlobe) ao Laboratório (NESAT). Neste caso, não requereu diversos testes para identificar qual seria o mais adequado e sim, escolher um dos mais usuais, que na ocasião foi o IHS, e assim procedeu com a fusão inicial da imagem. Esta imagem serviu como base para elaboração da malha de pontos a serem coletadas no campo, para posterior georreferenciamento da imagem (passo seguinte).

O método utilizado para fusionamento da imagem tratada foi *Gram-Schmidt* que comprovou-se como o mais eficiente para execução de fusão de dados do satélite GeoEye-1 (Ver **5. Artigo Submetido**).

#### 4.1.3 Georreferenciamento

Para que se tenha a precisão cartográfica em uma imagem de satélite, é necessário que a mesma seja corrigida, atribuindo-lhe algum sistema de coordenadas. A transformação que ocorre, onde a imagem assume escala e projeção de um mapa é conhecida como correção geométrica (CRÓSTA, 1992). Paranhos Filho; Lastoria e Torres (2008) comenta que:

O processo de correção geométrica é matemático e envolve a aplicação de uma grade (grid) corrigida sobre uma imagem distorcida, reposicionando-a, por reamostragem, pixel a pixel, de acordo com este grid de referência (com um sistema de coordenadas de terreno) fazendo com que os pixels armazenem as novas informações de posicionamento geográfico (PARANHOS FILHO; LASTORIA, TORRES, 2008. P. 77-78).”

É uma transformação geométrica da imagem a ser analisada, com linhas e colunas que a definem, com coordenadas geográficas de um mapa. A mesma elimina distorções presentes na imagem, que possam ter sido causadas no processo de captação da imagem, pelo sistema sensor e por imprecisão na plataforma de coleta (MENESES; ALMEIDA, 2012). O processo de registro ou de georreferenciamento como também é amplamente conhecido, é o processo pelo qual deixamos as coordenadas de um determinado local (imagem) atrelado a um sistema de representação da terra, onde possa dar confiabilidade em sua localização e ajustando escala e posição corretas (PARANHOS FILHO; LASTORIA, TORRES, 2008).

A ligação entre a imagem bruta e um plano de referência conhecida se dar através do georreferenciamento, onde o mesmo utiliza-se de pontos conhecidos no terreno para fazer a ligação entre os dois, estes pontos são chamados de pontos de controle (ROQUE et al., 2006).

Apesar de que se tenha bons resultados com a correção geométrica, as imagens ainda tem problema com erros de posicionamento, pois os dados acabam tendo imprecisões, para que as imagem elimine seu erro de posição é necessário uma transformação espacial a qual se dar por meio do registro ou georreferenciamento (CRÓSTA, 1992; MENESES; ALMEIDA, 2012). Paranhos Filho; Lastoria e Torres (2008) apontam que os programas de processamento digital de imagens aplicam a correção geométrica e registro simultaneamente em uma mesma operação.

Este procedimento foi realizado com o levantamento em campo com GPS GNSS da marca Trimble, com um par de antenas L1 e L2 (**Figura 5**), identificando pontos visíveis na imagem e de fácil identificação em laboratório. Utilizou-se do método estático para coleta dos pontos e do marco geodésico existente no Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN, campus Mossoró/RN como ponto base e conhecido para o processamento.

**Figura 5** - Coleta de ponto com GPS Geodésico.



**Fonte:** Samuel Rodrigues de Freitas Moura, 2013.

A malha de pontos foi distribuída previamente, pensada e elaborada para abranger toda a área urbana de Mossoró, a que ficou com uma distribuição que permitiu o melhor resultado na fase de georreferenciamento no processamento dentro do software.

Posteriormente as campanhas de campo, em laboratório foi realizado o pós-processamento dos pontos coletados no software GNSS Solutinos 3.6.1. Identificando os pontos com algum tipo de problema, os quais foram excluídos, obtiveram-se os pontos confiáveis para a execução do georreferenciamento. O valor encontrado para o erro médio nas cenas variaram de 0,54 a 0,74 do *pixel* por ponto.

O software utilizado para o georreferenciamento foi o PCI Geomática 9.1, o qual permitiu uma melhor integração dos dados e obtenção de um melhor resultado para o procedimento. O qual se mede pelo erro, e não pode exceder ao valor de um *pixel* da resolução da imagem que está sendo trabalhada.

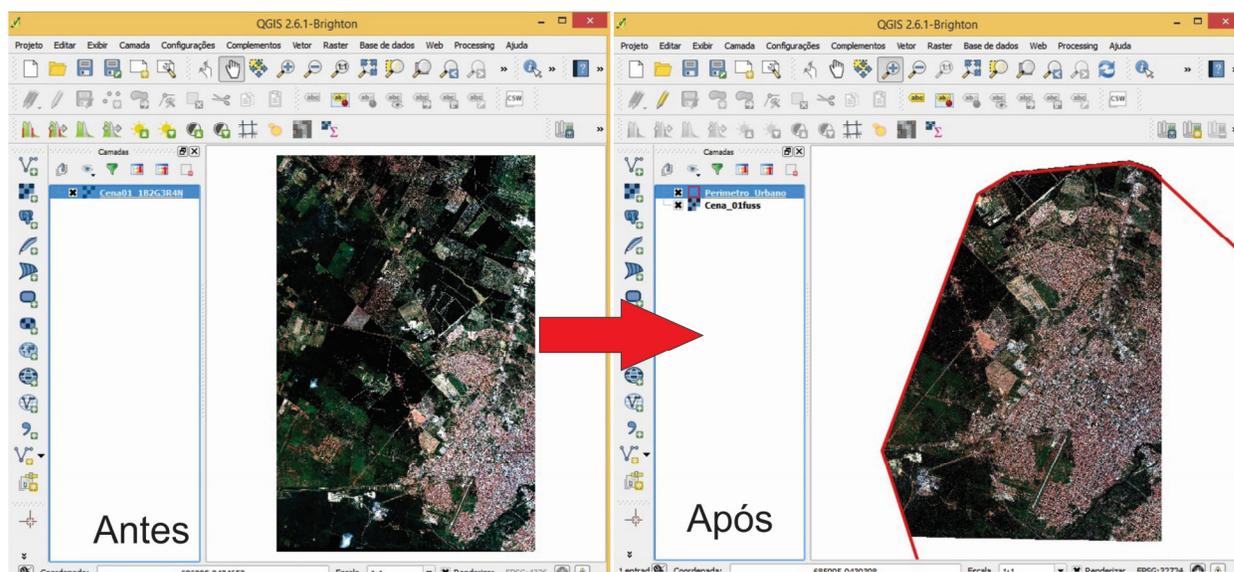
#### **4.1.4 Recorte da área de estudo**

Está etapa se fez necessária devido à grande extensão da imagem e seu tamanho em *Gigabytes*, o que ocasionaria em uma demanda de tempo de processamento, gerando informações extras desnecessárias para o momento. Nesta fase foi necessária a utilização de dados geográficos

preexistentes, neste caso uma *shapefile* (arquivo vetorial) que continha os limites da zona urbana do município de Mossoró/RN.

Neste processo, o arquivo vetorial foi sobreposto sob o arquivo raster (imagem), onde serviu como máscara para o recorte da imagem, a ferramenta utilizada foi a de extração da informação por recorte, geralmente conhecida com *Clip*, disponíveis nos softwares SIG. Gerou-se uma nova imagem com apenas o recorte interno, referente ao interior do arquivo vetorial utilizado para tal procedimento (**Figura 6**). Desta maneira, pode-se focar a análise do trabalho no ambiente pretendido, e possibilitou uma maior velocidade no processamento, tendo em vista a diminuição do tamanho do arquivo raster.

**Figura 6** - Exemplo do Antes e depois do recorte.



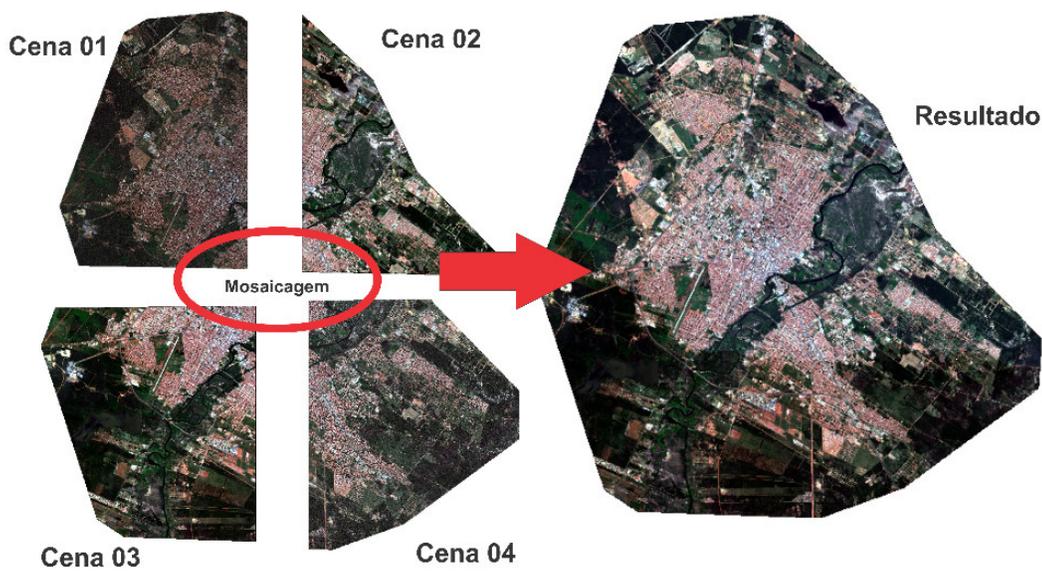
**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

Em um primeiro momento, utilizou-se das quatro cenas existentes, executando o recorte da imagem, utilizando o arquivo vetor da área urbana de Mossoró. Gerando assim, outras quatro novas imagens representando a área urbana das 04 cenas.

#### 4.1.5 Mosaico

Após este procedimento a imagem foi mosaicada, ou seja, ocorreu a união das quatro cenas em apenas um arquivo (**Figura 7**), o qual representava toda a área urbana. Este procedimento também foi executado dentro do PCI Geomática 9.1.

**Figura 7** - Ilustração do processo de “mosaicagem”.

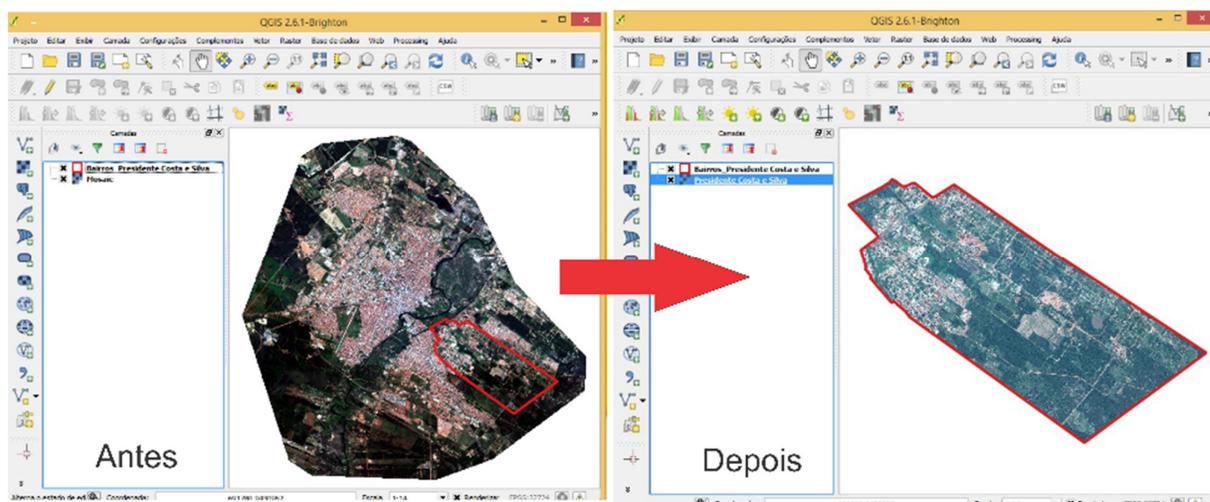


**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

#### 4.1.6 Novo Recorte de cena

Foi realizada novamente um novo recorte para facilitar o processamento, com a diminuição do tamanho da imagem em Gigabytes, e também possibilitar a aplicação de parâmetros diferenciados para cada região da imagem. A divisão escolhida foi por bairro, para facilitar a interpretação dos dados (**Figura 8**). Utilizou-se do arquivo vetor disponível no NESAT com a divisão dos bairros para execução deste passo e que são referentes a divisão dos bairros do Plano Diretor de Mossoró.

**Figura 8** - Ilustração do antes e depois do recorte por bairro.

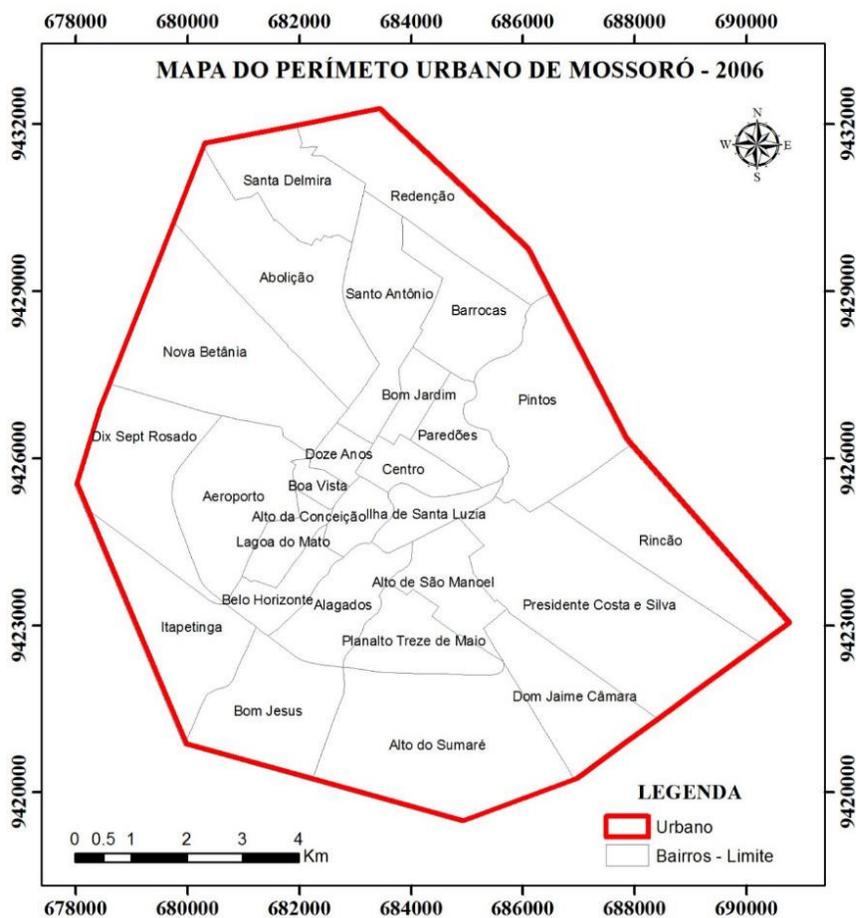


Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Existem áreas de expansão urbana, as quais foram criadas por força de Lei municipal, nos anos de 2006, 2009 e 2012 (Plano diretor: Lei nº 012 de 11 de dezembro de 2006; Expansão urbana: Lei nº 2.564, de 21 de dezembro de 2009; Lei nº 2.935, de 29 de novembro de 2012). A decisão de utilizar o limite dos bairros (**Figura 9**), a qual representa a área urbana no ano de 2006, partiu da premissa que apesar de Mossoró passar por um processo de crescimento (SALLES, 2013; SALLES; GRIGIO; SILVA, 2013), algumas áreas ainda não foram efetivamente ocupadas, e sim consideradas zonas de expansão.

A utilização da configuração dos bairros se torna mais interessante, pois é uma área diretamente ligada a população. Facilitando a aplicação e entendimento dos índices de vegetação, os quais servem para entender a quantidade de vegetação presente no ambiente construído e que influencia na qualidade de vida da população.

**Figura 9** - Mapa do perímetro Urbano de Mossoró/RN.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

#### 4.1.7 Segmentação

Nesta etapa, foram definidos os níveis e as estratégias da segmentação, sendo criados os possíveis níveis de classes hierárquicas e os parâmetros apropriados para cada nível. Neste caso, o primeiro passo a seguir foi a segmentação dos dados da imagem em áreas homogêneas, a partir de parâmetros definidos pelo usuário (NEUBERT; MEINEL, 2007). Sendo um processo automático dividiu a imagem em regiões homogêneas, considerando suas características pertinentes, as quais representaram a cena (OLIVEIRA, 2003; QUEVEDO et al., 2009).

O principal objeto que se desejou atingir com o processo de segmentação foi o de extrair automaticamente os objetos presentes na imagem (BAATZ; SHAEPE, 2000).

O procedimento de segmentação *Multiresolution Segmentation* foi implementado no software eCognition, através da proposição de Baatz e Shape (2000). É considerado um algoritmo que realiza fusão, começando de um *pixel* e vai se agrupando em objetos ou regiões que vão sendo fundidos em objetos maiores, se baseando em critérios de homogeneidade, entendendo a semelhança entre os objetos adjacentes.

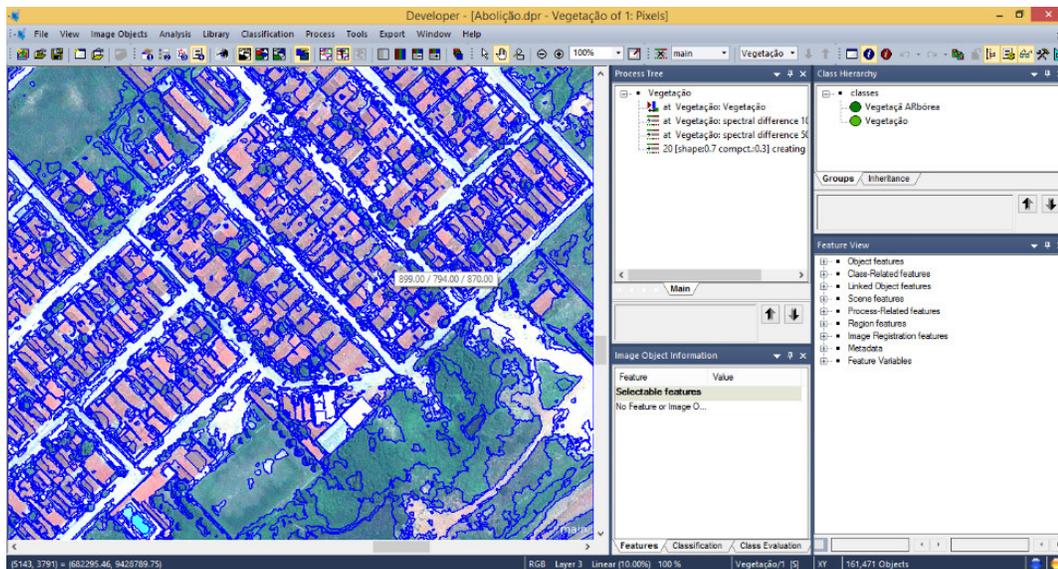
Neste caso, como a imagem foi subdividida para facilitar o processamento e a interpretação, dentro do software eCognition foram elaborados os projetos para cada bairro. Cada bairro consistiu na escolha do segmentador e parâmetros, o qual foi selecionado o *Multiresolution Segmentation* para todos. Aplicou um refinamento com o *Spectral Difference Segmentation*, diferenciando algumas vezes os parâmetros inseridos (**Quadro 2**), resultando assim, em uma imagem com segmentos ou objetos (**Figura 10**).

**Quadro 2** - Parâmetros utilizados na segmentação.

<b>Bairros</b>	<b>Scale parameter</b> Escala de parâmetro	<b>Shape</b> Forma	<b>Compactness</b> Compacidade	<b>Spectral difference</b>
Abolição	20	0.7	0.3	50
Aeroporto	20	0.7	0.3	30
Alagados	40	0.7	0.3	50
Alto da Conceição	20	0.7	0.3	50
Alto de São Manoel	20	0.7	0.3	50
Alto do Sumaré	20	0.8	0.3	50
Barocas	20	0.8	0.5	40
Belo Horizonte	20	0.7	0.3	50
Boa Vista	20	0.7	0.3	-
Bom Jardim	20	0.7	0.3	-
Bom Jesus	20	0.7	0.3	-
Centro	20	0.7	0.3	30
Dix Sept Rosado	20	0.7	0.3	-
Dom Jaime Câmara	20	0.5	0.5	30
Doze Anos	20	0.7	0.3	30
Ilha de Santa Luzia	20	0.7	0.3	50
Itapetinga	20	0.7	0.3	30
Lagoa do Mato	20	0.7	0.3	50
Nova Betânia	20	0.7	0.3	30
Paredões	20	0.7	0.3	30
Pintos	20	0.7	0.3	50
Planalto Treze de Maio	20	0.7	0.3	30
Presidente Costa e Silva	20	0.7	0.3	30
Redenção	20	0.7	0.3	30
Rincão	20	0.7	0.3	30
Santa Delmira	20	0.7	0.3	30
Santo Antônio	20	0.6	0.3	30

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva.

Figura 10 - Projeto Abolição – Imagem Segmentada.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Segundo Trimble (2011) o segmentador *Multiresolution Segmentation* é um procedimento para otimização dos objetos das imagens, onde minimiza a heterogeneidade média e maximiza a homogeneidade entre os objetos. Já o *Spectral Difference Segmentation* mescla objetos vizinhos que tenham intensidades médias inferiores ao valor dado, tendo a diferença máxima espectral.

#### 4.1.8 Definição das classes de mapeamento

Nesta fase, consistiu em um conhecimento maior da área de estudo e das respectivas respostas dos alvos a serem analisados no ambiente SIG. As classes foram definidas de acordo com o resultado que se apresentou na segmentação, pois a mesma auxiliou na definição e formas de vários objetos na imagem. Optando por separar entre o que representava vegetação e o que não fosse vegetação.

Com a dificuldade de obtenção de todas as classes e pela possibilidade de extração, optou-se por designar apenas a classe vegetação e outra coberturas.

#### 4.1.9 Classificação e separação temática de classes a serem utilizadas

Objetivando compreender a área verdadeiramente ocupada por vegetação no espaço construído para aplicação dos índices, optou-se por utilizar uma classificação apoiada na proposta

de nomenclatura utilizada no Projeto CORINE, o qual apresenta uma legenda para classificação do uso do solo com três níveis de classificação, onde um nível pertence ao outro hierarquicamente. Pode-se ver, em Paranhos Filho, Lastoria e Torres (2008) que existe a possibilidade de inserção de mais níveis, como o 4º nível apresentado pelos autores, sendo que este deve estar totalmente ligado ao item do 3º nível. Podemos observar em Guiomar et al. (2009) que os autores apresentam, a utilização de um 5º nível adaptado da Legenda Corine, em um trabalho realizado para contribuir com a classificação do uso do solo em Portugal. Silva et al. (no prelo) também em uma aplicação de proposta de legenda para uso do solo utilizam-se do 5º nível para abranger todas as classes identificáveis na imagem de alta resolução, pois utiliza uma escala grande para identificação dos alvos.

É interessante observar que o projeto de Cobertura dos Solos do CORINE foi um projeto desenvolvido na Europa pelos países membros da União Europeia, na tentativa de padronizar uma legenda para o uso e ocupação do solo. Algumas atividades de mapeamento do IBGE já contam com a Legenda CORINE. Esta legenda pode ser aplicada a outras localidades e também pode ser adaptada, pois a mesma constitui de níveis hierárquicos de classificação (PARANHOS FILHO; LASTORIA; TORRES, 2008).

Alguns autores vêm utilizando a Nomenclatura do Projeto Corine com adaptações a seus locais de aplicação dos estudos (PARANHOS FILHO, 2000; CARRIJO, 2005; PARANHOS FILHO; LASTORIA; TORRES, 2008; GUIOMAR et al., 2009).

Neste trabalho foi utilizada e adaptada a Legenda Corine em seu 3º nível, após enquadramento das classes apresentadas, foi incluído um 4º nível (**Tabela 1**). As duas classes empregadas foram: 1.1.1 - *Padrão Urbano Contínuo*, onde as áreas cobertas por superfícies representam mais de 80 % ocupadas efetivamente; e 1.1.2 - *Padrão Urbano Descontínuo*, a qual pode ocorrer estruturas urbanas, mas existem áreas descontínuas no meio, tais como solo exposto.

**Tabela 1** - Nomenclatura adaptada do Projeto Corine.

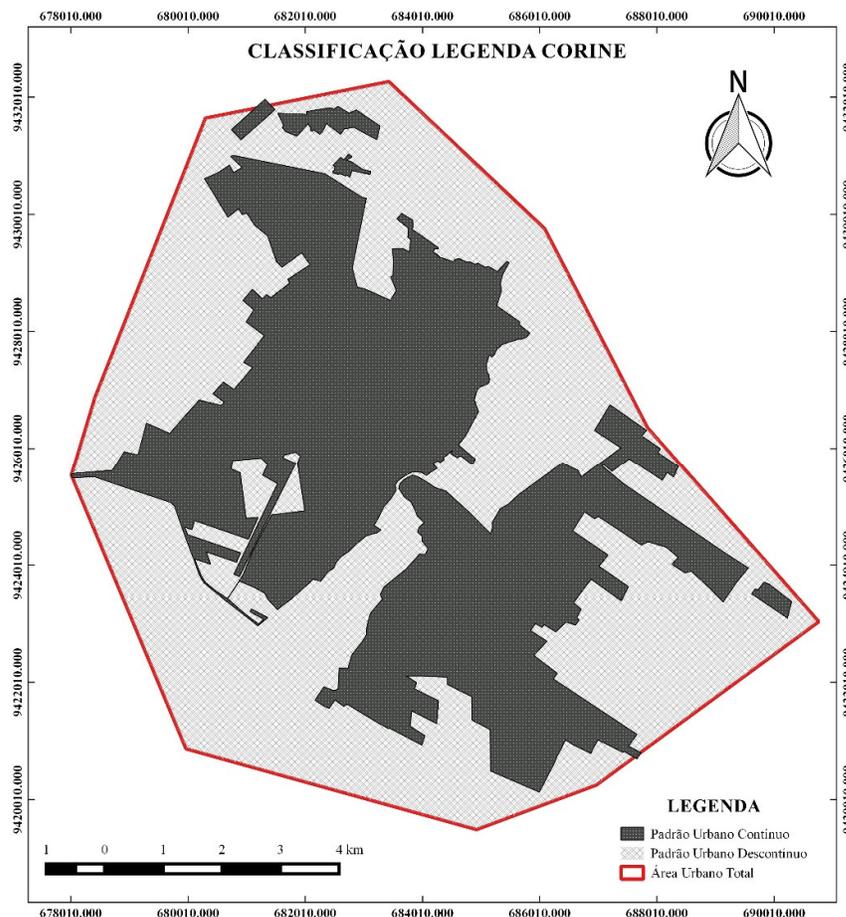
Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
1. Superfícies Artificiais	1.1 Padrão Urbano	1.1.1 Padrão Urbano Contínuo	1.1.1.1 Vegetação
			1.1.1.2 Outras coberturas
	1.1.2 Padrão Urbano Descontínuo		1.1.2.1 Vegetação
			1.1.2.2 Outras coberturas

**Fonte:** (adaptada de HEYMANN et alii, 1994 apud PARANHOS FILHO; LASTORIA; TORRES, 2008).

A presente utilização de apenas duas classes no 4º nível visa atender ao que é proposto no trabalho, o qual é mapear apenas a vegetação urbana, sem ter que ver as ocorrências no meio urbano. Desta forma, utilizando das classes *Vegetação* e *Outras Coberturas*, para ambos itens ligados ao do 3º nível.

A classificação com o uso de uma escala maior, poderá encontrar aspectos características da classe Padrão Urbano Descontínuo dentro da área aqui considerada como Padrão Urbano Contínuo (**Figura 11**). Pois no caso deste trabalho é considerada a área urbana em si como unidade de mapeamento para estas duas classes. Observando o que é compreendido e utilizado no Projeto Corine, onde o 3º nível deve apresentar escala compatível de 1:100000 e uma área menor mapeável de 25 ha. Ainda acrescenta Paranhos Filho; Lastaria e Torres (2008) que para realizar o mapeamento neste nível deve se ter controle de campo e informações complementares que possam auxiliar na identificação das classes.

**Figura 11 -** Representação das duas Classes CORINE utilizadas.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

O fato supra comentado é identificado através do trabalho de Silva et al. (no prelo) para a proposta de nomenclatura e mapeamento do uso e ocupação do solo no bairro Presidente Costa e Silva, município de Mossoró – RN, o qual aplicou e utilizou-se de uma adaptação a Legenda CORINE em uma escala maior do que a definida neste trabalho.

#### 4.1.10 Classificação da imagem segmentada

É um processo onde extrai as informações da imagem, com feições homogêneas, que são convertidos em vetores de ponto, linhas e polígonos os quais representarão objetos da realidade, onde a execução traz o resultado em mapas temáticos (IBGE, 2001; FITZ, 2008).

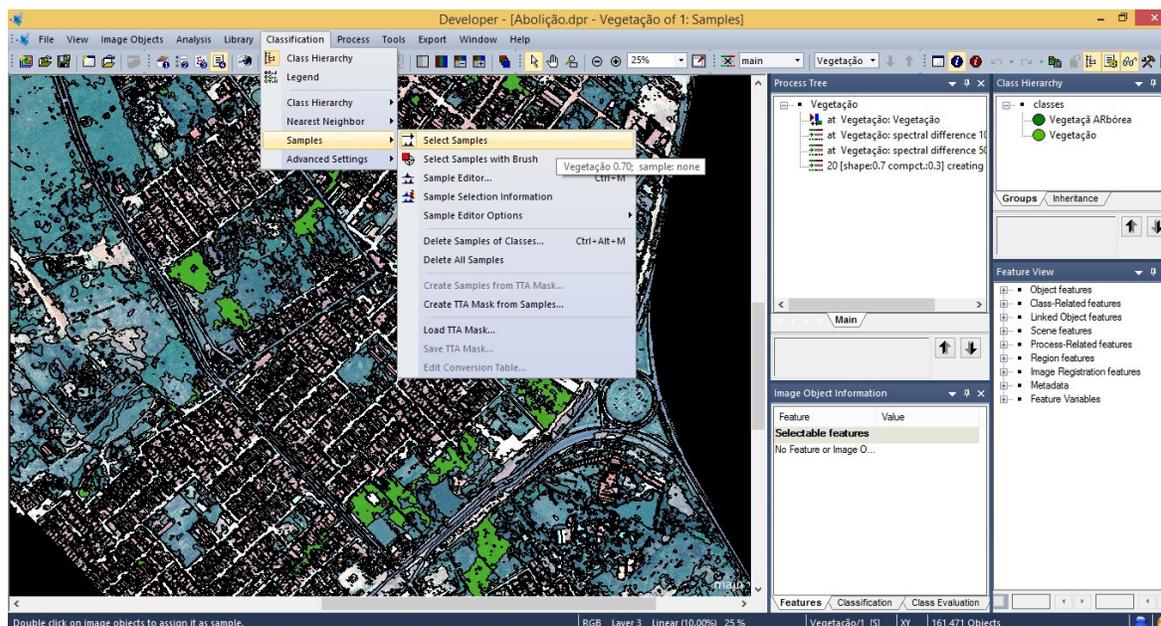
O “procedimento de distinção e identificação é chamado de classificação de imagens e pode ser feito manualmente ou com o auxílio de sistemas de processamento digital de imagens

(PARANHOS FILHO; LASTORIA; TORRES, 2008). Crósta (1992) comenta que a distinção e identificação dos alvos só é possível porque os materiais tem comportamento específicos no espectro eletromagnético, sendo possíveis com as técnicas identifica-los e distingui-los.

A distinção se dar através da captura dos valores dos pixels (*Digital Number*) em grupo de classes, os quais representam a refletância do alvo e descrevem elementos do mundo real (vegetação, solo, água, etc.), se aplicado a análise em conjunto para os pixels, utilizando-se de temas para descrever cada item do mundo real, tem-se o resultado de um mapa temático (CRÓSTA, 1992). Paranhos Filho; Lastaria e Torres (2008) chegam a “afirmar que o objetivo da classificação de uma imagem de satélite é a elaboração de uma carta temática.”

Foi realizada manualmente a coleta de áreas de treinamento de cada projeto de bairro para execução da classificação (**Figura 12**), o que consiste na identificação de uma quantidade de segmentos pertencente a uma classe temática predefinida, que serviu de base para os cálculos que encontram padrões iguais ou aproximados no restante da imagem, gerando assim, a classificação. Leukert (2007, p. 149) comenta que “No caso da definição manual das áreas de treinamento, obtém-se uma pequena quantidade com alta qualidade.” Desta forma, o mesmo autor comenta do auxílio de dados SIG, que podem automatizar este processo, pois estes dados já podem representar determinadas feições e conseguir representar o objeto adequadamente.

**Figura 12** - Coleta de amostras de treinamento: *samples*.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Neste momento, após a coleta das áreas amostrais ou de treinamento, era aberta a janela com o “histograma” das respostas de cada amostra, possibilitando assim editar a curva de classificação e escolher qual descritor (o qual servirá para classificar) relacionada à banda desejada.

Como a tentativa é de obtenção apenas da vegetação urbana existente, e baseado em informações das bandas com melhores respostas para vegetação, optou-se por incluir no descritor para classificação, apenas as amostras nos canais da banda 3 e banda 4, referentes ao vermelho (Red) e infravermelho próximo (NIR), respectivamente.

#### **4.1.11 Pós-classificação da imagem**

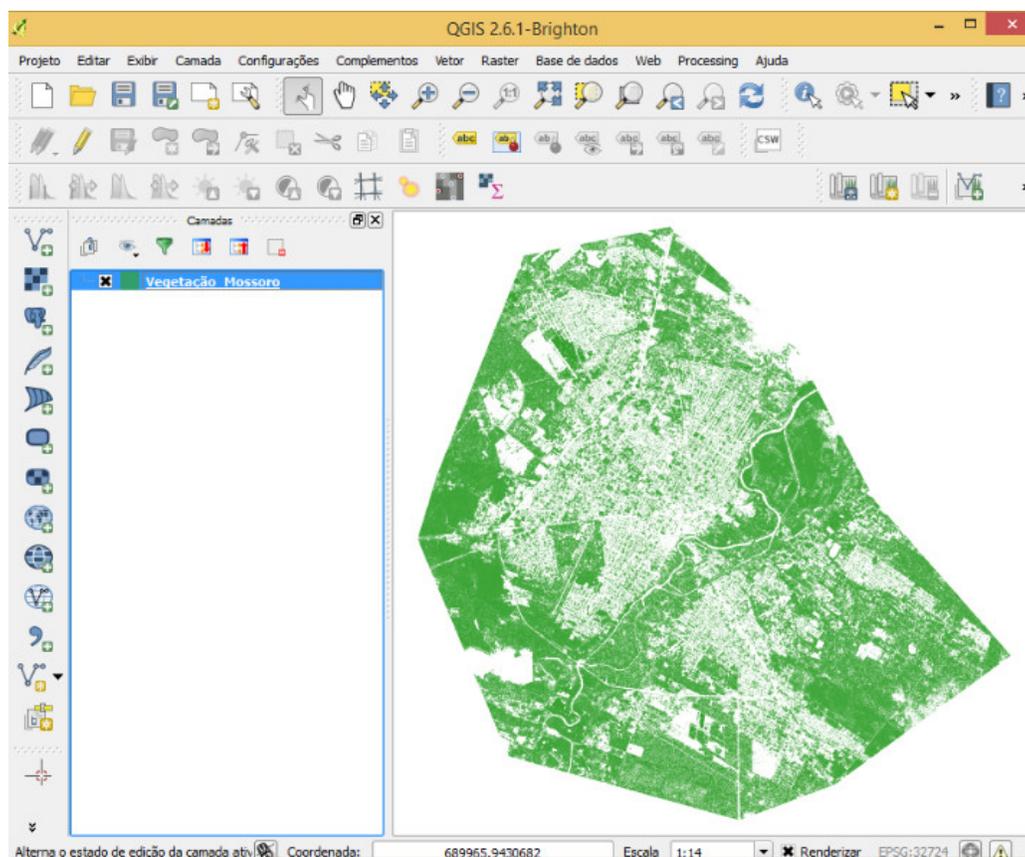
Neste momento foi extremamente importante o uso de dados SIG preexistentes para o refinamento do mapeamento gerado em cima dos objetos. Foi utilizado a visualização do “histograma” de cada banda utilizada como descritor para refinar e excluir áreas erroneamente classificadas. Procedia-se com a seleção do objeto (segmento) classificado errado, e em seguida era aberto o “histograma” e visualizava onde se encontrava aquele tipo de amostra. Identificando o local exato da amostra, moldou a linha de forma que se excluiu a área de interesse, feito isso, excluiu a classificação anterior e executou outra seguidamente. Desta forma, as áreas selecionadas foram testadas, o que possibilitou escolher os melhores resultados visuais de classificação.

Foi realizada uma pós classificação manual, onde objetivou eliminar os polígonos que não foram passíveis da separabilidade automática. Retirando assim, polígonos que não correspondiam a vegetação arbórea, identificados visualmente na tela do computador. Neste momento a imagem ter alta resolução foi extremamente importante.

#### **4.1.12 Imagem temática e exportação**

Nesta fase se têm o resultado final de todo o processo de classificação, onde resultou na em arquivo vetorial da vegetação (**Figura 13**). Esse fato facilita o manuseio e a edição de dados para a geração dos resultados sobre a cobertura vegetal da zona urbana de Mossoró/RN e posterior cálculo dos índices de cobertura vegetal.

**Figura 13** - Apresentação da vegetação da área urbana de Mossoró/RN.



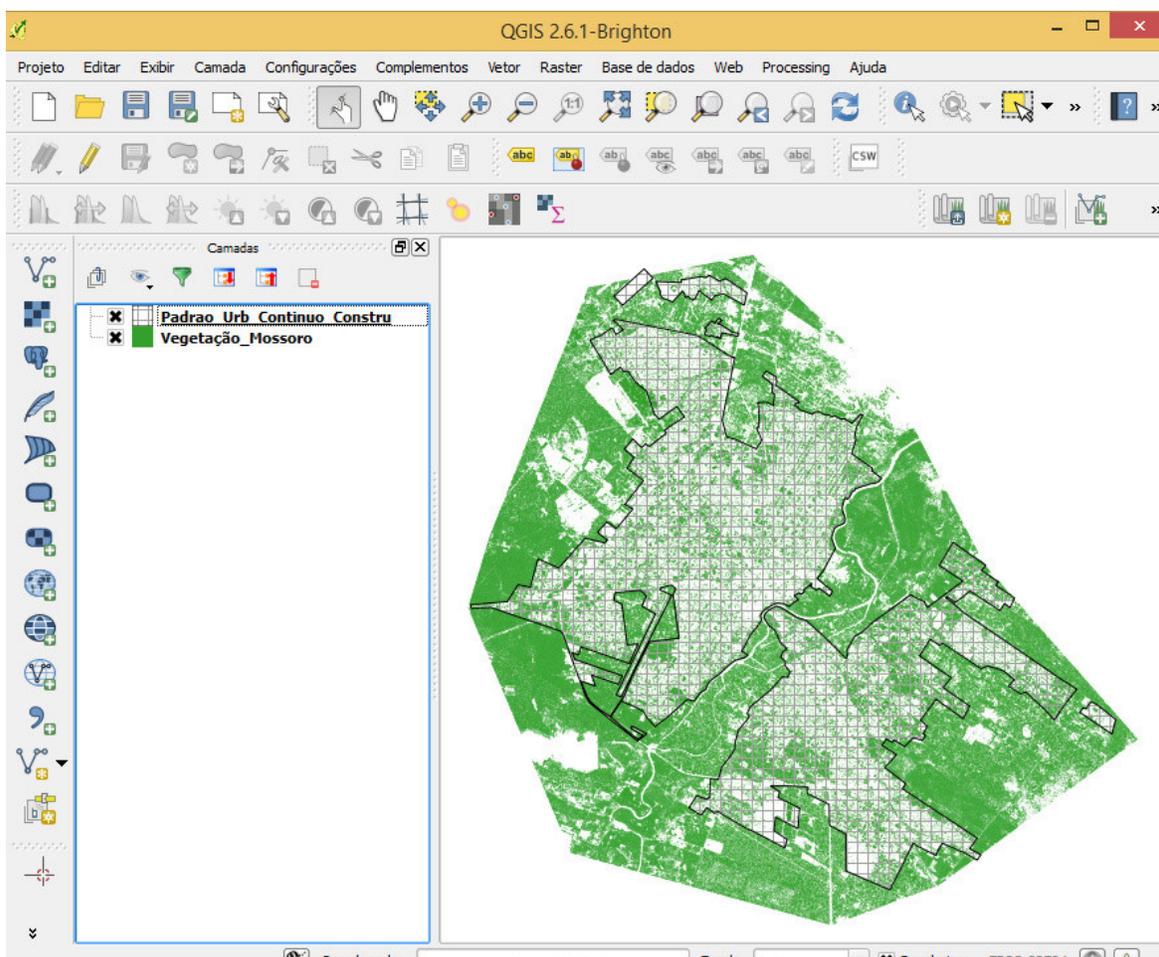
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Após a geração dos arquivos vetores, os mesmos foram levados para dentro de um *software* de geoprocessamento para criação dos mapas da cobertura vegetal urbana, dando-lhes um *layout* para melhor visualização dos dados.

#### 4.1.13 Recorte do vetor Vegetação

Para proceder com o recorte do arquivo vetor da classificação da vegetação, utilizou-se como parâmetro o arquivo vetor do 3º nível da Legenda CORINE, a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figura 14**). Utilizou a ferramenta de extensão *Clip* para execução do recorte, gerando assim, o vetor de vegetação localização dentro da classe Padrão urbano Contínuo, desta forma, mantendo uma ligação entre o então agora 4º nível com o já existente 3º nível.

**Figura 14** - Representação da vegetação com o Padrão Urbano Contínuo para recorte.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

#### 4.1.14 Cálculos dos resultados

Após a classificação final, foi realizado o cálculo das extensões de cada fragmento encontrado na imagem, classificando-os pelo seu tamanho em hectares ou m<sup>2</sup>. Foi utilizada a metodologia de Alvarez (2004) para determinação de alguns índices de cobertura vegetal, tais como o cálculo do Índice de Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas - ICVAU e do Índice de Verde por Habitante - IVH.

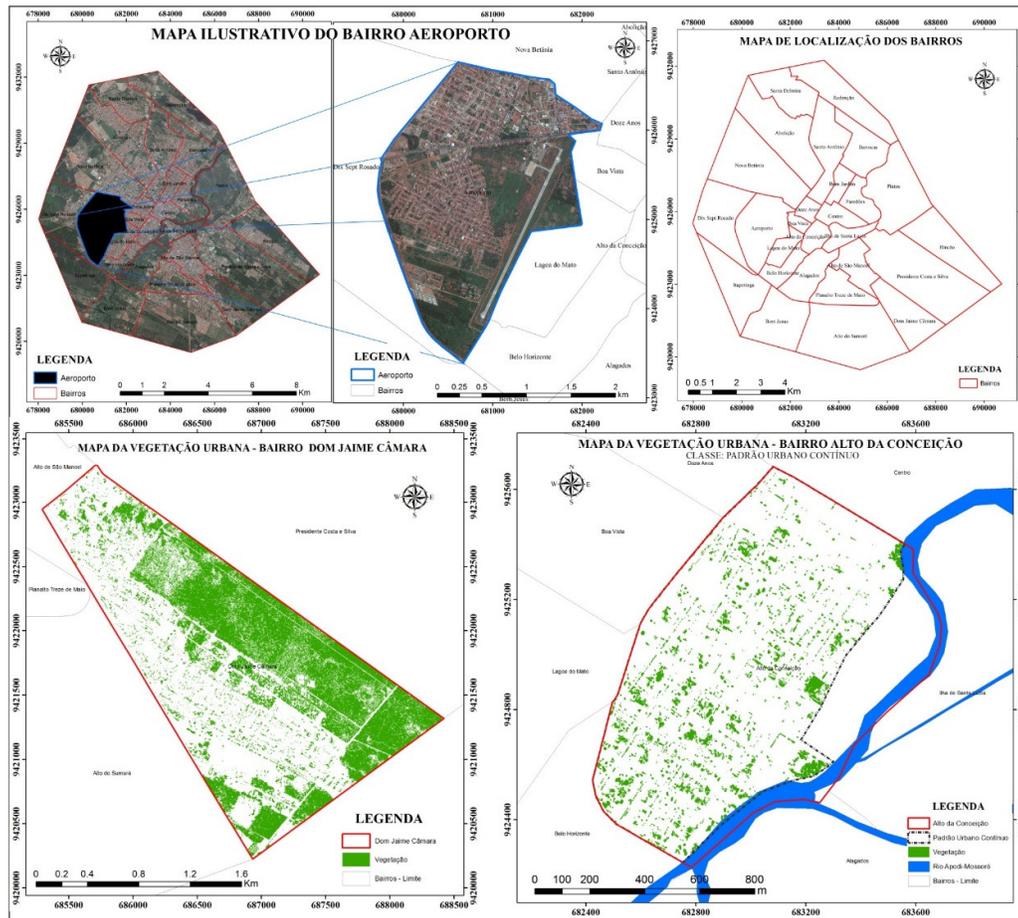
No caso do ICVAU, o qual é encontrado pela proporção entre a área total do perímetro pela área de vegetação encontrada, através de Regra de Três Simples, o que fornece o valor em porcentagem. O autor *op. cit.* comenta que existem duas formas de extrapolar os valores, na primeira é optar pelo que se tem de verde na imagem e extrapolar o verde através do

geoprocessamento, indicando o valor que representa o verde em percentual da área da imagem. No segundo caso, é a extração apenas do que se pode ser considerada como vegetação de porte arbóreo e que seja extrapolada também com uso do geoprocessamento. Quanto ao IVH ele é calculado pela divisão do valor de verde encontrado pelo número de habitantes local. Esses valores também serão subdivididos pelos bairros da cidade.

#### 4.1.15 Geração dos mapas e ‘layouts’

Nesta fase foi escolhida a maneira de representar a vegetação nos mapas e forma (*layout*) o qual seria implantado (**Figura 15**), visando obter um melhor entendimento por parte do leitor. Assim, o entendimento dos resultados podem ser melhores compreendidos.

Figura 15 - Ilustração do layouts utilizados.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

## 5. ARTIGO SUBMETIDO

O artigo intitulado *Fusão de imagens: avaliação de técnicas tradicionais para a nova geração de imagens de alta resolução – caso do satélite GeoEye-1* foi apresentado para apreciação a revista científica: Boletim de Geografia ISSN 2176-4786 (on-line) é publicado pelo Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá. A revista divulga trabalhos no âmbito da Ciência Geográfica. Esta revista está indexada em: Geodados; Latindex; EBSCO-Fonte Acadêmica; DOAJ; Sumarios.org.

Por motivo das atividades envolvidas na pesquisa, fez necessário a apresentação da contribuição a qual testou técnicas conhecidas de fusão de imagens tradicionais para aplicação da nova oferta de imagens de alta resolução. Tendo em vista que as imagens consideradas atualmente de média resolução são satisfatoriamente cobertas pelas técnicas tradicionais, observando o tempo decorrido do surgimento e das aplicações realizadas.

# FUSÃO DE IMAGENS: AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS TRADICIONAIS PARA A NOVA GERAÇÃO DE IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO – CASO DO SATÉLITE GEOEYE-1

*Fusion of images: assessment of traditional techniques for new generation of high resolution – case of Geoeye-1 satellite*

**Anderson Adailson da Silva<sup>1</sup>**  
**Alfredo Marcelo Grigio<sup>1</sup>**  
**Antônio Conceição Paranhos Filho<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN**  
**Faculdade de Ciências Exatas e Naturais – FANAT**  
**Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais - PPGCN**  
 BR 110, KM 48, Rua Prof. Antônio Campos, Costa e Silva  
 CEP: 59610-090 – Mossoró, RN - Brasil  
[adailsonanderson@yhao.com.br](mailto:adailsonanderson@yhao.com.br); [grigioma@yahoo.com](mailto:grigioma@yahoo.com)

<sup>2</sup>**Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS**  
**Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia**  
 Cidade Universitária CEP: 79070900 - Campo Grande, MS – Brasil  
[antonio.paranhos@pq.cnpq.br](mailto:antonio.paranhos@pq.cnpq.br)

## RESUMO

As técnicas envolvidas nas geotecnologias são inúmeras e é fervorosa a mudança nas tecnologias, influenciando diversas áreas com os avanços tecnológicos. Com o advindo do desenvolvimento tecnológico, as geotecnologias passam a sofrer mudanças, através do desenvolvimento de técnicas e materiais, as quais passam a otimizar as tarefas. Todo esse aparato se traduz em uma geração e disponibilidade de informação com maior velocidade e precisão. Neste caso, um avanço bastante palpável na área das geotecnologias foi o desenvolvimento de satélites com maior potencial de captura de resoluções espaciais cada vez mais detalhados, como o GeoEye-1. O objetivo deste trabalho foi avaliar seis (métodos) de fusões existentes para fundir imagens de alta resolução do GeoEye-1, avaliando o resultado visualmente e estatisticamente. Utilizou-se três softwares para execução dos procedimentos, o ArcGis 10.1, Envi 4.7 e o QGIS 2.2. Na avaliação visual que depende muita da experiência do interprete foi utilizada uma tabela de avaliação do *Multispectral Imagery Interpretability Rating Scale* (MSIIRS) para auxiliar, identificando que o método *Gram-Schmidt* foi o que apresentou melhor distinção dos alvos. Já estatisticamente o método Gram-Schmidt também obteve sucesso, sendo destaque em 3 de 5 tabelas de análises estatísticas. Mostrando assim, que o método pode ser considerado como satisfatório ou de melhor qualidade entre os apresentados para fusão de imagens de alta resolução do satélite GeoEye-1.

**Palavras chaves:** Fusão de imagens, geotecnologias, GeoEye-1, Imagem de satélite.

## ABSTRACT

The techniques involved in geotechnology are numerous and the change in technology is fervent, affecting several areas with technological advances. With what has been made of technological development, geotechnologies are undergoing change through the development of techniques and materials, which will then optimize the tasks. This entire apparatus translates into a generation and availability of information with greater speed and accuracy. In this case, a very palpable advance in the geotechnology field has been the development of satellites with greater potential for capturing increasingly detailed spatial resolutions, as the GeoEye-1. The objective of this study was to evaluate six (methods) of existing fusions to merge high resolution images of the GeoEye-1, evaluating the result visually and statistically. Three software have been used to perform the procedures, ArcGIS 10.1, Envi 4.7, and QGIS 2.2. Regarding the visual assessment, which depends a lot on the experience of who interprets, a table of *Multispectral Imagery Interpretability Assessment Rating Scale* (MSIIRS) was used to assist, identifying the *Gram-Schmidt* method

showed the best discrimination of targets. However, statistically, the *Gram-Schmidt* method was also successful, being featured in 3 of 5 tables of statistical analyzes. Thus, it shows that the method can be considered as satisfactory or better among those presented for fusion of high-resolution images from the GeoEye-1 satellite.

**Key words:** Image fusion, geotechnology, GeoEye-1, satellite image.

## 1 INTRODUÇÃO

O grande avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas tem influenciado consideravelmente o desenvolvimento e/ou aprimoramento de técnicas utilizadas nas Geotecnologias.

Existem várias técnicas, como georreferenciamento, classificação, razão de bandas, ortoretificação, composição RGB, etc. para execução de inúmeras necessidades e, uma bastante importante é a que podemos chamar de “fusão de imagens”, onde ocorre a junção de duas imagens, uma com maior resolução (Pancromática) e outra com menor resolução espacial (Multiespectral), onde ocorre a transferência da informação espectral de uma para outra, gerando assim uma terceira imagem com a resolução espacial da pancromática e com a resolução espectral da multiespectral, resultando em uma imagem “coloria” de alta resolução espacial (CROSTA, 1992, SCHNEIDER et al., 2003; LEONARDI et al., 2005; MAGALHÃES et al., 2010).

A utilização deste termo para execução deste procedimento é tida por Wald (1999) como amplo e de difícil definição, pois existem várias aplicações que podem levar o mesmo termo, tendo também fusão nos seus procedimentos. Na mesma linha de pensamento Pinho et al. (2005) expõe a mesma situação, mas traz a definição de que poderíamos utilizar o termo junto com uma outra palavra conforme o exemplo que sugere “Fusão de imagens”, entretanto, também considera a definição uma questão difícil de ser tratada.

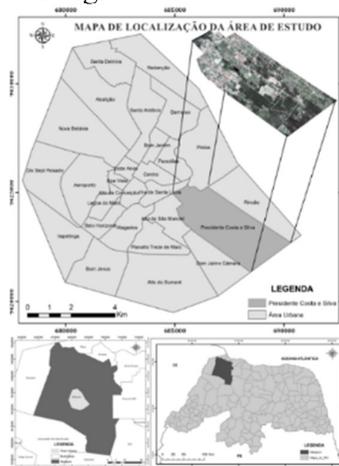
No emprego desta técnica Luz et al., (2009) comenta que a técnica é utilizada para facilitar a identificação de alvos. Possibilitando assim, a obtenção de informações específicas de ambientes intra-urbanos. A obtenção de imagens com alta resolução pode auxiliar no processo de extração de informações que necessitem maior detalhamento. Cunha e Costa et al., (2010) comenta que as técnicas de

sensoriamento remoto são utilizadas com o objetivo de melhorar os resultado no monitoramento e na gestão ambiental, implementado dessa forma, diversas resoluções dos sensores imageadores.

O objetivo desse trabalho foi o de avaliar 6 tipos de técnicas de fusão de imagens aplicadas a dados do satélite GeoEye-1. Uma das imagens da nova geração de altíssima resolução espacial.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado sobre uma imagem do satélite *GeoEye-1*, compreendendo trecho urbano do município de Mossoró/RN, sendo o recorte do bairro Presidente Costa e Silva (Figura 01). O satélite é atualmente um dos que contém maior resolução espacial disponível, compreendendo 04 faixas do espectro eletromagnético (Tabela 01). O satélite pertence a dois investidores principais, o *National Geospacial-Intelligence Agency* (NGA) e a Google.



**Figura 1.** Mapa de localização.

Os softwares utilizados foram: ArcGis 10.1, Quantum GIS 2.2 Valmiera e ENVI 4.7.

Para embasamento teórico-metodológico foi realizado um levantamento bibliográfico em materiais de acervo e em páginas na internet.

A imagem de satélite utilizada está disponível no banco de dados do Núcleo de Estudos Socioambientais e Territoriais, pertencente ao departamento de Gestão Ambiental da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte o qual forneceu a mesma para realização do trabalho.

A imagem disponibilizada foi anteriormente georreferenciada na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS2000, Zona 24 Sul. Utilizando-se de Pontos de Controle do Terreno (GCP), os quais foram coletados em campo através de GPS geodésico, já que, ocorrem distorções e problemas nas imagens geradas pelos sensores dos satélites não deixando a imagem amostrada uniformemente. Nesse sentido, o georreferenciamento serve para corrigir estas modificações existentes (PARANHOS FILHO et al. 2008).

A disponibilização da imagem veio com uma área superior a de interesse, neste caso, foi realizado o recorte da imagem, através de um polígono definidor da área em forma de vetor. Sendo extraída a imagem com os limites definidores do tamanho da área do vetor. A área

de recorte é referente ao bairro Presidente Costa e Silva na cidade de Mossoró/RN.

A ferramenta utilizada para recorte foi a de extração por máscara disponível no *toolbox* do ArcMap.

A imagem veio com imagem multiespectral de menor resolução (2 m) com 04 bandas na faixa do espectro eletromagnético, sendo *Red*, *Green*, *Blue* e *InfraRed*. E ainda com a de alta resolução (0,50 m) a Pancromática, a qual percorre toda a faixa do espectro compreendida pelas bandas da multiespectral.

Para melhor visualização da imagem multiespectral, realizou-se a composição da imagem, unindo todas as bandas gerando apenas um arquivo *raster*, este procedimento comumente chamado de empilhamento (SILVA et al., 2012), onde todas as bandas para visualização podem ser visualizadas no canal RGB ficando disponíveis para manuseio de visualizações de diversas composições. Para visualização, procurou manter a imagem em cores verdadeira. Este procedimento foi realizado no software Quantum GIS 2.2 Valmiera.

TABELA 1. ESPECIFICAÇÕES DO SATÉLITE GEOEYE-1.

GeoEye-1 - Especificações técnicas	
<b>Informações de lançamento</b>	Data: 06/09/2008
<b>Local de lançamento</b>	Base aérea de Vandenberg, Califórnia, EUA
<b>Órbita</b>	Altitude: 684 km
<b>Tipo</b>	Heliossíncrona, 10:30 am
<b>Período</b>	98 minutos
<b>Bandas do sensor</b>	Pancromática, Vermelha, Azul, Verde e Infravermelho
<b>Resolução espacial</b>	50 centímetros verdadeiros* (pancromático) 2 metros (multiespectral)
<b>Resolução Radiométrica</b>	11 bits por pixels
<b>Comprimento da faixa</b>	15,2 km no nadir
<b>Angulo máximo de visada</b>	+/- 45° off-nadir
<b>Capacidade de coleta</b>	700 mil km <sup>2</sup> por dia
<b>Resolução temporal</b>	Aproximadamente 3 dias - 30° off nadir
<b>Acurácia posicional</b>	Acurácia especificada de 5 m CE90% no nadir excluindo efeitos de terreno

Fonte: GlobalGeo, 2014.

As técnicas de fusão empregadas foram: IHS, ESRI, SIMPLE-MEAN e BROVEY. Sendo estas disponíveis no pacote do software ArcGis 10.1: O método IHS é o processo de transformação do espaço RGB para IHS, e depois de volta do IHS para o RGB, sendo a banda I substituída pela imagem Pancromática,

onde é capaz de produzir composições diversificadas, permitindo que se tenha uma melhor combinação a imagem e das cores. Ocorrendo a operação de inversão do espaço simulado de volta para o RGB. Esta técnica tem a limitação de utilizar apenas 3 bandas na imagem resultante (CROSTA, 1992;

MENESES, 2012; BORGES et al. 2013; ESRI, 2014).

O método ESRI utiliza uma média ponderada, cujo resultado cria valores para ajuste, e tem na banda do infravermelho próximo, opcionalmente, pra os cálculos dos valores de saída (ESRI, 2014).

O método SIMPLE-MEAN utiliza uma equação de média aritmética simples às combinações de saída (ESRI, 2014).

O método BROVEY é o processo matemático de razão e divisão das bandas da imagem colorida (baixa resolução) e de alta resolução. Sendo cada banda multiespectral multiplicada pela pancromática e dividida pelo soma das bandas multiespectrais, desta forma a imagem tem a cor normalizada, contribuindo para baixar a instabilidade (MENESES, 2012; ESRI, 2014).

O método de Principais Componentes, também conhecida como PC, onde o mesmo tenta manter a correlação entre as duas imagens brutas, onde substitui a primeira componente pela imagem de alta resolução, onde passa por um processo de equalização da média e variância para que fique parecida com a primeira (CROSTA, 1992; MENESES, 2012).

O método Gram-Schmidt simula a banda pancromática utilizando as multiespectrais que contém a menor resolução. Sendo que a transformação é aplicada para o conjunto simulado, e a primeira banda (pancromática) vai ser considerada como a simulada. Depois é realizada uma conversão inversa, onde traz as bandas simuladas com o valor espacial da banda pancromática, transformando assim a imagem (MENESES, 2012).

Todos este métodos foram aplicados dentro do ambiente do ArcMap do pacote ArcGis 10.1 e do ENVI 4.7, resultando em uma imagem sintética de visualização, as quais foram salvas cada uma com o nome do método e com formato *.tiff*.

Após geração das imagens sintéticas, as mesmas foram avaliadas através do método descrito por Telles Júnior (2005) e aplicado por

Magalhães et al 2011 em imagens QuickBird, quanto aos aspectos qualitativos e quantitativos da imagem resultante. Para a avaliação estatística dos métodos de fusão de imagens foram utilizados os seguintes parâmetros: Coeficiente de Correlação (CC), BIAS, Diferença da Variância (DV) e Desvio Padrão da Imagem Diferença (DPID). Podendo ser utilizado o da Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ).

O Coeficiente de Correlação (CC) avalia a dependência estatística de duas variáveis quantitativas, os valores podem assumir entre -1 a 1. O BIAS corresponde a média das duas imagens a de alta e baixa resolução, sendo este valor relativo à imagem original. A Diferença da Variância (DV) corresponde entre a diferença de variância entre as duas imagens a de alta e baixa resolução, ela ira indica a quantidade de informação perdida ou adicionada durante os procedimentos. O Desvio Padrão da Imagem Diferença (DPID) é a relação de desvios padrão das imagens de alta e baixa resolução e a média da imagem original. A Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ) é correspondente à soma dos valores da raiz quadrada da soma das diferenças de cada ponto nas duas imagens a de alta e baixa resolução. Indicando o grau de similaridade entre as mesmas (TELLES JUNIOR, 2008).

Para a avaliação qualitativa onde se leva em conta uma grande subjetividade do intérprete ou analista, pois é a partir das experiências do mesmo que se determinará o melhor resultado, buscou-se minimizar o efeito da subjetividade sobre o resultado, utilizando-se dos critérios definidos pelo comitê IRARS (*Image Resolution Assessment and Reporting Standards*) e citados por Telles Junior (2008) e Magalhães et al. (2011) como sendo para avaliação visual das imagens, pois este comitê estabelecerá normas.

Essas normas foram sintetizadas em uma escala de avaliação, através de níveis representativos para distinção (Tabela 2), sendo conhecida como *Multiespectral Imagery Interpretability Rating Scale* (MSIIRS).

TABELA 2. ESCALA DE INTERPRETAÇÃO.

Nível MSIIRS	CAPACIDADE DE INTERPRETAÇÃO
-----------------	-----------------------------

1	Distinguir entre áreas urbanas e rurais; Identificar áreas alagadiças ou pantanosas; Delinear linha costeira; Detectar pontes sobre corpos d'água; Delinear extensões com cobertura de neve ou gelo.
2	Detectar rodovias com mais de uma pista; Determinar a direção das correntes nos corpos d'água pela diferença de cores; Detectar áreas de extração de vegetal; Delinear extensões de áreas agriculturáveis; Delinear áreas inundadas.
3	Detectar diferentes misturas solo/vegetação ao longo de uma feição linear, indicando a presença de cercas; Identificar grandes avenidas em áreas urbanas; Distinguir entre edificações residenciais, comerciais e industriais em uma área urbana; Detectar vertente de reservatórios.
4	Detectar posições de aramas baseado na presença de embasamentos, revestimentos, bermas e clareiras em áreas com vegetação; Distinguir entre características de pavimentação em rodovias com duas pistas; Detectar indicações naturais de manutenção ou melhorias de pistas de pouso; Detectar deslizamentos de terra ou rochas suficientes para obstruir uma rodovia de pista única Identificar áreas para utilização de aeronaves leves asa fixa.
5	Detectar automóvel em um estacionamento; Detectar campos de irrigação; Detectar terreno em praia para desembarque de navio anfíbio; Detectar o uso de ruptura ou tintas enganosa ou revestimentos em edifícios/estruturas em uma instalação terrestre; Detectar materiais de construção em áreas terrestres de implantação;
6	Detectar camuflagem em uma floresta suficientemente grande para cobrir um tanque; Detectar trilhas na grama alta; Detectar marcadores do canal de navegação e boias na água; Detecção de gado em áreas abertas; Contagem de moradias individuais em áreas de habitação de subsistência.
7	Distinguir entre tanques e tanques tridimensionais; Identificar tambores individualmente de 55 litros; Distinguir linhas individuais de culturas.

Fonte: Adaptado de (IRARS, 1995; TELLES JR., 2008).

### 3 RESULTADOS

Após aplicação das fusões sobre as imagens, foram notórias as melhorias de qualidade de visualização da imagem, conseguindo distinguir alvos, que antes não eram possíveis na imagem multiespectral. Melhorando consideravelmente a visualização das informações presentes.

#### 3.1 Avaliação qualitativa

Quanto ao ponto qualitativo das imagens geradas, segue imagem abaixo para visualização da imagem sintética de cada processo de fusão (**Figuras 2 original, 3, 4, 5, 6, 7, 8**).

Para a imagem de melhor visualização, o método *Gram-Schmidt* (**Fig. 8**) se destaca pela qualidade de distinção dos alvos existentes. Em segundo poderia destacar um empate técnico entre as figuras **3** (*IHS*), **5** (*SimpleMean*) e **6** (*Brovey*), mas que seguiria esta sequencia caso necessita-se uma separação entre as três. Pois quanto à qualidade visual, as três apresentaram informações da imagem bem distinguíveis, sendo possível identificar vários itens detalhadamente. Mas a do método *IHS* (**Fig. 3**), levou uma ligeira vantagem em relação à vegetação, onde consegue destacar um pouco melhor que os outros métodos. Já a do método *Brovey* (**Fig. 6**) conseguiu ter bom destaque na colocação, contrastando bem os elementos, mas pecou um pouco no quesito vegetação,

justamente onde o IHS se sobressaiu. Já o método *SimpleMean* (Fig. 5) apresentou bom destaque dos objetos, tendo um pouco de confusão na visualização.

Já para os demais métodos a visualização também foi de qualidade, mas os três citados acabaram se destacando.

Quanto à escala de análise proposta, consideramos a mesma chegar ao nível 6 pelas distinções possíveis na imagem. Sendo assim, todos os métodos conseguiram atingir este patamar. Isto pode ter ocorrido devido a imagem ter 0,50 m de resolução espacial, e quando da elaboração desta escala, não existiam imagens neste nível de resolução espacial.

Sendo focadas suas legendas descritivas para imagens com menor resolução, mas que não deixam de serem utilizadas. Confirmando assim, a hipótese de obtenção do melhor resultado pela subjetividade do interprete, mas que não deixa de ser uma análise válida, tendo em vista que é o ser humano por trás da máquina que define tudo. A máquina apenas o auxilia nos processos, para que o mesmo tome a decisão. E desta forma, qualquer outro resultado também leva um pouco de subjetividade.



Figura 2. Imagem Original (Multiespectral).



Figura 3. IHS.



Figura 4. ESRI.



Figura 5. SIMPLEMEAN.



Figura 6. BROVEY.



Figura 7. PCSHAPERN.



Figura 8. GRAM-SCHMIDT.

### 3.2 Avaliação estatística

O coeficiente de correlação (Tab. 3) revelou uma proximidade geral de todos os métodos com o valor ideal que seria um (01). Mas o método com maior correlação foi o ESRI, seguido de perto pelo *SimpleMean*, o primeiro variando entre 0,9520 a 0,9593, com uma média de 0,9562, já o segundo variou de 0,9488 a 0,9565 com uma média de 0,9531. O que teve menor valor de correlação foi o *PCShapern*, variando de 0,8955 a 0,9411 com uma média de 0,9203.

Analisando a análise estatística BIAS (Tab. 4), observa-se que o método ESRI foi o que mais se aproximou do valor ideal que seria zero (0), variando nas três bandas com os valores de 0,0502 a 0,0735, tendo uma média de 0,0642. Seguido do método *Gram-Schmidt* que teve valores variando de -0,1190 a 0,1505, com uma média de -0,1308. O método com os menores valores foi o *Brovey* com uma média de 0,6908 e variação de -0,6781 a 0,7038.

Observando a análise estatística da Diferença da Variância (Tab. 5), o método *Gram-Schmidt* foi o com melhor resultado, variando entre 0,0044 a 0,0816, com uma média de 0,0,031. Seguido pelo método *Esri*, com -0,0772 a 0,7043 e média 0,3361. Quase empatado com este último, o método ESRI ficou com uma média de 0,1710 e uma variação de 1,1494 a 0,1932. O *Gram-Schmidt* também apresentou para as bandas o valor mais próximo do ideal que seria aproximado de zero, mas negativo. O método com menores valores ideais foi o *Brovey* com uma média de 0,9295 e uma variação de 0,9197 a 0,9396.

Analisando a estatística do Desvio Padrão da Imagem Diferença (Tab. 6), observa-se que o método *Gram-Schmidt* foi o que teve melhores valores, variando de 0,0015 a 0,0343 e com média de 0,0135. E em segundo aparece o método *ESRI* com valores também baixas sendo a média de 0,0674 e uma variação de 0,0563 a 0,0837. O método que apresentou valores longe do ideal foi o *Brovey*, com média de 0,5490 e variação de 0,5186 a 0,6038. As bandas dos métodos *Gram-Schmidt* e *ESRI* foram os que

mais se aproximaram individualmente do valor ideal que seria zero (0).

Observando a Raiz do Erro Médio Quadrático (Tab. 7), identifica-se que o método que obteve melhores resultados de similaridade foi *Gram-Schmidt* com valores variando de 0,1236 a 0,1506 com média de 0,1395. Seguido pelo método *ESRI* com

valores variando de 0,1665 a 0,2052 com uma média de 0,1831. Novamente as bandas destes dois métodos foram o que mais se aproximaram do valor zero (0) considerado ideal. Mas a Banda3 do método *PCShapern* separadamente teve o valor próximo, mas as demais bandas elevaram este valor.

**TABELA 3. CC – ANÁLISE ESTATÍSTICA.**

Coeficiente de Correlação						
<b>Bandas</b>	<i>IHS</i>	<i>ESRI</i>	<i>SimpleMean</i>	<i>Brovey</i>	<i>PCShapern</i>	<i>Gram-Schmidt</i>
Banda3	0,9324	0,9520	0,9488	0,9324	0,8955	0,9393
Banda2	0,9466	0,9574	0,9565	0,9439	0,9411	0,9508
Banda1	0,9444	0,9593	0,9539	0,9514	0,9243	0,9547
<b>MÉDIA</b>	0,9411	0,9562	0,9531	0,9426	0,9203	0,9483

**TABELA 4. BIAS – ANÁLISE ESTATÍSTICA.**

BIAS						
<b>Bandas</b>	<i>IHS</i>	<i>ESRI</i>	<i>SimpleMean</i>	<i>Brovey</i>	<i>PCShapern</i>	<i>Gram-Schmidt</i>
Banda3	0,2086	0,0690	0,1557	0,7038	-0,0570	-0,1190
Banda2	0,1809	0,0735	0,1784	0,6905	-0,2779	-0,1229
Banda1	0,1542	0,0502	0,1644	0,6781	-0,3873	-0,1505
<b>MÉDIA</b>	0,1812	0,0642	0,1662	0,6908	-0,2408	-0,1308

**TABELA 5. DV – ANÁLISE ESTATÍSTICA.**

Diferença da Variância						
<b>Bandas</b>	<i>IHS</i>	<i>ESRI</i>	<i>SimpleMean</i>	<i>Brovey</i>	<i>PCShapern</i>	<i>Gram-Schmidt</i>
Banda3	0,4323	0,1932	0,4798	0,9293	0,0876	0,0816
Banda2	0,3685	0,1494	0,4172	0,9197	0,3485	0,0133
Banda1	0,4808	0,1706	0,4373	0,9396	0,4186	0,0044
<b>MÉDIA</b>	0,4272	0,1710	0,4448	0,9295	0,2849	0,0331

**TABELA 6. SSD – ANÁLISE ESTATÍSTICA.**

Desvio Padrão da Imagem Diferença						
<b>Bandas</b>	<i>IHS</i>	<i>ESRI</i>	<i>SimpleMean</i>	<i>Brovey</i>	<i>PCShapern</i>	<i>Gram-Schmidt</i>
Banda3	0,2028	0,0837	0,2293	0,6038	0,0369	0,0343
Banda2	0,1486	0,0563	0,1712	0,5186	0,1396	0,0048
Banda1	0,1944	0,0621	0,1738	0,5247	0,1652	0,0015
<b>MÉDIA</b>	0,1819	0,0674	0,1914	0,5490	0,1139	0,0135

**TABELA 7. REMQ – ANÁLISE ESTATÍSTICA.**

Raiz do Erro Médio Quadrático						
<b>Bandas</b>	<i>IHS</i>	<i>ESRI</i>	<i>SimpleMean</i>	<i>Brovey</i>	<i>PCShapern</i>	<i>Gram-Schmidt</i>
Banda3	0,4800	0,2052	0,5044	1,1657	0,1046	0,1443
Banda2	0,4105	0,1665	0,4537	1,1500	0,4458	0,1236

Banda1	0,5050	0,1778	0,4672	1,1587	0,5703	0,1506
<b>MÉDIA</b>	0,4652	0,1831	0,4751	1,1581	0,3735	0,1395

#### 4. DISCUSSÃO

Observando os resultados identificou-se que o método *Gram-Schmidt* foi o que mais se destacou nos parâmetros de análise definidos neste trabalho. Podendo ser considerado como o melhor método para execução de fusão de imagens de alta resolução do satélite GeoEye-1. Em trabalho semelhante executado por Magalhães (2011), para imagens do Satélite QuickBird, mas executando apenas quatro tipos de fusão (*IHS, ESRI, BROVEY, SIMPLEMENTE*), o mesmo identificou que o método *SimpleMean* como sendo o mais apropriado na análise qualitativa. Já para a análise estatística, o *ESRI* e o *IHS* foram os melhores. Diferenciando do presente trabalho que identificou apenas um como sendo o mais apropriado, nas duas formas de análises.

Schneider et al. (2003) também executou experimentos em fusão de imagens provenientes do satélite IKONOS, utilizando quatro métodos (Substituição, Transformação HSV, Substituição da Principal Componente - SCP e Filtragem Passa Alta - HPF). Identificou que o método com menor custo computacional foi o da Substituição, que manteve as três bandas sem alteração das informações espectrais e os métodos SCP e HPF tiveram maior correlação entre as bandas geradas e as originais.

Aguiar e Batistella (2013) realizou experimento em imagens do Satélite CBERS-2B, utilizando quatro técnicas de fusão (*HSV, Brovey, Gram-Schmidt* e *PC Sharpening* ou *componente principais*), o mesmo identificou que o melhor método foi a componentes principais, mas em teste de correlação o *Gram-Schmidt* se destacou para a banda 1. No caso deste trabalho onde teve o melhor resultado o *Gram-Schmidt*, no teste de correlação o mesmo também ficou em segundo, mas obteve da mesma forma o

melhor resultado na banda 1, perdendo valor nas outras duas bandas.

Em trabalho de análise de fusão com imagem GeoEye-1 e identificando qual o melhor software para execução, entre o ArcGis e o SPRING, Borges et al. (2013) identificou que o método *IHS* foi o mais apropriado, mas o mesmo só fez identificação visual, sem levar em consideração as análises estatísticas, como executado neste trabalho e nos demais já citados que trabalharam com imagens de alta resolução.

Pesck et al. (2011) realizou comparação de fusão em imagens do satélite Quickbird-2, utilizando quatro métodos (*HSV, Brovey, Principais Componentes* e *Gram-Schmidt*), o autor identificou que o método *Gram-Schmidt* foi o mais apropriado para execução da fusão, mesmo tendo o método principais componentes com resultados aproximados. Coincidindo com o presente trabalho que identificou este método como o melhor para aplicação, divergindo apenas para o *Principais Componentes* que não foi tão bem quanto nos resultados. Carvalho et al., (2011) trabalhou com uma imagem WordView-2 realizando três tipos de fusão (Principais componentes, *Gram-Schmidt* e *Pansharpening*) no software ENVI 4.7 para os dois primeiros e ENVI EX para o terceiro, identificando o método do algoritmo *PanSharpening* como o que obteve melhor resultado na análise visual. Sendo constatado estatisticamente o mesmo resultado que no visual. Já no presente trabalho o que diferenciou foi a aplicação do algoritmo que sobressaiu e que na análise estatística o presente trabalho teve uma análise a mais, a qual foi o coeficiente de correlação, onde identifica a similaridade entre as imagens. Um fator coincidente foi a aplicação em um ambiente urbano.

Pinho et al. (2005) trabalhou com cinco técnicas de fusão (*IHS, Brovey, Principais Componentes, Gram-Schmidt* e *CN*

*Spectral Sharpening*) para imagens Quickbird, identificando o método *Principais Componentes* para a análise visual, e estatisticamente junto do método *Gram-Schmidt* obtendo os melhores valores para correlação. Diferente do presente trabalho, onde o *Gram-Schmidt* foi melhor do que o *Principais Componentes*, sem ter muito destaque nas análises.

## CONCLUSÃO

Nas imagens resultantes do processamento foram nítidas as melhorias de qualidade de visualização.

Na análise visual e interpretação com uso da tabela do MSIIRS o método *Gram-Schmidt* foi o que apresentou a melhor qualidade de visualização em comparação com os demais.

Estatisticamente o método *Gram-Schmidt* foi considerado o mais apropriado para execução, pois conseguiu apresentar o melhor resultado em 3 de 5 análises estatísticas aplicadas.

Na análise de correlação que merece destaque, pois traduz à fidelidade dos dados, o método ESRI foi o melhor, mas o *Gram-Schmidt* ficou em segundo. Comprovando assim, a sua eficiência para execução de fusão de dados do satélite GeoEye-1.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ através do Projeto: MODELO GEOESPACIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA DE MOSSORÓ (RN). Chamada: Universal 14/2012-Processo: 473817/2012-8.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, C. R. BATISTELLA, D. Análise das técnicas de fusão de imagens aplicadas ao satélite CBERS-2B (CCD-HRC). In: XVI Simpósio Brasileiro de

Sensoriamento Remoto (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. P. 2188-2192. Disponível em: [www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0542.pdf](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0542.pdf)

BORGES, A. F. et al. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem GeoEye. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. P. 7950-7957. Disponível em: [www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0861.pdf](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0861.pdf)

CARVALHO, M. V. A. et al. Fusão de imagens aplicada a estudos urbanos: avaliação de diferentes técnicas em imagens WordView-2. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: INPE, 2013. P. 0941-0948. Disponível em: [www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1693.pdf](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1693.pdf)

CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.

CUNHA, A. C.; COSTA, F. P. Fusão de imagens dos satélites Cbers 2B e Landsat 5 TM. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife. **Anais eletrônicos...** Recife: UFPE, 2010. P.001-005. Disponível em: [http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISI MGEO\\_CD/artigos/FotoeSR/SR\\_e\\_PDI/A\\_186.pdf](http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISI MGEO_CD/artigos/FotoeSR/SR_e_PDI/A_186.pdf)

ESRI. ArcGIS – **ArcMap 10.1**, help on line. Disponível em: <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/009t000000mw000000>

IRARS, Image Resolution Assessment and Reporting Committee. 1995. **Multispectral Imagery Interpretability Rating Scale Reference Guide**. Washington DC. Disponível em:

[http://www.fas.org/irp/imint/niirs\\_ms/msiirs.htm](http://www.fas.org/irp/imint/niirs_ms/msiirs.htm)

LEONARDI, S. S.; ORTIZ, J. O.; FONSECA, L. M. G. Comparação de técnicas de fusão de imagens para diferentes sensores orbitais. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos...** Goiânia: INPE, 2005. P. 4111-4113. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.22.49/doc/4111.pdf>

LUZ, J. et al. Técnicas de fusão aplicadas a imagens do satélite ALOS. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2009, Natal. **Anais eletrônicos...** Natal: INPE, 2009. P. 6959-6965. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.16.47/doc/6959-6965.pdf>

MAGALHÃES, I. A. L. et al. Análise comparativa entre técnicas de fusão de imagens de alta resolução espacial do satélite Quickbird. **Cadernos de Geociências**, UFBA, v. 8. n. 2, 2011.

MENESES, P. R. Modelos de cores aplicados às imagens. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Orgs.). **Introdução ao processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. [E-book] Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>

PARANHOS FILHO, A. C.; LASTORIA, G.; TORRES, T. G. **Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução às geotecnologias**. Campo Grande: Ed. UFMS, 2008.

PESCK, V. DISPERATI, A. A.; SANTOS, J. R. Comparação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird-2. **Revista**

**Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ; v. 18 n. 2. p. 127 a 134, 2011.

PINHO, C. M. D.; RENNÓ, C. D.; KUX, H. J. H. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos...** Goiânia: INPE, 2005. P. 4225-4232. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.20.14/doc/4225.pdf>

SCHNEIDER, M. J.; BELLON, O. R. P.; ARAKI, H. Experimentos em fusão de imagens de alta resolução. **Boletim Ciências Geodésicas**, Curitiba-PR, v. 9, n. 1, p. 75-88, 2003.

SILVA, G. B. S. et al. **Procedimento para correção de geométrica de imagens de satélite**. Campinas-SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012. 18p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Circular Técnica, 18). Disponível em: [http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/CT\\_18.pdf](http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/CT_18.pdf)

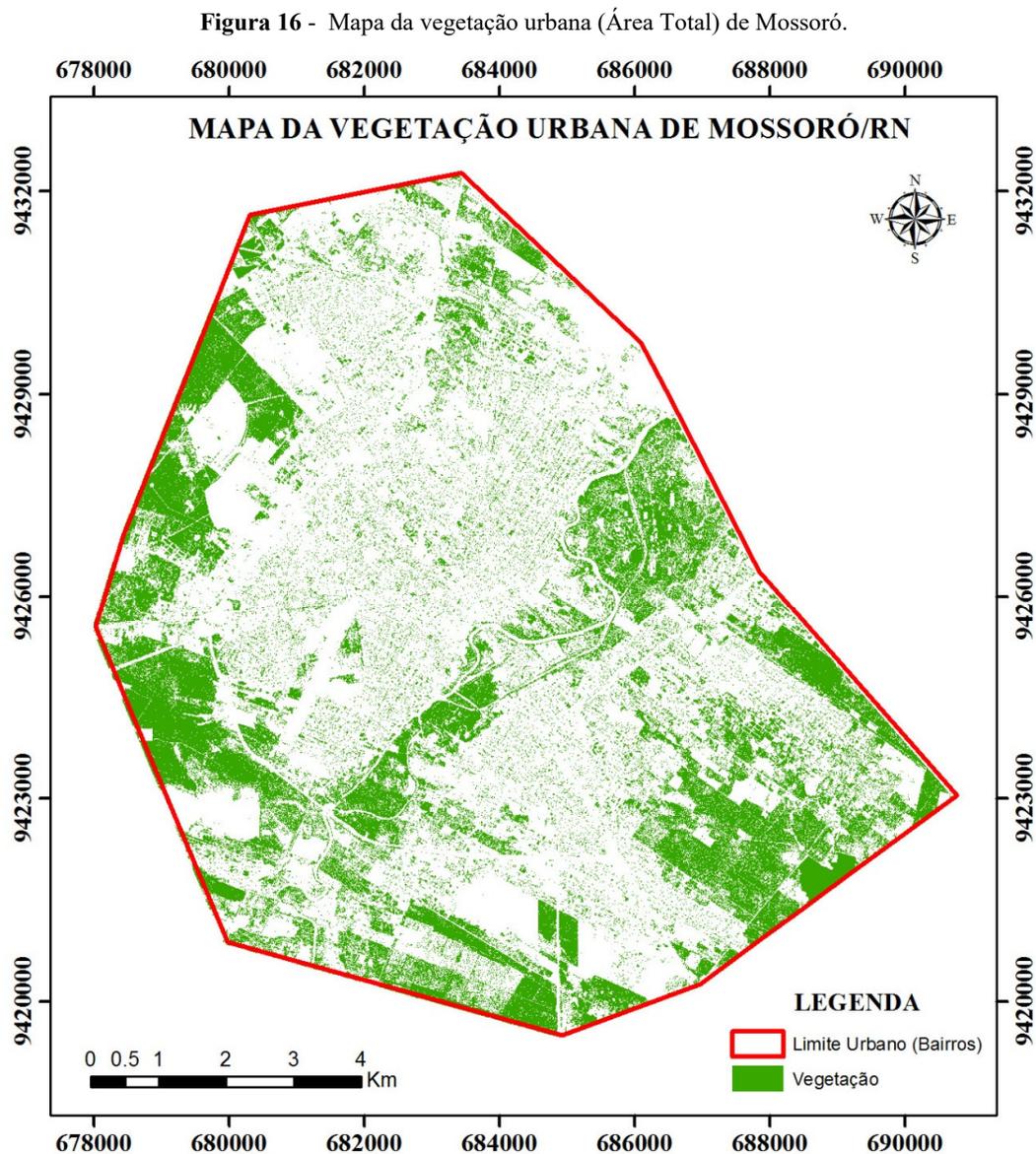
TELLES JUNIOR, M. A. B. G. **Super-resolução de imagens de sensoriamento remoto**. 2008. 123f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2008.

WALD, L. Some terms of reference in data fusion. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**. v. 37, n. 3, p.1190-1193, 1999.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Mapeamento Área Urbana Total e Padrão Urbano Contínuo

Após vários testes realizados com os dados, foi possível a extração da vegetação da área urbana de Mossoró, resultando no mapa geral da vegetação (**Figura 16**).



A partir da visualização do mapa é notória a grande composição vegetal nas áreas mais afastadas do centro do mapa, ou seja, áreas onde ocorrem o processo de expansão urbana.

A quantidade de vegetação encontrada foi estimada em 3.005,19 ha, obtido com o processo de Classificação Orientada a Objeto e uma pós classificação manual que se fez necessária para eliminar os polígonos que foram classificados erroneamente, pois ocorreu uma não separabilidade entre a vegetação arbórea e a rasteira. Ocasionalmente ocasionando transtorno para o procedimento de classificação, sendo contornado apenas com o uso da classificação manual supracitada.

Na tentativa de realizar a separabilidade dos alvos, de parte de vegetação arbórea e parte da vegetação rasteira, as quais foram confundidas no processo de classificação. Utilizou o Índice de Diferença de Vegetação Normalizada (NDVI) para identificar os padrões de resposta dos dois alvos, e conseqüente separação. Mesmo assim, não se obteve resultado satisfatório na diferença entre os alvos, culminando assim, em respostas semelhantes para as duas classes. Em outra tentativa de se isolar o alvo vegetação arbórea, foi realizada a coleta de amostras para classificação, apenas do que era vegetação arbórea, isolando assim, todos os outros alvos, mas ocorreu que, em alguns locais onde ocorrem vegetação rasteira, também foi classificada como arbórea.

No processo de classificação para separar a classe vegetação arbórea da classe vegetação rasteira, as amostras de treinamento foram direcionadas apenas para o que se apresentava como vegetação arbórea. Utilizou-se do NDVI novamente para tentar diferenciar os portes da vegetação, mas ocorreu problema na separação das classes. No entanto, recorreu-se ao processo de classificação manual, utilizando-se de técnicas da fotogrametria digital. A partir deste momento os alvos classificados erroneamente foram identificados e corrigidos, resultando em uma classificação satisfatória.

Quanto ao Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana para a área de Mossoró, o valor encontrado foi de 29,63%. Observa-se que este valor foi expressivo, pois incluiu as áreas que não foram totalmente urbanizadas, está análise não leva a divisão da classificação da legenda Corine, onde inclui a classe Padrão Urbano Contínuo e Padrão Urbano Descontínuo. A não aplicabilidade da classificação da legenda Corine, leva a entender que Mossoró apresenta um valor de ICVAU expressivo, com quase 30%. No entanto, esse valor poderá se alterar consideravelmente, a partir do momento em que a cidade começar a se expandir e ocupar novas áreas, causando assim, a retirada da vegetação existente.

Referente ao Índice de Verde por Habitante (IVH), que representa a divisão da quantidade de vegetação encontra em m<sup>2</sup> dividida pelo número de habitantes, foi utilizado o

valor de 259.815 habitantes, disponibilizado no Censo Demográfico do IBGE (2010) como parâmetro para o cálculo. Obteve-se um valor de 115,66 m<sup>2</sup> de vegetação para cada habitante, que é considerado elevado. Ainda pode-se considerar o resultado do IVH para a população estimada para o ano de 2014 pelo IBGE, que é 284.288 habitantes. Assim, encontra-se o valor de 105,70 m<sup>2</sup> de vegetação por habitante. Conforme já mencionado anteriormente, esse valor apresenta-se elevado pela condição de que a área urbana de Mossoró na região de expansão não foi totalmente ocupada ou totalmente desmatada, influenciando diretamente no resultado.

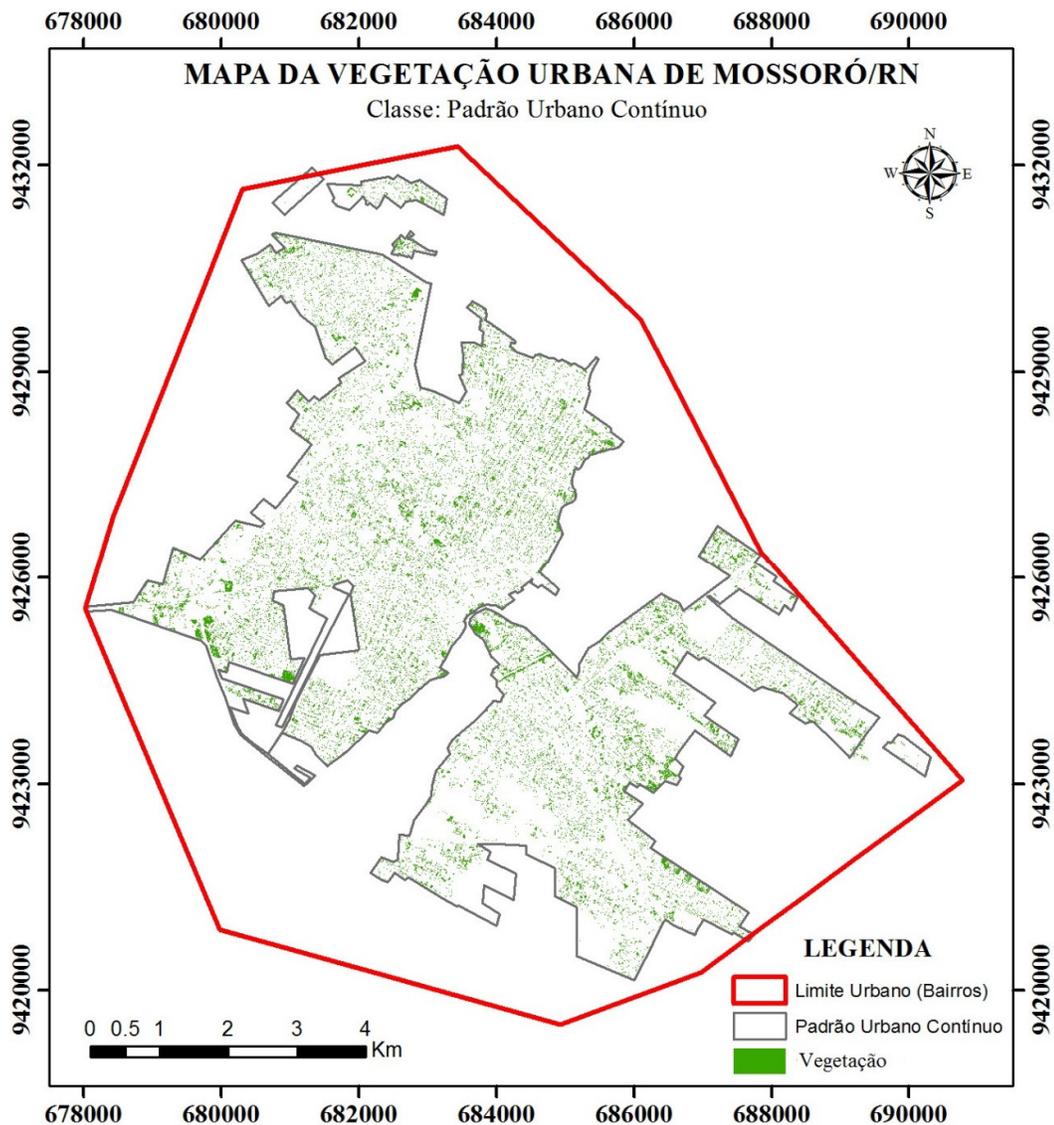
Nesta perspectiva, utilizou-se da proposta da Legenda CORINE (PARANHOS FILHO; TORRES, 2007), identificando duas classes a serem utilizadas Padrão Urbano Contínuo e Padrão Urbano Descontínuo, as quais representam áreas edificadas urbanizadas e as pouco ou não edificadas e sem urbanização, respectivamente. Desta maneira, permitiu entender a presença da vegetação no ambiente realmente artificializado da cidade, a qual tem influência direta na qualidade de vida da população.

É possível observar a diferença na composição do mapa temático, quando se separa a área que representa a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figura 17**), pois os fragmentos da vegetação passam a ter menores representatividades no ambiente intra-urbano da cidade.

A quantificação encontrada para a vegetação de dentro do perímetro do que é considerado Padrão Urbano Contínuo é de 420,74 ha. Neste momento, já é possível atentar para a grande diferença existente entre os valores de presença de vegetação, quando considerada a área urbana completa (3005,19 ha) e apenas a área representada por Padrão Urbano Contínuo (420,74 ha), o valor restante entre a subtração da quantidade de vegetação da Área Total pela do Padrão Urbano Contínuo resulta no valor para Padrão Urbano Descontínuo (2584,45 ha). A diferença se expressa em quase 86% a menos de vegetação, mas deve-se observar que a área de análise também diminuiu, mas agora, representa fielmente o que seria a “vegetação urbana” dentro do ambiente intra-urbano. E neste momento é de extrema importância atentar para esta divisão, pois a diferença no valor a ser apresentado como real vegetação do ambiente urbano é alta (diferença de 86%).

Quanto ao Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, encontrou-se apenas 10,30 % de área com vegetação no espaço urbano. Um valor três vezes menor que o da área urbana completa que foi de 29,64%, evidenciando a necessidade de sempre se aplicar as duas situações, pois acabam sendo diferentes, e dependendo do que se pretende realizar em um planejamento urbano, pode-se ter uma estimativa errônea da vegetação.

Figura 17 - Mapa da vegetação urbana (Padrão Urbano Contínuo) de Mossoró.



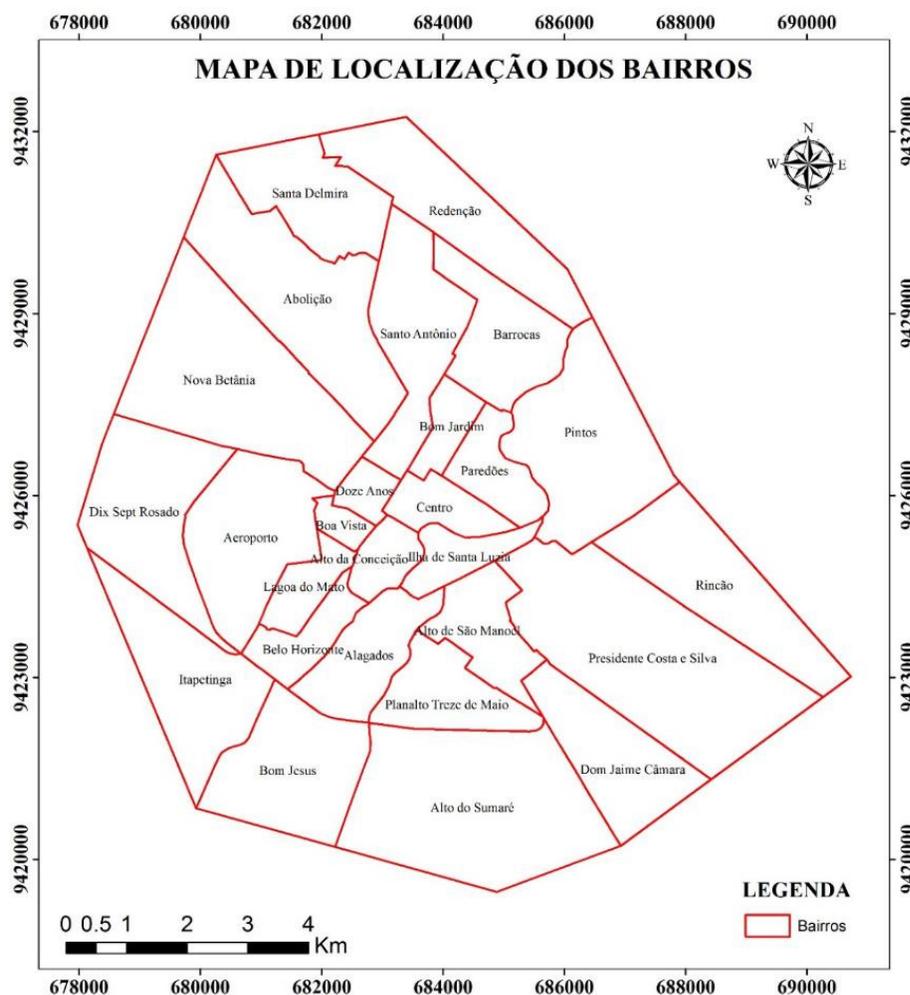
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Este valor também se altera para o Índice de Verde por Habitante, chegando a 16,19 m<sup>2</sup> de vegetação por habitante quando considerada a quantidade de 259.815 habitantes encontrada pelo Censo Demográfico do IBGE (2010) e de 14,79 m<sup>2</sup> de vegetação por habitante para a quantidade de 284.288 habitantes estimadas pelo IBGE para o ano de 2014. Se comparado com os valores encontrados para área urbana completa o valor atualmente é totalmente discrepante. Com diferença de praticamente 10 vezes de uma situação para outra.

Mas, observa-se que no primeiro caso pode ocorrer grande variação com o decorrer dos anos, através do processo de crescimento urbano, onde irá ocorrer a supressão de boa parte da vegetação para dar lugar a áreas artificializadas de concreto, asfalto, etc.

Foi realizada uma análise por bairros (**Figura 18**), seguindo os dois aspectos já apresentados nos resultados anteriores. Os de considerar a área de Padrão Urbano Contínuo ou a área total do bairro (incluindo a classe Padrão Urbano Descontínuo). Nesta perspectiva, podemos observar uma tendência aos bairros periféricos, de terem maior presença de vegetação, pois são áreas de crescimento, e dispõem, na maioria dos casos, de grandes áreas não urbanizadas, apresentando áreas significativas com vegetação. Já os bairros mais centrais, que já se encontram totalmente urbanizados, e em consequência com uma maior remoção da vegetação natural, apresentam menores valores para os índices de vegetação.

**Figura 18** - Mapa da configuração dos bairros.



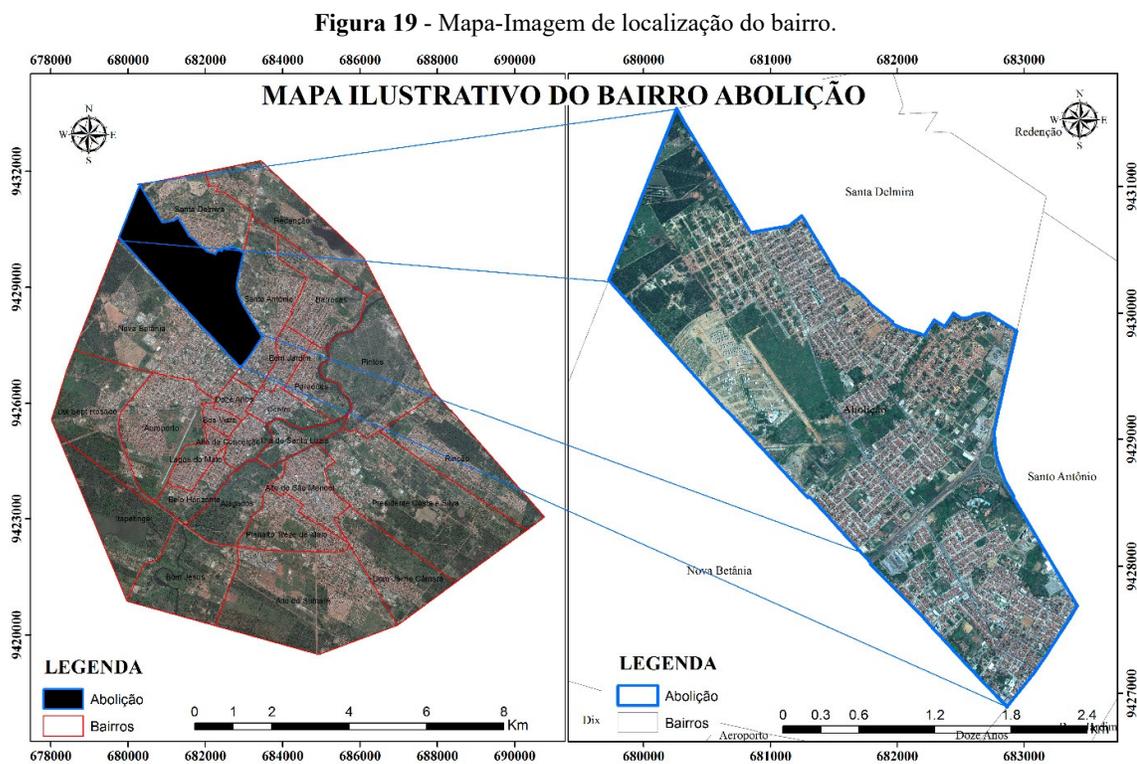
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

## 6.2 Mapeamento por Bairros

### 6.2.1 Abolição

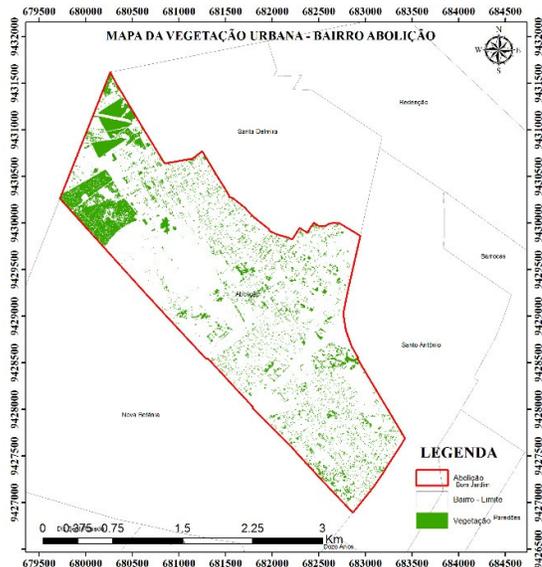
O bairro encontra-se periféricamente localizado na porção norte em relação a área central da cidade. O bairro apresenta área destinada a condomínio e alguns lotes para serem ocupados, além da passagem da BR-304 através do contorno que circunda, existindo uma grande rotatória nas proximidades do popularmente conhecido Hotel Thermas que ocupada vasta área. Existem alguns empreendimentos de grande porte no bairro, como pode ser observado pela área que ocupam através da **figura 21**.

Observa-se a cobertura vegetal do bairro Alto de São Manoel (**Figura 19**), e a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Fig. 20 e 21**).



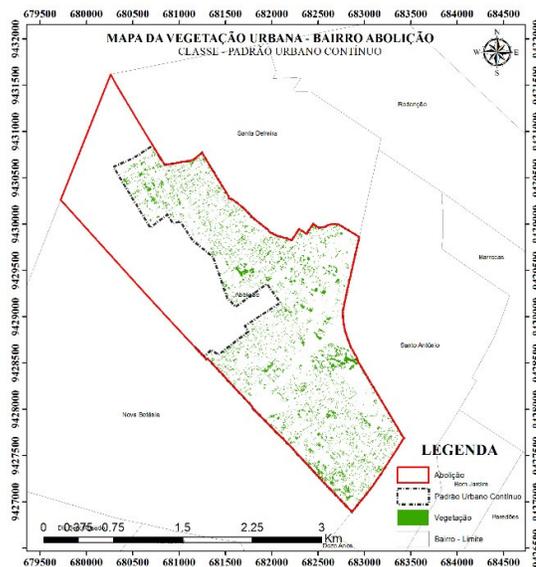
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 20** - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 21** - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

É perceptível visualmente a diferença na quantidade de vegetação, quando se considera apenas a área ocupada efetivamente pelas edificações.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 2**).

**Tabela 2** - ICVAU para o bairro Abolição.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	91,05	656,41	13,87
Padrão Urbano Contínuo	39,65	440,70	8,99

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

A diferença entre as duas situações observa-se pela quantidade de vegetação, onde a Padrão Urbano Contínuo (PUC) tem menos da metade (39,65 há) do valor da Área Total (91,05 há). Mas quando observamos o valor do ICVAU, encontramos uma diferença de pouco menos de 5% entre as situações. Isso pode nos apresentar que a área total tem grandes áreas desmatadas, pois a diferença entre as extensões (área) é de mais de 200 hectares, ocasionando um valor baixo para o índice. Essas áreas desmatadas podem ser explicadas por causa da

presença de área destinada a um condomínio e áreas destinadas para loteamento, as quais ainda não foram ocupadas e não se configuram como PUC.

### 6.2.2 Aeroporto

O bairro encontra-se na porção Sudoeste e na área central da cidade. Está localizada no bairro o Aeroporto Dix Sept Rosado da cidade, que por consequência dá nome ao mesmo, e ocupada uma grande extensão. A BR-304 é a fronteira com os bairros adjacentes, existe a presença de alguns empreendimentos de grande porte, identificados por sua extensão representados na imagem.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Alagados, pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro (**Figura 22**) e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 23 e 24**).

Neste momento, identifica-se alguns pontos com maior concentração de vegetação entre as figuras. Existe nitidamente a influência do aeroporto na configuração do bairro, e consequentemente na distribuição da vegetação, pois necessita-se de determinada área “limpa” para melhor visibilidade para os pouso e decolagens a serem realizados no mesmo.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 3**).

**Tabela 3** - ICVAU para o bairro Aeroporto.

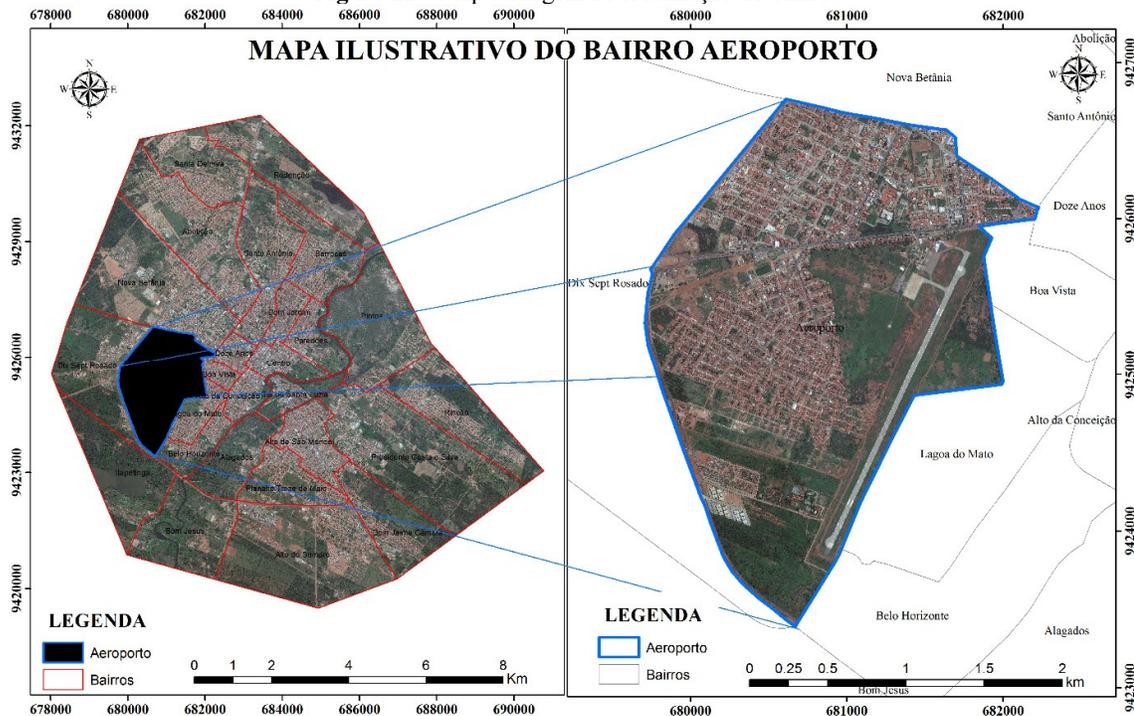
SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	78,07	487,53	16,01
Padrão Urbano Contínuo	37,79	341,42	11,06

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Tendo uma diferença de pouco mais do dobro de uma situação para outra (PUC para Área Total). Quanto ao ICVAU temos uma diferença de pouco menos de 5%, e apenas uma diferença de pouco mais de 140 hectares, o que pode ter trazido o ICVAU do PUC para um menor valor, o perímetro da mesma se tornou maior, pois a área edificada do aeroporto foi inclusa como tal. O valor do índice para área total encontrado foi influenciado pela extensão do

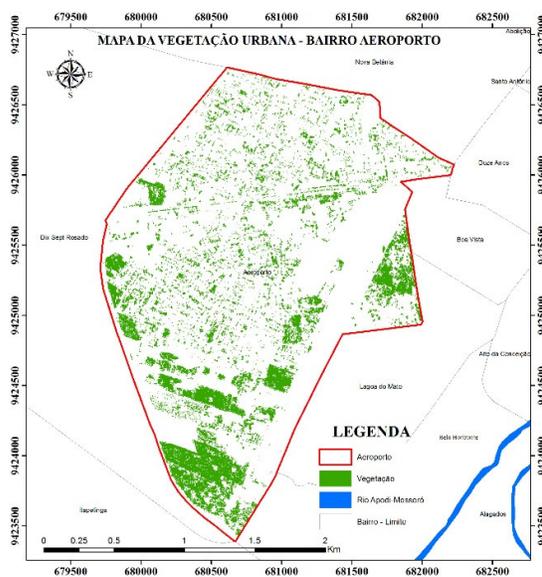
aeroporto, pois o mesmo contém grandes trechos desmatados, incluindo apenas vegetação rasteira e em alguns pontos vegetação arbórea.

Figura 22 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



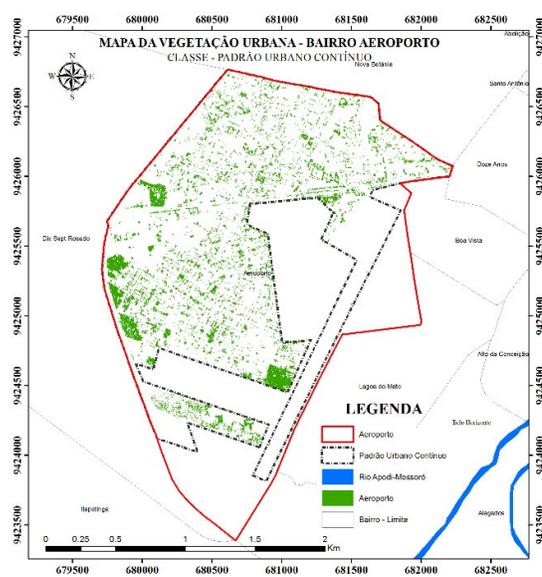
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 23 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 24 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

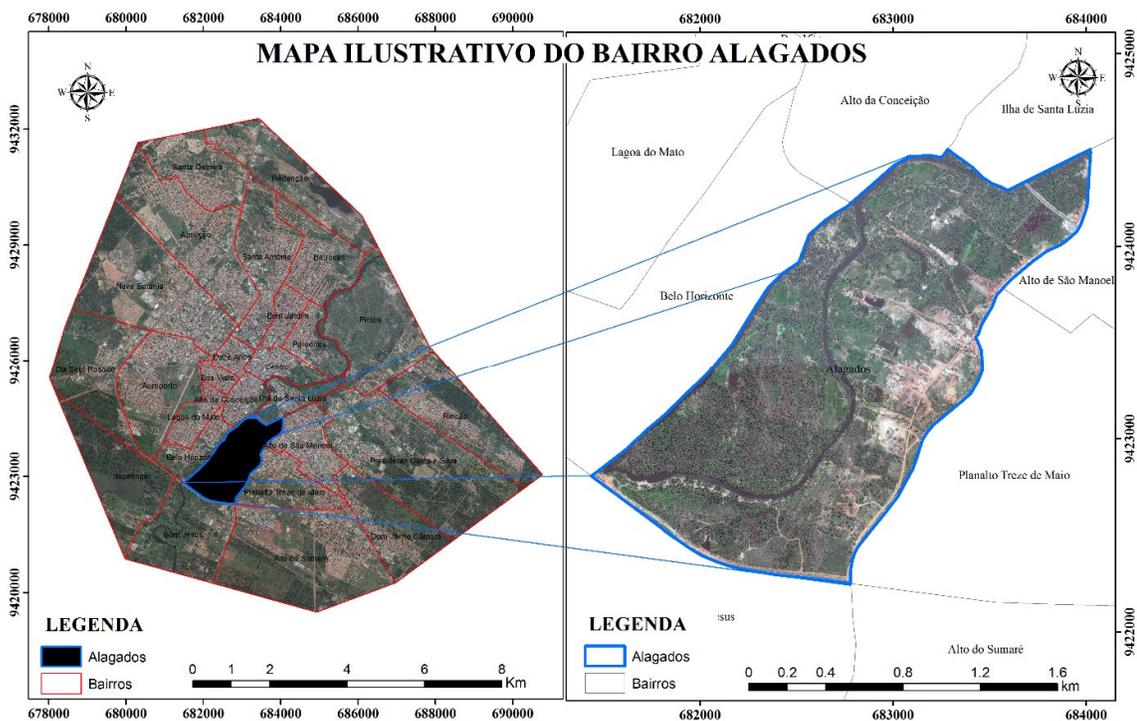
### 6.2.3 Alagados

O bairro encontra-se na porção Sul e central da cidade. Sendo cortado pelo Rio Mossoró, no qual se divide em dois canais e forma uma ilha fluvial, conhecida como Ilha da Coroa, uma ilha fluvial, a qual foi objeto de estudo, através do trabalho de Varela e Carvalho (2009) que apresentou as informações acerca da viabilidade ambiental para implantação de uma unidade de conservação na área.

A área edificada ainda é pequena, mas a influência do homem já se faz sentir a leste do bairro, pois contém trechos com cultivos de espécies forrageiras. Existem alguns trechos úmidos os quais formam algumas lagoas.

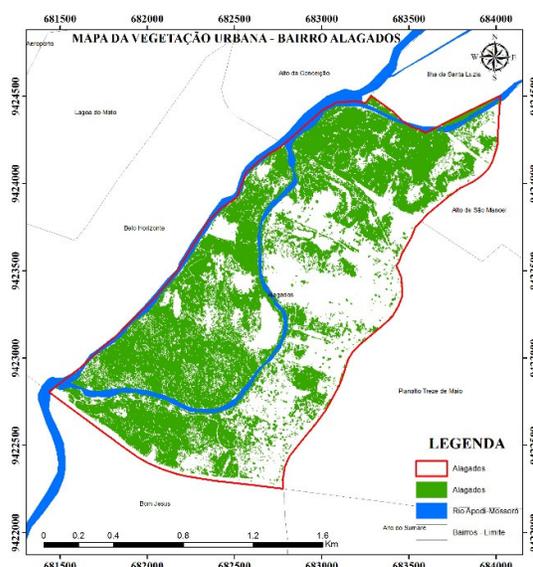
Analisando a cobertura vegetal do bairro Alagados, observa a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro (**Figura 25**) e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 26 e 27**).

Figura 25 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



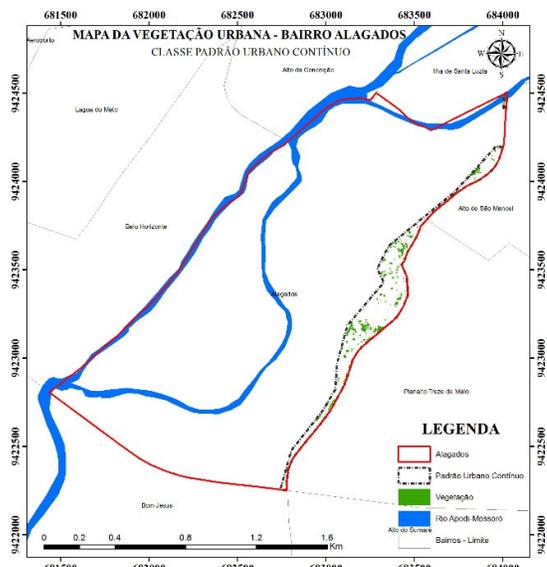
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 26 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 27-- Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Nesta área é extremamente perceptível diferença visual nos mapas, pois a área ocupada pelo processo de edificação ainda é muito pouca, ficando restrita a região Oeste do bairro.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 04**).

**Tabela 4** - ICVAU para o bairro Alagados.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	141,39	271,21	52,13
Padrão Urbano Contínuo	1,94	17,19	11,28

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

A diferença entre as duas situações para o índice é de mais de 40%. Essa diferença se traduz na baixa ocupação por edificação e pela ilha fluvial existente, a qual é um fator para ocupação, mas não impede a influência antrópica que em alguns pontos já se apresentam através do cultivo. Essa mesma ilha contribui para um valor elevado de ICVAU de mais de 50%, em contraste a situação PUC ocorre um valor de pouco mais de 11%.

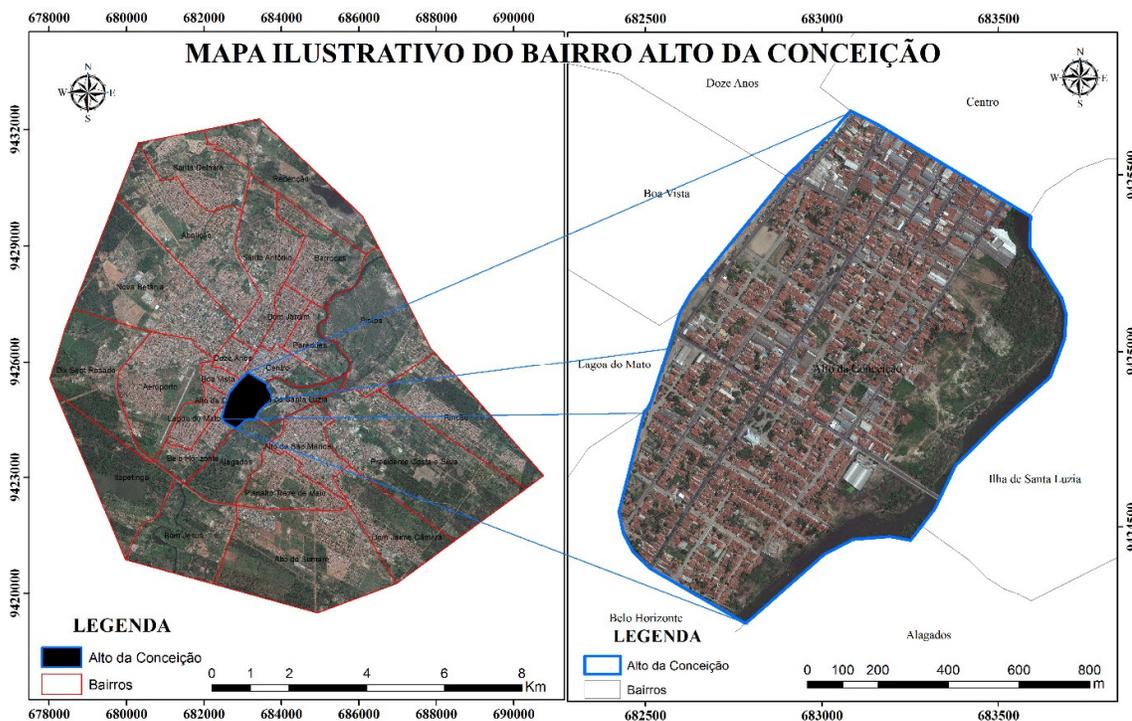
A presença de alguns pontos baixos topograficamente e a presença de lagoas, pode tá influenciando e limitando a ocupação no interior do bairro por edificações.

#### 6.2.4 Alto da Conceição

O bairro se encontra na porção central da cidade. Nota-se a presença de alguns empreendimentos na área do bairro e algumas áreas vazias. Tem seu limite Leste definido pelo Rio Mossoró, onde se encontra boa parte da vegetação e algumas áreas desmatadas.

Apresenta-se o mapa do bairro Alto da Conceição (**Figura 28**), obtendo-se a cobertura vegetal e sua distribuição tanto para a Área Total do bairro como para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 29 e 30**).

**Figura 28** - Mapa-Imagem de localização do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 29 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.

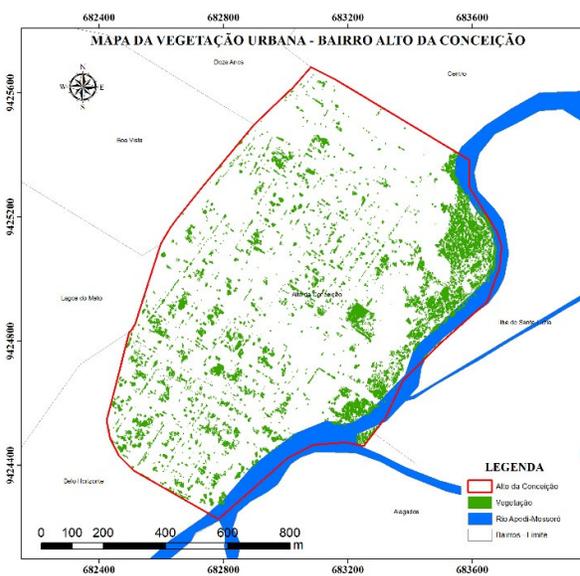
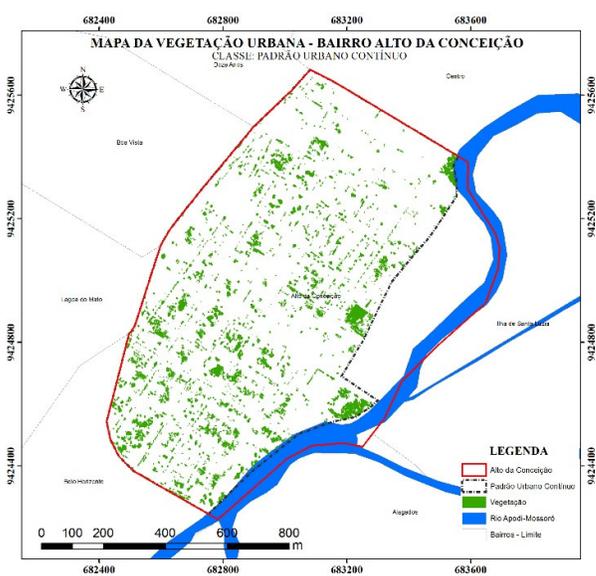


Figura 30 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 5**).

**Tabela 5** - ICVAU para o bairro Alto da Conceição.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	15,05	109,92	13,69
Padrão Urbano Contínuo	9,62	90,29	10,58

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

A diferença entre os valores do ICVAU para a área total do bairro e a Padrão Urbano Contínuo ficou em pouco mais de 3%. Pois existe, apenas um trecho que é considerado como Padrão Urbano Descontínuo, o qual ainda não apresenta um intenso processo de urbanização, mantendo assim, boa parte da cobertura vegetal. Mas sofre influência em alguns pontos com o desmatamento, o que pode em um futuro próximo ocorre o processo de edificação.

### 6.2.5 Alto de São Manoel

O bairro encontra-se em uma porção central em uma relação à cidade. O limite na porção norte se faz com o Rio Mossoró, ocorre algumas empreendimentos de porte grande na área. Além de duas grandes áreas, sendo uma destinada a criação do Instituto Técnico de ensino do Estado (em execução) e outra é a área do Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT). Dentro do mesmo ocorre a ligação da BR-304 a BR-110.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Alto de São Manoel, pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro (**Figura 31**) e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 32 e 33**).

Observando as figuras é possível notar que, a diferença entre as duas situações é praticamente imperceptível. Pois, não apresenta áreas para com possibilidade de expansão

urbana, compreendendo praticamente área edificada, o que a torna uma área quase totalmente urbanizada.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 6**).

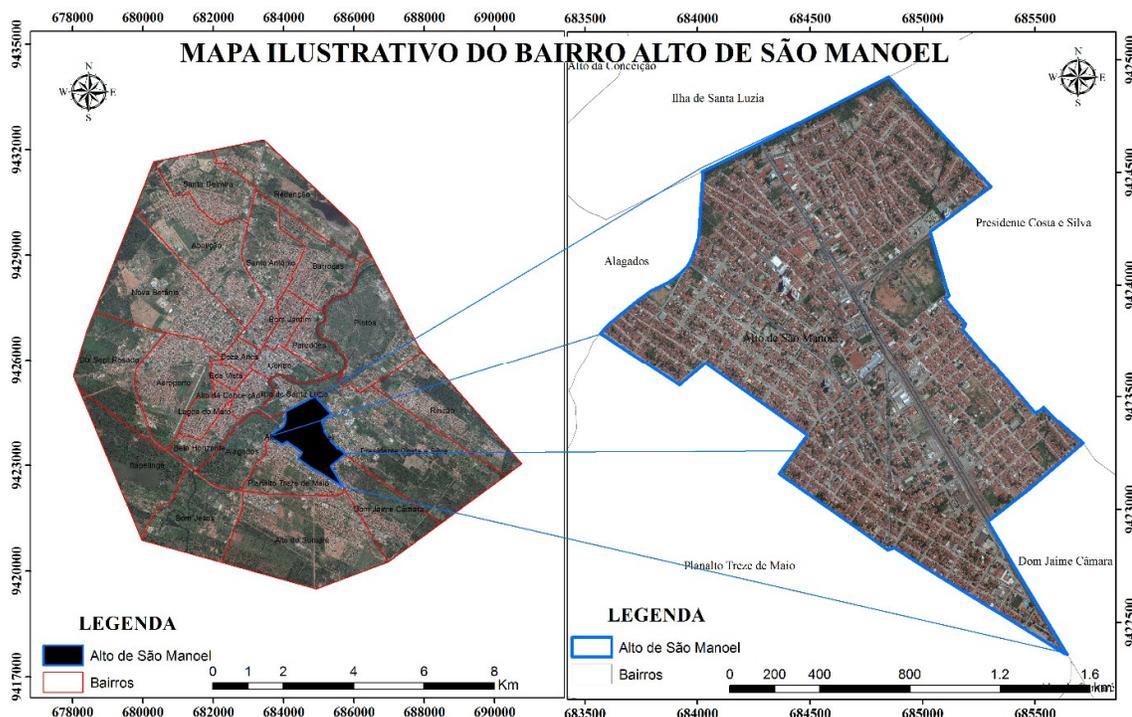
**Tabela 6** - ICVAU para o bairro Alto de São Manoel.

<b>SITUAÇÕES</b>	<b>VEGETAÇÃO</b> (HECTARES)	<b>ÁREA/EXTENSÃO</b> (HECTARES)	<b>ICVAU</b> (%)
Área Total	22,93	234,36	9,78
Padrão Urbano Contínuo	22,24	231,51	9,60

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

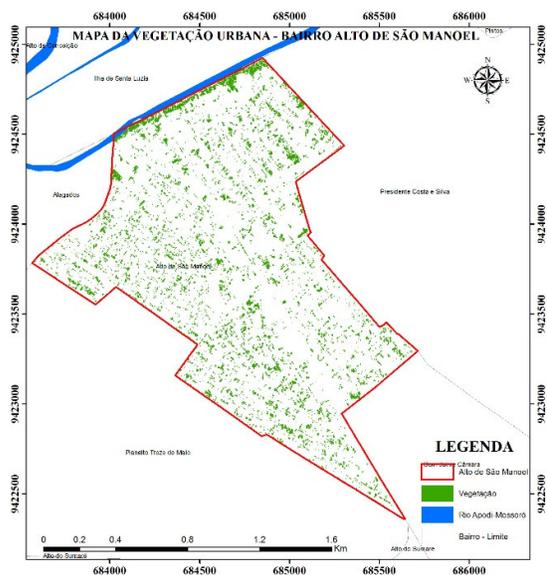
A diferença para os valores do ICVAU entre as duas classes foi de menos de 1%. Mostrando assim, que a área mantém um padrão de ocupação por edificações. Apresenta um índice ICVAU em torno de pouco mais de 9 % para o bairro, valor bastante interessante de se observar e ter como parâmetro para outros bairros, pois a área do bairro constituísse praticamente de Padrão Urbano Contínuo.

Figura 31 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



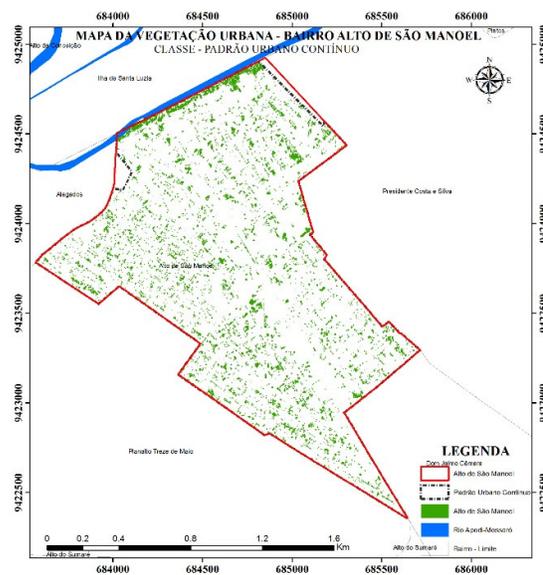
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 32 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 33 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



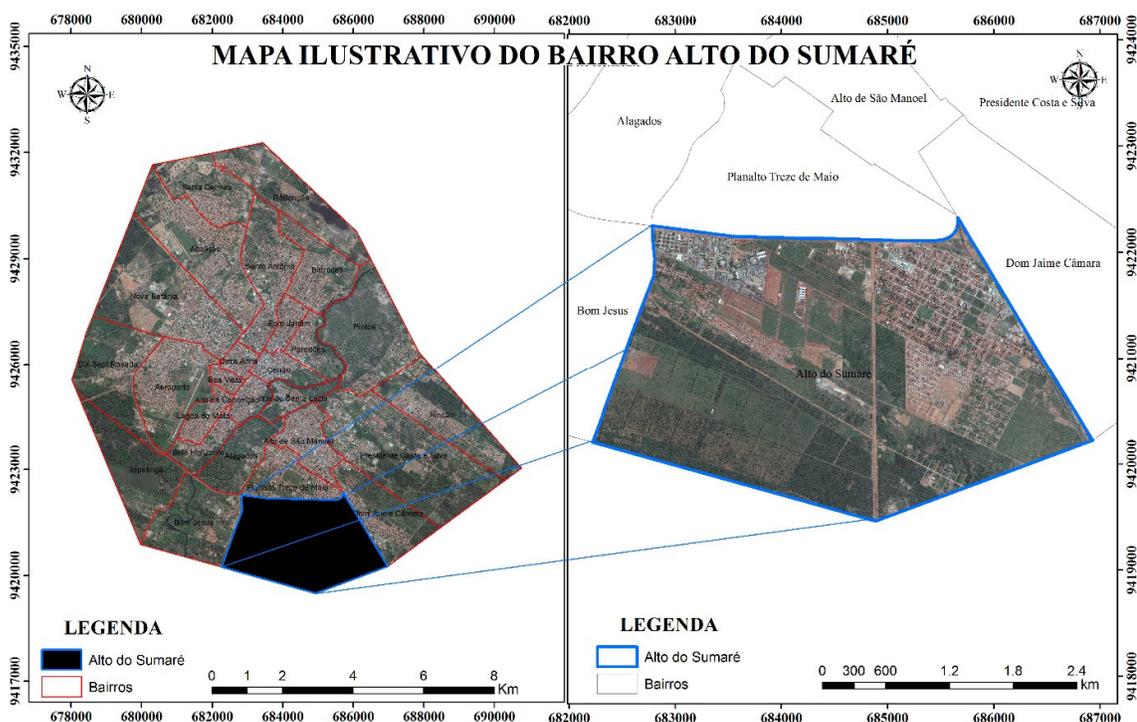
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.6 Alto do Sumaré

O bairro é localizado periféricamente na porção Sul da cidade. Existem grandes áreas destinadas para loteamento, as quase se encontram praticamente “limpas” sem vegetação e com configuração para receberem as edificações e com presença de condôminos e residenciais. Encontra-se uma base da Petrobras instalada dentro do perímetro nas margens da BR-304, a qual é limite na porção norte e leste.

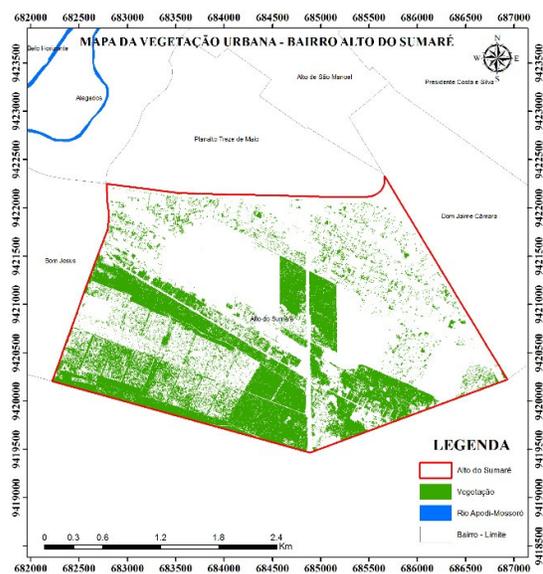
Analisando a cobertura vegetal do bairro Alto do Sumaré (**Figura 34**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 35 e 36**).

**Figura 34 - Mapa-Imagem de localização do bairro.**



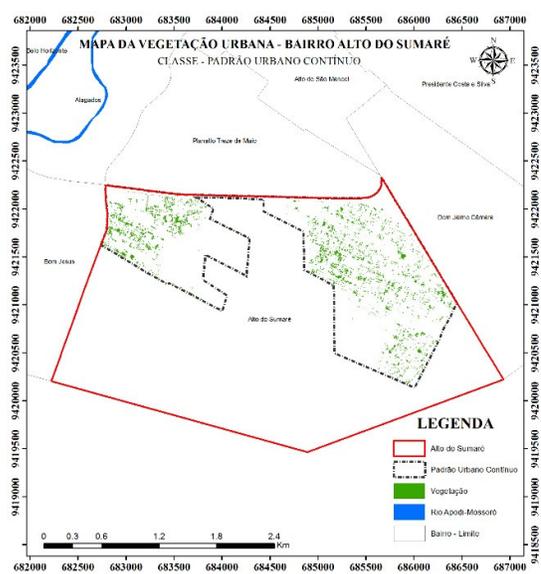
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 35** - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 36** - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Pode-se observar a grande diferença de presença de vegetação visualmente nos mapas das duas situações. Atentando que o bairro Alto do Sumaré é considerado periférico, o qual ainda é inicial o processo de ocupação e expansão. Tem presença de edificações a Norte e Nordeste do perímetro do bairro, ficando uma vasta área coberta por vegetação. Mas a Sudoeste em meio a vegetação aparecem algumas manchas, uma sem vegetação e outra com vegetação esparsa, são áreas que ganham os contornos e formas da especulação imobiliária, através da demarcação de lotes, possivelmente para construção de empreendimentos futuros.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observa-se uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 7**).

**Tabela 7** - ICVAU para o bairro Alto do Sumaré.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	280,11	911,26	30,73
Padrão Urbano Contínuo	21,23	337,58	6,28

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

É extremamente perceptível a diferença de pouco mais de 20% nos valores do ICVAU para as duas classes. O valor de vegetação para a área total do bairro é elevado. Isso mostra o grande número de vegetação existente ao todo. Mas, quando observa-se isoladamente os valores do índice para a classe Padrão Urbano Contínuo é notória a abrupta diferença na presença da vegetação ocasionada pelo processo de urbanização. E percebe-se também o descuido com a vegetação no ambiente urbano edificado, pois apresenta valor de ICVAU baixo.

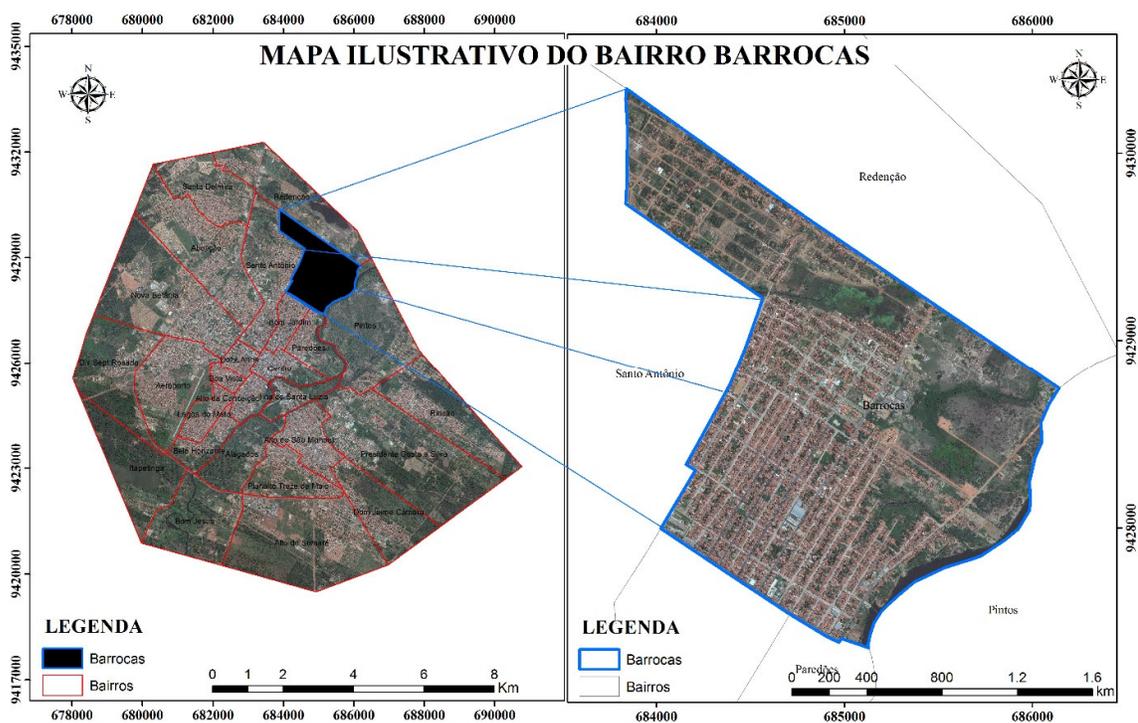
### **6.2.7 Barrocas**

O bairro está localizado nas proximidades da área central e na porção Norte da cidade. Tem seu limite a leste em parte com o Rio Mossoró, contém um canal que perpassa parte do interior do bairro até desaguar no rio. Como também ocorre o acúmulo de água em parte baixa topograficamente culminando assim em ponto alagado. A norte tem grande área destinada a loteamentos e com crescimento de edificações. Além de alguns cavalos de extração de petróleo nas proximidades com as áreas edificadas.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Barrocas (**Figura 37**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 38 e 39**).

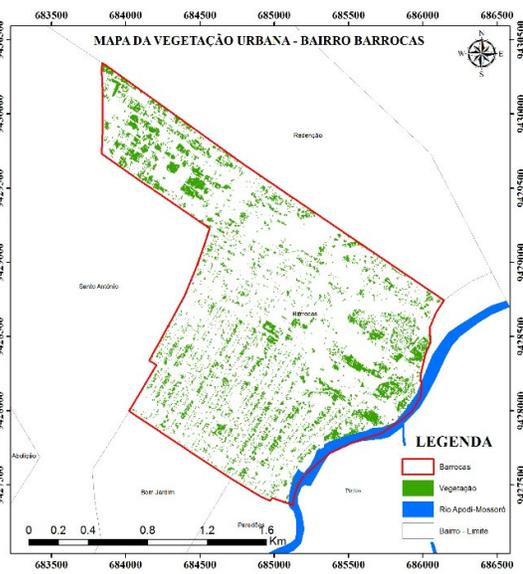
Observando as figuras, é perceptível a diferença quanto a presença de vegetação, a Norte, Noroeste e Nordeste do bairro entre as duas situações. O bairro também pode ser considerado periférico, pois ainda tem área em processo de expansão e seu limite faz contato com áreas passíveis de ocupação.

Figura 37 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



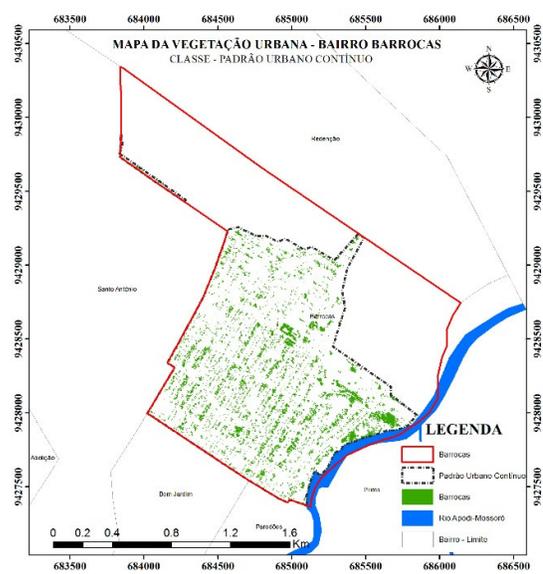
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 38 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 39 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observa-se uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 8**).

**Tabela 8** - ICVAU para o bairro Barrocas.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	46,77	326,73	14,31
Padrão Urbano Contínuo	22,57	187,17	12,05

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

A diferença para os valores do ICAVU é de pouco mais de 2% entre as duas situações. Desta forma, mostra que o bairro concentra áreas ainda passíveis de expansão e que perderam parte de sua vegetação devida a criação dos lotes para ocupação e de alguns pontos de alagados. A diferença na quantidade de vegetação entre as duas situações é pouco mais que o dobro de uma para outra, a área total apesar de ter uma grande extensão, não diferenciou muito no valor do ICVAU, o motivo se deve aos pontos supracitados acerca dos lotes e de alagados.

### 6.2.8 Belo Horizonte

O bairro se localiza na parte central e na porção Sul da cidade e a Leste tem seu limite definido pelo Rio Mossoró e a Sul com a BR-304. O mesmo contém alguns empreendimentos de porte médio a grande. Ocorre uma ampla área não edificada na porção Sul do bairro, tendo apenas alguns pontos de vegetação arbórea em uma área aberta. Fato interessante é não ocorrer características de loteamento para esta ampla área. Contém a presença de um canal que desagua no rio, além de alguns pontos alagados na porção Sudeste.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Belo Horizonte (**Figura 40**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 41 e 42**).

Nas figuras é observável a diferença quanto a presença da vegetação para as duas classes. Configura-se com presença de áreas não ocupadas ao Sul. Tendo uma maior intensidade de ocupação a Norte, a qual se aproxima mais da área central da cidade,

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observa-se uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 9**).

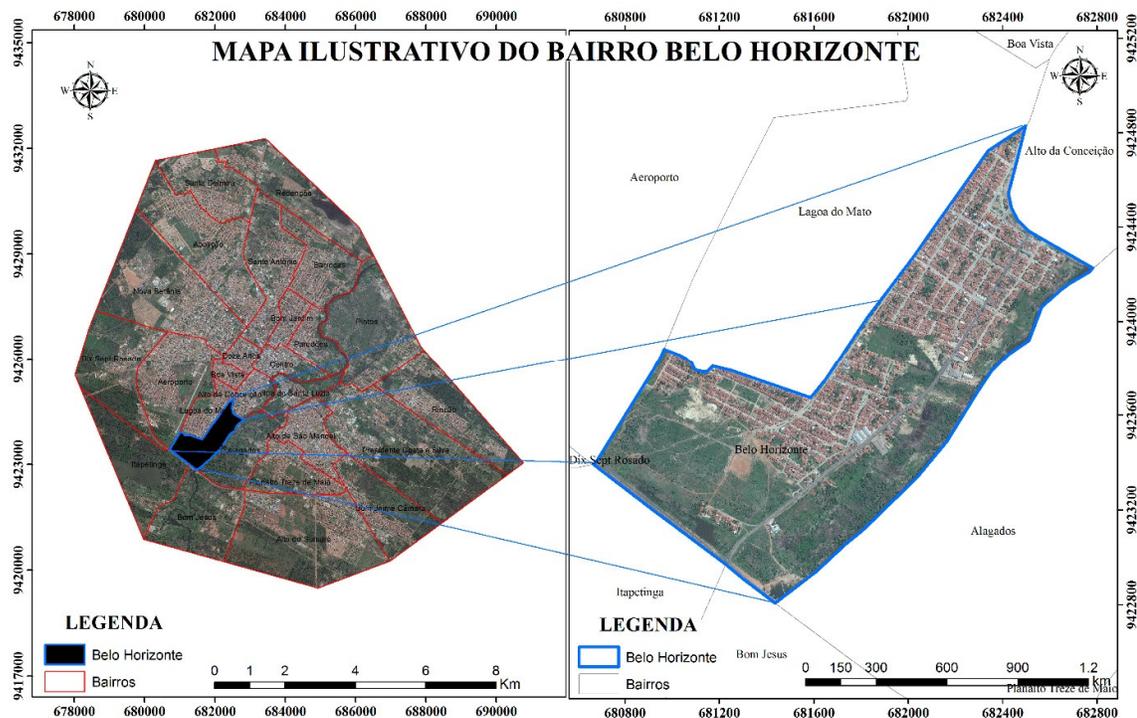
**Tabela 9** - ICVAU para o bairro Belo Horizonte.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	24,39	148	16,47
Padrão Urbano Contínuo	8,81	80,28	10,97

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

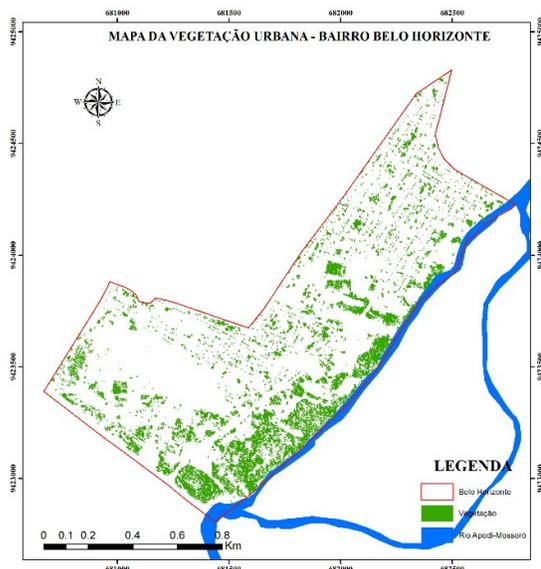
A diferença dos valores do ICVAU se encontra em pouco mais de mais de 5% entre as situações. Observa-se uma diferença de três vezes mais a quantidade de vegetação da Área Total para o PUC, bem como uma grande diferença entre as extensões das situações. Evidenciando que apesar de parte do bairro se aproximar da área central, sua extensão total ainda não foi ocupada completamente.

**Figura 40** - Mapa-Imagem de localização do bairro.



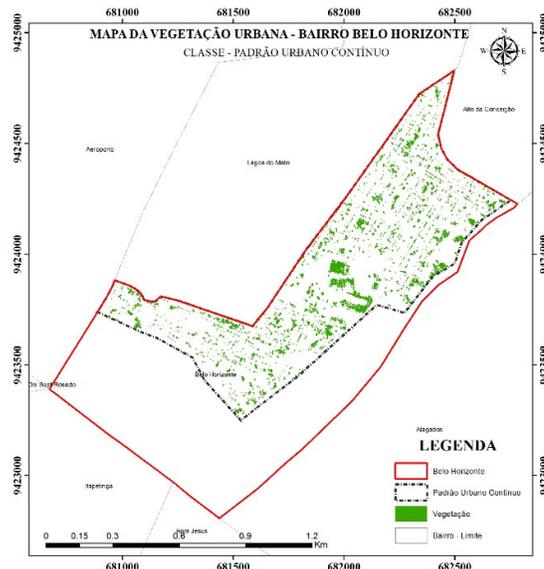
**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 41** - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 42** - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



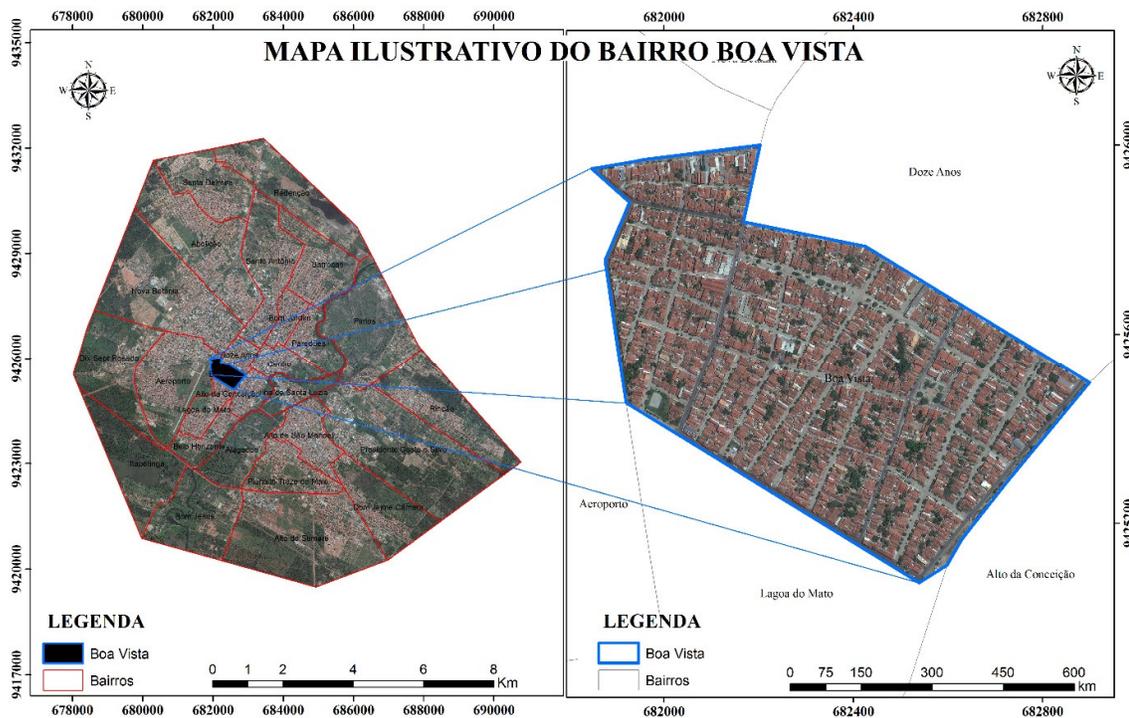
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.9 Boa Vista

O bairro Boa Vista se encontra exatamente na área central em relação a todo o perímetro da cidade. O bairro é totalmente ocupado pela urbanização, não havendo distinção entre as duas situações. Desta maneira a PUC representa também a Área Total.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Boa Vista (**Figura 43**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 44 e 45**).

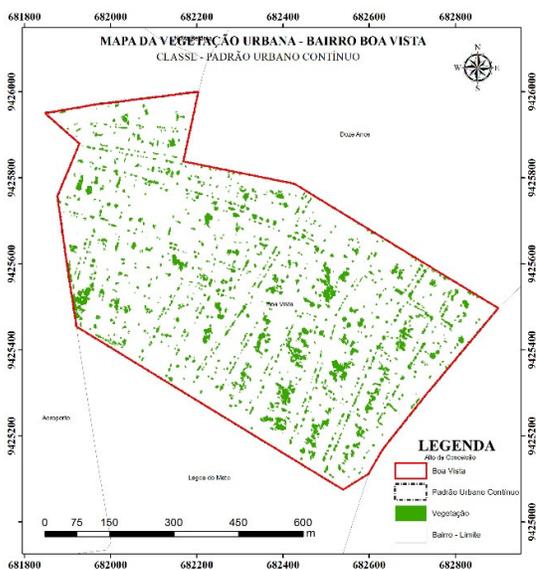
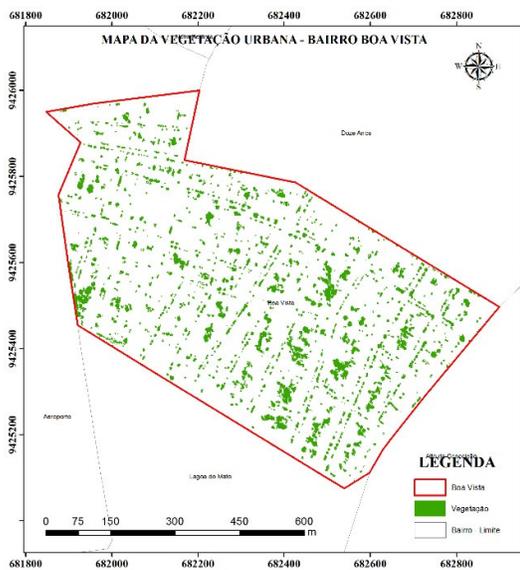
Figura 43 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 44 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.

Figura 45 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Analisando as figuras é perceptível que a classe Padrão Urbano Contínuo compreende o mesmo perímetro da área total do bairro, ou seja, tem toda sua área urbanizada. O bairro não apresenta áreas para expansão, tendo sua extensão toda ocupada.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observa-se uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 10**).

**Tabela 10** - ICVAU para o bairro Boa Vista.

<b>OBSERVAÇÕES</b>	<b>VEGETAÇÃO</b> (HECTARES)	<b>ÁREA TOTAL</b> (HECTARES)	<b>ICVAU</b> (%)
Área Total	5,18	50,7	10,21
Padrão Urbano Contínuo	5,18	50,7	10,21

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

Os valores do ICVAU para as duas classes foram iguais. Fato interessante é o valor baixo para o índice, onde obteve apenas 10,21%. O que pode representar mais fielmente o que seria a vegetação no meio urbano, pois o bairro não detém áreas passíveis de expansão, que geralmente são ocupadas por vegetação, antes do processo de urbanização.

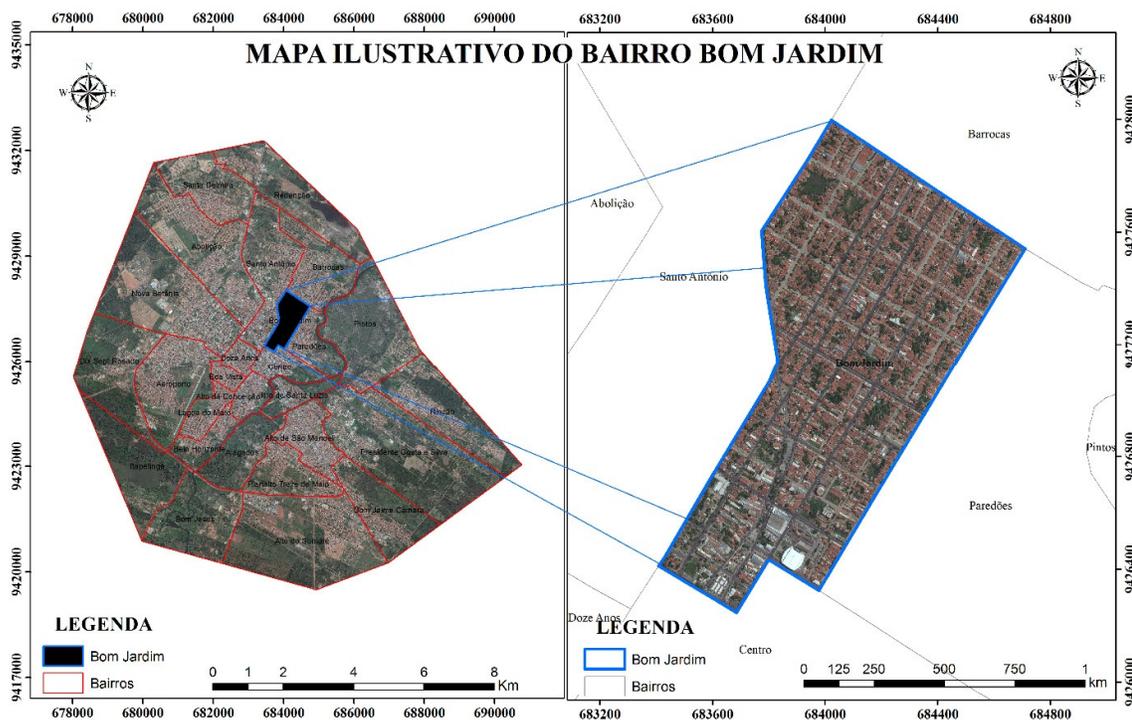
### **6.2.10 Bom Jardim**

O bairro se localiza na parte central da cidade, contém várias ruas que o interliga ao Centro, bem como para saída da cidade. Apresenta elementos importantes ao lazer da população de Mossoró como o Ginásio de esporte Pedro Ciarlini, a Parque da Criança, espaço para os esportes radicais como Skate, Patins, etc. e a tão conhecida praça do Vuco-Vuco, onde se encontram ambulantes e comerciantes para negócios.

Apresenta-se o mapa do bairro Bom Jardim (**Figura 46**), obtendo-se a cobertura vegetal e sua distribuição tanto para a Área Total do bairro como para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 47 e 48**).

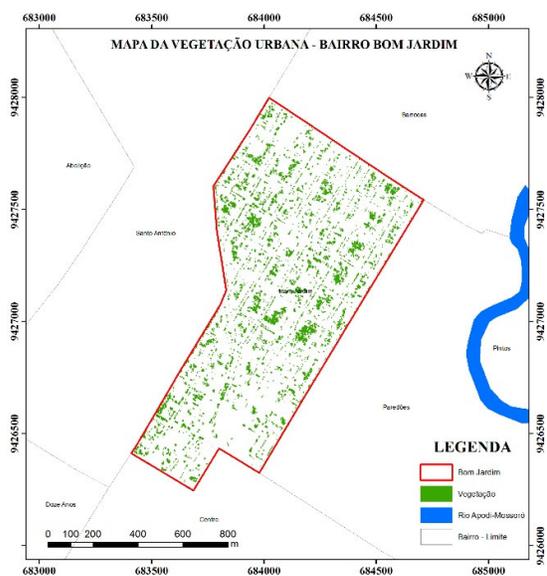
Analisando as figuras, observa-se que o bairro se encontra em uma área totalmente ocupada pela urbanização, sem que ocorra novas áreas passíveis de ocupação. Existe apenas alguns fragmentos de vegetação maiores, mas não é caracterizada como uma área de Padrão Urbano Descontínuo.

Figura 46 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



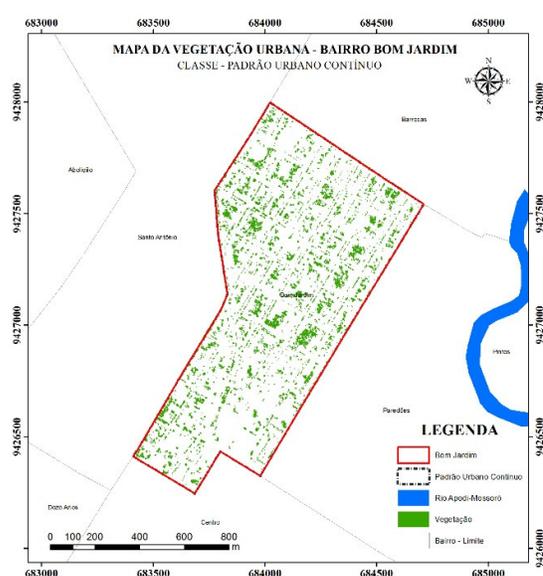
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 47 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 48 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observa-se uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 11**).

**Tabela 11** - ICVAU para o bairro Bom Jardim.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/PERÍMETRO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	12,65	102,81	12,30
Padrão Urbano Contínuo	12,65	102,81	12,30

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

Os valores para o ICVAU são iguais para as duas classes, porque o bairro se encontra em uma área central, não tendo áreas passíveis de expansão, pois toda a sua extensão está ocupada. Observa-se que o valor encontrado resultou em apenas 12,30%, apesar de apresentar alguns fragmentos densos, principalmente no interior dos quarteirões, o que representa os quintais e que foram importantes no aumento do valor do índice deste bairro.

### 6.2.11 Bom Jesus

O bairro se localiza periféricamente na porção sul da cidade. O mesmo também é conhecido popularmente como comunidade Bom Jesus, detém em sua extensão áreas com características rurais, onde se localizam inúmeras fazendas que mantêm o cultivo de diversas espécies. A parte edificada se localiza na porção Nordeste do bairro, ocupando uma pequena área em relação ao todo.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Bom Jesus (**Figura 49**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 50 e 51**).

Observando as figuras é extremamente perceptível a diferença visual entre as duas situações. Isso ocorre, porque o bairro ainda é pouco ocupado por edificações. Ficando apenas a Nordeste a porção com ocupação do bairro. As demais, tem mais características de um espaço rural, resultando assim, em uma área com maior presença de vegetação.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observa-se uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 12**).

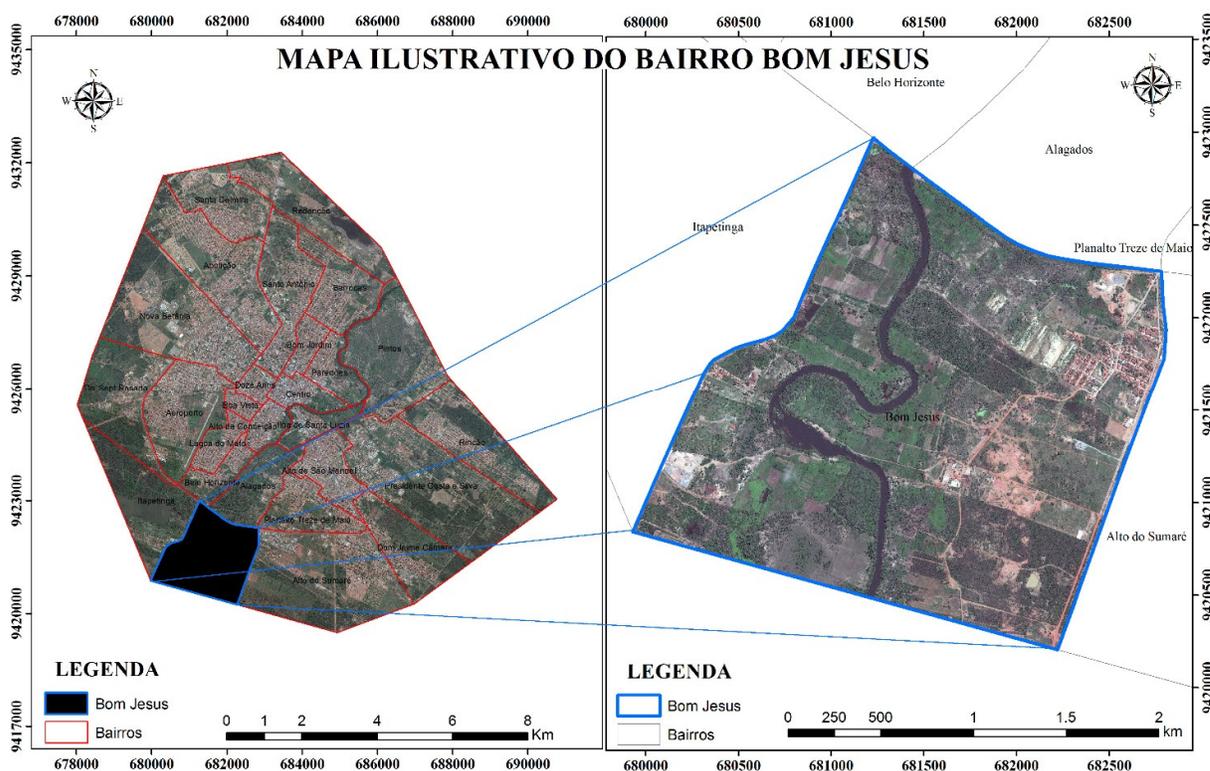
Tabela 12 - ICVAU para o bairro Bom Jesus.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/PERÍMETRO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	127,21	458,65	27,73
Padrão Urbano Contínuo	2,15	22,22	9,67

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

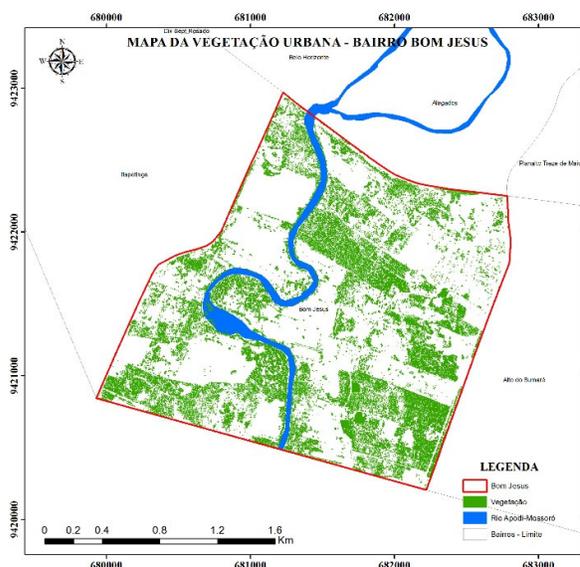
A diferença nos valores do ICVAU para as duas classes ficou entre pouco mais de 18%. O alto valor na diferença entre as duas situações, principalmente no quesito de tamanho representativo de cada classes, assim evidencia que a área não apresenta grandes extensões ocupadas. A diferença entre os valores do ICVAU, pode estar evidenciando a grande presença de vegetação, quando se analisa a extensão total do bairro, e uma menor presença de vegetação quando se observa a classe Padrão Urbano Contínuo. Ocorre uma grande extensão de áreas de cultivo, que influenciam na presença da vegetação nativa, através do desmatamento para criação de áreas propicias ao plantio.

Figura 49 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



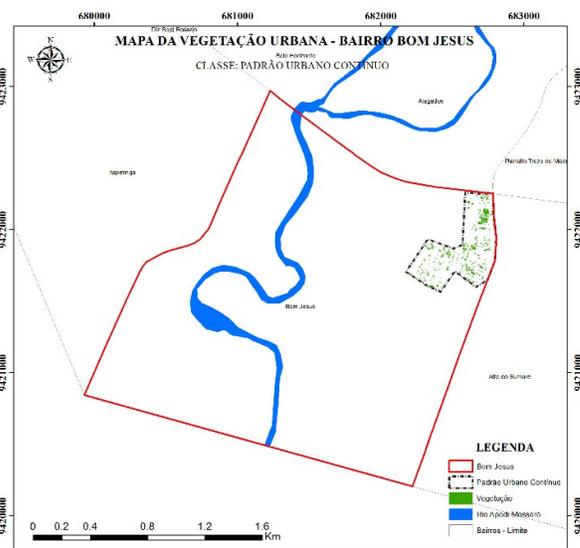
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 50** - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 51** - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



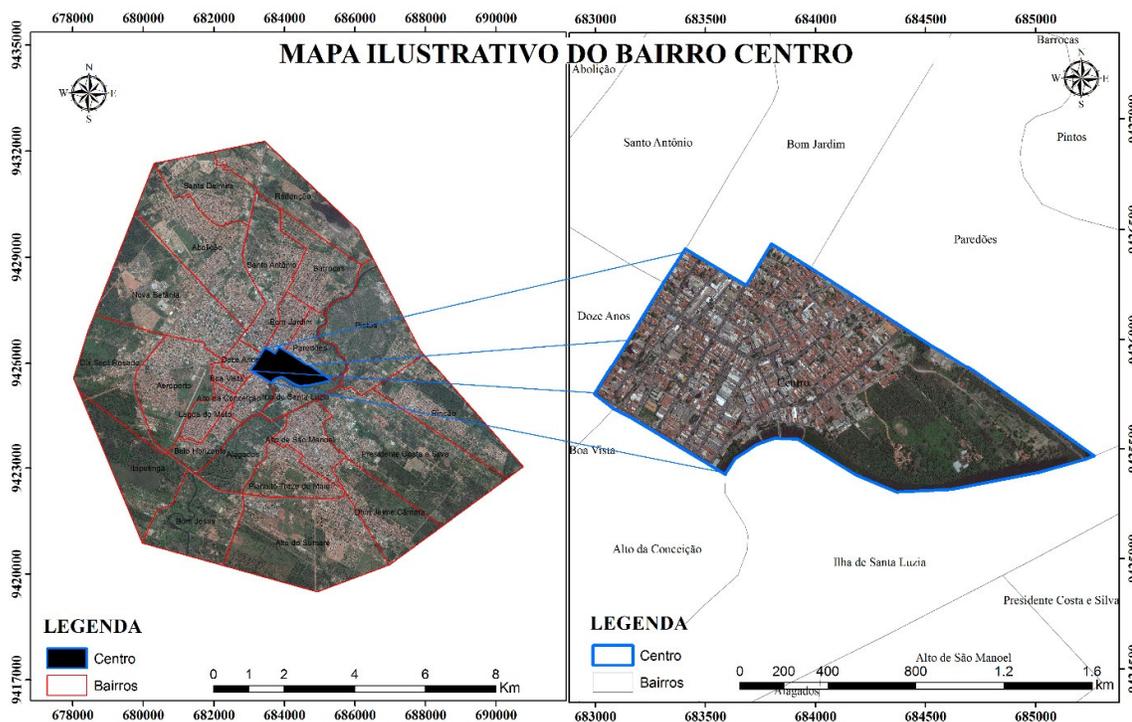
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.12 Centro

O bairro se localiza exatamente na área central da cidade e leva o nome de Centro. Na porção Sul a Leste seu limite se faz com o Rio Mossoró, nesta área existem fragmentos de vegetação. Esta área é onde se concentra boa parte do comércio local, principalmente o varejista. Tem para a prática do lazer a Praça da Convivência (Largo Manuel Duarte), o Memorial a Lampião e o Teatro Dix-Huit Rosado localizados no corredor cultural na Avenida Rio Branco.

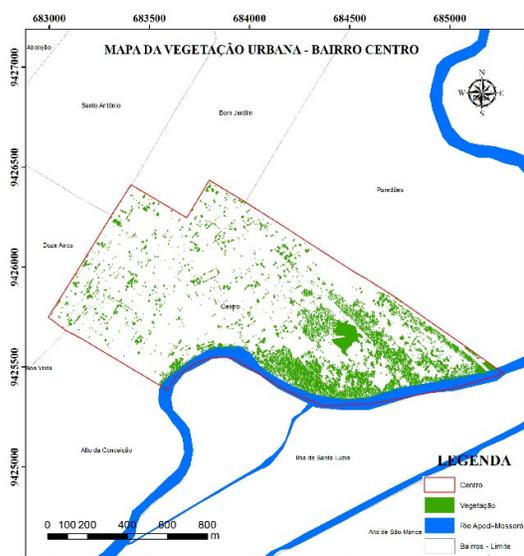
Analisando a cobertura vegetal do bairro Centro (**Figura 52**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 53 e 54**).

Figura 52 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



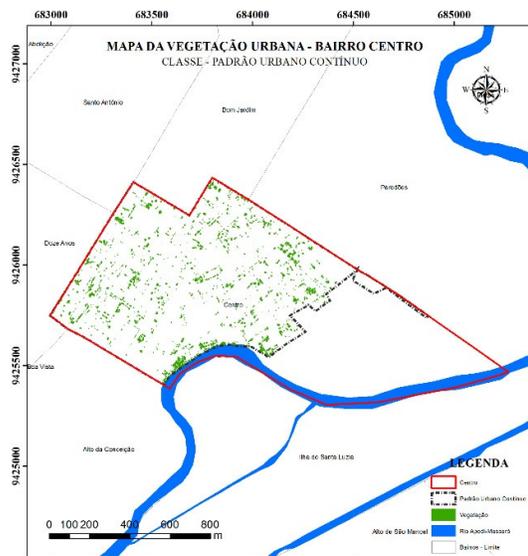
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 53 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 54 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Observando as figuras nota-se na porção Leste uma diferença na quantidade de vegetação. A área que apresenta a maior porção de vegetação para o bairro Centro compreende uma porção à Leste, tendo proximidade com o rio. Nesta porção não ocorreu o processo de ocupação, através das edificações.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observa-se uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 13**).

**Tabela 13** - ICVAU para o bairro Centro.

<b>SITUAÇÕES</b>	<b>VEGETAÇÃO</b> (HECTARES)	<b>ÁREA/EXTENSÃO</b> (HECTARES)	<b>ICVAU</b> (%)
Área Total	22,92	137,03	16,72
Padrão Urbano Contínuo	6,34	90,28	7,02

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

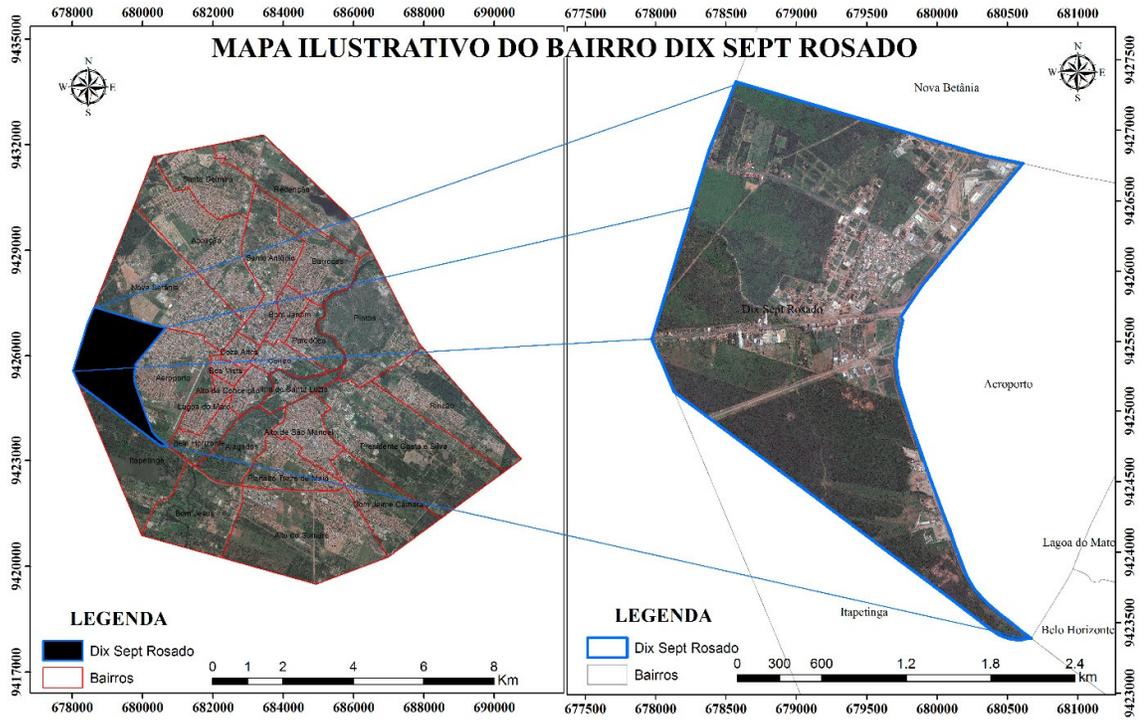
A diferença dos valores do ICVAU para as duas classes ficou em pouco mais do dobro do valor. Apesar de ser uma área de grandes movimentações, tanto de pessoas como de mercadorias, o valor encontrado foi bastante considerável para o bairro em sua extensão total, por motivos da presença de uma porção densa de vegetação como supracitado. Mas quando se analisa a classe Padrão Urbano Continuo esse valor se reduz, evidenciando uma diminuição na quantidade de vegetação e uma tendência a perda da mesma em proporções.

### **6.2.13 Dix Sept Rosado**

O bairro se localiza periféricamente na porção Oeste da cidade. A leste faz limite com a BR-304 e contém as vias que dão saída em direção as cidades de Apodi e Baraúna. O bairro contém área com condomínios e áreas para loteamento. Além de ter alguns empreendimentos, tem a rodoviária da cidade no seu interior junto a BR-304. A área detém uma vasta extensão de áreas não alteradas, principalmente no sentido Oeste, tendo suas ocupações iniciadas a partir das proximidades com as vias.

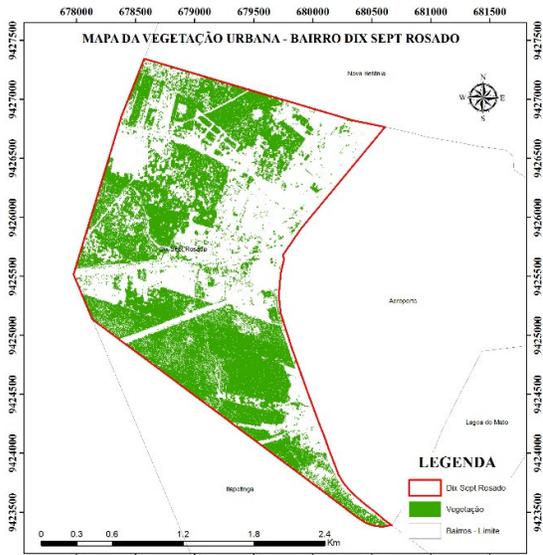
Apresenta-se o mapa do bairro Dix Sept Rosado (**Figura 55**), obtendo-se a cobertura vegetal e sua distribuição tanto para a Área Total do bairro como para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 56 e 57**).

Figura 55 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



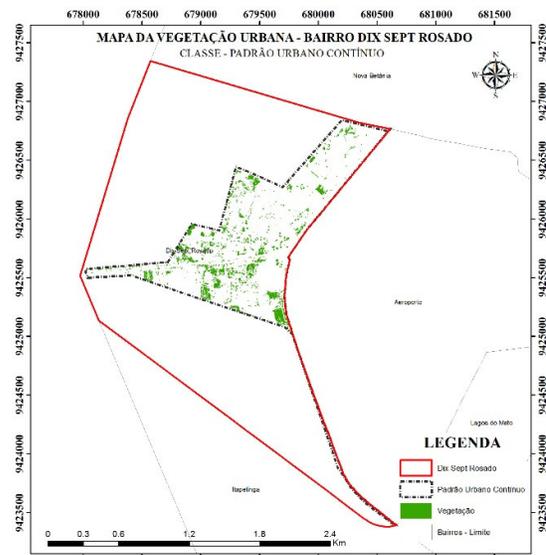
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 56 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 57 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Analisando as figuras é possível notar a diferença na presença de vegetação para as duas situações. O bairro se localiza em uma área periférica e contém uma grande área para expansão. Essa área mantém a presença de cobertura vegetal significativa.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observa-se uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 14**).

**Tabela 14** - ICVAU para o bairro Dix-Sept Rosado.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	241,74	506,58	47,72
Padrão Urbano Contínuo	14,41	137,99	10,44

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

Os valores do ICVAU para as duas classes apresentou uma diferença de pouco mais de 36%. Desta maneira, mostra a diferença na presença de vegetação, quando se considera a extensão total, incluindo a presença das áreas urbanizadas e de expansão. A grande quantidade de vegetação encontrada para a Classe Área Total, tem um índice elevado, pois o bairro cobre uma vasta área que não foi alterada.

#### 6.2.14 Dom Jaime Câmara

O bairro encontra-se localizado periféricamente na porção Sul da cidade. Tendo seu limite Oeste definido pela BR-304. Na porção Nordeste contém uma vasta área com vegetação. Encontra-se na área o Mosteiro Fraternidade São Francisco de Assis e o Santuário de Santa Clara, bem como alguns empreendimentos comerciais.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Dom Jaime Câmara (**Figura 58**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 59 e 60**).

Observando as figuras é notória a diferença na presença da vegetação, principalmente nas porções Norte e Leste, e parte da Sul. O bairro contém grande área para expansão com presença de vegetação.

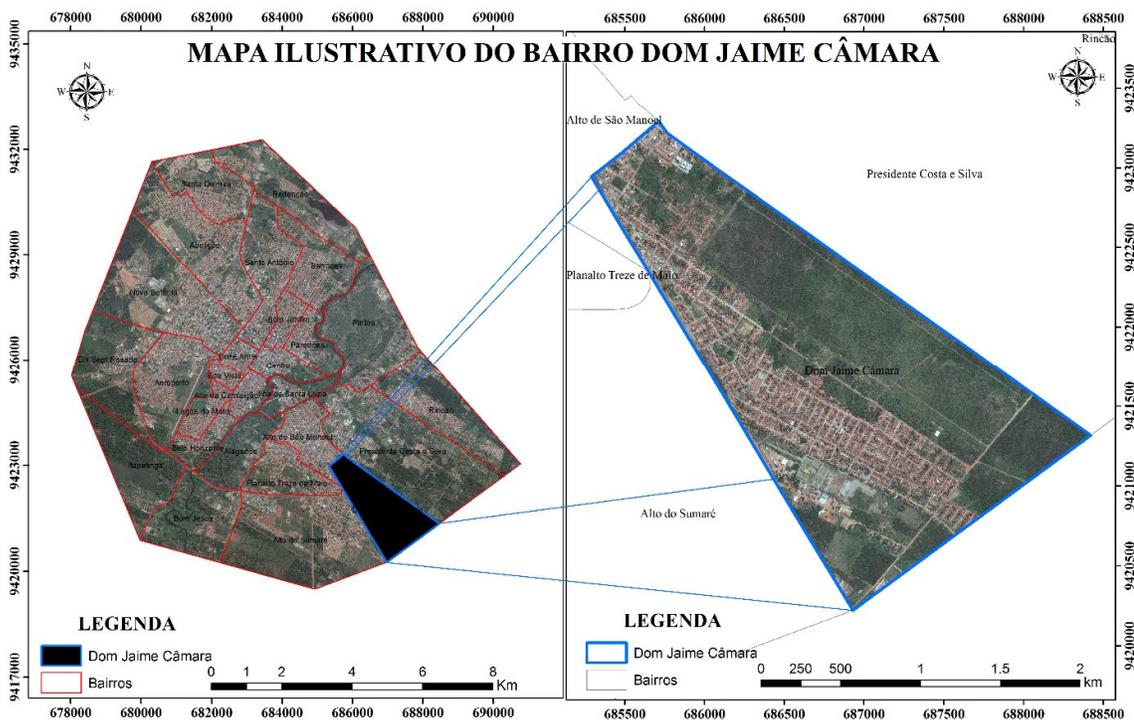
Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observa-se uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 15**).

**Tabela 15** - ICVAU para o bairro Dom Jaime Câmara.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	154,09	377,02	40,87
Padrão Urbano Contínuo	17,51	166,28	10,53

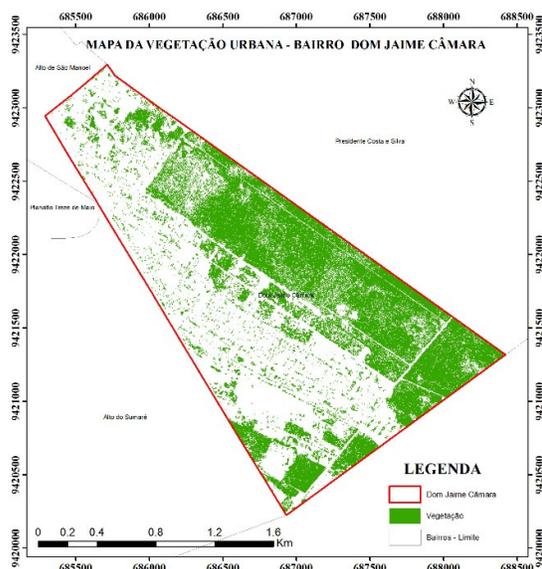
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 58** - Mapa-Imagem de localização do bairro.



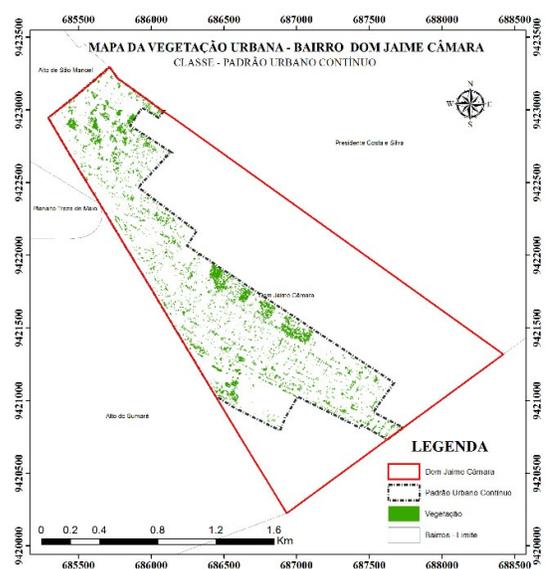
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 59** - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 60** - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.15 Doze Anos

O bairro se encontra na porção central da cidade. Tem alguns empreendimentos comerciais localizados em seu interior, além de conter o SESI – Serviço Social da Indústria e o cemitério principal.

Apresenta-se o mapa do bairro Doze Anos (**Figura 61**), obtendo-se a cobertura vegetal e sua distribuição tanto para a Área Total do bairro como para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 62 e 63**).

Analisando as figuras é notória que não há diferença de tamanho de área para as duas situações, pois o perímetro da classe Padrão Urbano Contínuo compreende também toda a extensão da área do bairro, assim não ocorre a presença do Padrão Urbano Descontínuo. Ao mesmo tempo é perceptível a presença de alguns fragmentos de vegetação mais densos do que os outros na área. Desta maneira, os valores encontrados são iguais para as duas classes.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 16**).

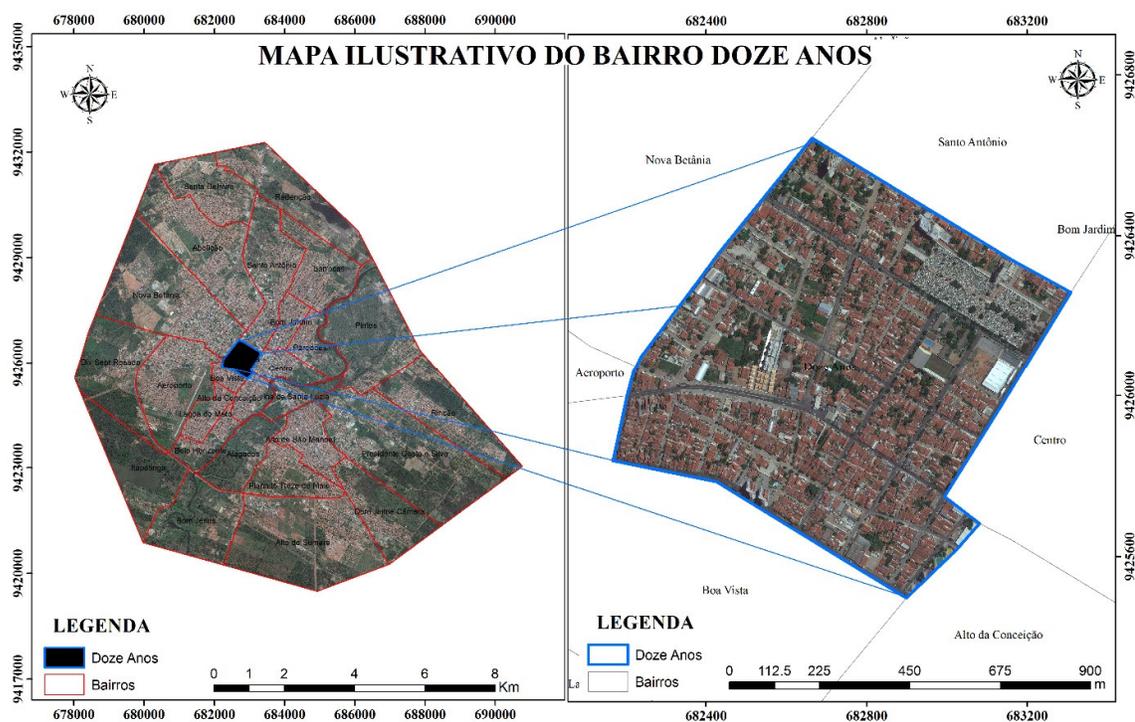
Tabela 16 - ICVAU para o bairro Doze Anos.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	7,83	71,57	10,94
Padrão Urbano Contínuo	7,83	71,57	10,94

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

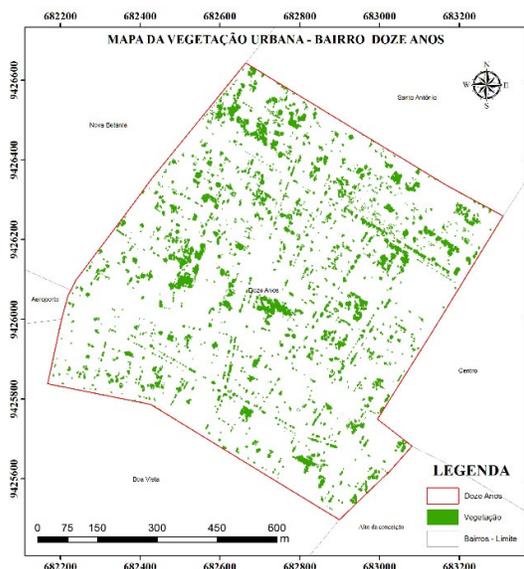
Os valores do ICVAU foram iguais para as duas situações, observando que foi encontrado 10,94%. Evidenciando que os valores de vegetação tendem a serem baixos nestes casos, se comparado com os bairros onde obtiveram a presença das duas situações. Neste momento o bairro apresenta um valor baixo para o índice, mas detém alguns fragmentos densos, principalmente no interior dos quarteirões.

Figura 61 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



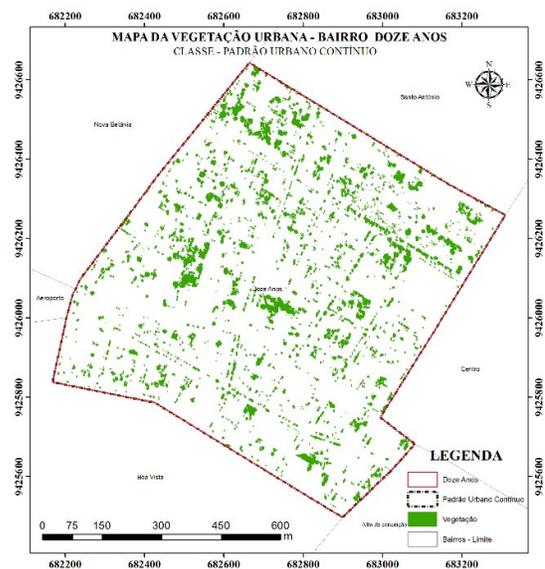
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 62** - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 63** - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.16 Ilha de Santa Luzia

O bairro está localizado na parte central da cidade. Tem seu limites definidos pelos canais do Rio Mossoró que formam uma ilha fluvial. Contém alguns empreendimentos comerciais bastante conhecidos como o Hotel Vila Oeste e Terra Sal Concessionária Chevrolet.

Apresenta-se o mapa do bairro Doze Anos (**Figura 64**), obtendo-se a cobertura vegetal e sua distribuição tanto para a Área Total do bairro como para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 65 e 66**).

Analisando as figuras, observa-se que a área central do bairro, concentrou a classe Padrão Urbano Contínuo, onde mesmo assim, apresenta alguns pontos com vegetação. E que em sua extensão total o bairro concentra a Noroeste e Sudoeste áreas vegetadas.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 17**).

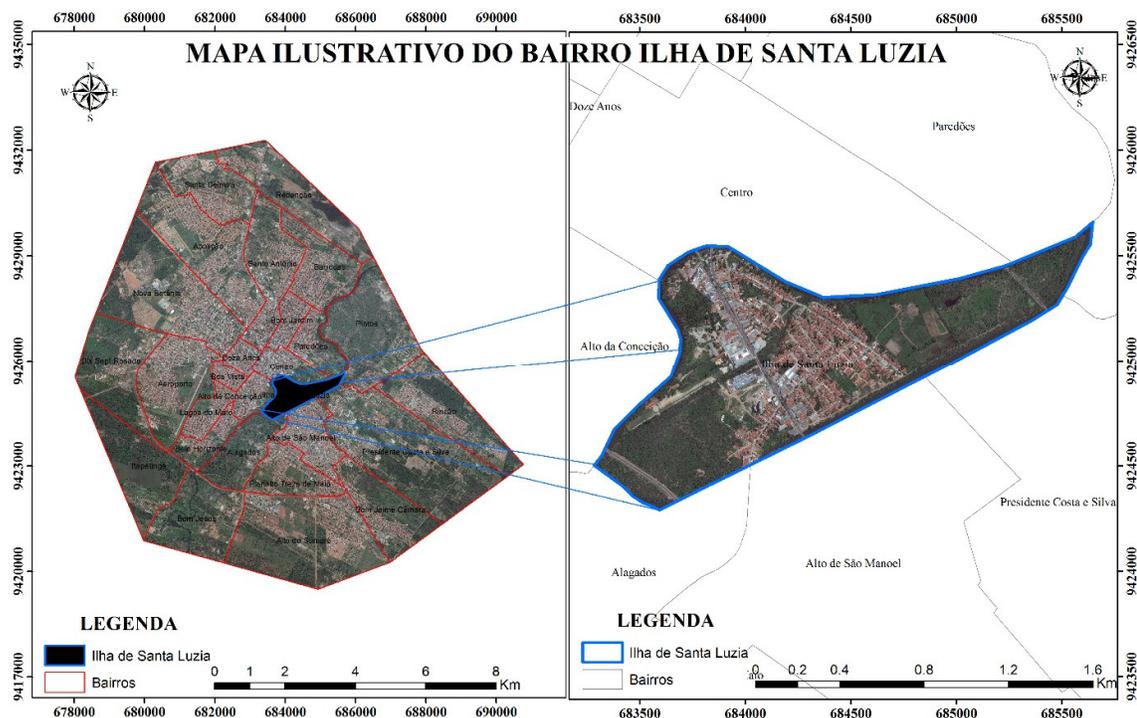
**Tabela 17** - ICVAU para o bairro Ilha de Santa Luzia.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	43,94	132,89	33,06
Padrão Urbano Contínuo	11,54	61,14	18,87

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

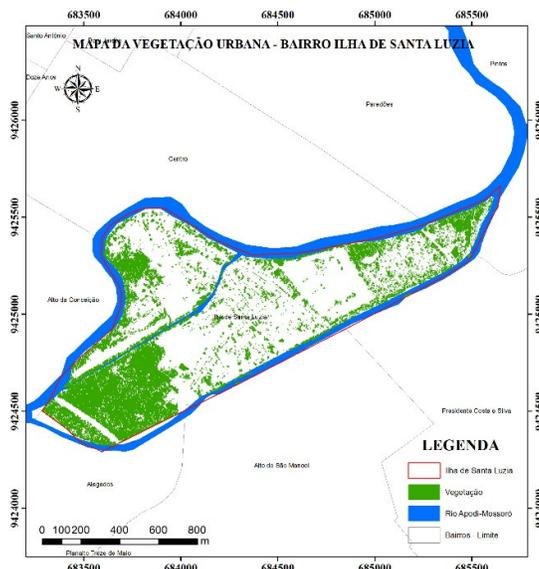
Observa-se que os valores para o ICVAU entre as duas classes ou situações, teve diferença de pouco mais de 14%. Com isso, é possível entender que as áreas vegetadas tem grande representatividade no bairro como todo. Mas que esse valor cai, quando considerado apenas o Padrão Urbano Contínuo, notando assim, a diferença existente na presença de vegetação quando utilizamos a classe como parâmetro. As porções de vegetação a Nordeste e a Sudoeste exerceram influência sobre o valor do ICVAU para Área Total elevando o valor para pouco mais de 33%.

Figura 64 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



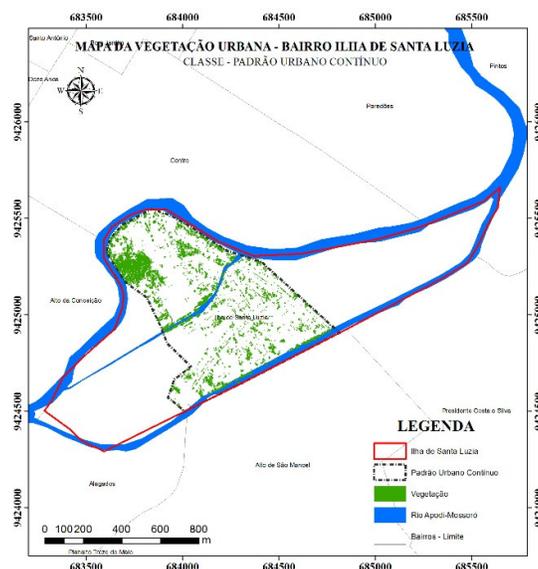
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 65** - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 66** - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.17 Bairro Itapetinga

O bairro se localiza periféricamente na porção Sudoeste. Existe um reservatório (Açude do Saco) em seu interior e contém vasta extensão com vegetação. O bairro está nas proximidades com a fábrica de cimento Nassau, e boa parte das terras do bairro são preservadas pela presença da empresa.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Dom Jaime Câmara (**Figura 67**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 68 e 69**).

É de extrema notoriedade a diferença entre a vegetação entre os mapas. Isto ocorre, porque o bairro detém pouca edificação, tendo muita área de expansão com vegetação e apresenta características de meio rural. Analisando a figura a esquerda (**Figura 68**), observa-se um vazio no centro da figura, o qual representa a existência de um reservatório. Além de ocorrer também alguns trechos com vegetação esparsa, indicando a presença de demarcações de empreendimentos. Já ocorrem edificações nas áreas, mas não suficientes para se caracterizarem

como Padrão Urbano Contínuo, pois as edificações no loteamento, ainda não há um concentração.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 18**).

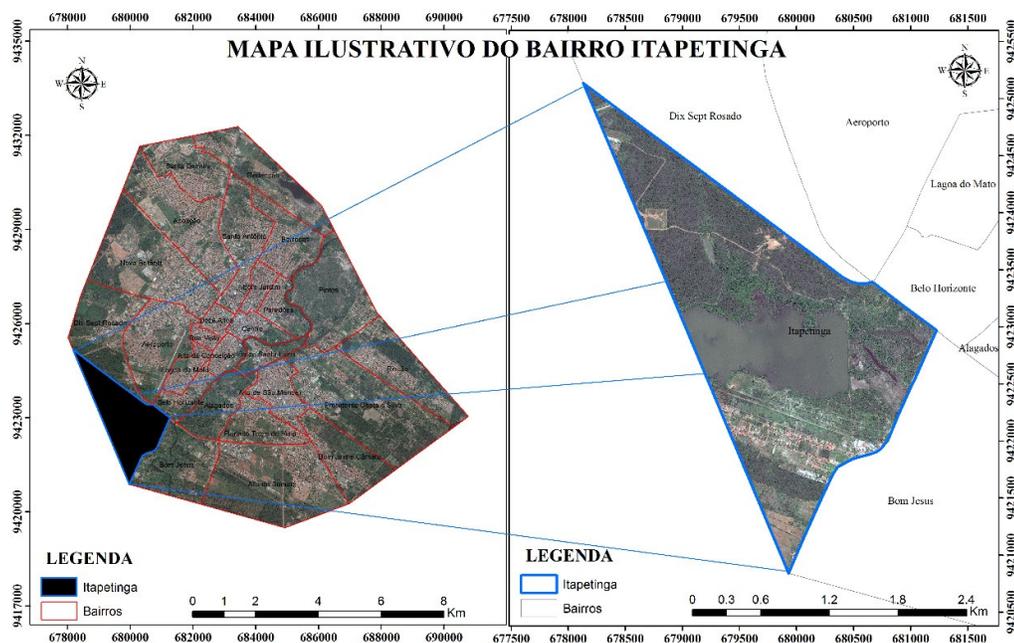
**Tabela 18** - ICVAU para o bairro Itapetinga.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	235,75	458,38	51,43
Padrão Urbano Contínuo	0,35	0,73	47,94

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

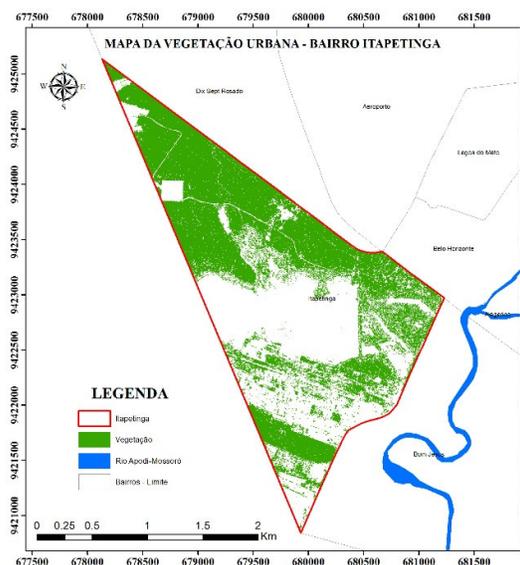
A diferença ficou em pouco menos de 4% entre as duas situações. Neste momento, carece observar que a área ocupada por edificação e que se enquadra dentro do Padrão Urbano Contínuo não consegue chegar a 1 ha. Mostrando que o bairro ainda é extremamente ocupado por vegetação na sua área de expansão. A preservação está se dando pela presença da fábrica de cimento que a mantém desta maneira. Pois grande parte das terras são de posse da mesma.

**Figura 67** - Mapa-Imagem de localização do bairro.



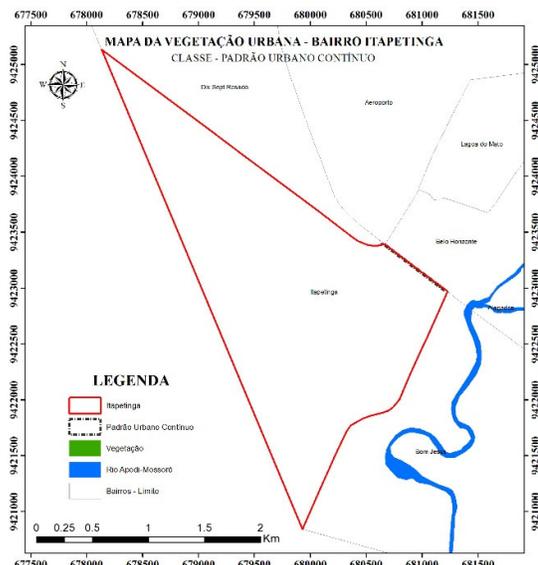
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 68 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.**



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 69 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.**



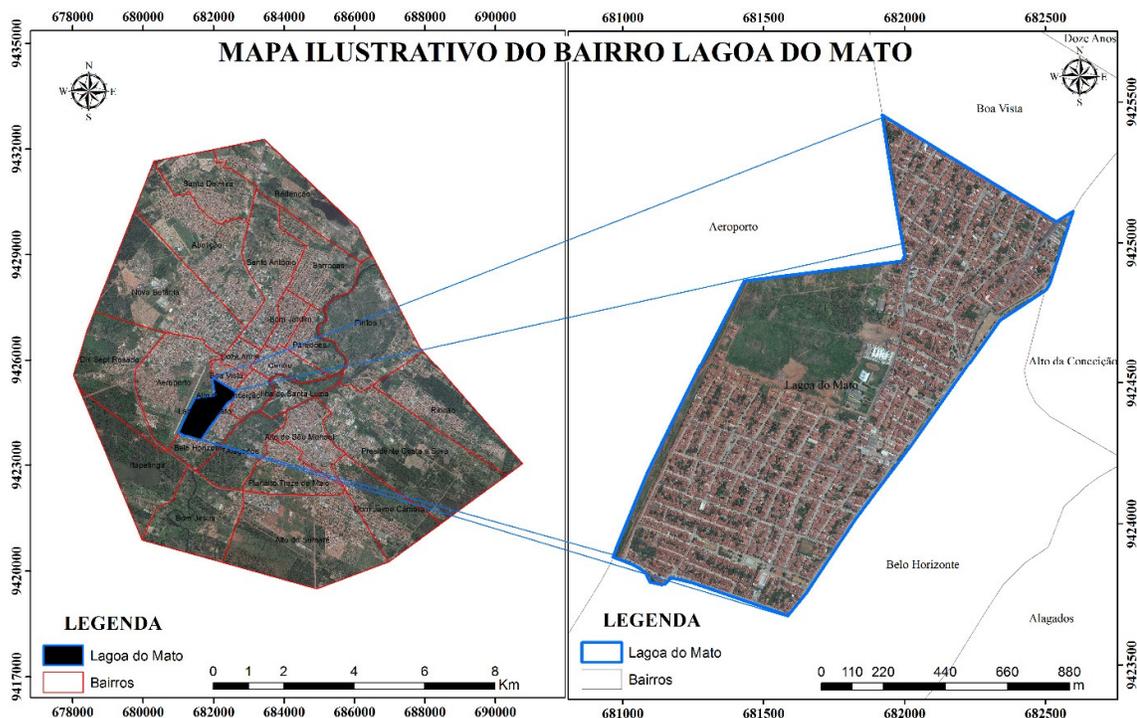
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.18 Lagoa do Mato

O bairro se localiza na porção central da cidade. Ocorre uma grande área aberta na porção central do bairro, a qual ainda não foi edificada, mas apenas um pequeno trecho contém vegetação.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Dom Jaime Câmara (**Figura 70**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 71 e 72**).

Figura 70 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Analisando as figuras percebe-se que existe uma pequena mancha de verde no meio do bairro. A mancha não foi incluída na classe Padrão Urbano Contínuo, remove-se assim, a possibilidade de aumento da quantidade de vegetação no valor do índice.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana – ICVAU, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (Tabela 19).

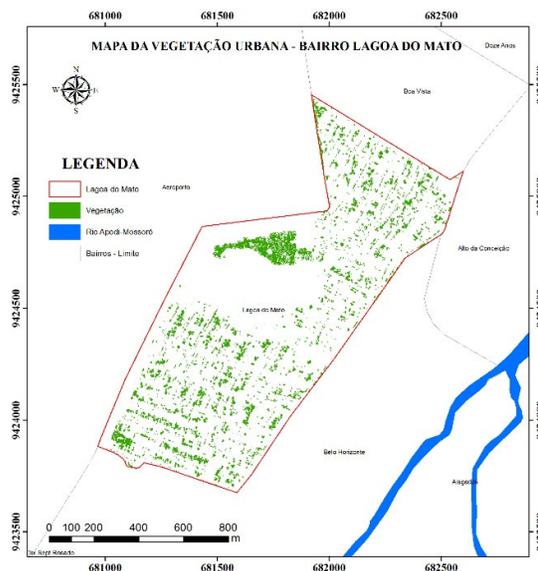
Os valores são praticamente iguais para o ICVAU. Evidenciando que na área total ocorreu áreas sem vegetação que fizeram baixar o valor do índice para a Área Total.

Tabela 19 - ICVAU para o bairro Lagoa do Mato.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	13,03	122,14	10,66
Padrão Urbano Contínuo	10,69	101,76	10,50

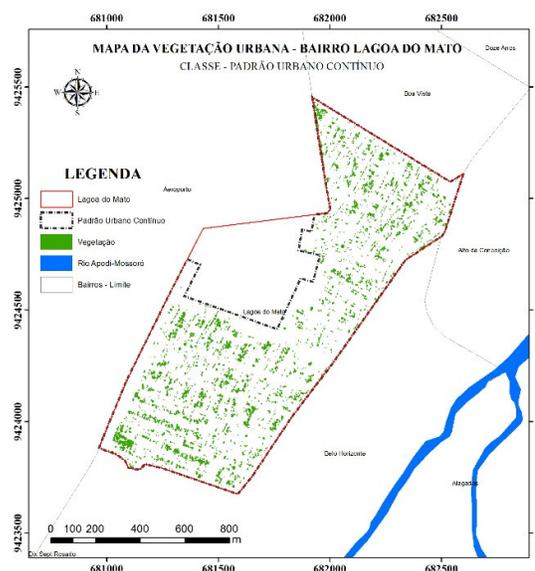
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 71** - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 72** - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.19 Bairro Nova Betânia

O bairro Nova Betânia se localiza periféricamente na porção Oeste da cidade. É cortado praticamente ao meio pela BR-304, e contém empreendimentos comerciais importantes como os dois “Atacadão” (comércios de atacado) existentes, além da presença do Shopping (Partage Shopping Mossoró). A UNP universidade particular renomada tem seu prédio dentro do bairro. Ainda para o lazer contém o estádio de futebol Leonardo Nogueira.

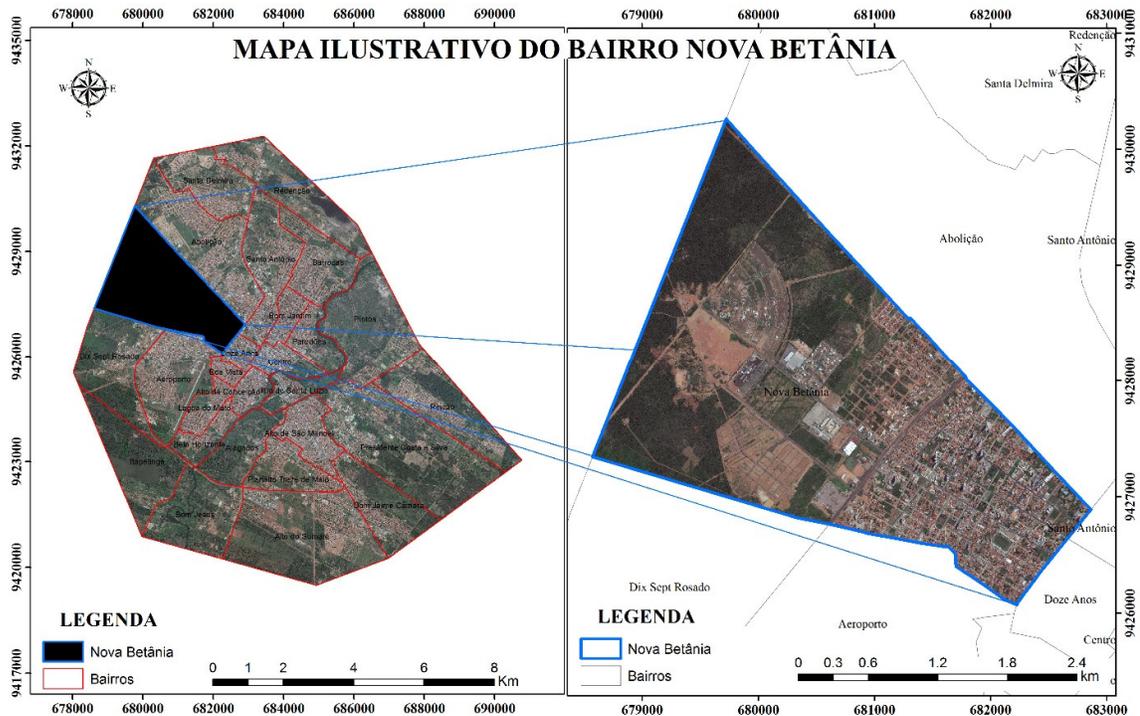
Apresenta-se o mapa do bairro Nova Betânia (**Figura 73**), obtendo-se a cobertura vegetal e sua distribuição tanto para a Área Total do bairro como para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 74 e 75**).

Observando as figuras percebe-se a diferença da quantidade de vegetação na porção Oeste entre os dois mapas. Mas observa-se também a presença de áreas de condomínios e empreendimentos, os quais não entraram no Padrão Urbano Contínuo, pois ainda não existem áreas edificadas o suficiente para se caracterizar como tal.

Apresenta-se na figura a esquerda vazios, que têm configuração de ruas e ou de áreas urbanizadas, mas neste caso, mantém-se esta aparência porque são áreas destinadas a condomínios. As quais as empresas já deixam o terreno com as configurações de uma área

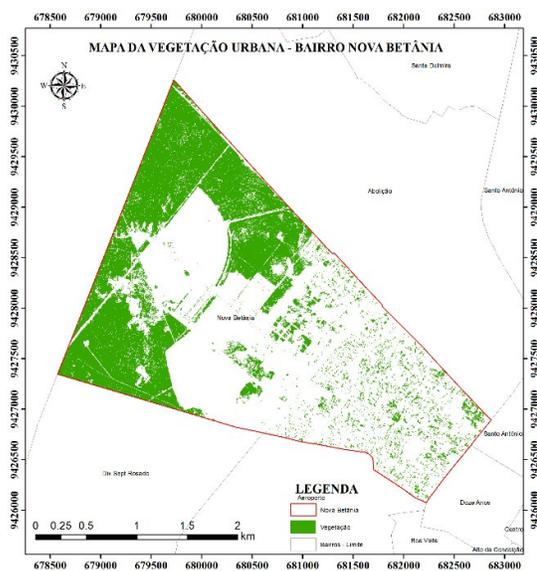
urbanizada para que posteriormente sejam realizadas as edificações nos lotes a serem adquiridos. Assim não possível caracterizá-la como Padrão Urbano Contínuo.

Figura 73 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



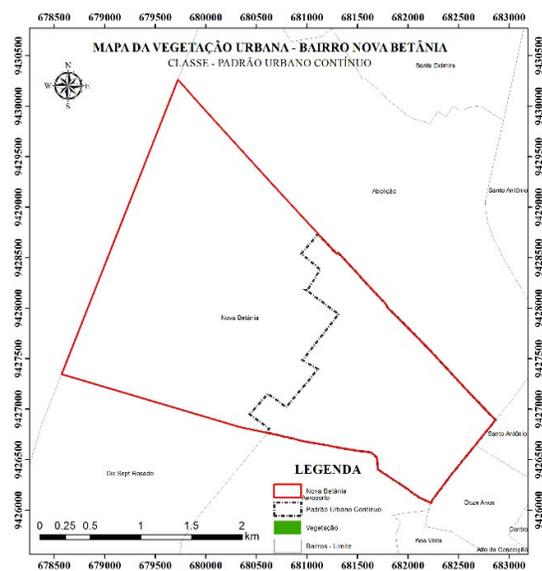
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 74 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 75 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 20**).

**Tabela 20** - ICVAU para o bairro Nova Betânia.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	284,43	799,27	35,58
Padrão Urbano Contínuo	25,04	268,04	9,34

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Observa-se entre as duas situações uma diferença de pouco mais de 26%. Representa a quantidade de vegetação existente na área de expansão, a qual não foi incluída como Padrão Urbano Contínuo. Mas que a diferença existente entre as extensões evidencia que mesmo obtendo um valor alto de vegetação, o ICVAU poderia ser ainda mais alto, mas não ocorreu, pois existem áreas desmatadas para instalação de condomínios.

### 6.2.20 Paredões

O bairro se encontra na porção central da cidade. Tem a Leste o seu limite com o Rio Mossoró e nestas proximidades apresenta áreas de cultivo e alteradas antropicamente. Contém alguns empreendimentos comerciais importantes como o Hipermercado Queiroz e a “COBAL”.

Apresenta-se o mapa do bairro Paredões (**Figura 76**), obtendo-se a cobertura vegetal e sua distribuição tanto para a Área Total do bairro como para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 77 e 78**).

Analisando as figuras é possível observar a diferença entre os dois mapas, considerando visualmente a divisão do bairro ao meio, de um lado a área de expansão que se estende até o rio e do outro o Padrão Urbano Contínuo. Desta maneira, o bairro ainda concentra grande área de expansão (Padrão Urbano Descontínuo) sem ocorrer ocupação de edificações urbanas.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 21**).

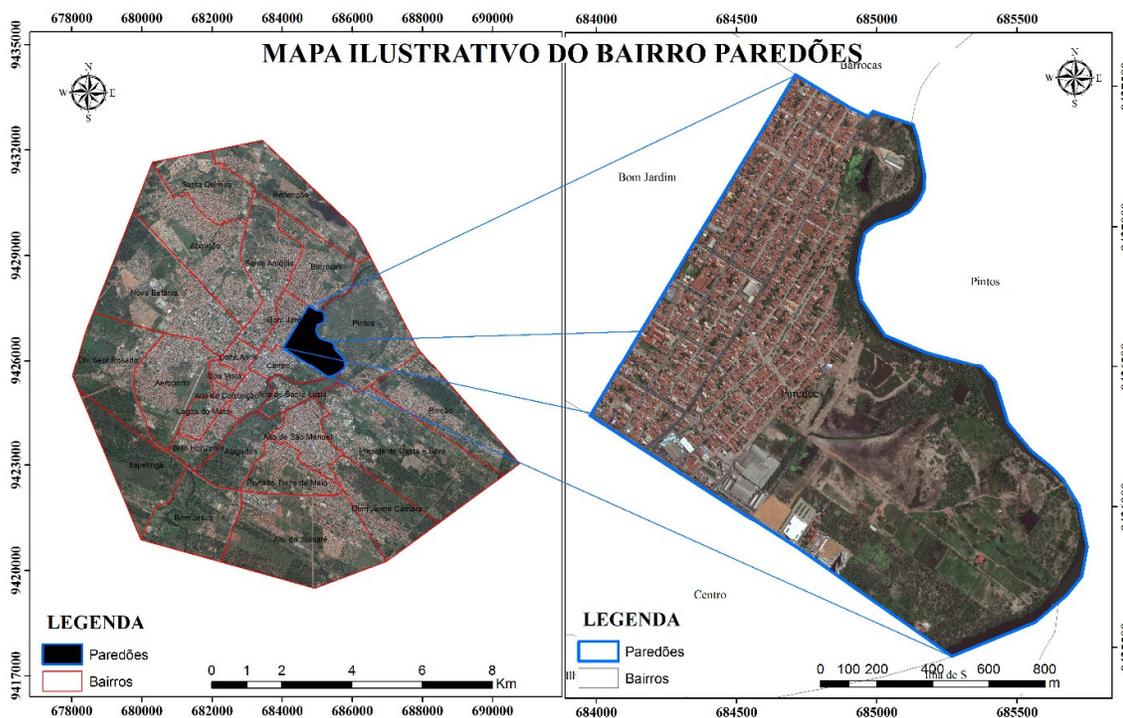
**Tabela 21** - ICVAU para o bairro Paredões.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	32,49	175,05	18,56
Padrão Urbano Contínuo	10,61	94,03	11,28

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

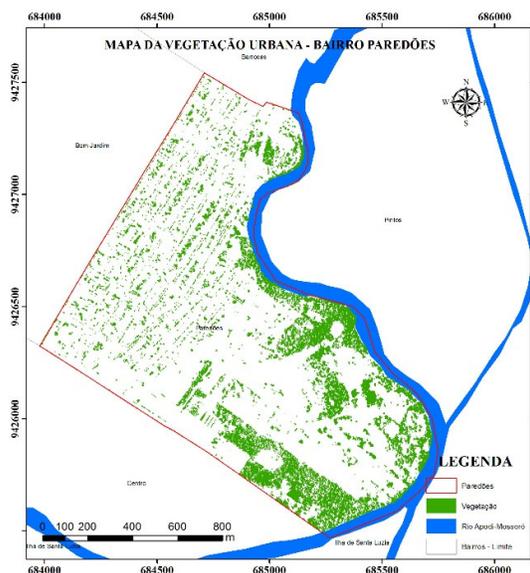
A diferença entre as duas situações é de pouco mais de 7%. Isso mostra a importância de separar as duas situações nas análises, pois existem representações de valores diferentes apesar de próximos, mas deve-se observar ao mesmo tempo as extensões destas áreas utilizadas no cálculo.

Figura 76 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



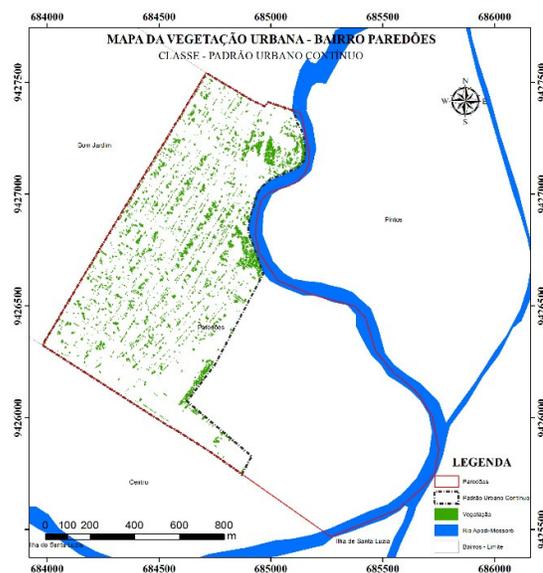
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 77** - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 78** - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



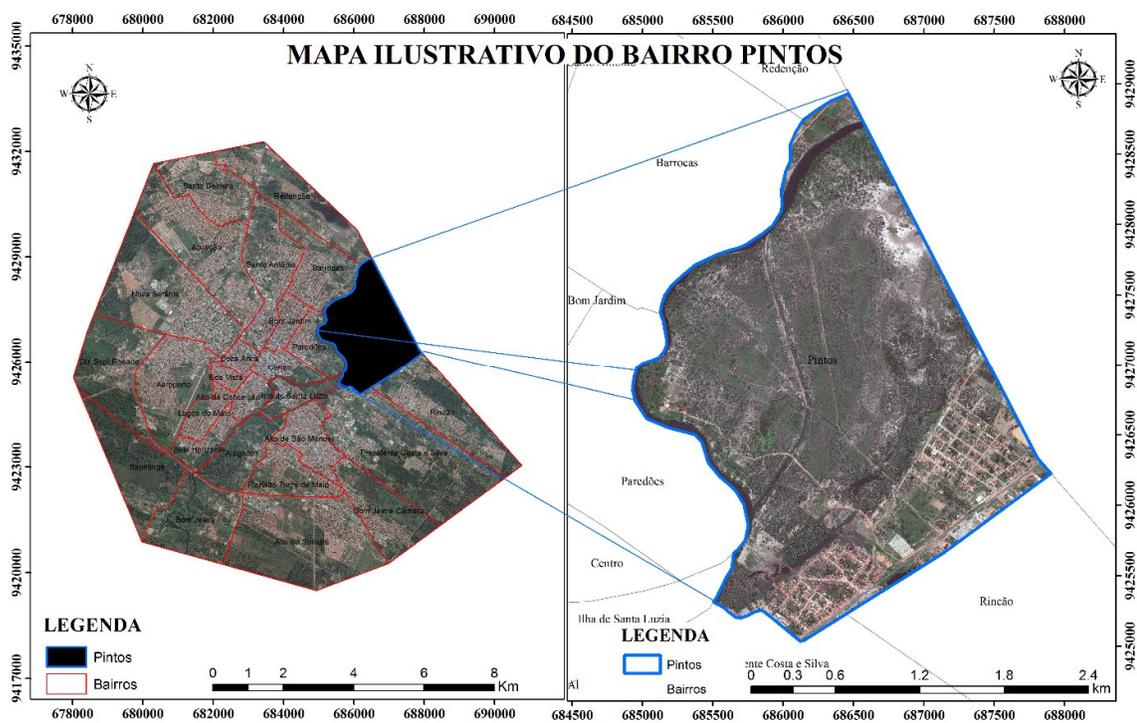
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.21 Pintos

O bairro se localiza na porção Nordeste da cidade. O bairro é cortado pela BR-110 e nas proximidades da mesma que ocorrem as ocupações, e existe alguns pontos com loteamento destinados a edificação. Em sua maioria o bairro ocupa uma área que contém características rurais com fazenda e atividades de pecuária e cultivo de espécies forrageiras. Mantendo também ao mesmo tempo grande área com vegetação e em seu interior o bairro tem uma ilha fluvial dividida pelo canal principal e um canal artificial que foi construído na intenção de minimizar as inundações.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Pintos (**Figura 79**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 80 e 81**).

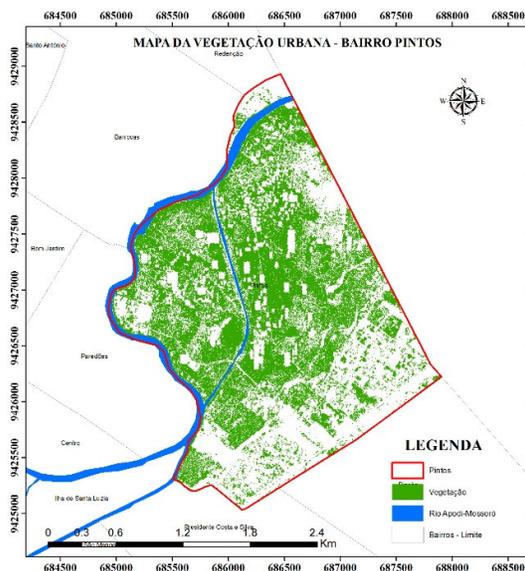
Figura 79 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

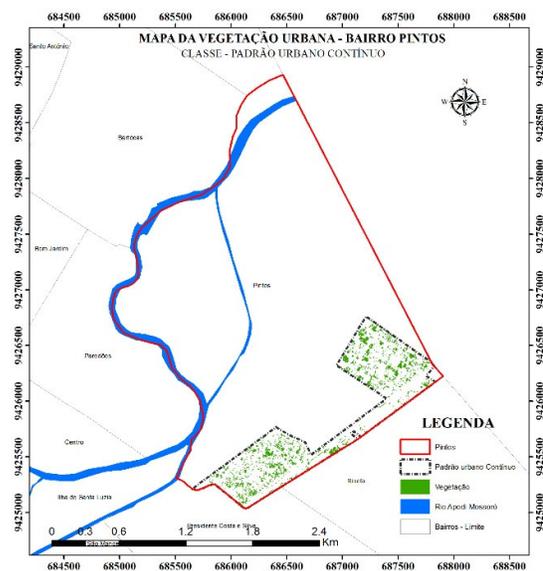
Analisando as figuras é notória a diferença entre os dois mapas, quanto a presença de vegetação. Existe uma pequena área de ocupação urbana, se considerado a área total do bairro. A área que compreende boa parte de vegetação na figura a esquerda, tem características de ambiente rural, existe alguns pontos com vegetação esparsa e presença de solo exposto, muito provavelmente alteradas por atividades de pecuária e agricultura.

**Figura 80** - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 81** - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 22**).

**Tabela 22** - ICVAU para o bairro Pintos.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	284,88	601,08	47,33
Padrão Urbano Contínuo	13,14	86,59	15,17

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Existe uma diferença de pouco mais de 32% entre as duas situações. O que revela uma grande diferença na análise se levar em consideração apenas uma das situações. O bairro ainda apresenta um valor bem abaixo de 15,17% para área de Padrão Urbano Contínuo. Pois as suas edificações se concentram ao redor da BR-110.

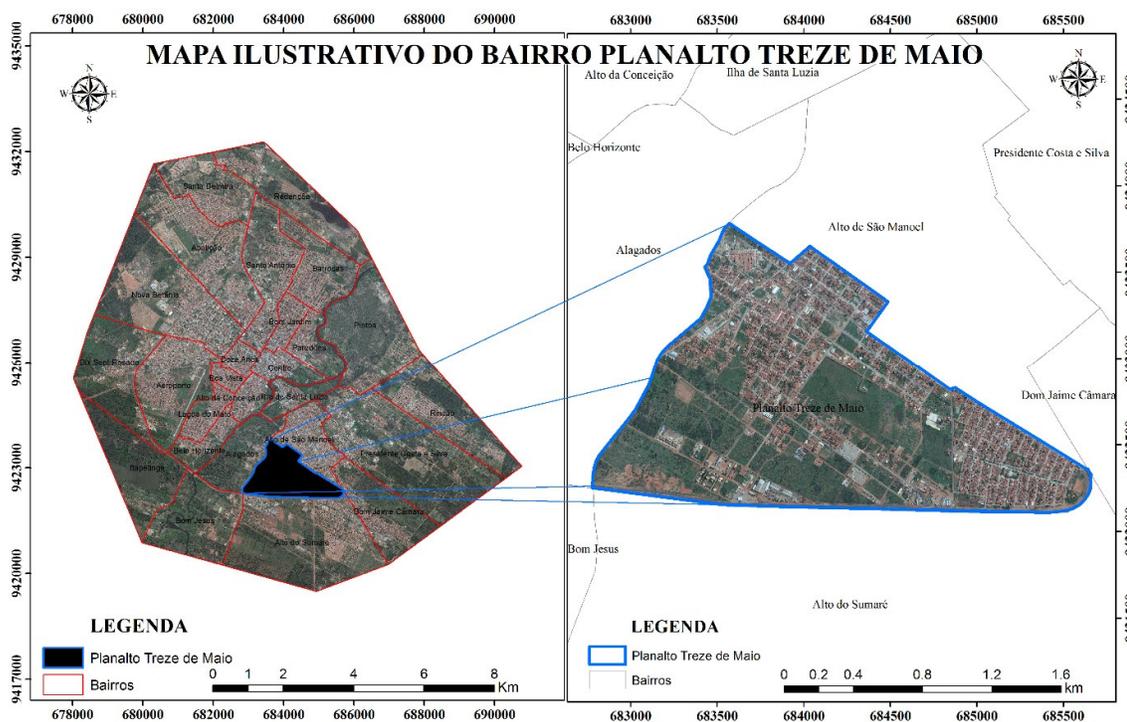
### 6.2.22 Planalto Treze de Maio

O bairro localiza-se na área central na porção Sul. Limita-se ao Sul com a BR-304 e ao longo da mesma apresenta alguns empreendimentos importantes como postos de combustíveis.

Apresenta-se o mapa do bairro Planalto Treze de Maio (**Figura 82**), obtendo-se a cobertura vegetal e sua distribuição tanto para a Área Total do bairro como para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 83 e 84**).

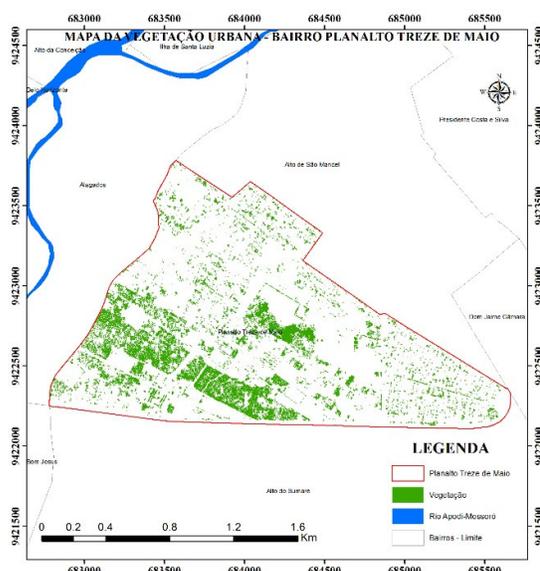
Observando as figuras apresentadas, percebe-se que existe alguns trechos com densa vegetação ao centro do bairro e nas porções Sul e Oeste. Desta maneira, esses locais não foram incluídos na classe Padrão Urbano Contínuo, pois não apresentam configurações para tal. Mas estas áreas já se configuram com características para urbanização com a demarcação de lotes.

**Figura 82 - Mapa-Imagem de localização do bairro.**

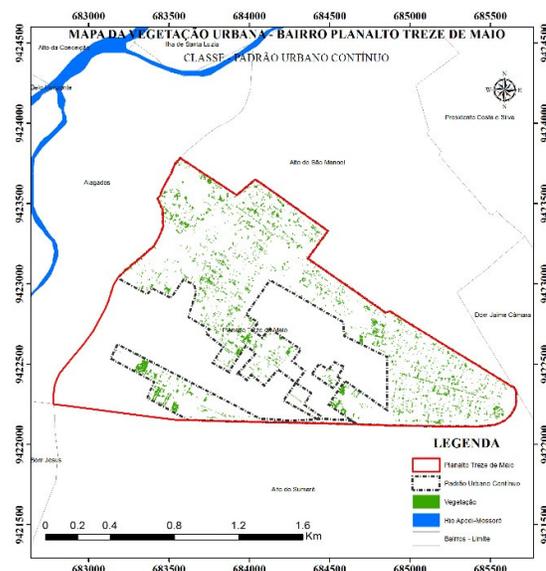


Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

**Figura 83 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.**      **Figura 84 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.**



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 23**).

.Tabela 23 - ICVAU para o bairro Planalto Treze de Maio.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	40,15	260,18	15,43
Padrão Urbano Contínuo	12,62	16,84	7,70

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Observa-se uma diferença nos valores do ICVAU, entre as duas classes de pouco mais de 7%. Essa diferença constitui-se da presença de áreas ainda não edificadas no bairro, apesar de terem indícios de início de urbanização, mas a qual ainda não se efetivou. Mantendo assim, alguns fragmentos florestais um pouco mais densos. O bairro poderá vir a sofrer com o processo de urbanização, pois existe uma vasta extensão de áreas sem construções nas proximidades da BR-304.

### 6.2.23 Presidente Costa e Silva

O bairro é localizado periféricamente na porção Sudeste da cidade, contém inúmeros prédios públicos de importância para como o fórum municipal, o IFRN, UFERSA, UERN, ministério do trabalho, etc. os quais alguns desses acabam por preservar algumas áreas vegetadas. Ao mesmo tempo o bairro contém várias áreas de lotes destinadas para ocupação.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Presidente Costa e Silva (**Figura 85**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 86 e 87**). Visualizando as figuras é notória a diferença na presença de vegetação entre as duas situações.

O bairro pode ser considerado periférico e acaba por ter várias áreas disponíveis para a expansão, a qual mantém espaços vegetados. Se analisado as duas figuras é possível identificar vazios na imagem da esquerda as quais não compreendem a classe Padrão Urbano Contínuo, sendo representadas no real por áreas com vegetação esparsa e solo exposto. Além de existir áreas com configurações iniciais de urbanização, com demarcação de lotes e algumas edificações, muito devido a tendência de ocupação para loteamentos. A área também apresenta características rurais em alguns trechos.

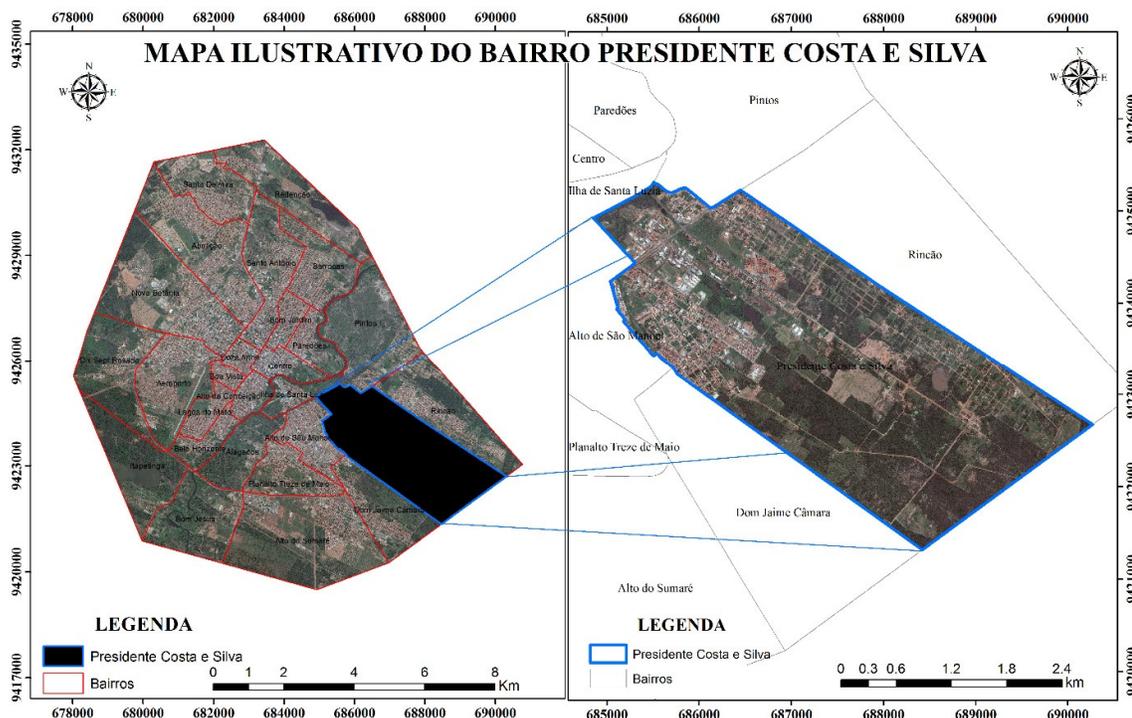
Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 24**).

**Tabela 24** - ICVAU para o bairro Presidente Costa e Silva.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	361,08	995,81	36,25
Padrão Urbano Contínuo	37,37	271,17	13,78

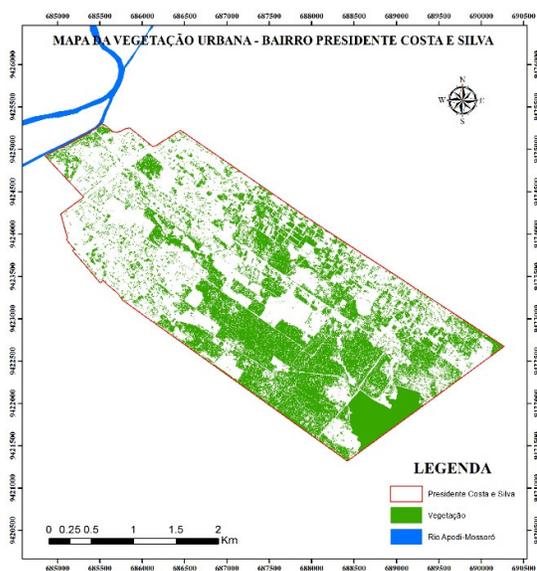
**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 85 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



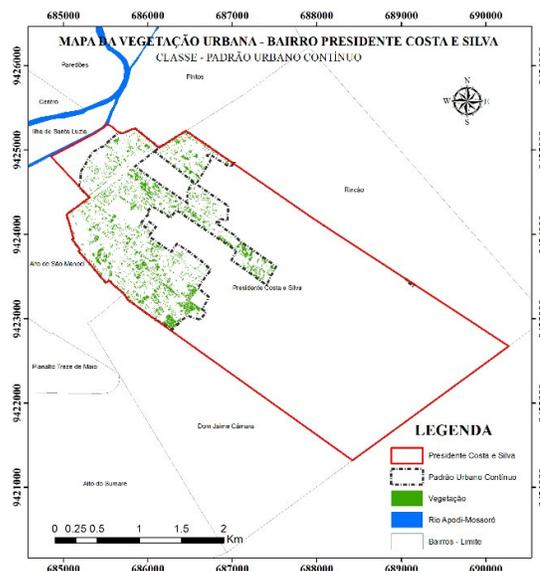
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 86 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 87 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Os valores do ICVAU apresentaram uma diferença de pouco mais de 22% para as duas situações. O que mostra a diferença existente entre as duas situações. Os *campi* universitários

(Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e Universidade Federal Rural do Semiárido) podem contribuir para o aumento da quantidade de vegetação do bairro, pois os mesmos contém perímetros extensos, os quais não são totalmente edificados, conservando áreas com vegetação.

#### 6.2.24 Redenção

O bairro se localiza perifericamente na porção Norte e é cortado pela BR-304, contém algumas empresas nas margens. Além de conter áreas destinadas para loteamento, vastas áreas desmatadas, um canal e uma lagoa no seu interior.

Analisando a cobertura vegetal do bairro Redenção (**Figura 88**), observa a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 89 e 90**).

Comparando as duas figuras é notória a diferença da presença da vegetação entre as duas situações. Tendo a Noroeste uma pequena porção por edificações e classificada como Padrão Urbano Contínuo, enquanto que todo o restante não, tendo uma vasta área para expansão. Mas observa-se na figura a esquerda que existem outros vazios que não compreendem edificações e sim áreas de solo exposto, muitas destas com características de loteamento, além da existência de um reservatório até tanques de tratamento de água de esgotos da cidade de Mossoró.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 25**).

**Tabela 25** - ICVAU para o bairro Redenção.

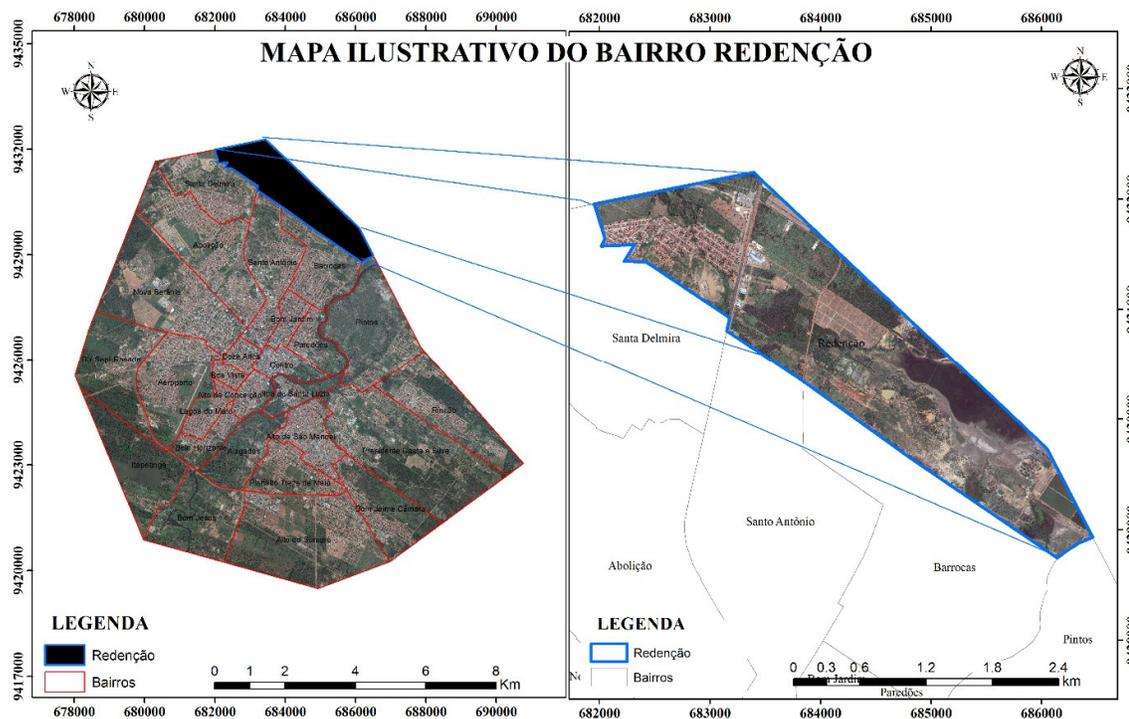
SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	90,26	481,24	18,75
Padrão Urbano Contínuo	3,47	36,2	9,58

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

Para os valores do ICVAU entre as duas situações, a diferença foi de pouco mais de 9%. Observa-se a grande diferença quando se utiliza a Classe Padrão Urbano Contínuo como parâmetro para especificar a vegetação no ambiente urbano. A pouca ocupação também

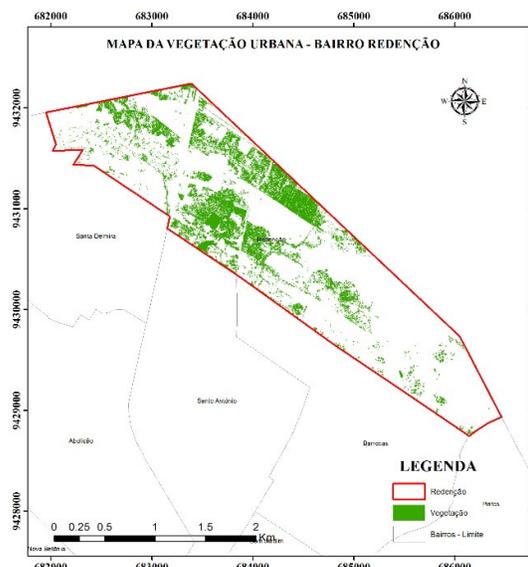
influenciou para a diferença existente, pois quando se tem o processo de urbanização, tende a haver uma padronização dos aspectos do local. A diferença só não foi maior, por causa de algumas outras coberturas representativas na área.

Figura 88 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



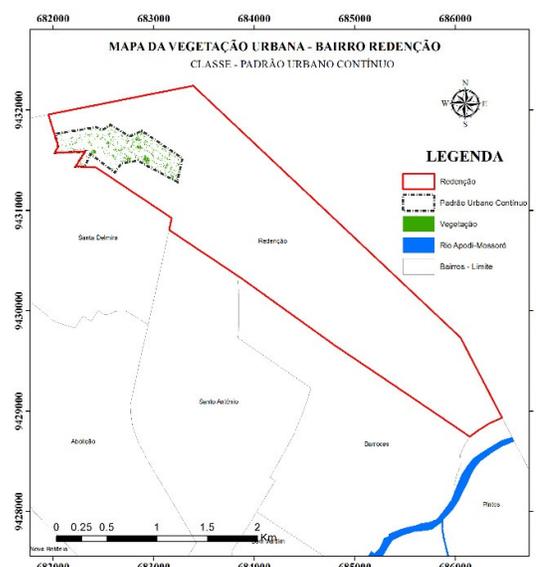
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 89 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 90 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.25 Rincão

O bairro é periféricamente localizado na porção Leste. Tem uma grande área destinada ao loteamento, no entanto, contém outra com grande presença de vegetação. Ocorre a presença em seu interior de uma estação de tratamento de esgotos. Também identifica-se uma praça bem ampla para convivência da população.

Apresenta-se o mapa do bairro Rincão (**Figura 91**), obtendo-se a cobertura vegetal e sua distribuição tanto para a Área Total do bairro como para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 92 e 93**).

Observando as duas figuras é notória a diferença entre os dois mapas, quanto a presença da vegetação. Existe algumas áreas da Classe Padrão Urbano Contínuo separadas uma das outras, o que mostra que o processo de edificação durante a urbanização não acontece linearmente. O bairro pode ser considerado como periférico e tem uma vasta área para expansão, a qual ainda apresenta vegetação.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 26**).

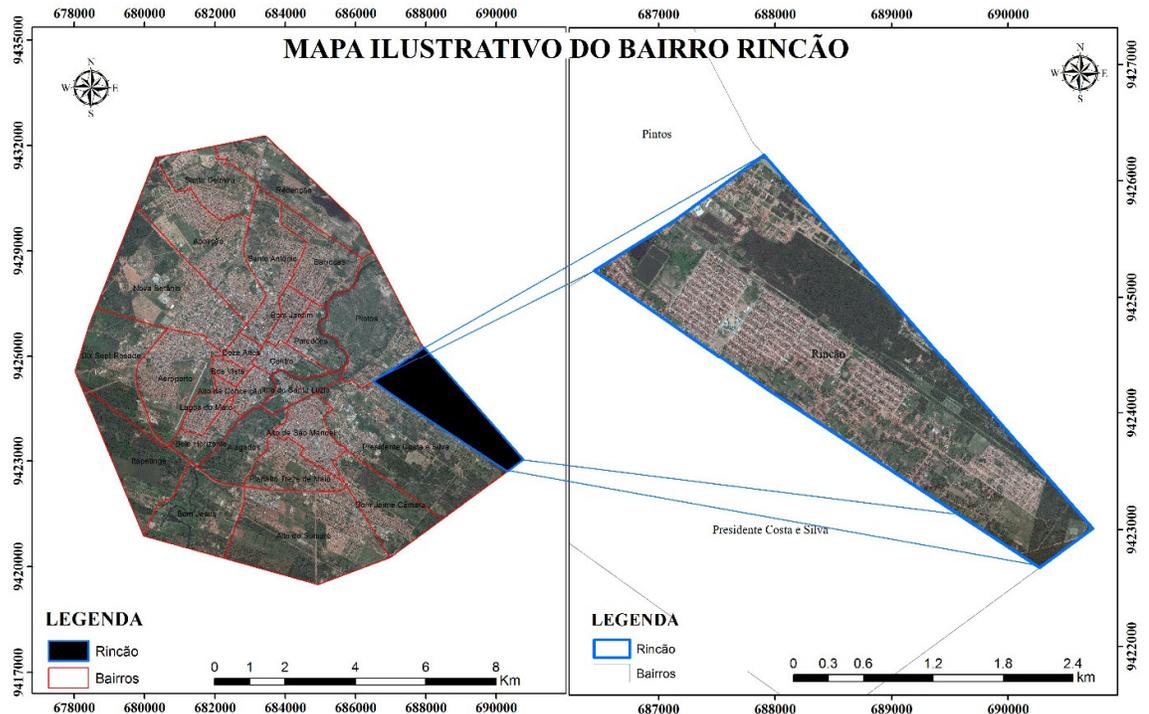
**Tabela 26** - ICVAU para o bairro Rincão.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	179	500,25	35,78
Padrão Urbano Contínuo	20,62	196,32	10,50

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

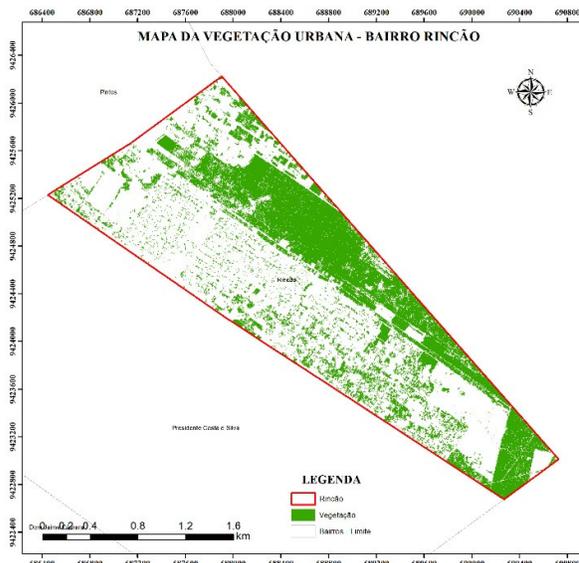
Analisando os valores do ICVAU para as duas situações, identifica-se uma diferença de pouco mais de 25%. Essa grande diferença se dar pela presença de vegetação nas áreas periféricas do próprio bairro. Além de se ter trechos em processo inicial de urbanização.

Figura 91 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



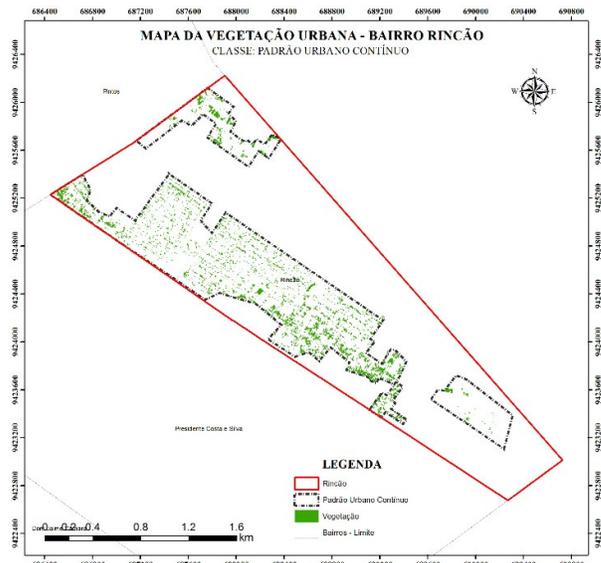
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 92 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 93 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.26 Santa Delmira

O bairro se localiza perifericamente na porção Norte, contém alguns loteamentos e algumas áreas desmatadas passíveis de edificação.

Apresenta-se o mapa do bairro Santa Delmira (**Figura 94**), obtendo-se a cobertura vegetal e sua distribuição tanto para a Área Total do bairro como para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 95 e 96**).

Analisando as figuras pode-se perceber que existe uma diferença na presença de vegetação nas duas situações, sendo observada por praticamente uma faixa ao centro-norte do bairro. O bairro pode ser considerado periférico e apresenta algumas ocupações edificadas e urbanizadas separadas ao Norte e Leste, o que pode indicar uma tendência ao crescimento do bairro. Observa-se que na porção Sul se encontra a maior parte da área edificada e urbanizada, a qual se liga as áreas mais centrais.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 27**).

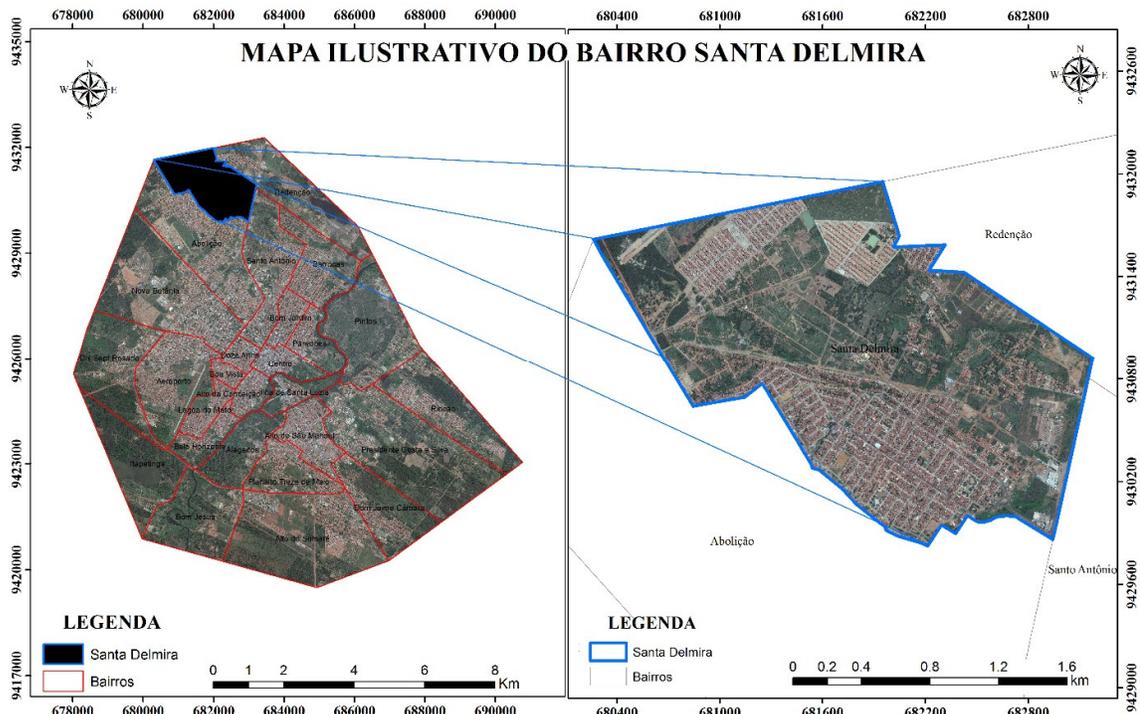
**Tabela 27** - ICVAU para o Santa Delmira.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	50,7	349,41	14,51
Padrão Urbano Contínuo	15,11	164,44	9,18

**Fonte:** Anderson Adailson da Silva, 2014.

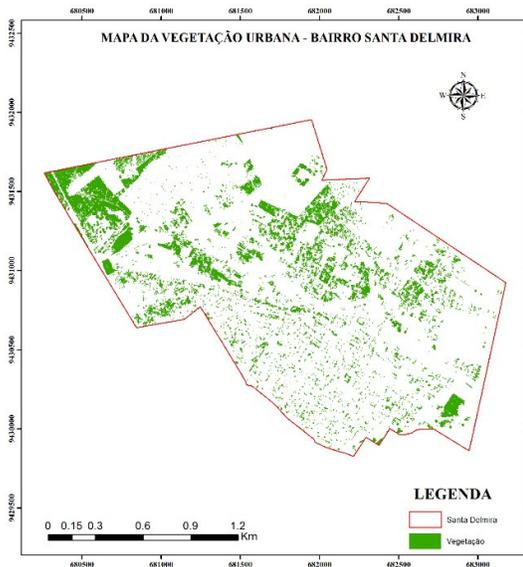
Quanto a ICVAU ocorreu uma diferença pouco mais de 4% entre as duas situações. Mostrando que existe ainda uma grande área com vegetação, mas que também já se inicia em alguns pontos fragmentos o processo de edificação e urbanização da área do bairro. Observando a grande extensão e o valor baixo do ICVAU, é fator de indicação de áreas desnudas de vegetação.

Figura 94 - Mapa-Imagem de localização do bairro.



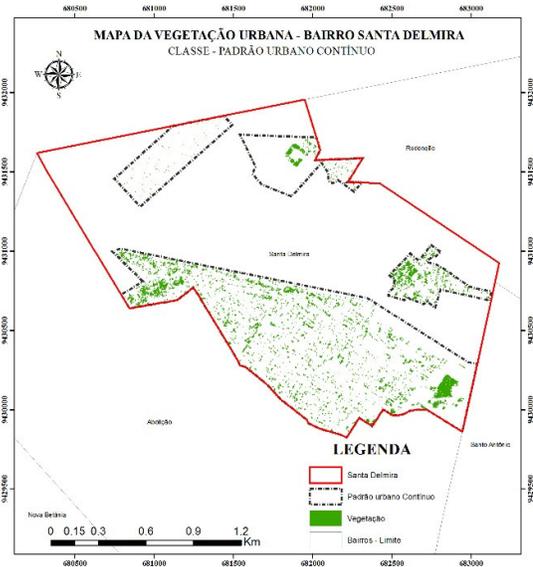
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 95 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 96 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.

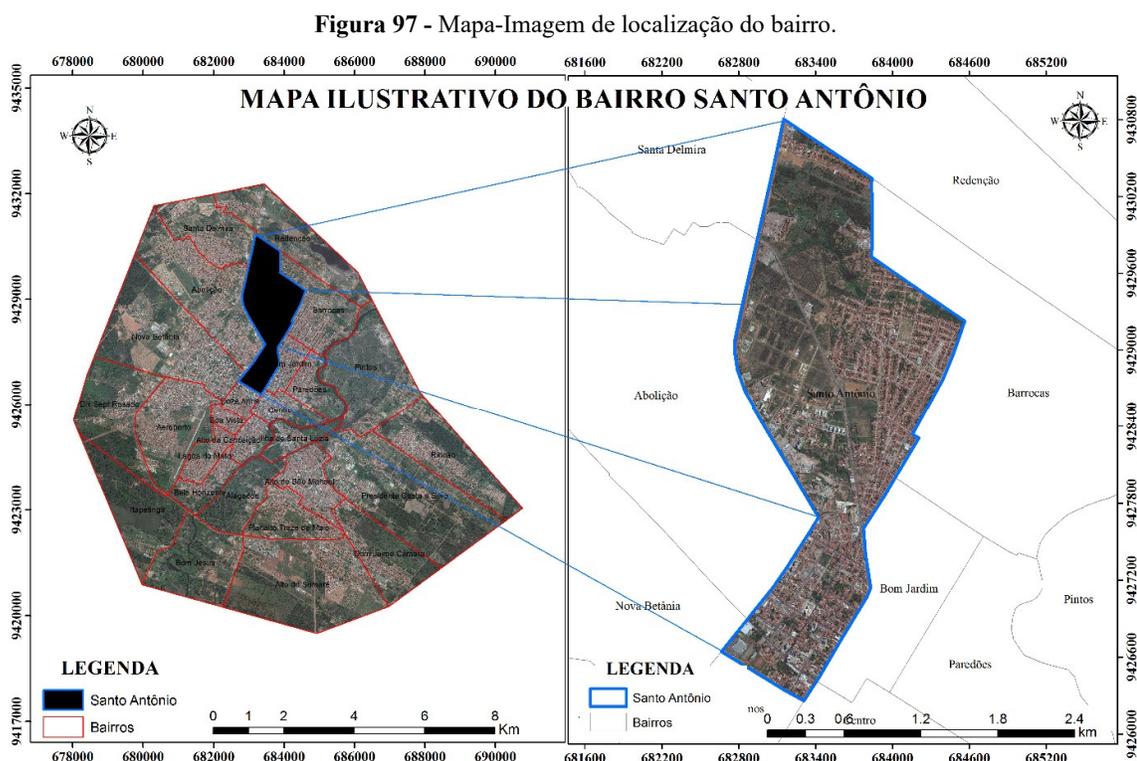


Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

### 6.2.27 Santo Antônio

O bairro localiza-se na parte central e na porção Norte, contém via de saída da cidade que dá acesso a BR-304, além de várias áreas destinadas a edificação com características de loteamento.

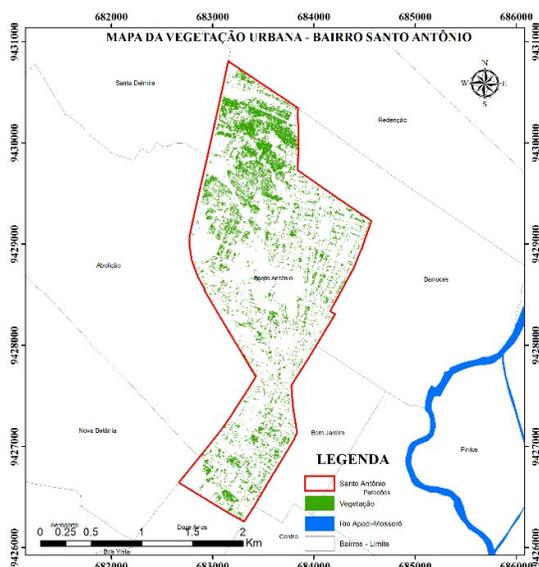
Analisando a cobertura vegetal do bairro Santo Antônio (**Figura 97**), pode-se observar a distribuição da vegetação para a Área Total do bairro e para a classe Padrão Urbano Contínuo (**Figuras 98 e 99**).



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

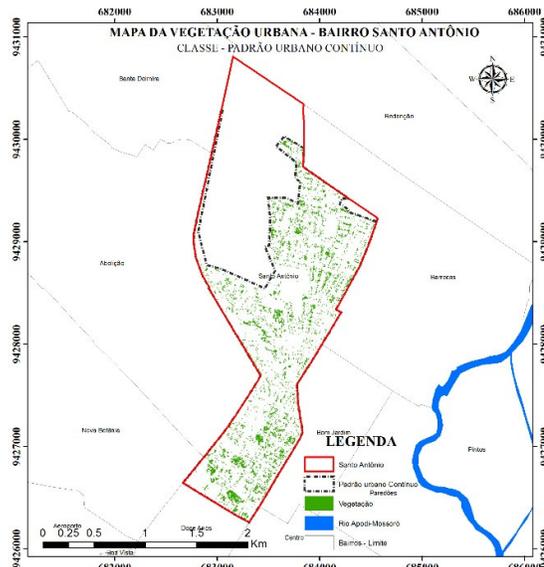
Analisando as duas figuras pode-se observar que existe uma diferença entre os dois mapas, quanto a presença da vegetação na porção Norte, onde esta região ainda não foi efetivamente ocupada por edificações. Mas já apresenta indícios, como é possível identificar alguns trechos vazios em meio a vegetação na figura a esquerda. A tendência a ocorrência de áreas com vegetação ao Norte, se dá por que o bairro pode ser considerado periférico e neste local ainda foi ocupada com edificações, sendo considerada ainda uma área de expansão.

Figura 98 - Mapa de Vegetação para Área Total do bairro.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Figura 99 - Mapa de Vegetação Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana, observamos uma diferença dos valores apresentados nas duas situações encontradas (**Tabela 28**).

**Tabela 28** - ICVAU para o bairro Santo Antônio.

SITUAÇÕES	VEGETAÇÃO (HECTARES)	ÁREA/EXTENSÃO (HECTARES)	ICVAU (%)
Área Total	69,7	415,54	16,51
Padrão Urbano Contínuo	30,16	269,69	11,18

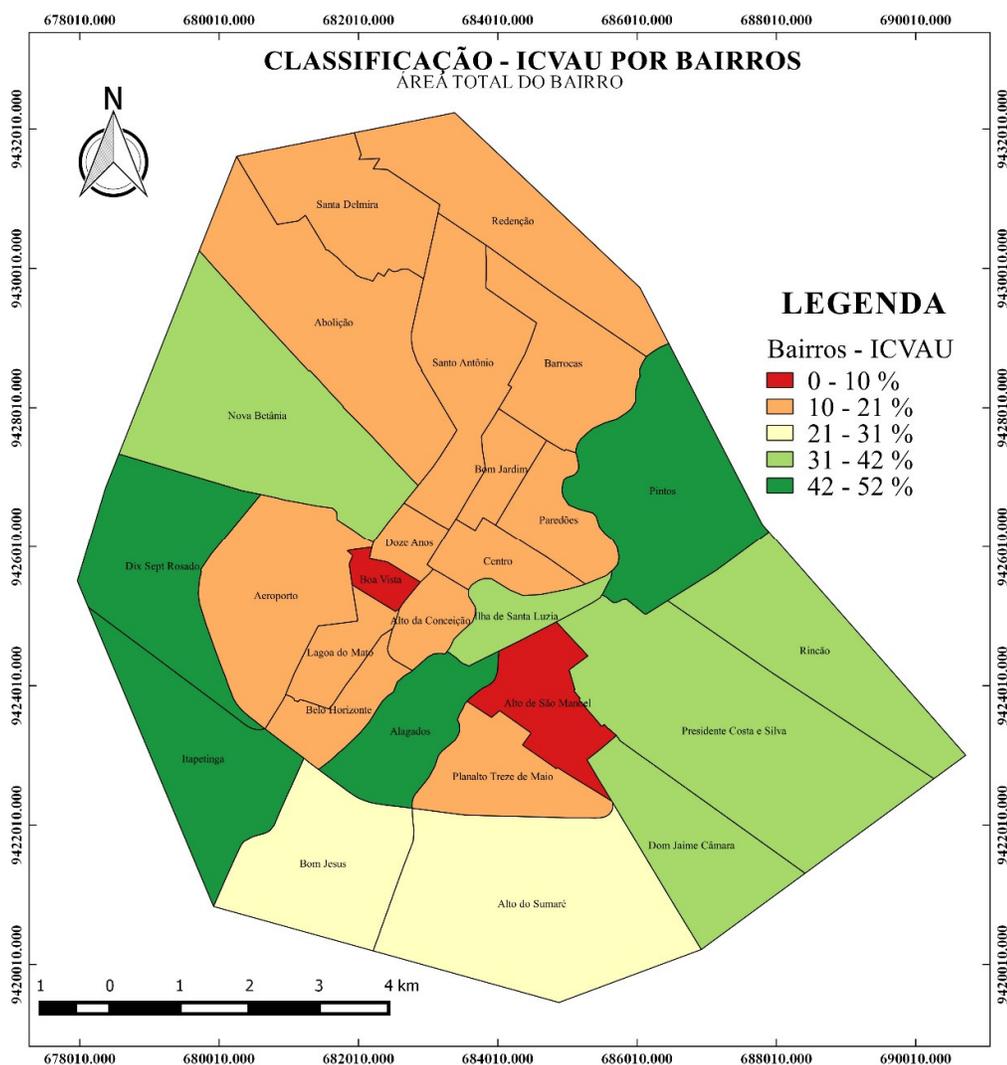
Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Observa-se que os valores do ICVAU apresenta uma diferença entre as duas situações de quase 5%. O bairro apresenta vegetação a Norte, e as demais porção a ocupação urbanizada. A diferença neste caso não foi tão expressiva como em outros bairros, muito provavelmente porque o bairro já apresenta uma tendência de crescimento em direção a sua área passível de expansão, a qual também segue o sentido de Sul-Norte de umas das avenidas principais da cidade de Mossoró.

### 6.3 Espacialização do ICVAU por bairros

Analisando a distribuição espacial do Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana - ICVAU para área total dos bairros (**Figura 100**), é perceptível uma maior tendência para valores altos nas regiões periféricas na porção Leste e Oeste, variando de 31 à 52 %. Bem como uma tendência a valores médios na porção Sul, variando de 21 à 31 %, valores baixos a próximos de médios são encontrados na porção central e na região Norte, variando de 0 à 10 % e de 10 à 21%.

**Figura 100** - Classificação do ICVAU por bairros – Área Total.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2015.

Observando o Quadro 3 percebe-se uma composição de 09 bairros que ficaram com valores com os maiores valores, variando entre 42 e 52% (04 bairros) e de 31 e 42 % (05 bairros). Já com valores médios foram apenas 02 bairros para 21 à 31%. Para valores de pouco abaixo da média para baixo foram identificados 16 bairros, variando de 10 à 21 % (15 bairros) e de 0 à 10% (01 bairro). Os bairros que apresentaram tendência para valores elevados, neste caso, são os bairros que ainda possuem área para expandir as edificações.

**Quadro 3** - Valores do ICVAU por bairros – Área Total.

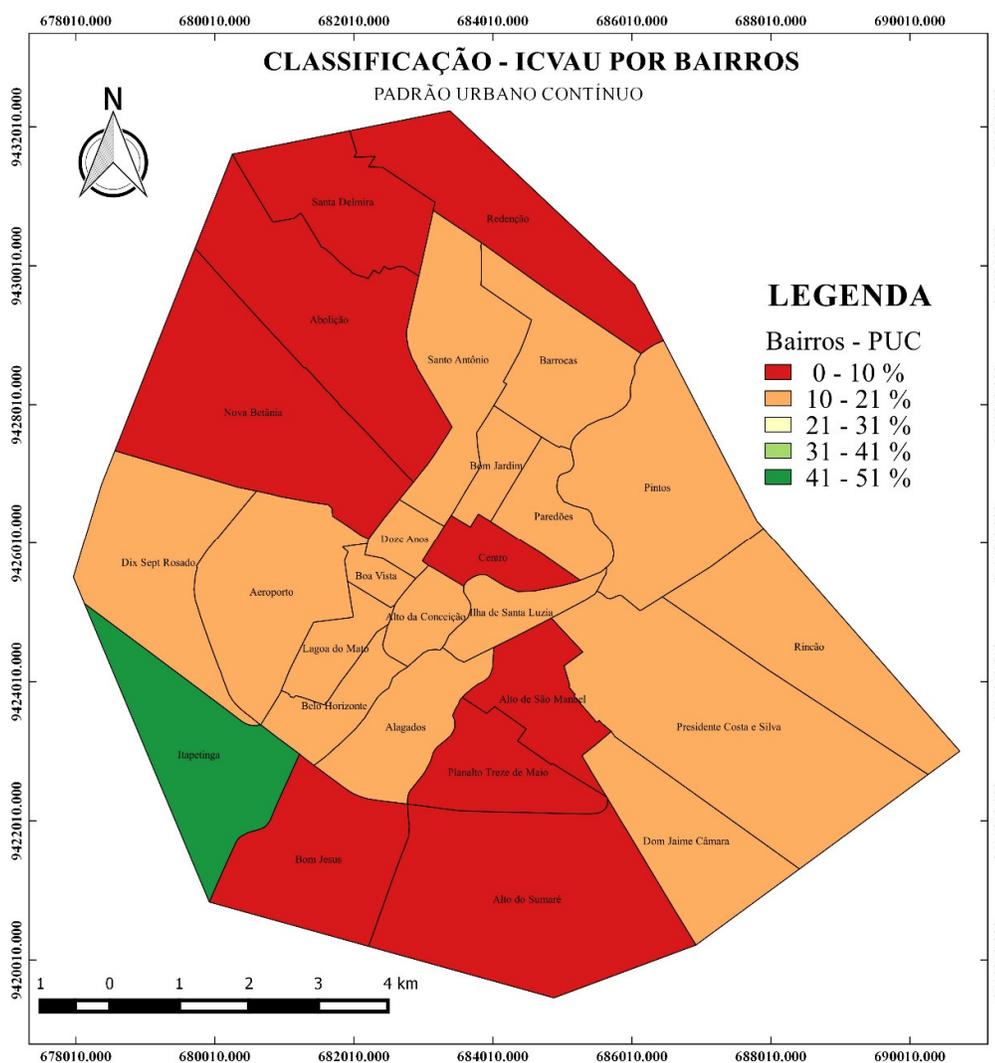
Bairros	Vegetação (HÁ)	Área Perímetro (HÁ)	ICVAU (%)
Alagados	141.39	271.21	52.13
Itapetinga	235.75	458.38	51.43
Dix Sept Rosado	241.74	506.58	47.72
Pintos	284.88	601.8	47.33
Dom Jaime Câmara	154.09	377.02	40.87
Presidente Costa e Silva	361.08	995.81	36.25
Rincão	179	500.25	35.78
Nova Betânia	284.43	799.27	35.58
Ilha de Santa Luzia	43.94	132.89	33.06
Alto do Sumaré	280.11	911.26	30.73
Bom Jesus	127.21	458.65	27.73
Redenção	90.26	481.24	18.75
Paredões	32.49	175.05	18.56
Santo Antônio	69.7	415.54	16.77
Centro	22.92	137.03	16.72
Belo Horizonte	24.39	148	16.47
Aeroporto	78.07	487.53	16.01
Planalto Treze de Maio	40.15	260.18	15.43
Santa Delmira	50.7	349.41	14.51
Barrocas	46.77	326.73	14.31
Abolição	91.05	656.41	13.87
Alto da Conceição	15.05	109.92	13.69
Bom Jardim	12.65	102.81	12.30
Doze Anos	7.83	71.57	10.94
Lagoa do Mato	13.03	122.14	10.66
Boa Vista	5.18	50.7	10.21
Alto de São Manoel	22.93	234.36	9.78

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Quando se observa a distribuição espacial do ICVAU por bairros para o Padrão Urbano Contínuo (**Figura 101**), é perceptível que apenas 01 bairro se apresenta com valor alto, na classe entre 41 à 51%, isso pode ser explicado pelo motivo do bairro ter baixíssima

ocupação por edificação que não chega a 1 ha, desta maneira mantém-se um percentual alto da vegetação. Já existe uma tendência entre a porção Leste, parte do Central e Oeste para apresentar valores entre 10 à 21 %. Já a porção Norte e Sul apresentam valores variando de 0 à 10 %, mas o bairro Centro.

**Figura 101** - Classificação do ICVAU por bairros – Padrão Urbano Contínuo.



Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2014.

Observa-se que apenas 01 bairro ficou com valores altos (41 à 51%) para o ICVAU, quando considerada a classe Padrão Urbano Contínuo (Quadro 4). Já 17 bairros ficaram com valores pouco abaixo da média, variando entre 10 à 21 %. Já 09 bairros ficaram com valores baixos entre 0 à 10 %.

**Quadro 4** - Valores do ICVAU por bairros – Padrão Urbano Contínuo.

Bairros	Vegetação (HÁ)	Área Perímetro (HÁ)	ICVAU (%)
Itapetinga	0.35	0.73	47.94
Ilha de Santa Luzia	11.54	61.14	18.87
Pintos	13.14	86.59	15.17
Presidente Costa e Silva	37.37	271.17	13.78
Bom Jardim	12.65	102.81	12.30
Barrocas	22.57	187.17	12.05
Alagados	1.94	17.19	11.28
Paredões	10.61	94.03	11.28
Santo Antônio	30.16	269.69	11.18
Aeroporto	37.79	341.42	11.06
Belo Horizonte	8.81	80.28	10.97
Doze Anos	7.82	71.57	10.92
Alto da Conceição	9.62	90.92	10.58
Dom Jaime Câmara	17.51	166.28	10.53
Lagoa do Mato	10.69	101.76	10.50
Rincão	20.62	196.32	10.50
Dix Sept Rosado	14.41	137.99	10.44
Boa Vista	5.18	50.7	10.21
Bom Jesus	2.15	22.22	9.67
Alto de São Manoel	22.24	231.51	9.60
Redenção	3.47	36.2	9.58
Nova Betânia	25.04	268.04	9.34
Santa Delmira	15.11	164.44	9.18
Abolição	39.65	440.77	8.99
Planalto Treze de Maio	12.62	163.84	7.70
Centro	6.34	90.28	7.02
Alto do Sumaré	21.23	337.58	6.28

Fonte: Anderson Adailson da Silva, 2015.

Fato interessante é a mudança dos valores de ICVAU para os bairros, quando se considera a Área Total e a classe Padrão Urbano Contínuo, a observar a mudança de valores entre as duas situações, por exemplo o bairro Alto do Sumaré, que no primeiro caso está na faixa média entre 21 à 31 %, e na segunda já cai para a faixa de valores baixos, ficando em último. Para este caso, nota-se que o crescimento urbano que ocorre no bairro está influenciando diretamente na presença da vegetação. Caso semelhante é o do bairro Bom Jesus, praticamente todos mudaram de categoria, apenas o que não ocorreu mudanças foi bairro Itapetinga e o Alto de São Manoel.

## 7. DISCUSSÃO

Jesus e Braga (2005) em trabalho sobre a análise espacial das áreas verdes de Estância de Águas de São Pedro, levando em consideração como áreas verdes as praças e parques, aplicaram um índice semelhante ao Índice de Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas - ICVAU, mas que chamam de Índice de Área Verde - IVA, e obtiveram um valor de 44,1 %. Op., cit., apresentam o valor para o índice de área verde por habitante de 932,095 m<sup>2</sup>/habitante. O interessante neste momento é que há uma diferença quanto da proposta deste trabalho, pois os autores trabalharam com áreas verdes, levando em conta apenas os parques e praças, e nesta pesquisa levou em consideração toda a cobertura vegetal e arbórea, encontrando um valor de 29,63%. Só essa forma de abordagem já evidencia como há diferentes concepções e abordagens sobre a temática.

Em trabalho realizado no distrito administrativo de Icoaraci – Daico em Belém/PA, utilizando uma imagem do satélite Ikonos para o ano de 2006, Luz, Araújo e Rodrigues (2012) com o objetivo de compreender as diferentes formas espaciais, encontraram um valor de 47,41% para o índice de cobertura vegetal. Apresentam a nomenclatura como o Índice de Cobertura Vegetal que nesta pesquisa foi tratada como ICVAU, evidenciando novamente as diferenças nas abordagens e concepções sobre o tema.

Duarte e Ziantonio Filho (2010) trazem uma aplicação do índice de área verde, considerando que é aquele que expressa a quantidade de espaços livres de uso público pela quantidade de habitantes e, ainda usam o valor da vegetação encontrada nestes ambientes e recalcula-se as áreas em uso para aplicação do índice. Desta forma, estes autores encontraram um valor de 32,57 m<sup>2</sup>/habitantes. Fato interessante está na nomenclatura dada como Índice de Área Verde sem adicionar por Habitante ao final, deixando a entender a princípio que seria um índice semelhante ao ICVAU utilizada nesta pesquisa ou ao IAV de Luz, Araújo e Rodrigues (2012). Mas posteriormente Duarte e Ziantonio Filho (2010) explicam que consideram a vegetação por habitante neste índice se aproximando desta pesquisa, já que tratou-se de IVH – Índice de Verde por Habitante.

Já Luz e Rodrigues (2014) para estudo da cidade de Belém/PA, também se utilizando de uma imagem Ikonos do ano de 2006, e aplicando o Índice de Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas – ICVAU para todos os distritos da cidade encontraram um valor em torno de 37%, ao mesmo tempo cita que é um resultado satisfatório e que ocorreu variação na quantidade da

vegetação entre os bairros. Op. cit. apresentam também o Índice de Cobertura Vegetal por Habitante – ICV/H da cidade de Belém/PA, o qual foi encontrado valor de 73,79 m<sup>2</sup>/habitantes.

Zanin, Rosset e Dalavale (2007) trazem uma abordagem sobre o índice de áreas verdes, as quais consideram como áreas públicas com predominância de cobertura vegetal arbórea e arbustiva e com diversas funções. Trazem três abordagens, sendo a primeira semelhante ao IVH deste trabalho, onde encontraram valor de 13,19 m<sup>2</sup>/habitante.

Costa e Ferreira (2009) aplicaram o índice de áreas verdes para regiões urbanas para área central da cidade de Juiz de Fora/MG, apresentaram valor médio de 2,14 m<sup>2</sup>/habitantes para 24 bairros, mas apresentam uma disparidade com apenas um (01) bairro acima de 2,5 m<sup>2</sup>/habitantes, sendo 39,8 m<sup>2</sup>, e em contra partida 12 bairros apresentaram valor igual à zero. Esta pesquisa não aplicou o mesmo índice por bairros, apenas o ICVAU, ficando apenas para área total. Mesmo assim, Op. Cit. traz a nomenclatura como áreas verdes, contrapondo este trabalho que apresenta a cobertura vegetal como análise.

Oliveira et al. (2013) utilizando imagens do satélite RapidEye para aplicação de índices de cobertura vegetal dos bairros de Salvador/BA, encontraram o valor de 28,40% para o que chamaram de percentual de cobertura vegetal, semelhante ao ICVAU utilizado nesta pesquisa, também apresentaram o valor de 32,21m<sup>2</sup>/habitantes o que chamaram de índice de área verde, e que nesta pesquisa foi o IVH – Índice de Verde por Habitante.

Nucci et al. (2003) em trabalho com a vegetação do bairro do centro de Curitiba, apresenta um valor de 12,26% para o que seria o ICVAU utilizado nesta pesquisa, e 12,70 m<sup>2</sup> por habitante, o qual utilizou a nomenclatura cobertura vegetal por habitante. O bairro Centro desta pesquisa não apresentou grande diferença, obtendo um valor de 10,07 % para o ICVAU semelhante à cobertura vegetal pela área urbana. Já o IVH não foi aplicado por bairro nesta pesquisa.

Abreu et al. (2012) também apresentando o percentual de cobertura vegetal encontraram um valor de 2,86 % considerando as praças do centro de Teresina/PI. Neste caso, os autores utilizaram-se apenas da vegetação presente nas praças, nesta pesquisa foi considerada toda a cobertura vegetal.

Oliveira, Diodato e Grigio (2011) em levantamento das áreas verdes urbanas em Mossoró/RN. Utilizaram técnicas do geoprocessamento para mapear e encontrou um percentual de cobertura vegetal de 39,64 %. Neste caso, eles utilizaram de técnicas tradicionais e manuais

para mapeamento. Este valor está aproximadamente com 10% a mais do que foi apresentado nesta pesquisa, evidenciando assim que a técnica de Classificação Orientada a Objeto pode aprimorar a pesquisa. Não foi possível identificar o valor para o que seria Padrão Urbano Contínuo, pois os autores não realizaram essa abordagem. Mas aplicaram o que seria o Índice de Área Verde por Habitante, semelhante ao Índice de Verde por Habitante, encontraram um valor de 159,98 m<sup>2</sup>/hab., enquanto que nesta pesquisa obteve-se o valor de 115,66 m<sup>2</sup>/hab.

Quanto a aplicação por bairros, apesar dos valores divergirem, a maioria dos bairros apresentados por Oliveira, Diodato e Grigio (2011) como de maiores valores para cobertura vegetal, praticamente foram os mesmos desta pesquisa, as vezes alterando ordem e valor, os quais foram, por exemplo: Itapetinga, Dix Sept Rosado, Alagados, Dom Jaime Câmara, etc. Dessa maneira, apesar dos valores não baterem, a lógica de espacialidade da vegetação no ambiente urbano de Mossoró é praticamente a mesma.

Observa-se nos trabalhos aqui apresentados que os mesmos aplicam abordagens diferentes para classificar a vegetação do ambiente urbano. Mas em suma, utilizam o valor da vegetação encontrada pelo valor da área urbana e/ou pela quantidade de habitantes.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O georreferenciamento é um procedimento importante para garantir confiabilidade aos dados geográficos a serem produzidos a partir de uma imagem. O procedimento em uma imagem de alta resolução é interessante, pois com o uso do GPS Diferencial (DGPS - *Differential Global Positioning System*) que traz uma acurácia milimétrica e a imagem que apresenta um pixel de 0,50 cm, facilitou a identificação de pontos para coleta, facilitando assim a identificação no software para marcação do ponto nas imagens.

O uso do GPS de alta acurácia (DGPS) permitiu a coleta de pontos preciso dentro do ambiente urbano, com precisão média de 3 milímetros. Desta maneira, com os pontos bem cotados, a imagem foi georreferenciada com valores variando entre 0,54 a 0,74 pixel de erro. Assim, o uso deste aparelho é indispensável para os trabalhos que utilizem imagens de alta resolução e dados geoespaciais em ambientes urbanos, pois permite um alto nível de acurácia e precisão para os dados.

Os testes dos procedimentos de fusão da imagem foram de extrema importância, pois há necessidade de encontrar a técnica convencional mais adequada para se aplicar a imagem GeoEye-1 (oferta de imagens de alta resolução). Para a pesquisa o método que melhor se apresentou foi *Gram-Schmidt*, como foi exposto no item 5. Artigo Submetido. No entanto, este não seria o padrão para outras imagens de outras localidades, pois há influência da resposta espectral deste ambientes, pois a alvos diferentes, e a própria atmosfera pode ser diferente. Além de diferentes sensores e satélites, o ideal seria que sempre fosse testados os métodos, antes da aplicação em uma área que não disponibiliza-se informações acerca do melhor método para o sensor em uso e a localidade.

A Classificação Orientada a Objeto - COO apresentou uma otimização no processo de separabilidade do alvo, facilitando o procedimento de classificação, tendo em vista que o ambiente urbano concentra uma enorme quantidade de respostas espectrais parecidas, devido aos inúmeros materiais existentes. Essa variabilidade e similaridade de respostas espectrais acabam por confundir os algoritmos de classificação tradicionais.

No entanto, a COO conseguiu separar bem o que era vegetação do restante dos alvos do ambiente urbano, mas não foi possível separar de modo automático a vegetação arbórea da vegetação rasteira. Foram testados vários parâmetros, incluindo a utilização do Índice de Diferença de Vegetação Normalizada – NDVI, mas mesmo assim, ocorreu confusão na classificação.

O que aparece a princípio como limitador na separabilidade do alvo é a data de coleta da imagem (27/06/2013), logo após o período de chuvas da região, o que fez aparecer muita vegetação rasteira e ao mesmo tempo, muitas folhas novas nas árvores, e como a vegetação arbórea é bem diversificada, algumas espécies e/ou folhas novas tiveram respostas parecidas com a da vegetação rasteira, dificultando assim a separabilidade. Infelizmente não foi possível encontrar o limiar automático de separação dos alvos. O problema foi contornado através de uma pós classificação manual, ou seja, os polígonos que não representavam a vegetação arbórea foram eliminados ou corrigidos.

É de extrema importância uma abordagem que leve em consideração a diferenciação entre Área Total e Padrão Urbano Contínuo. Pois os mesmos podem apresentar valores de índices como os trabalhados nesta pesquisa (ICVAU e IVH) bem diferentes e para o primeiro a área poderá sofrer grandes alterações por pressão do crescimento urbano e o segundo caso sofrerá menos influência, pois as edificações já ocorrem em quase toda a área. Bem como as áreas centrais geralmente apresentam valores menores Índice de Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas - ICVAU, pois tiveram sua área completa ou quase completa ocupadas por edificação.

A manutenção da vegetação através do planejamento e gestão da cobertura vegetal fornecerá uma maior qualidade de vida para a população, mas claro que deve existir a criação de ambientes específicos de acesso ao público, para que possam usufruir em sua plenitude as vantagens de se manter a cobertura vegetal no ambiente urbano.

Pode-se pensar na viabilização de áreas para criação de Unidades de Conservação - UC Urbana, como forma de conservar estes ambientes e propiciar o acesso pela comunidade através de visitação e contato com a natureza. Uma das sugestões desta pesquisa seria a escolha de implantação no bairro Alagados, onde fica a ilha fluvial denominada Ilha da Coroa, onde Varela e Carvalho (2009) apresentaram um estudo de viabilidade ambiental para criação da UC. Outras possibilidades seriam o bairro Itapetinga, o qual ainda concentra grande área com vegetação nativa, o bairro Dix-Sept Rosado também poderia ser pensado, mas já com alguns cuidados, pois apresenta áreas edificadas bem consideráveis.

Entender a presença da vegetação e como ela está distribuída no ambiente urbano é de extrema relevância. Pois a sua presença é um dos fatores determinantes para a qualidade de vida dos habitantes da cidade. A pesquisa apresenta uma contribuição o planejamento urbano e ambiental da cidade de Mossoró, e pode amparar políticas públicas voltadas a qualidade de vida da população.

## 9. REFERÊNCIAS

ABREU, E. L., et al. Análise dos índices de cobertura vegetal arbórea e sub-arbórea das praças do centro de Teresina/PI. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012, Goiânia/GO. **Anais...** Goiânia/GO, IBEAS, 2012, VI-028. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/VI-028.pdf>

ADARWAL, S. et al. Mapping urban tree species using very high resolution satellite imagery: comparing pixel-based and object-based approaches. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, 2 p. 220-236, 2013.

AFFONSO, J. J.; SILVA, M. S.; GALO, M. de L. B. T. Classificação baseada em regras da cobertura da terra a partir de imagens multiespectrais de alta resolução espacial. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu/GO. **Anais...** Foz do Iguaçu/GO: INPE, 2013 p. 1487-1494.

AGUIAR, C. R. de. BATISTELLA, D. Análise das técnicas de fusão de imagens aplicadas ao satélite CBERS-2B (CCD-HRC). In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. P. 2188-2192. Disponível em: [www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0542.pdf](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0542.pdf)

ALVAREZ, I. A. Qualidade do espaço verde urbano: uma proposta de índice de avaliação. 209p. **Tese (Doutorado)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo - Piracicaba, SP, 2004.

ALVES, R. A. L.; VERGARA, O. R. Identificação de alvos urbanos em imagens Ikonos, aplicando classificação orientada a objeto. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia/GO. **Anais...** Goiânia/GO: INPE, 2005, p. 2573-2580.

ANTUNES, A. F. B. **Classificação de ambiente ciliar baseada em orientação a objeto em imagens de alta resolução espacial**. 2003. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2003.

ARYAL, J. Advancing in Spatial Object Recognition: GEOBIA approach. In: **16th Conference of Geographic Information Science**. Leuven – Belgium: Association of Geographic Information Laboratories for Europe (AGILE), 2013.

AZAZ, L. The use of Geographic Information Systems (GIS) in Business. In: **International Conference on Humanities, Geography and Economics**. Planetary Scientific Research Centre. P. 299-303, 2011.

BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Object-Oriented and Multi-Scale Image Analysis in Semantic Networks. In: **2nd International Symposium of Operationalization of Remote Sensing**, Enschede. ITC, 1999.

BAATZ, M.; SCHAPE, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: Strobl, J; Blaschke, T. (Eds). **Angewandte, Geogr. Informationsverarbeitung XII**. Heidelberg: Wichmann, p. 12-23, 2000. Verlag: 12-23.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **REVSBAU**, Piracicaba/SP, v.6, n.3, p. 172-188, 2011.

BENINI, S. M.; MARTIN, E. S. Decifrando as áreas verdes públicas. *Revista Formação*, v.2, nº17: p.63-80, 2011.

BENZ, U. C.; HOFMANN, Peter; WILLHAUCK, G.; LINGENFELDER, I.; HEYNEN, M. Multiresolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. In: **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing** 58 (3–4), 2004. p.239–258.

BLASCHKE, T.; GLÄSSER, C.; LANG, S. Processamento de imagens num ambiente integrado SIS / Sensoriamento remoto – tendências e consequências. In: BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados**. Tradução Herman Kux. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BLASCHKE, T. Object based image analysis for remote sensing. In: **ISPRS International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 65(1): 2010, p. 2-16.

BLASCHKE, T. Object based image analysis: a new paradigm in remote sensing?. In: **Annual conference (ASPRS) American Society for Photogrammetry and Remote Sensing**. Baltimore, Maryland: 2013.

BLASCHKE, T et al. Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a new paradigma. **ISPRS Journal Photogramm Remote Sens.** 87(100): 2014, p. 180–191.

BORGES, C. A. R. da F.; MARIM, G. C.; RODRIGUES, J. E. C. Mapeamento da cobertura vegetal do bairro da Marambaia – Belém/PA. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.7, n.4, p.16-26, 2012.

BORGES, A. F. et al. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem GeoEye. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. P. 7950-7957.

BRASIL. **LEI** nº 6. 766, de 19 de Dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.

BRASIL. **LEI** Nº 9. 785, de 29 de Janeiro de 1999. Altera o Decreto-Lei nº 3. 365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nºs 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano).

BRASIL. Código Florestal. **Lei** nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. 2nd Edition. Oxford: Oxford University Press. 1998. 352 pp..

BRIMICOMBE, A. **GIS, environmental modeling and engineering**. 2nd Edition. Nova York: Taylor and Francis Group, LLC, 2010. 361 pp.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; IDA, F. M. SPRING: Integration remote sensing and GIS by object-oriented data modelling "Spring modeling". **Computares & Graphics**, v. 20, n. 3, 395 - 403, May - Jun, 1996).

CÂMARA, G. MEDEIROS, J. de (Orgs.). **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2º ed. São José dos Campos/SP: INPE, 1998.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

CAMPOS, A. R. et al.. Classificação orientada a objeto para mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Rio Acima – MG: por crescimento de regiões e por extração de objetos. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu/GO. **Anais...** Foz do Iguaçu/GO: INPE, 2013, p. 8035 – 8042.

CARRIJO, M. G. G. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental**: O caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari – MS. 97 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2005.

CARVALHO, M. V. A. et al. Fusão de imagens aplicada a estudos urbanos: avaliação de diferentes técnicas em imagens WordView-2. In: In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: INPE, 2013. P. 0941-0948. Disponível em: [www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1693.pdf](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1693.pdf)

COSTA, R. G. S.; FERREIRA, Cácia Castro M. Análise do índice de áreas verdes (IAV) na área central da cidade de Juiz de Fora/MG. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.4, n.1, 2009, p.39-57.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.

CUNHA, A. C.; COSTA, F. P. Fusão de imagens dos satélites Cbers 2B e Landsat 5 TM. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife. **Anais eletrônicos...** Recife: UFPE, 2010. P.001-005. Disponível em: [http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO\\_CD/artigos/FotoeSR/SR\\_e\\_PDI/A\\_186.pdf](http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/FotoeSR/SR_e_PDI/A_186.pdf)

DALTOÉ, G. A. B.; CATTONI, E. L.; LOCH, C. Análises das áreas verdes do município de São José – SC. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, 2004, **Anais...** UFSC, Florianópolis, 2004.

DEFINIENS IMAGING. 2013. **Ecognition Developer 8**. Munich, Germany. 1 CD-ROM

DIAS, J. E. et al.. Geoprocessamento aplicado à análise ambiental: O caso do município de Volta Redonda – RJ. In: XAVIER-DA-SILVA, Jorge; ZAIDAN, Ricardo Tavares (Org.). **Geoprocessamento e análise ambiental**: aplicações. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

DUARTE, D. A. B. G.; ZIANTONIO FILHO, V. L. Índice de área verde por habitante para o município de Timburi – SP. XVI Econtro Nacional dos Geógrafos, Associação dos Geógrafos Brasileiros, Porto Alegre, 2010. **Anais...** Porto Alegre, 2010.

ESRI. ArcGIS – ArcMap 10.1, help on line. Disponível em: <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//009t000000mw000000> Acessado em: 20.06.2014.

ESRI 2014. **ArcGIS Desktop**: Release 10.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

FARINELLI, F. **Conceitos básicos de programação orientada a objetos**. Apostila – Departamento Acadêmico de Ciência da Computação - IFMG, 35 p., 2007. Disponível em: [http://sistemas.riopomba.ifsudestemg.edu.br/dcc/materiais/1415858715\\_POO.pdf](http://sistemas.riopomba.ifsudestemg.edu.br/dcc/materiais/1415858715_POO.pdf)

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidade médias brasileiras. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, n. 1(1), p. 19-29, 2003.

GUIOMAR, N; et al. **Corine Land Cover Nível 5**. Contribuição para a Carta de Uso do Solo em Portugal Continental. AMDE Edt. Évora, 2009, 226 pp.

GUZZO, P. Estudo dos Espaços livres de uso público da cidade de Ribeirão Preto/SP, com detalhamento da cobertura vegetal e áreas verdes públicas de dois setores urbanos. 1999. 125p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Rio Claro, 1999.

HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. de C. S.; TAVARES, A. R. Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, 2006, p.277-282.

HAY, G. J.; BLASCHKE, T. Foreword Special Issue: Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA). **Journal Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. v. 76 (n. 2): p. 121-122, 2010.

HUANG, L.; LING, N. Object-Oriented Classification of High Resolution Satellite Image for Better Accuracy. In: **Proceedings of the 8th International Symposium on Spatial Accuracy Assesmente In Natural Resources and Environmental Scienses**. Shangai, P. R, China, June 25-27, 2008, p. 221-218.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico** – 2010. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=240800&search=rio-grande-do-norte|moosoro> acessado em 24/07/2013 às 14h00min.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Introdução ao processamento digital de imagens**. Manuais Técnicos em Geociências, n. 7. Rio de Janeiro: IBGE/Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2001.

IRARS, Image Resolution Assessment and Reporting Committee. 1995. **Multispectral Imagery Interpretability Rating Scale Reference Guide**. Washington DC. Disponível em: [http://www.fas.org/irp/imint/niirs\\_ms/msiirs.htm](http://www.fas.org/irp/imint/niirs_ms/msiirs.htm)

JESUS, S. C.; BRAGA, R. Análise espacial das áreas verdes urbanas da Estância de Águas de São Pedro (SP). **Revista Caminhos de Geografia**, nº 18, v. 16, 2005, p. 207-224.

KALPOMA, K. A.; KUDOH, J. Image Fusion Processing for IKONOS 1-m Color Imagery. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, Michigan, v.45, n.10, 2007, p.3075-3086.

LABEN, C. A.; BROWER, B. V. Process for enhancing the spatial resolution of multispectral imagery using pansharpening. United States Eastman Kodak Company (Rochester, NY), **US Patent** 6011875, p. 1 – 9, 2000.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. 1ª Ed. Tradução Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LEAL, G. C. S. de G.; FARIAS, M. S. S. de; ARAÚJO, A. de F. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **QUALIT@S revista eletrônica**, v. 7, nº 1, 2008, p. 1 – 11.

LEONARDI, S. S.; ORTIZ, J. O.; FONSECA, L. M. G. Comparação de técnicas de fusão de imagens para diferentes sensores orbitais. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos...** Goiânia: INPE, 2005. P. 4111-4113. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.22.49/doc/4111.pdf>

LEONARDI, F. et al. Fusão de Imagens CBERS 2B: CCDHRC. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal/RN. **Anais...** Natal/RN: INPE, 2009, p. 6951-6958.

LEUKERT, K. Utilização de dados de SIG para obtenção de Objetos. In: BLASCHKE, Thomas; KUX, Herman. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados**. Tradução Herman Kux. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Revista Formação**, São Paulo/SP, nº 13, p. 139-165, 2006.

LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência**, Gaurapuva, PR, v.1 nº1: p.125-139, 2005.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**. Hygeia v.10, nº8: p. 264-272, 2014.

LUZ, J. et al. Técnicas de fusão aplicadas a imagens do satélite ALOS. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2009, Natal. **Anais eletrônicos...** Natal: INPE, 2009. P. 6959-6965. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.16.47/doc/6959-6965.pdf>

LUZ, L. M.; ARAÚJO, M. L.; RODRIGUES, J. E. C. Estudo das áreas verdes e índice de cobertura vegetal do distrito administrativo de Icoaraci – Daico, Belém-PA. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.2, n.4, p.1454 – 1463, 2012.

LUZ, L. M.; RODRIGUES, J. E. C. Análise do Índice da cobertura vegetal em áreas urbanas: estudo de caso da cidade de Belém PA. **Boletim Amazônico de Geografia**, v. 01, p. 43, 2014.

MACEDO, Y. M.; AIRES, J. R. de A.; MACIEL, A. B. C.. O uso do S.I.G. como ferramenta de gestão urbana no problema das construções irregulares: Estudo de caso de Natal, RN, Brasil. **Revista GEONORTE**, Natal/RN, ed. Especial, v.2, n.4, p.1683 – 1693, 2012.

MAGALHÃES, I. A. L. et al. Análise comparativa entre técnicas de fusão de imagens de alta resolução espacial do satélite Quickbird. **Cadernos de Geociências**, UFBA, v. 8. n. 2, 2011.

MANSSOUR, I. H. **Paradigma orientado a objeto**. Aula 12 da Apostila da disciplina Paradigmas de Linguagens I. Faculdade de Informática - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/PUCRS, 6 p., 2002. Disponível em: <http://www.inf.pucrs.br/~gustavo/disciplinas/pli/material/paradigmas-aula12.pdf>

MARTINS, K. **Expansão urbana desordenada e aumento dos riscos ambientais a saúde humana**: O caso brasileiro. 65 p. - Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Gestão Ambiental. Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2012.

MAZZEI, K.; COLESANTI, M. T. M.; SANTOS, D. G. Áreas verdes urbanas, espaços livres para o lazer. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, nº 19, v.1, 2007, p. 33-43.

MELO, A. G. C. et al. Fragmentos florestais urbanos. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça/SP. Vol. 17, nº 1, p. 58-79, 2011.

MENESES, P. R. Modelos de cores aplicados às imagens. In: MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati (Orgs.). **Introdução ao processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. [E-book] Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Distorções e correções dos dados de imagem. In: \_\_\_\_\_ (Orgs.). **Introdução ao processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. [E-book] Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>

MESQUITA, A. P. **Parcelamento do solo urbano e suas diversas formas**. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2008.

MORERO, A. M.; SANTOS, R. F.; FIDALGO, E. C. C. Planejamento ambiental de áreas verdes: estudo de caso em Campinas-SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 19-30, jun. 2007.

MOSSORÓ/RN (Município). **LEI complementar n.º 012/2006**. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Mossoró e dá outras providências.

MOURA, A. R.; NUCCI, J. C. Análise da cobertura vegetal do bairro de Santa Felicidade, Curitiba/PR. In: **XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2005, São Paulo-SP. **Anais...** São Paulo-SP: USP, 2005, p.328-339.

NAVULUR, K. **Multispectral image analysis using the object-oriented paradigma**. Nova York: Taylor & Francis Group. 206 p., 2007.

NEUBERT, M.; MEINEL, G. Análise de dados do satélite Ikonos baseada m segmentação - utilização do software de análise de dados eCognition para diferentes áreas-testes. In: BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados**. Tradução Herman Kux. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

NIMER, Edmon. Ensaio de um novo método de classificação climática: contribuição à climatologia intertropical e subtropical, especialmente do Brasil. In **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro: IBGE. Ano 31, Nº 227, p. 141-153, mar./abr. 1972.

NUCCI, J. C. Qualidade ambiental e adensamento: um estudo do planejamento da paisagem do distrito de Santa Cecília (MSP). 1996. 229 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo – São Paulo, 1996.

NUCCI, J. C. et al. Cobertura vegetal no bairro centro de Curitiba/PR. **Revista GEOUERJ**, número especial, Rio de Janeiro, 2003. (CD ROM).

NUNES, E. **Geografia física do Rio Grande do Norte**. Natal: Imagem Gráfica Ltda, 2006.

OLIVEIRA, C. H. de. **Planejamento ambiental na Cidade de São Carlo (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em ecologia e Recursos Naturais, UFSCar, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1996.

OLIVEIRA, A. G. et al. Mapeamento de índices de cobertura vegetal dos bairros de Salvador-BA com uso de imagens do sensor RapidEye para o ano de 2009. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu/GO. **Anais...** Foz do Iguaçu/GO: INPE, 2013 p. 0818-0825.

OLIVEIRA, J. C. **Índice para avaliação de segmentação (IAVAS): uma aplicação em agricultura**. 2003. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, Inpe, Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, São José dos Campos, 2003. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/pgsere/Oliveira-J-C-2002/publicacao.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2014.

OSGeo. Open Source Geospatial Foundation. Quantum GIS (QGIS). Open Source Geographic Information System (GIS). Version 2.2 “Vamiera”. 2014. Disponível em: <http://qgis.org/>. (a)

OSGeo. Open Source Geospatial Foundation. Quantum GIS (QGIS). Open Source Geographic Information System (GIS). Version 2.4 “Chugiak”. 2014. Disponível em: <http://qgis.org/>. (b)

OSGeo. Open Source Geospatial Foundation. Quantum GIS (QGIS). Open Source Geographic Information System (GIS). Version 2.6 “Brighton”. 2014. Disponível em: <http://qgis.org/>. (c).

PANCHER, A. M.; ÁVILA, M. R. O uso de geotecnologias na determinação do percentual de áreas verdes urbanas no município de Americana-SP. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.2, n.4, 2012, p.1662 – 1673.

PARANHOS FILHO, A. C.; LASTORIA, G.; TORRES, T. G. **Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução às geotecnologias**. Campo Grande: Ed. UFMS, 2008.

PARANHOS FILHO, A. C. **Análise Geo-Ambiental Multitemporal**: O estudo de caso da região de Coxim e bacia do Taquarizinho. (Tese de doutoramento). Curso de Pós-Graduação em Geologia – UFPR. 2000. 213 p.

PCI Geomatics. **Geomática** Versão 9.1 for Windows. Ontário, Canadá. 16 de dezembro de 2003. 1 CD-ROM. 2003

PESCK, V. D., A. A.; SANTOS, J. R. Comparação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird-2. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ; v. 18 n. 2. p. 127 a 134, 2011.

PCI Geomatics. **Geomática** versão 9.1 for Windows. Ontário, Canadá. 16 de dezembro de 2003. 1 CD-ROM.

PINHO, C. M. D.; RENNÓ, C. D.; KUX, H. J. H. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas À imagem Quickbird. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos...** Goiânia: INPE, 2005. P. 4225-4232. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.20.14/doc/4225.pdf>

PINHO, C. M. D. de, et al. Classificação de cobertura do solo de ambientes intra-urbanos utilizando imagens de alta resolução espacial e classificação orientada a objetos. In: ALMEIDA, Cláudia Maria de; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel V. (Orgs.). **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

PINHO, C. M. D. de; KUX, H. J. H.; ALMEIDA, C. M. Influência de diferentes padrões de ocupação do solo urbano na qualidade de mapeamento de cobertura do solo em imagens de alta resolução espacial: estudo de caso São José dos Campos. In: BLASCHKE, Thomas; KUX,

Herman. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados**. Tradução Herman Kux. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; PIRES, A. M. Z. C. R. Gestão biorregional: uma abordagem conceitual para o manejo de paisagens. In: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H.; PIRES, A. M. C. R. (Org.). **Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção**. São Carlos; RIMA, 2004.

POLIZEL, S. P. et al. Aplicação e avaliação de técnicas de fusão em imagens Ikonos e GeoEye. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba/PR. **Anais...** Curitiba/PR: INPE, 2011, p. 7761.

QUEVEDO, E. R. et al. Aplicação da segmentação (SPRING) de imagens para avaliação ambiental multitemporal da bacia do Córrego Ceroula – MS, no período 1985 – 2007. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal/RN. **Anais...** Natal/RN: INPE, 2009, p. 1481-1488.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais Folha SD.24/25 jaguaribe/Natal: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral, 1981, v. 23, 744 p.

ROQUE, C. G.; OLIVEIRA, I. C. de; FIGUEIREDO, P. P.; BRUM, E. V. P.; CAMARGO, M. F. Georrefenciamento. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta/MT, v.4, n.1, p.87-102, 2006.

SALLES, M. C. T.. **Análise das potencialidades e fragilidades da política urbana e ambiental o município de Mossoró (RN)**. 2013. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciências Naturais, Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró/RN, 2013.

SALLES, M. C. T.; GRIGIO, A. M.; SILVA, M. R. F. da. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN - Brasil. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 2, n. 25, p.281-290, 2013.

SCHNEIDER, M. J.; BELLON, O. R. P.; ARAKI, H. Experimentos em fusão de imagens de alta resolução. **Boletim Ciências Geodésicas**, Curitiba-PR, v. 9, n. 1, p. 75-88, 2003.

SEBESTA, R. W. **Conceitos de Linguagem de Programação**. 9º ed. ARTMED Editora S.A: Porto Alegre – RS, 2011. *Google Books*, 2014. Web. Acessado em: 04.02.2014.

SILVA, A. A. **Análise da paisagem aplicada à caracterização e planejamento ambiental da mata ciliar no trecho urbano do rio Apodi-Mossoró (Mossoró/RN)**. 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia Bacharelado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó/RN, 2012.

SILVA, G. B. S. et al. **Procedimento para correção de geométrica de imagens de satélite**. Campinas-SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012. 18p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Circular Técnica, 18). Disponível em: [http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/CT\\_18.pdf](http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/CT_18.pdf)

SILVA, M. T. et al. **Proposta de legenda de uso e ocupação para mapeamento de detalhes em áreas urbanas. Estudo de caso: bairro Presidente Costa e Silva – Mossoró/RN**. Trabalho submetido ao comitê de avaliação do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa, 2015.

SOUZA, S. M. **Mapeamento e avaliação da vegetação urbana da cidade de Vitória – ES, utilizando geotecnologias**. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro/ES, 2011.

SOUZA, S. M. et al. Análise dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Vitória – ES. **REVSBAU**, Piracicaba/SP, v. 8, n.1, 2013, p.112-114.

TELLES JUNIOR, M. A. B. G. **Super-resolução de imagens de sensoriamento remoto**. 2008. 123f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2008.

Threetek. 2013. Soluções em Geomática. *Imagem GeoEYE*. CDROM.

TRIMBLE. eCognition® Developer 8.64.1. **User Guide**. Trimble Documentation, München, Germany: 2011.

VARELA, M. C.; CARVALHO, R. G. Viabilidade ambiental para a criação de unidades de conservação na Ilha da Coroa, Mossoró – RN. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, V. 21 (2), 2009. P. 7-21.

VIEIRA NETO, J. O fenômeno da urbanização no Brasil e a violência nas cidades. Espaço em Revista. Catalão/GO, v.13, nº 2, 2011, p. 125 – 149.

WALD, L. Some terms of reference in data fusion. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**. v. 37, n. 3, p.1190-1193, 1999.

WENG, Q. **Remote Sensing and Gis Integrated: theories, methods and applications**. Nova York: McGraw-Hill Companies, 433 pp. 2010.

ZANIN, E. M.; ROSSET, F.; DALAVALE, L. C. Índice de áreas verdes pública para o município de Getúlio Vargas, RS. In: Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu/MG, 2007, Sociedade de Ecologia do Brasil. **Anais...** Caxambu/MG, 2007.

ZANG, Y.; MAXWELL, T. A fuzzy logic approach to supervised segmentation for object-oriented classification. In: **Annual Conference of the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)**, Reno-Nevada, 2006.