



13º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA



# XIII CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

“Agrimensura: A Engenharia e as Novas Tecnologias”

01 a 03 de junho de 2017

Teresina – Piauí

Auditório do Blue Tree Towers Rio Poty Hotel

## ANAIS

ISBN: 978-85-509-0270-8

ISBN 978-855090270-8



## APOIO:



## APRESENTAÇÃO

A Associação Piauiense dos Engenheiros Agrimensores – APEAG, em parceria com o CREA-PI e MÚTUA-PI, e apoio da UFPI e IFPI, realizou o **13º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA – 13º CONEA**, evento da área tecnológica voltado para o aperfeiçoamento, fortalecimento e conagração dos profissionais da Engenharia de Agrimensura brasileira, e que por meio de palestras e mesas redondas, mediante debates e exposições na mídia, procurando ressaltar a importância da classe para o desenvolvimento sustentável da sociedade com o tema, “**AGRIMENSURA: A ENGENHARIA E AS NOVAS TECNOLOGIAS**”

O **CONEA 2017** é um evento de substancial importância para a modalidade da Engenharia de Agrimensura, que reúne uma quantidade expressiva de engenheiros agrimensores, estudantes de engenharia de agrimensura além de outros profissionais e estudantes de áreas afins. Com o tema **Agrimensura: A engenharia e as novas tecnologias**, os participantes tiveram a oportunidade de atualizar os conhecimentos na área das geotecnologias, ou seja, Topografia; Fotogrametria; Cartografia; Sensoriamento Remoto; Posicionamento por Satélite; Geoestatística; Geoprocessamento; *WebMapping*, SIG entre outras. Com isso, vislumbrou-se melhorar a produtividade e qualidade dos serviços prestados para sociedade bem como oportunizar a profissionais, estudantes e professores, contato com as constantes evoluções tecnológicas na área da Engenharia de Agrimensura.

Em sua programação constou minicursos, palestras, apresentações, orais e em pôster, de trabalhos científicos desenvolvidos por profissionais e estudantes bem como uma feira com expositores institucionais e empresariais.

O evento foi realizado no período de 1º a 3 de junho de 2017, na cidade de Teresina-PI, e contou com um público de 500 (quinhentos) participantes, entre profissionais e estudantes inscritos.

**Engenheiro Agrimensor Ronildo Brandão da Silva**  
**Presidente da APEAG**  
**Coordenador do evento**

## **COMISSÃO ORGANIZADORA**

Ronildo Brandão da Silva  
Walterwilson Carvalho Leite  
Josemar Antonio Borges da Silva  
Sandro Antonio da Cunha Souza  
Daniella Rodrigues Tavares  
Valdemar Machado Vieira  
Israel de Oliveira Costa  
Cleomenilson Silva Damasceno  
Olivian Araújo Gonçalves  
Francisco Alves dos Santos Filho

## **COMISSÃO CIENTÍFICA**

Alessandro Rhadamek Alves Pereira – UFPI  
Antônio Aderson dos Reis Filho – UFPI  
Débora Araújo Carvalho – UFPI  
Dinameres Aparecida Antunes – UFPI  
Emanoel Gomes de Sousa Silva – UFPI  
Ewerton Chaves Moreira Torres – UFPI  
Francisco Soares Barbosa – UFPI  
Giovana Mira de Espindola – UFPI  
Hamifrancys Brito de Meneses – UFPI  
Helder de Sena Barboza – UFPI  
Israel de Oliveira Costa – UFPI  
José Ozildo de Moura – UFPI  
Marcos Machado de Albuquerque – UFPI  
Oneida Barros Bezerra – UFPI (Presidente)  
Rogério de Carvalho Veras – UFPI  
Wendson de Oliveira Souza – UFPI

## **DESIGN E EDITORAÇÃO**

Antônio Aderson dos Reis Filho - UFPI  
João Vítor Vieira Rocha – UFPI  
Kalima Mendes Pitombeita – UFPI

## PROGRAMAÇÃO

### Dia 01 de Junho

08h

Minicurso: **Transporte de altitude ortométrica pelas ondulações geoidais**  
*Ministrante: Engenheiro Agrimensor Luiz Carlos da Silveira*

10h

Minicurso: **Geoempendedorismo**  
*Ministrante: Engenheiro Cartógrafo Eduardo Freitas*

14h

Minicurso: **GNSS RTK para topografia**  
*Ministrante: Professora Marilena da Silva Alves*

16h

Minicurso: **Mapeamento multifinalitário com VANT**  
*Ministrante: Engenheiro Agrimensor Wallardson Lopes de Moura*

20h

Abertura do CONEA - Palestra: **As carreiras nas áreas tecnológicas e a crise da engenharia nacional, impasses e soluções**  
*Palestrante: Prof. Dr. José Sérgio Gabrielli de Azevedo*

22h

**Lançamento da Revista Digital de Engenharia de APEAESP**  
*Apresentação: Francisco de Sales Vieira de Carvalho – Presidente da APEAESP*

### Dia 02 de Junho

09h

Palestra: **Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais - SINTER**  
*Palestrante: Eng. Luiz Carlos da Silveira – Editor da Revista A Mira*

11h

Palestra: **Conjuntura da situação fundiária no Piauí e experiências no judiciário**  
*Palestrante: Heliomar Rios Ferreira – Juiz da Vara Agraria de Bom Jesus*

14h30

Palestra: **GIS, soluções para alavancar oportunidades de crescimento profissional**  
*Palestrante: Prof. Dr. Abimael Cereda Junior*

16h30

**Palestra: Aplicação de VANT em obras de infraestrutura, captação e processamento de imagens para mapeamento.**

*Palestrante: Me. George Alfredo Longhitano – Diretor da G Drones*

**Dia 03 de Junho**

09h

**Palestra: Tendências, Desafios e Oportunidades no Setor de Geotecnologias.**

*Palestrante: Eng. Eduardo Freitas – Diretor de Operações do MundoGEO*

10h30

Coffe Break

11h

**Palestra: Novas tecnologias na perícia criminal ambiental.**

*Palestrante: Prof. Dr Carlos Loch – UFSC*

12h30

Almoço Livre

14h30

**Palestra: Engenharia Unida.**

*Palestrante: Eng. Murilo Celso Campos Pinheiro – Presidente da Federação Nacional dos Engenheiros*

16h

Coffe Break

16h30

**Palestra: Regularização fundiária como campo de atuação do engenheiro agrimensor.**

*Palestrante: Profa. Dra Yuzi Anai Zanardo Rosenfeldt – UFSC*

18h30

**ENCERRAMENTO do XIII CONEA.**

*Discussão Assembleia Geral da FENEA*

## FORMATÇÃO DE TRABALHOS A SER SUBMETIDO AO CONEA 2017 - XIII CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

Nome do Primeiro Autor

Formação acadêmica

Instituição onde atua

Endereço para contato. E-mail:

primeiroautor@servidor.br

Nome do Segundo Autor

Formação acadêmica

Instituição onde atua. E-mail:

segundoautor@servidor.br

Nome do Terceiro Autor

Formação acadêmica

Instituição onde atua. E-mail:

terceiroautor@servidor.br

**Resumo** - Este resumo apresenta um modelo para o texto de trabalho a ser publicado nos Anais do CONEA 2017 – XIII Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura. Este modelo mostra a configuração básica do texto, bem como os detalhes sobre a publicação de mapas, figuras, tabelas, equações e referências. O idioma oficial é o português, porém serão aceitos também textos em inglês ou espanhol. O resumo deve conter até 250 palavras.

**Palavras-chave:** ..... (quatro não excedendo a uma linha).

**Abstract** - This paper shows a model for the manuscript to be published in the Proceedings of the CONEA 2017– XIII Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura. This model shows the basic text configuration, as well as the details about the publication of maps, figures, tables, equations, and references. The official language is Portuguese, however texts in English or Spanish will also be accepted.

**Key-words:** ..... (four words, not exceeding one line).

### 1 INTRODUÇÃO

Este modelo tem por finalidade orientar os autores para a apresentação dos artigos e resumos expandidos submetidos ao CONEA 2017 – XIII Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura. Como orientação geral, os autores devem seguir as configurações que constam neste modelo, desde o texto como um todo, bem como os detalhes sobre a publicação de mapas, figuras, tabelas, equações e referências.

O primeiro autor do trabalho será o responsável para o recebimento das comunicações da Comissão Organizadora do CONEA 2017. Recomenda-se que cada trabalho tenha, além do autor principal, um máximo de 3 (três) co-autores.

O idioma oficial do CONEA 2017 é o português, porém serão aceitos também artigos em inglês ou espanhol. Todos os trabalhos previamente avaliados e aprovados integrarão os Anais do CONEA 2017.

Os Anais do CONEA 2017 serão publicados na internet na página do evento: <http://www.apeag.com.br>, com os trabalhos avaliados e apresentados.

Os artigos e resumos expandidos devem ser enviados até o dia 03 de maio de 2017. Todos os trabalhos aprovados serão apresentados no CONEA2017 somente em formato de pôster.

## 2 METODOLOGIA

O trabalho deve ser totalmente digitado em fonte Times New Roman. Esta diretriz inclui, portanto, o título do trabalho, autores e respectivos atributos e endereços, títulos de seções e legendas de figuras e tabelas, além do texto normal do trabalho. O texto deve ser digitado com alinhamento justificado.

### 2.1 Tamanho do trabalho

Os trabalhos incluindo mapas, figuras e tabelas, devem ter até 3 (três) páginas para resumo expandido e até 10 (dez) páginas para o artigo (incluindo referências bibliográficas), configurado para o tamanho padrão A4 (21 cm x 29,7 cm). Recomenda-se não reduzir mapas, figuras e tabelas a tamanhos que sacrifiquem o entendimento dos símbolos e legendas nelas incluídos

### 2.2 Configuração da página

As páginas devem ser configuradas para o tamanho A4 e deve ser formatada de modo a apresentar 3,0 cm de margem esquerda e superior, e 2,0 cm como margem direita e inferior. Dentro desta área o texto deve ser formatado em uma única coluna. Solicita-se não incluir moldura no texto nem numeração de páginas. Recomenda-se também não alterar: cabeçalho e rodapé.

### 2.3 Formatação do texto

O título deve ser digitado em negrito, em letras maiúsculas, centralizado e em tamanho 14 pontos, não excedendo três linhas, seguido de uma linha em branco (12 pontos). Na sequência deverá ser digitado o nome do autor em tamanho 12 pontos, centralizado, e nas linhas seguintes, em tamanho 10 pontos e também centralizado, a formação acadêmica, a instituição onde atua, o endereço e o e-mail. Para incluir os dados dos coautores, quando houver, seguir a mesma sequência deixando uma linha em branco entre eles. Deve-se deixar 2 linhas em branco antes do resumo, e uma linha entre os itens subsequentes (abstract, palavras-chave, *key-words*).

Digite o título **Resumo** em negrito, alinhado à esquerda, tamanho 10 pontos seguido de um traço. Sem trocar de linha, digite o texto do resumo, em tamanho 10 pontos com alinhamento justificado. Pule uma linha e digite o título **Palavras-chave:** em negrito, alinhado à esquerda, tamanho 10 pontos. Digite então até 4 palavras chave, separadas por ponto, com somente a primeira letra de cada palavra chave em maiúscula. Na sequência devem vir o **Abstract** e as **Key-words:** em Inglês, seguindo o mesmo padrão de formatação do resumo e das palavras-chave. Tanto o resumo quanto o “abstract” não devem exceder 250 palavras.

A seguir, separado por 2 linhas (12 pontos), o texto deve ser iniciado pela Introdução. Os títulos das seções (**1 INTRODUÇÃO**, **2 METODOLOGIA**, por exemplo.) devem ser escritos em negrito, em maiúsculo e alinhados à esquerda, sendo que o conteúdo propriamente dito deve ser iniciado após espaçamento de uma linha e tabulação (1 cm). Ao final de cada seção deve-se deixar uma linha em branco. Todo o texto deverá ser escrito em espaço simples

e tamanho 12 pontos. Para as subseções, somente a primeira letra do subtítulo deve ser maiúscula, sendo todas em negrito, com o título alinhado à esquerda.

## 2.4 Formatação de mapas, figuras e tabelas

Todas as ilustrações e gráficos devem ser centralizados. Os mapas, figuras, tabelas, etc., devidamente referenciadas no texto, podem ser colocadas da maneira mais conveniente para o autor em uma ou duas colunas, desde que o texto permaneça em uma coluna. Recomenda-se ainda que antes e após os elementos não textuais e suas respectivas legendas, deixe-se uma linha de espaçamento entre estes e o texto. Os autores não devem esquecer da colocação de legendas nas figuras, tabelas, gráficos e outros elementos. As figuras devem ser numeradas sequencialmente com algarismos arábicos, conforme o exemplo da Figura 1.

Figura 1. Centralizada na coluna e com legenda acima da figura



Fonte: UFPI

Todas as equações deverão ser tabuladas a 1 cm da margem esquerda e numeradas sequencialmente, conforme o exemplo abaixo, com os números entre parênteses que devem ser usados quando forem referenciadas no texto:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (1)$$

Todas as tabelas deverão ser numeradas sequencialmente com algarismos arábicos, conforme o exemplo abaixo:

Tabela 1. Legenda acima da tabela, centralizada.

	A	B	C
X	1	2	3
Y	4	5	6
Z	7	8	9



## 2.5 Formatação das citações e referências bibliográficas

As citações e as referências bibliográficas usadas no texto devem obedecer às normas mais atualizadas ABNT.

As citações devem ser indicadas pelo sistema autor e datas, conforme exemplo: AUTOR (ano).

As referências bibliográficas citadas no texto devem ser listadas no fim dos trabalhos, em ordem alfabética, alinhamento na margem esquerda, sem deslocamentos, conforme exemplos mostrados no item 6.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Versão

Tanto o artigo como o resumo expandido, enviados para avaliação, já deverão estar em seu formato final, não serão reenviados para novas correções.

Pede-se que os autores revisem cuidadosamente os trabalhos para evitar erros de digitação e formatação. O texto é de exclusiva responsabilidade dos autores. Os avaliadores são responsáveis em analisar a qualidade científica do trabalho.

### 3.2 Orientações para envio do trabalho

Os trabalhos deverão ser enviados conforme orientações que constam em .....pagina do evento ..... O arquivo deve ser gravado em formato Adobe Reader (sobrenome.pdf). O nome do arquivo deve ser o do último sobrenome do primeiro autor para o caso deste ter um único trabalho enviado como tal (ex: sobrenome.pdf), ou então o sobrenome seguido de uma numeração crescente a depender da quantidade de trabalhos enviados (ex: sobrenome1.pdf, sobrenome2.pdf, etc).

### 3.3 Avaliação dos trabalhos

A Comissão Científica do CONEA 2017 é a responsável pela avaliação dos trabalhos submetidos de forma voluntária pelos profissionais e comunidade acadêmica. A avaliação dos trabalhos submetidos ao CONEA 2017 terão os seguintes critérios:

- a) Cada trabalho será enviado a 2 avaliadores membros da Comissão Científica.
- b) O trabalho que tiver aprovação dos avaliadores será considerado APROVADO para apresentação no CONEA 2017.
- c) Se houver divergência quanto a decisão dos avaliadores o trabalho será enviado a um terceiro avaliador.
- d) Todos os trabalhos aprovados serão apresentados em formato PÔSTER.

## 4 CONCLUSÕES

Serão aceitos apenas os trabalhos que satisfizerem as condições deste regulamento. Fica estabelecido que ao enviar seu trabalho, o(s) autor(es) concorda(m) com todas as regras e que autoriza(m) a Comissão Organizadora do CONEA 2017.

Para obter informações adicionais, tirar dúvidas, enviar sugestões ou fazer reclamações relacionadas aos trabalhos a serem submetidos ao CONEA 2017, contatos devem ser estabelecidos com a Coordenação Científica do evento: Professora Dr<sup>a</sup> Oneida Barros Bezerra / UFPI - e-mail: [conea2017cc@gmail.com](mailto:conea2017cc@gmail.com)

## **AGRADECIMENTOS**

Havendo agradecimentos, estes deverão vir antes das referências bibliográficas.

## **REFERÊNCIAS**

GEMAEL, C. **Introdução à Geodésia Física**. 1ª. ed. Curitiba: UFPR, 1999.

GEMAEL, C.; ANDRADE, J. B. **Geodésia Celeste**. 1ª. ed. Curitiba: UFPR, 2004.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. 2nd. ed. Berlin-New York: Walter de Gruyter, 2003.

TORGE, W. **Geodesy**. 3rd. ed. Berlin-New York: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, 2001.

VANÍČEK, P.; KRAKIWSKY, E. J. **Geodesy: the concepts**. 2nd. ed. Amsterdam-New York: North-Holland Publishing Company, 1986.

**TITULO: SUBTÍTULO (se houver) (escrita centralizada, letras maiúsculas, negrito, fonte maior) .**

**Nojfsdjff Santos OLIVEIRA<sup>1</sup>; SaLfjfsdhgdjk Silva PAIVA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mestrando, Universidade Federal de xxx, Departamento de XXXX– Campus XXXXXX, oliveira@ xxx.com.br;

<sup>2</sup> Prof. Dr., Instituto Federal de XXXX, Departamento de XXXXX– Campus XXXX, paiva@xxx.com.br.

## Introdução

Seguem algumas orientações para a organização textual e apresentação gráfica de pôsteres para o XIII CONEA:

- O pôster deve conter informações referentes ao resumo expandido apresentado ao congresso para avaliação.
- O conteúdo deve ser autoexplicativo, conciso e refletir a essência do trabalho.
- Utilize fonte Calibri, tamanho de fonte 72 como mínimo para título, 36 para os cabeçalhos e fonte 30 como mínimo para conteúdo.
- Organize-o em seções tais como:
  - introdução;
  - objetivos;
  - material e métodos (ou metodologia);
  - resultados e discussões (quando houver) ;
  - considerações finais e
  - referências (somente das citadas).
- Indica que a organização seja feita em duas ou três colunas.
- sempre que possível, apresente ilustrações que facilitem o entendimento .
- o tamanho do Pôster deve ter: largura – 90cm; altura – 120cm.
- O pôster deve ser confeccionado em material adequado (lona, PVC, glosspaper ou similar).

## Metodologia

As figuras devem ter destaque. São elas que fisgarão os visitantes e que ajudarão a dar sustentação aos seus argumentos, de maneira mais eficaz do que os textos, quando bem combinadas com os diagramas e esquemas. Nunca deixe de citar as fontes das figuras que pegar emprestadas.

Atenção para o tamanho da fonte das figuras inseridas no pôster. Cuidado com as distorções, mantenha a proporção original.



Figura 1 – Exemplo de figura

## Resultados e discussões

- As Figuras devem ter alta qualidade, de preferência coloridas e gráficos bem elaborados. Figuras e tabelas deverão cobrir, no máximo, 50% do pôster, informando a fonte dos dados contidos nas mesmas. A fonte deverá ser colocada abaixo das figuras e tabelas.

## Agradecimentos

- O pôster deve ser legível a uma distância de pelo menos 1 m.
- Deve-se evitar o uso de citações e notas de rodapé.

## Considerações finais

Agradeça o apoio financeiro de agências de fomento para o desenvolvimento do trabalho e participação no evento.

## Referencias

Listar as referências citadas no texto de acordo com as normas da ABNT NBR 6023. Sugere-se a utilização de, no máximo, 5 referências no pôster.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15437** : Informação e documentação: Pôsteres técnicos e científicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2006.

## SUMÁRIO

<b>1. ANÁLISE DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NOS ANOS DE 1996 E 2016 DO PARQUE NACIONAL DAS NASCENTES DO RIO PARNAÍBA .....</b>	<b>14</b>
<i>LIRA, D.; LOPES, F.; ANTUNES, D.</i>	
<b>2. OSÓRIO, TURBINAS DA MUDANÇA.....</b>	<b>23</b>
<i>ARAÚJO, M.; FIGUEREIDO, E.; ANTUNES, D.</i>	
<b>3. USO DO SIG NA DELIMITAÇÃO E MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO POTI (TERESINA/PI).....</b>	<b>33</b>
<i>MENDES, I.; REIS FILHO, A.; ESPINOLA, G.</i>	
<b>4. UTILIZAÇÃO DE PLANILHA DO EXCEL PARA AUTOMAÇÃO DO ÍNDICE DE NOMENCLATURA E ARTICULAÇÃO DE CARTAS .....</b>	<b>43</b>
<i>JÚNIOR, V.; GOMES, D.; MEDEIROS, L.; NEVES, L.</i>	
<b>5. ESTUDO DE CASO: QUANTITATIVO E ANÁLISE ESPACIAL DOS FOCOS DE INCÊNDIO EM TERESINA-PI .....</b>	<b>53</b>
<i>GOMES, D.; TEIXEIRA, G.; SOUSA L.; CARDOSO L.</i>	
<b>6. ANÁLISE DO MOVIMENTO DE MIGRAÇÃO DAS DUNAS DE ILHA GRANDE DO PIAUÍ ENTRE 1985 E 2015 .....</b>	<b>63</b>
<i>OLIVEIRA, L.; JUNIOR, M.; ANTUNES, D.</i>	
<b>7. O RECENTE ESTADO DE SECA DA LAGOA DO PORTINHO: COMO, QUANDO E QUANTO?.....</b>	<b>72</b>
<i>BENEVIDES, R.; SABOIA, C.</i>	
<b>8. ESTIMATIVA DAS COMPONENTES DO DESVIO DA VERTICAL NO CAMPUS MINISTRO PETRÔNIO PORTELLA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ .....</b>	<b>82</b>
<i>SANTOS, M.; SOUSA, I.; SOUZA, W.</i>	
<b>9. CONFECCÃO DE UMA CARTA IMAGEM DO MUNICÍPIO DE SOUSA/PB UTILIZANDO O MÉTODO IHS COM DADOS DO SENSOR PAN DO SATÉLITE CBERS-4 .....</b>	<b>92</b>
<i>GUEDES, L.; BARBOSA, L.; JUNIOR, V.</i>	
<b>10. AVALIAÇÃO DO USO DE IMAGENS OBTIDAS POR DRONE PARA PRODUÇÃO DE BASE CARTOGRAFICA DE BAIXO CUSTO PARA FINS CADASTRAIS .....</b>	<b>95</b>
<i>ROCHA, S.; SANTOS P.; BRANDÃO A.</i>	
<b>11. A IMPORTÂNCIA DO CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO NA GESTÃO E NO PLANEJAMENTO URBANO .....</b>	<b>104</b>
<i>COSTA, L.; REIS FILHO, A.A.; ROCHA, J.</i>	

<b>12. INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS, DIRETRIZES E PADRÕES .....</b>	<b>113</b>
<i>MOREIRA, T.; REIS FILHO, A.A.; PITOMBEIRA, K.</i>	
<b>13. GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS PARA FINS DE CERTIFICAÇÃO EM ATENDIMENTO À LEI 10267/2001. ESTUDO DE CASO: FAZENDA EXPERIMENTAL DA UFBA EM SÃO GONÇALO DOS CAMPOS/BAHIA .....</b>	<b>123</b>
<i>DA SILVA, M.; BRANDÃO A.; CAZUMBÁ, D.</i>	
<b>14. SISTEMA INTEGRADO: OPINIÃO DO USUÁRIO SOBRE A IMPLANTAÇÃO .....</b>	<b>133</b>
<i>LEAL, F.; BEZERRA, O.</i>	
<b>15. ESTUDOS ALTIMÉTRICOS E DO COMPORTAMENTO GEOIDAL NO CAMPUS MINISTRO PETRÔNIO PORTELLA DA UFPI .....</b>	<b>142</b>
<i>PEREIRA, A.; SOUZA, W.; ESPINOLA, G.</i>	
<b>16. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ALTITUDE ORTOMÉTRICA E ALTURA ELIPSOIDAL NO CAMPUS MINISTRO PETRÔNIO PORTELLA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ.....</b>	<b>149</b>
<i>PEREIRA, M; CARVALHO, I.; SOUZA, W.</i>	
<b>17. MAPEAMENTO DO CRESCIMENTO DA ÁREA URBANA E ÁREA DE PLANTIO EM URUÇUÍ COM O USO.....</b>	<b>158</b>
<i>CUNHA, E.; NUNES, F.</i>	
<b>18. MAPEAMENTO DO USO DA TERRA COM IMAGENS LANDSAT: A EXPANSÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO SUDOESTE PIAUIENSE .....</b>	<b>166</b>
<i>FIGUEIREDO, E; ESPINOLA, G.</i>	
<b>19. APLICAÇÃO DA GEOESTATÍSTICA COMO FERRAMENTA DE ECONOMIA EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS.....</b>	<b>171</b>
<i>MEDEIROS, L.; NEVES, L.; JUNIOR, V.</i>	
<b>20. TECNOLOGIA BIM NA PRODUTIVIDADE DE TRABALHOS PROFISSIONAIS E ACADÊMICOS.....</b>	<b>177</b>
<i>ANDRADE, C.; PEREIRA, J.</i>	
<b>21. BELO MONTE E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS.....</b>	<b>186</b>
<i>JUNIOR, M.; OLIVEIRA, L.; ANTUNES, M.</i>	

# ANALISE DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NOS ANOS DE 1996 E 2016 DO PARQUE NACIONAL DAS NASCENTES DO RIO PARNAÍBA

Danilo José da Silva Lira

Graduando em engenharia cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
danilo.jose1994@hotmail.com

Flavio Augusto de Lima Sá de Moraes Lopes

Graduando em engenharia cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
f\_agusto\_1@hotmail.com

Dinameres Aparecida Antunes

Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Geografia, UEPG  
Universidade Federal do Piauí  
dinameres@gmail.com

**Resumo-**Este artigo buscou analisar a variabilidade do índice de vegetação em datas diferentes: agosto de 2016 e setembro de 1996 na área que compreende o Parque Nacional das Nascentes do rio Parnaíba, localizado no sul do estado do Piauí que abrange também algumas cidades dos estados do Maranhão, Tocantins e Bahia. Diante deste contexto é apresentada a relação entre os índices de vegetação em duas datas e relacionadas às possíveis causas de perda dessa vegetação. Essa abordagem foi feita mediante mapas de NDVI e mapa de queimada, com foco na área de preservação, onde foi possível notar-se diferenças nos anos analisados.

**Palavras Chave:** Cerrado, NDVI, Vegetação.

**Abstract-**This article sought to analyze the variability of the vegetation index on different dates: August 2016 and September 1996 in the area comprising the Parnaíba River Spring National Park, located in the south of the state of Piauí, which also covers some cities in the states of Maranhão, Tocantins and Bahia. In this context, the relationship between the vegetation indexes in two dates and related to the possible causes of loss of this vegetation is presented. This approach was done using maps of NDVI and burn map, focusing on the preservation area, where it was possible to notice differences in the analyzed years.

**Keywords:** Cerrado, NDVI, Vegetation.

## 1 INTRODUÇÃO

O Parnaíba é um rio brasileiro que banha os estados do Maranhão e do Piauí. Segundo a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba, CODEVASF (2014), o rio tem suas origens na Serra da Tabatinga, que limita o Piauí com a Bahia, Maranhão e Tocantins. As nascentes se formam a partir de ressurgências na Chapada das Mangabeiras, que originam os cursos dos rios Lontras, Curriola e Água Quente que unidos formam o rio Parnaíba.

O rio Parnaíba banha cerca de 50 cidades nordestinas e possui cerca de 1.485 km de extensão até desaguar no mar, é um dos maiores rios do Nordeste com importante papel socioeconômico. Constatamos este fato principalmente pela potencialidade de seus recursos naturais que propiciam aptidão para o desenvolvimento de inúmeras atividades: pesqueiras e

agropastoris, de navegabilidade, de energia elétrica, de abastecimento urbano, de lazer, dentre outras.

Com o objetivo de preservar suas nascentes e realizar pesquisas científicas, foi criado por meio de decreto presidencial, no ano de 2002 o Parque Nacional das Nascentes do Parnaíba (PNNP). Segundo informa o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), este é o quarto parque nacional do Piauí. O Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba tem seu nome no plural porque o rio Parnaíba tem várias nascentes, possui uma área de 729.813 hectares, localizado entre as Serras da Tabatinga e a Chapada das Mangabeiras, divisa dos estados do Piauí, Bahia, Tocantins e Maranhão. A unidade de conservação abrange os municípios de Alto Parnaíba (MA), Barreiras do Piauí, Corrente, Gilbués e São Gonçalo do Gurguéia (PI), Formosa do Rio Preto (BA), São Félix do Tocantins, Mateiros e Lizarda (TO).

As nascentes do rio Parnaíba conformam a segunda maior bacia hidrográfica do nordeste, atualmente estão sendo ameaçada pelo processo de ocupação da área e da utilização desordenada dos seus recursos naturais. A nascente tradicional é preservada por um emaranhado de árvores frondosas e altas, palmeiras e pequenas plantas. MMA (2006).

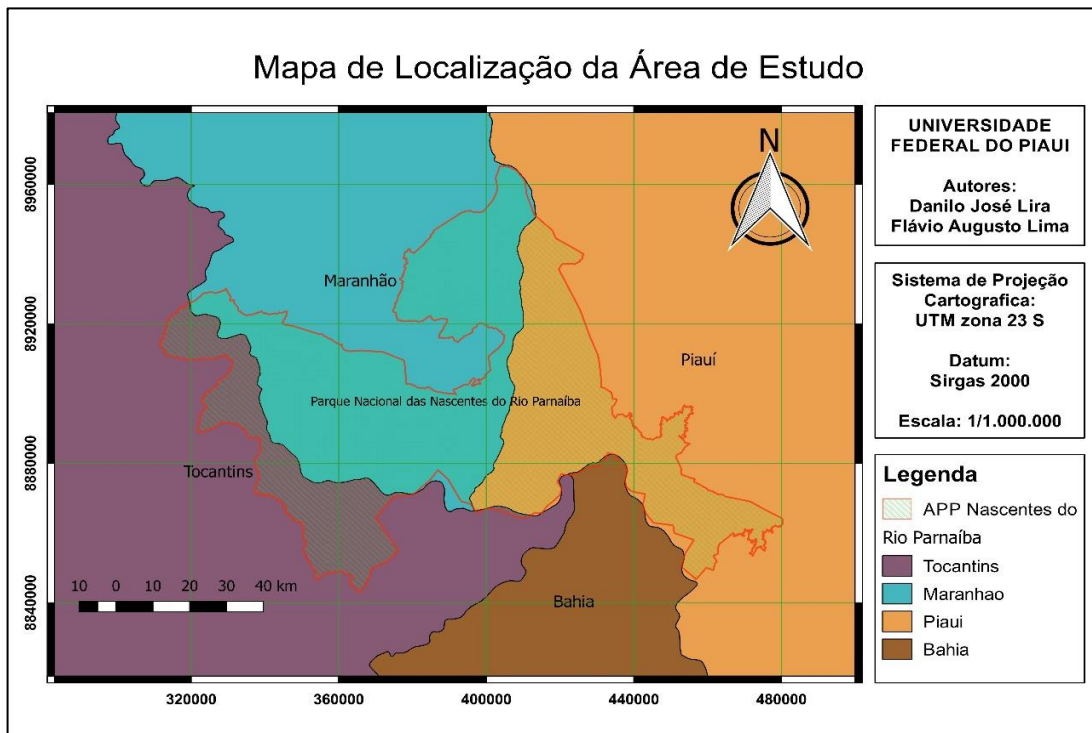
A região é caracterizada por um clima tropical semiúmido, com duas estações climáticas bem definidas: período seco (de maio a novembro) e o chuvoso (de dezembro a abril). Os meses de agosto a outubro são os mais críticos em relação à seca e aos focos de incêndio. A temperatura média anual é de 26° C. A região se enquadra nos domínios dos Chapadões Tropicais compostos por vastas superfícies de aplainamento. A parte alta é formada por superfícies de platôs, localizada na Chapada das Mangabeiras, com altitudes médias de 800 metros. Já a parte baixa, formada pelo processo erosivo da Chapada das Mangabeiras, que origina a Serra da Tabatinga. A altitude média é de 400 metros e corresponde à maior porção do Parque. Nesta área localizam-se as nascentes (formadas a partir de ressurgências na Chapada das Mangabeiras) e veredas, marcadas pela grande presença de brejos, tributários dos principais rios protegidos pelo Parque. ICMBIO (2014).

Um dos principais problemas que afetam a região é a falta de recursos financeiros e humanos que tem dificultado a efetivação das medidas necessárias para a proteção do Parque. A UC não possui Plano de Manejo nem Conselho Consultivo, que fazem parte das prioridades de ação. Equipes da Unidade, estimam que a maior parte dos proprietários da região utilizam as terras somente no período da estiagem, sendo que a atividade predominante é a criação extensiva de gado nas veredas.

De acordo com o ICMBio, a presença humana no interior da UC é mínima, concentrando-se nos povoados: Brejinho, Macacos, Taboca e Curupá, o que tem sido o grande responsável pelos incêndios que vem ocorrendo. Na parte baixa, a principal atividade é a pecuária extensiva nas veredas. O fogo é utilizado clandestinamente e de forma indiscriminada. Por ser uma região de expansão da fronteira agrícola, anteriormente à criação da Unidade, houve a ocupação da região da Chapada das Mangabeiras por grandes produtores oriundos do sul do país, principalmente para a implementação da cultura da soja, boa parte dos grandes produtores de soja que se utilizam daquela região são a favor do Projeto de Lei 2.618/11, que altera os limites do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba.

Outros conflitos observados são: a extração de madeira, a caça e extração da folhagem das palmeiras buritirana pelos moradores do entorno e tráfico constante de animais silvestres, em especial Araras Azuis. As queimadas, o desmatamento e a caça predatória também são evidentes naquela região. Em muitos trechos é visível o uso inadequado dos recursos naturais e a expansão desse processo pode comprometer a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos. Os projetos agrícolas de grande extensão também comprometem as nascentes.

Figura 1. Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba



Fonte: (Autores)

## 2 METODOLOGIA

Para análise temporal da variação da densidade de vegetação entre os anos de 1996 e 2016, inicialmente foi realizado o *download* no site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística) dos arquivos vetoriais (*Shapefile*) das áreas dos municípios onde foi definido o entorno da área de estudo. No site da INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) foi feito o *download* dos arquivos vetoriais (*shapefile*) correspondentes às áreas de proteção ambiental cujos recursos hídricos são de domínio da união, de onde foi extraída a malha vetorial da delimitação do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba. Logo em seguida foram baixadas, no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), as imagens dos sensores a bordo dos Satélites, Landsat 8 para o ano de 2016 e Landsat 5 para o ano de 1996, correspondentes à área de estudo.

Tabela 1. Características Landsat 5

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica
TM	Banda 1 – Azul	450-520 nm	30 m	16 dias	8 bits
	Banda 2 – Verde	500-600nm			
	Banda 3 – Vermelho	630-690 nm			
	Banda 4 – Infravermelho Próximo	760-900 nm			
	Banda 5 – Infravermelho Médio	1550-1750 nm			
	Banda 6 – Infravermelho Termal	1040-1250 nm	120 m		



	Banda 7 – Infravermelho Médio	2080-2350 nm	30 m		
--	-------------------------------	--------------	------	--	--

Fonte: INPE

Tabela 2. Características Landsat 8

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica
OLI	Banda 1- Coastal aerosol	430-450 nm	30 m	16 dias	16 bits
	Banda 2 – Azul	450-510 nm			
	Banda 3 – Verde	530-590nm			
	Banda 4 – Vermelho	640-690 nm			
	Banda 5 – Infravermelho Próximo	850-880 nm			
	Banda 6 – SWIR 1	1570-1650 nm			
	Banda 7 – SWIR 2	2110-2290 nm			
	Banda 8 - Panchromatic	500-680 nm	15 m		
	Banda 9 - Cirrus	1360-1380 nm	30 m		
	Banda 10 – Thermal Infrared (TIRS) 1	10600-11190 nm	100 m		
	Banda 11 – Thermal Infrared (TIRS) 2	11500-12510 nm			

Fonte: INPE

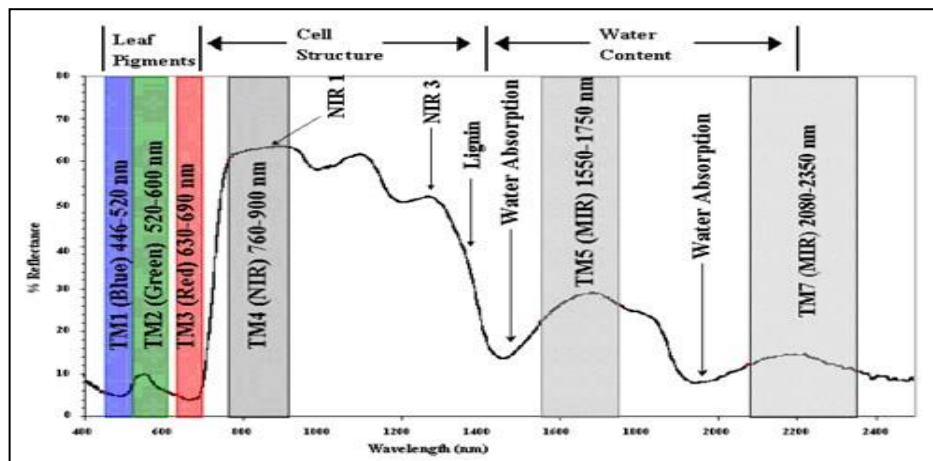
O processamento dos dados foi realizado no *Software* Quantum GIS 2.14.1, em todas suas etapas, desde o mosaico das imagens que compreendiam a área de estudo, o recorte da área de interesse, assim como o georreferenciamento de todos os arquivos trabalhados.

Por meio do método de diferença normalizada NDVI, (*Normalized Difference Vegetation Index*), uma interação matemática entre os níveis de reflectância nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo, onde feições características de vegetação possuem valores mínimos e máximos, respectivamente, foi possível definir parâmetros quantitativos a respeito da densidade de vegetação no local de estudo.

Como evidenciado a seguir, na figura 2, a vegetação apresenta reflectância aumentando muito na região entre 700 e 1200 nm (infravermelho próximo).

Segundo SEBEM (2014), a vegetação verde sadia é geralmente caracterizada por uma alta reflectância (40-60%), alta transmitância (40-60%) e relativamente baixa absorvância (5-10%).

Figura 2. Padrão da energia eletromagnética refletida para feições características de vegetação



Fonte: <http://www.engesat.com.br/software/global-mapper/calculo-do-ndice-de-vegetacao-ndvi-no-global-mapper/> (Acesso em: 14/01/2017)

Formula usada no *software* Qgis para cálculo do NDVI:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{IVP} - \text{VER})}{(\text{IVP} + \text{VER})} \quad (1)$$

Tal relação origina resultados entre o intervalo de -1 a 1, que define vegetação pouco densa, ou sem vegetação, próximo a -1, e vegetação bastante densa em intervalos próximos a 1.

A partir dos resultados do cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (1), para as duas datas em questão, partiu-se às discussões, e possibilitou-se a chegada em conclusões, a respeito de possíveis fatores que possam ter influência direta na realidade da região estudada.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

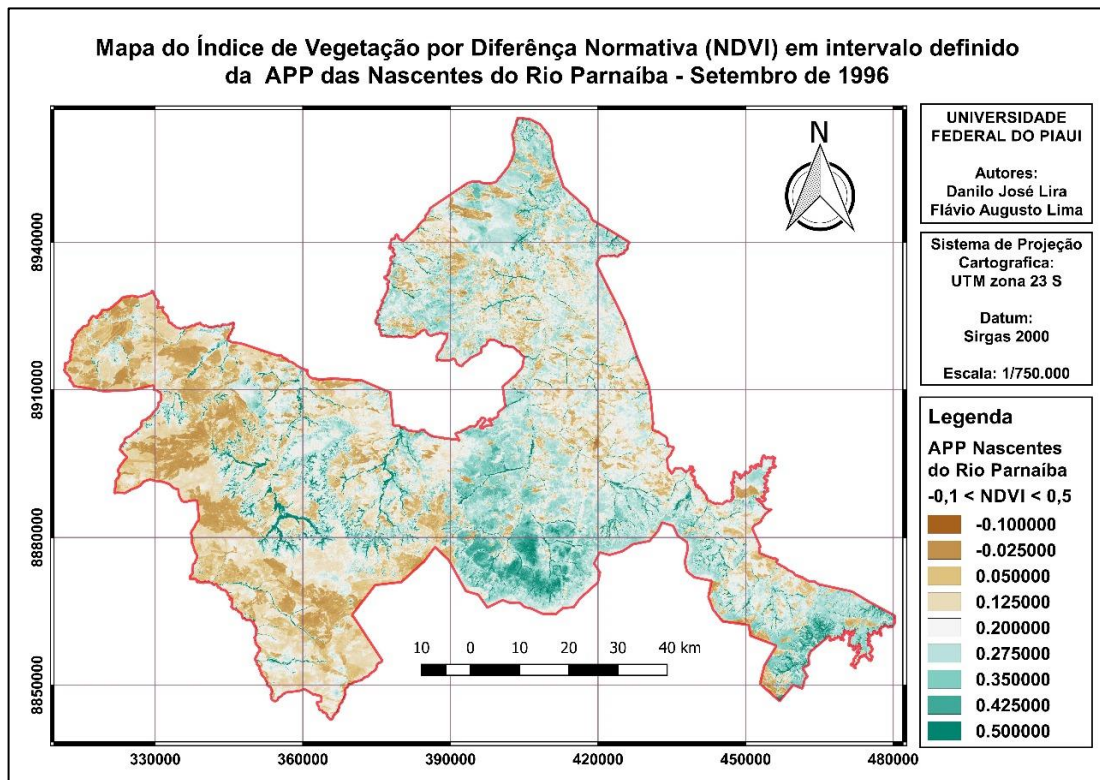
Os resultados obtidos neste trabalho foram gerados através do modelo matemático expresso anteriormente (1), de onde obteve-se os seguintes intervalos do índice de vegetação para as datas em questão:

Tabela 3. Valores de NDVI para as datas em questão.

Intervalo	Setembro de 1996 (Figura 3)	Agosto de 2016 (Figura 4)
NDVI	-0.011248 a 0.485160	0.107361 a 0.352672

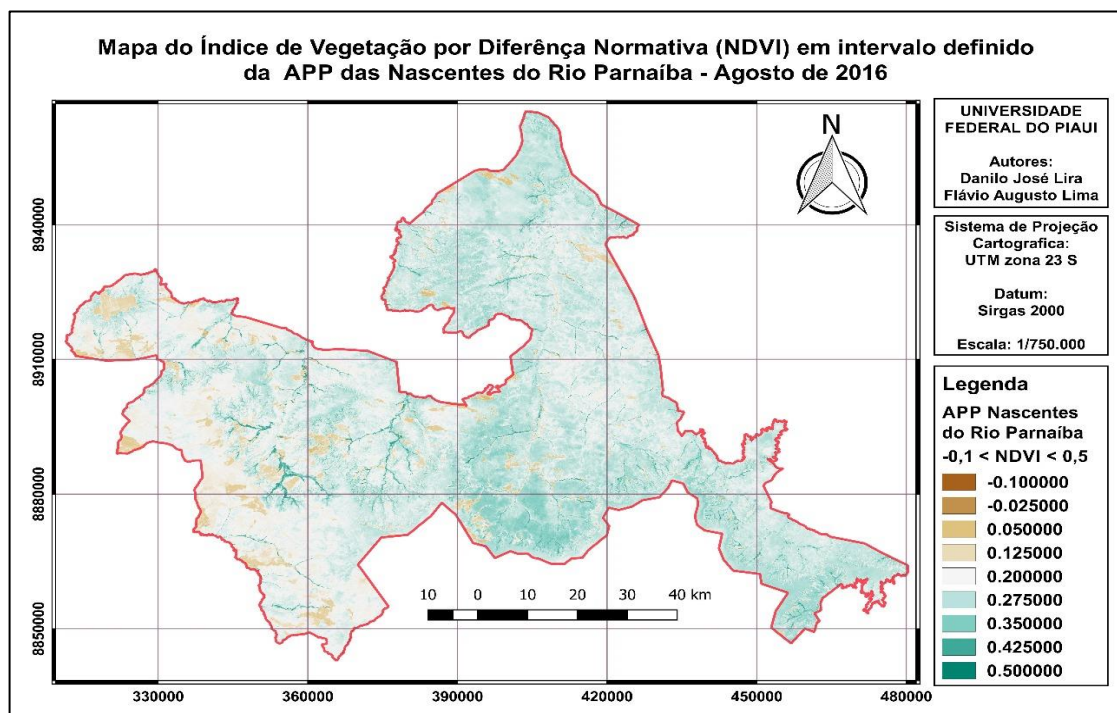
Para a elaboração dos mapas, a fim de ilustrar e comparar a diferença da densidade de vegetação por meio de composição falsa-cor foram definidos intervalos iguais, de -0,1 a 0,5 para os dois mapas.

Figura 3. Mapa do NDVI, 1996



Fonte: (Autores)

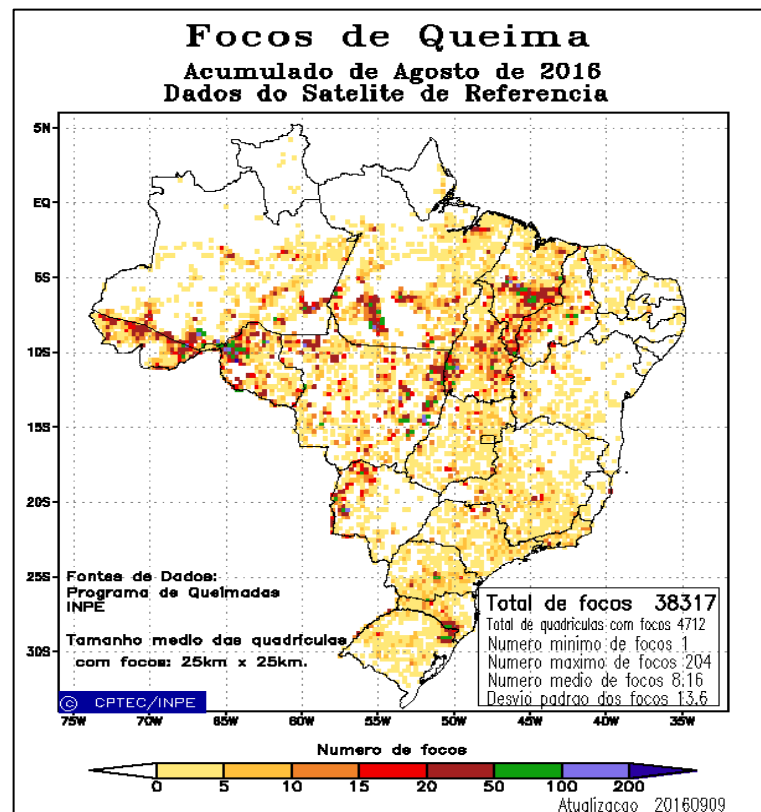
Figura 4. Mapa do NDVI, 2016



Fonte: (Autores)

Com os resultados das análises dos dois mapas gerados é possível perceber, através dos valores de NDVI, que o mapa de 2016 apresenta um menor índice vegetação em relação ao mapa gerado em 1996, este resultado pode estar diretamente ligado às agressões causadas pelo homem naquela região, estas ligadas diretamente ao desmatamento para substituição de mata nativa do cerrado por plantios de soja e pela exploração do carvão mineral, algo que é bastante ocorrente na região do MATOBIPA, onde se localiza a área de preservação estudada, além do desmatamento também pode estar relacionada a esta diminuição de vegetação os índices de queimadas que ocorrem na mesma, como podemos ver na figura 5.

Figura 5. Mapa de queimadas



Fonte: (<https://oldwwwqueimadas.dgi.inpe.br/queimadas/animacao/loop16.html>)  
 Acesso em: (13/01/2017)

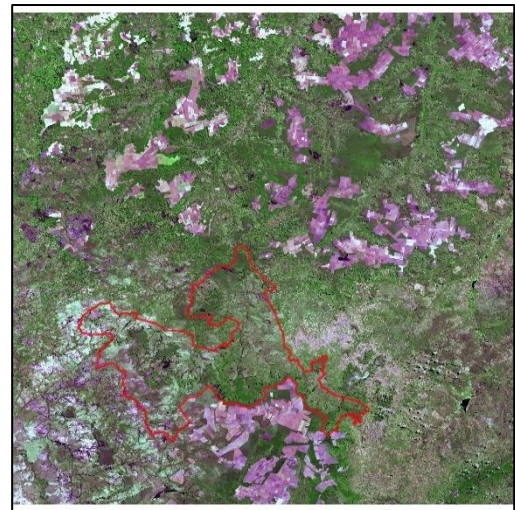
O acúmulo dessas degradações com o passar dos anos vem fazendo com que a região venha perdendo sua vegetação nativa, no caso o cerrado, e a perda dessa vegetação faz com que a área das nascentes se torne cada vez mais frágil. É possível perceber a perda da vegetação mediante as figuras 6 e 7, onde estão representadas por composição colorida e com correção de contraste.

Figura 6. Landsat 5 - R5G4B3 para 1996



Fonte: (Autores)

Figura 7. Landsat 8 - R6G5B4 para 2016



Fonte: (Autores)

#### 4 CONCLUSÃO

A vegetação ciliar é importante, pois é responsável pela regularização hidrológica, controle da erosão e assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, conservação da biodiversidade, proteção e alimento para a fauna aquática, filtro do fluxo de sedimentos e lixiviação de nutrientes e agrotóxicos (LIMA;ZAKIA,2004). Visto a análise dos dados obtidos nesse estudo, e comparando-os com outros dados, foi possível verificar a pertinência de seus resultados para o cálculo da densidade de vegetação, considerando o intervalo determinado após os cálculos e verificando sua diferenciação nos mapas através das diferentes tonalidades. Como os resultados estavam contidos no intervalo definido, foi possível verificar tonalidades representativas aos valores encontrados ao longo da área de estudo, e assim relacionar essa variação nas diferentes datas.

Com isto, é importante destacar a relevante contribuição das geotecnologias no que se refere ao entendimento sobre uma determinada realidade que se deseja estudar, a fim de se obter uma compreensão fundamentada em conhecimentos científicos desenvolvidos ao longo do tempo.

Nesse sentido, é necessário que os órgãos competentes tomem uma atitude perante esses problemas, pois apesar da área ser um local de preservação, podemos perceber pelas análises feitas que os fatores externos ao parque e até mesmo a não obediência aos seus limites vêm causando prejuízo para o mesmo, e se continuar assim pode-se chegar a comprometer as nascentes do rio Parnaíba o que causaria um enorme prejuízo ambiental, visto a sua grande importância para o Estado.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Alteração de limites do Parque das Nascentes do Rio Parnaíba preocupa debatedores.** Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/MEIO-AMBIENTE/424589-ALTERACAO-DE-LIMITES-DO-PARQUE-DAS-NASCENTES-DO-RIO-PARNAIBA-PREOCUPA-DEBATEDORES.html>. Acesso em: 08 jan. 2017.

**Bacia do Parnaíba abriga 4,8 milhões de pessoas, 279 municípios e três diferentes biomas.** Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/noticias/2014/bacia-do-parnaiba-abriga-4-8-milhoes-de-pessoas-279-municipios-e-tres-diferentes-biomas/>. Acesso em: 07 jan. 2017.

**DECRETO DE 16 DE JULHO DE 2002.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/DNN/2002/Dnn9609.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/2002/Dnn9609.htm). Acesso em: 07 jan. 2017.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. **Hidrologia de Matas Ciliares.** In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004. P.33-34.

**Mapas Mensais – Filmes.** Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/outros-produtos/mapas-mensais-filmes>. Acesso em: 13 jan. 2017.

**Parna Nascentes do Rio Parnaíba.** Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/parna-das-nascentes-do-rio-parnaiba>. Acesso em: 07 jan. 2016.

**Região Hidrográfica do Parnaíba Escassez de água: um das dificuldades para o desenvolvimento.** Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/Parnaiba.aspx>. Acesso em: 07 jan. 2017.

**Saiba sobre a Bacia do Parnaíba.** Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/08/saiba-sobre-a-bacia-do-parnaiba>. Acesso em: 23 dez. 2016.

SEBEM, Elódio. **Notas de aula: Sensoriamento Remoto-Rio Grande do Sul:** Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: [http://200.132.36.199/elodio/downloads/sr/SR\\_Aula\\_05.pdf](http://200.132.36.199/elodio/downloads/sr/SR_Aula_05.pdf). Acesso em: 07 jan. 2017.

**Unidade de Conservação: PARQUE NACIONAL DAS NASCENTES DO RIO PARNAIBA.** Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=156>. Acesso em: 23 dez. 2016.

## OSÓRIO, TURBINAS DA MUDANÇA

### Matheus da Silva Araújo

Graduando de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
silva.matheus.matheus18@gmail.com

### Elayne de Silva Figueredo

Graduanda de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
l.a.nha@hotmail.com

### Dinameres Aparecida Antunes

Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Geografia - UEPG  
Professora do Departamento de Transportes – UFPI  
dinameres@gmail.com

**Resumo** - O presente artigo tem como objetivo comparar o uso e ocupação da terra do Parque Eólico de Osório, anterior e posteriormente a sua implementação, por meio de técnicas de processamento digital de imagens e cartografia digital. Este parque está localizado no município de Osório no estado do Rio Grande do Sul. As técnicas do processamento digital de imagens foram analisadas no software Spring versão 5.3 (Português). As imagens utilizadas na análise foram do satélite Landsat 5 para o ano 1998 (antes da implantação) e Landsat 8 para o ano 2015 (depois da implantação do parque). A técnica utilizada é a de classificação não supervisionada k-médias, que usa classificação de imagens em agrupamentos. Após o comparativo das análises encontradas, a implantação do Parque Eólico de Osório, relacionada ao nível de desmatamento e impacto sobre o uso direto do solo é bem pequena, dessa maneira sua implantação se analisadas esses quesitos apresenta sinal positivo viabilizando economicamente o estado, através da geração de empregos e renda, além de atrativos turísticos á essa região.

**Palavras chave:** Parque Eólico, Sustentabilidade, Energia Limpa, Osório.

**Abstract** – The present article aims at the use and occupation of the land of the Osório Wind Park, before and after its implementation, through digital image processing and digital cartography techniques. This park is located in the city of Osório in the state of Rio Grande do Sul. Digital image processing techniques were analyzed in Spring software version 5.3 (Portuguese). The images used in the analysis were the satellite Landsat 5 for the year 1998 (before the implantation) and Landsat 8 for the year 2015 (after the park implementation). The technique used is the unsupervised classification k-means, which uses classification of images in clusters. After comparing the analyzes found, the implantation of the Osório Wind Park, the relationship between the level of deforestation and the impact on land use is very small, its own implementation analyzed these data presented the positive economic feasibility of the state, Generation Jobs and income, as well as tourist attractions in your region.

**Key-words:** Wind Park, sustainability, clean energy, Osório.

## 1 INTRODUÇÃO

A oferta de energia elétrica e o suprimento de água potável para as populações situadas em locais isolados dividem governantes e pesquisadores, e com suas preocupações voltadas para a permanência das populações rurais e o desenvolvimento sustentável possibilitando a sobrevivência das gerações futuras, vem se fazendo presente no temário dos principais debates mundiais (BRUNI, 2004).

Diante dessa problemática vários países investem na geração de fontes de energias sustentáveis. Um exemplo prático dessa situação é a energia eólica que por muitos é considerada a energia do futuro, tendo como ator principal o vento que é uma fonte renovável, inesgotável e limpa. O Brasil possui localização favorável para implantação de parques eólicos visto que seu clima é propício (quente e úmido) para criação de fortes ventos (SILVA;

BARBOSA; SANTOS; ROCHA, 2015). Segundo resultados de estudos realizados pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) no ano de 2005, apontavam o país com um potencial eólico superior a 60.000 Megawatts, não é à toa que o até então maior parque eólico da América Latina (Parque Osório) está implantado no Brasil, no município de Osório, estado do Rio Grande do Sul, o parque possui no total 75 aero geradores, de 2 megawatts cada, instalados no alto de torres de concreto com 100 metros de altura cada.

No entanto, a implantação de parques apresenta alguns fatores ambientais desfavoráveis, como a mortalidade de aves devido a colisão direta com as hélices, perda e alteração de habitat natural e na biodiversidade em geral, desmatamento para a implantação das torres e aberturas das matas para acesso a esses parques, dentre outros fatores (AMARAL, 2009). Mas alguns pesquisadores defendem que o impacto causado pela implantação dos parques eólicos na população e na paisagem está correlacionado ao avanço tecnológico (MOLLER, 2009). De acordo com a prefeitura de Osório o parque Eólico de Osório, é considerado desde 2006 o maior fornecedor de energia eólica da América Latina e, em níveis mundiais o segundo maior do mundo em operação com avançada tecnologia advindas do aero gerador modelo E70 E4/2MW considerado um dos mais eficientes na captação dos ventos.

A obra é um empreendimento da Ventos do Sul Energia e está subdividido em três parques: Osório, Sangradouro e Índios. O parque conta com 75 torres com 98 metros de altura, atingindo com as pás dos aero geradores 135 metros de altura.

Diante desse cenário, o presente artigo tem por objetivo analisar os impactos ambientais ocorridos no entorno do processo de implantação e funcionamento do parque eólico de Osório, acima citado, buscando avaliar os impactos ambientais de forma visual por meio de imagem de satélite, com dados adquiridos por classificação, e materiais relacionados aos benefícios socioeconômicos e potencial energético do projeto em questão.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

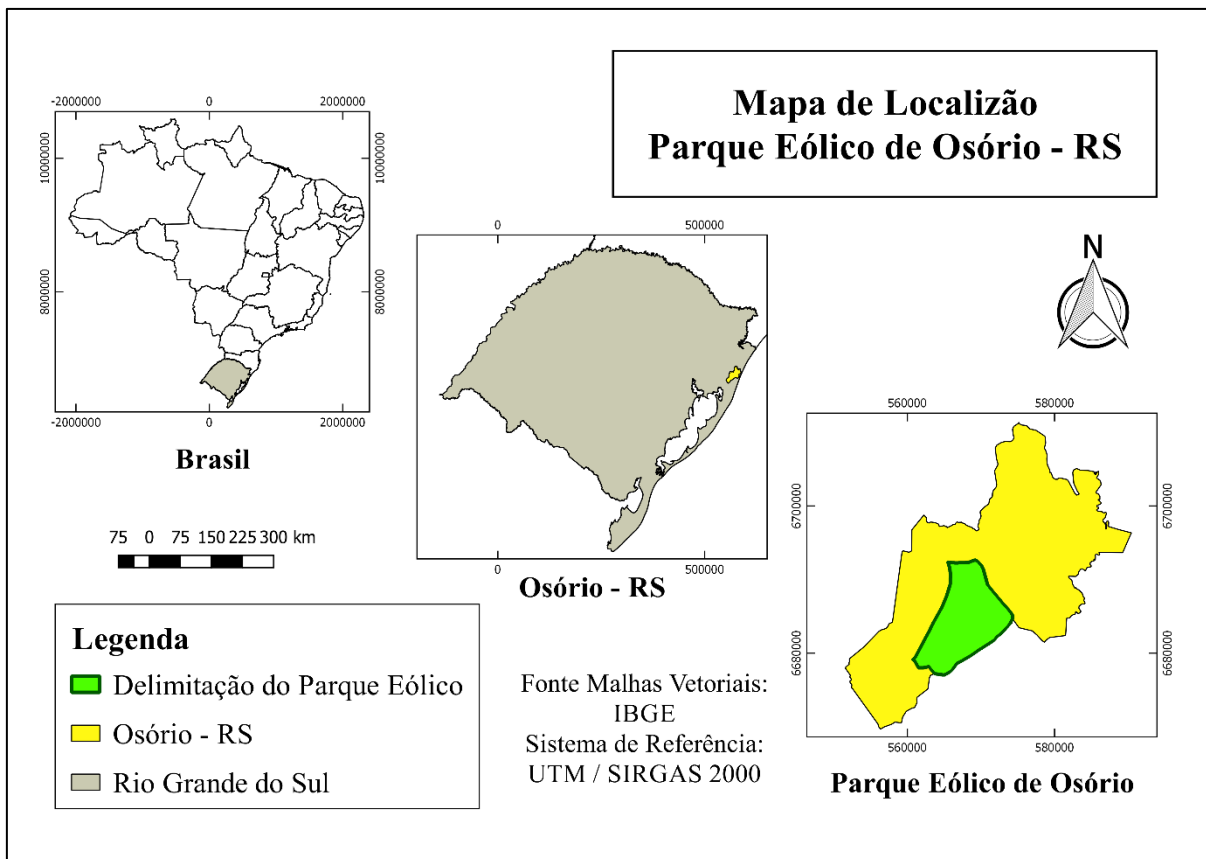
### **2.1 Área de Estudo**

Osório está localizado na região sul do Brasil, estado do Rio Grande do Sul (RS), possui área de 663,552 km<sup>2</sup>, representando 0,25 % do Estado, 0,0078 % de todo o território brasileiro e população de 44.000 habitantes, localiza-se na latitude 29° 53' 12" S e longitude 50° 16' 11" W onde os biomas preponderantes são a Mata Atlântica e Pampa e sua altitude média é 16m (IBGE,2016). O tipo climático do Litoral Norte é, basicamente, subtropical úmido sem estação seca, com verão quente. Segundo Moreno (1961), todo o Litoral Norte está sob a influência de uma temperatura média anual de 17,6°C e uma precipitação pluviométrica de 1300mm anuais.

Osório é o centro de entrada para o litoral norte gaúcho, situado na microrregião do litoral setentrional do estado do Rio Grande do Sul e estrategicamente entre a capital Porto Alegre e Torres (saída do estado) situada ao pé da Serra Geral e entre águas doces e salgadas (BRASIL, 2010). Com Clima Subtropical úmido, é uma das poucas cidades do Brasil que reúne serra, lagoas e mar no mesmo lugar. Seus destaques ficam por conta de atrativos turísticos.

Figura 1. Mapa de localização da área de trabalho





Fonte IBGE, adaptada pelo autor (2017).

## 2.2 Metodologia

Nesse trabalho foram utilizadas imagens adquiridas pelo site USGS Global Visualization Viewer (United States Geological Survey) de anos diferentes, uma do Satélite LANDSAT 5 de sensor TM datada em 19 de março de 1998 e outra do Satélite LANDSAT 8 de sensor OLI com data de 25 de setembro de 2015.

A classificação e os procedimentos foram feitos no *software Spring versão 5.3 português* e os mapas finais foram importados no *QGis 2.18*, onde as imagens foram manipuladas e compostas com suas devidas informações.

O procedimento de classificação foi realizado utilizando o classificador por regiões K-Médias que segundo MENESES (2012) consiste em um classificador não supervisionado que assume um número de agrupamento conhecido a priori e minimiza a variabilidade interna do agrupamento que é dimensionada pela função soma das distâncias ao quadrado (erros) entre cada *pixel* e o centro ao qual é alocado. Ou seja, o espaço de atributos da imagem é partido em K grupos, a partir daí cada *pixel* da imagem é alocado ao centro mais próximo de acordo com a distância. Esse classificador foi escolhido devido à complexidade na classificação com os outros tipos de classificadores, foram produzidos testes com classificador Isodata (não-supervisionado) e o MaxVer (supervisionado e por máxima verossimilhança). Entretanto, nenhum deles resultaram em uma classificação superior que a que foi utilizada no trabalho. Porém, cada caso tem sua especificação, logo, não se pode afirmar qual o melhor método de classificação em geral sem antes analisar cada caso e cada objetivo.

O número de classes utilizadas foram cinco: água, solo, vegetação e intervenção humana onde a quinta classe é reservada para a área que não foi classificada, tendo área 0%. Essas classes, embora gerais, como a vegetação na qual está incluída todo tipo de vegetação seja

rasteira ou densa, foram escolhidas para a nossa análise de uso de solo de uma forma mais abrangente, com um número superior a cinco de classes, inicia-se a confusão na classificação de algumas áreas.

A escolha das imagens foi analisada de modo que houvesse um percentual baixo de cobertura de nuvens. Logo, isso explica o distanciamento de meses entre as imagens, entre março e setembro, visto que seria preferível meses pertos ou até semelhantes para evitar, por exemplo, um contraste maior de uma imagem á outra. Porém, para o estudo, esse fator não influenciou.

Para as imagens utilizadas do satélite Lansat-5, a composição colorida envolveu as bandas, R (B5), G (B4), B (B3). Esse satélite possui o sensor Thematic Mapper (TM), de resolução temporal de 16 dias, resolução radiométrica de 8 bits, as demais características espectrais são as seguintes:

Tabela 1: Características das bandas espectrais – Landsat – 5

<b>Bandas espectrais</b>	<b>Resolução espectral</b>	<b>Resolução Espacial</b>
<b>B1 Azul</b>	0.45 – 0.52 $\mu\text{m}$	30 m
<b>B2 Verde</b>	0.52- 0.60 $\mu\text{m}$	
<b>B3 Vermelho</b>	0.63- 0.69 $\mu\text{m}$	
<b>B4 Infravermelho Próximo</b>	0.76 - 0.90 $\mu\text{m}$	
<b>B5 Infravermelho Médio</b>	1.55 – 1.75 $\mu\text{m}$	120 m
<b>B6 Infravermelho Termal</b>	10.4 - 12.5 $\mu\text{m}$	
<b>B7 Infravermelho Médio</b>	2.08 - 2.35 $\mu\text{m}$	

Fonte: Embrapa (2013).

A composição colorida utilizada para as imagens do Landsat-8 envolveu as bandas, R (B6), G (B5), B (B4), esse satélite entrou em operação com dois sensores, o espectral Operational Land Imager (OLI) e o Thermal Infrared Sensor (TIRS), possui resolução radiométrica de 12 bits, temporal de 16 dias, as características espectrais de suas bandas são as seguintes:

Tabela 2: Características das bandas espectrais – Landsat – 8

<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Resolução espectral</b>	<b>Resolução Espacial</b>
<b>B1 Costal</b>	0.433 – 0.453 $\mu\text{m}$	30 m
<b>B2 Azul</b>	0.450- 0.515 $\mu\text{m}$	
<b>B3 Verde</b>	0.525- 0.600 $\mu\text{m}$	
<b>B4 Vermelho</b>	0.630 - 0.680 $\mu\text{m}$	
<b>B5 Infravermelho próximo</b>	0.845 - 0.885 $\mu\text{m}$	
<b>B6 Infravermelho médio</b>	1.560 - 1.660 $\mu\text{m}$	15 m
<b>B7 Infravermelho médio</b>	2.100 - 2.300 $\mu\text{m}$	
<b>B8 Pancromático</b>	0.500 - 0.680 $\mu\text{m}$	
<b>B9 Cirrus</b>	1.360 - 1.390 $\mu\text{m}$	30 m

<b>B10 (Termal)</b>	10.30 - 11.30 $\mu\text{m}$	100m
<b>B11 (Termal)</b>	11.50 - 12.50 $\mu\text{m}$	

Fonte: Embrapa (2013)

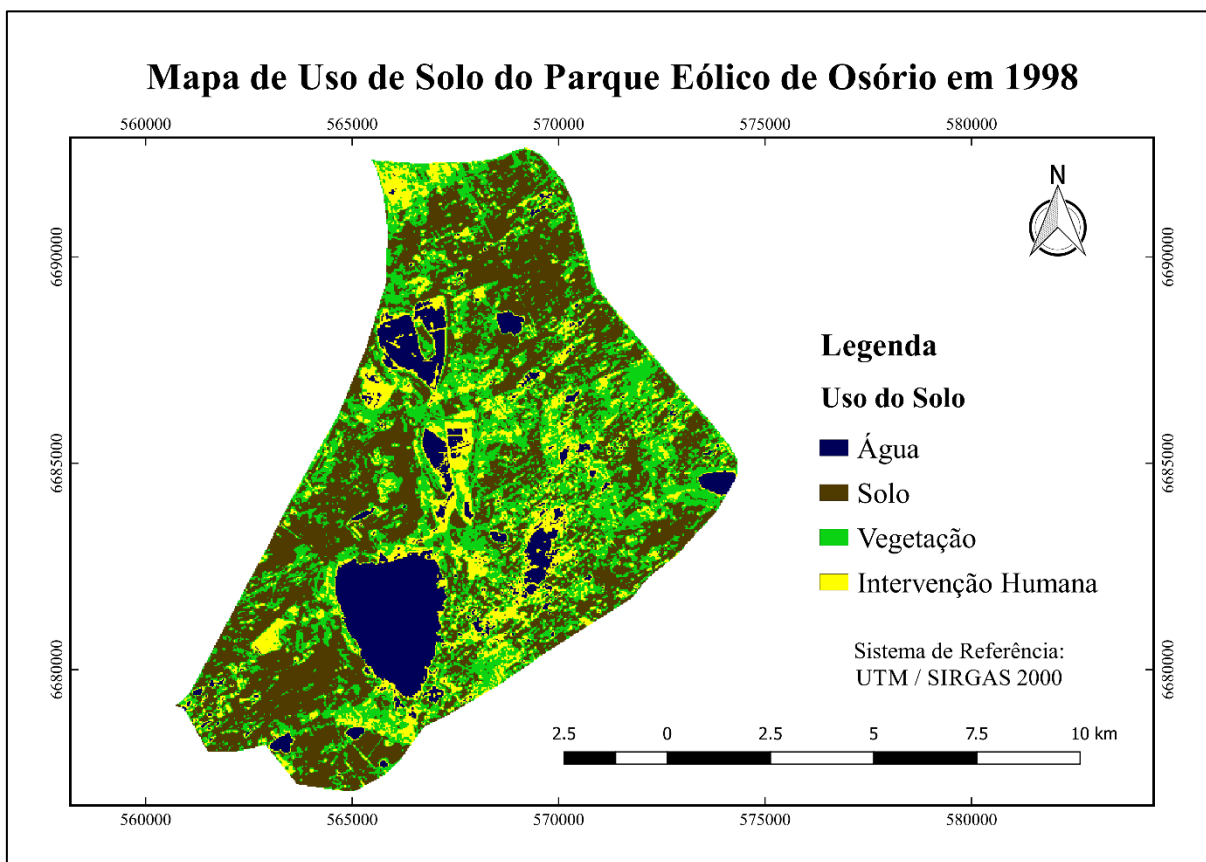
Foi realizado um recorte por volta do Parque Eólico de Osório seguindo o sentido da BR-101 (Rodovia Governador Mário Covas), BR-290, RS-030 e a delimitação do estado.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos na classificação das imagens, percebe-se sutis diferenças na região após a implantação do parque eólico. Assim, o uso da terra não apresentou elevada mudança, não apresentando um forte impacto com relação ao desmatamento local. Porém como já exposto essa diferença não permite a afirmação que o impacto ambiental foi mínimo, visto que existem outras variáveis para responder esse tipo de afirmação. Observando o fator econômico, a implantação do parque apresentou um fator positivo como a geração de novos empregos.

Quando analisamos a diferença no solo, observa-se a redução de cerca de 6,57% em relação ao seu ano inicial. Já a vegetação no local aumentou cerca de 8,40%, sugerindo assim que o solo deu lugar a uma vegetação remanescente. Desta maneira, os valores encontrados apresentam um indicativo favorável do uso do solo com a implantação do parque.

Figura 2: Mapa de Uso do Solo - Parque eólico de Osório ano 1998



Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

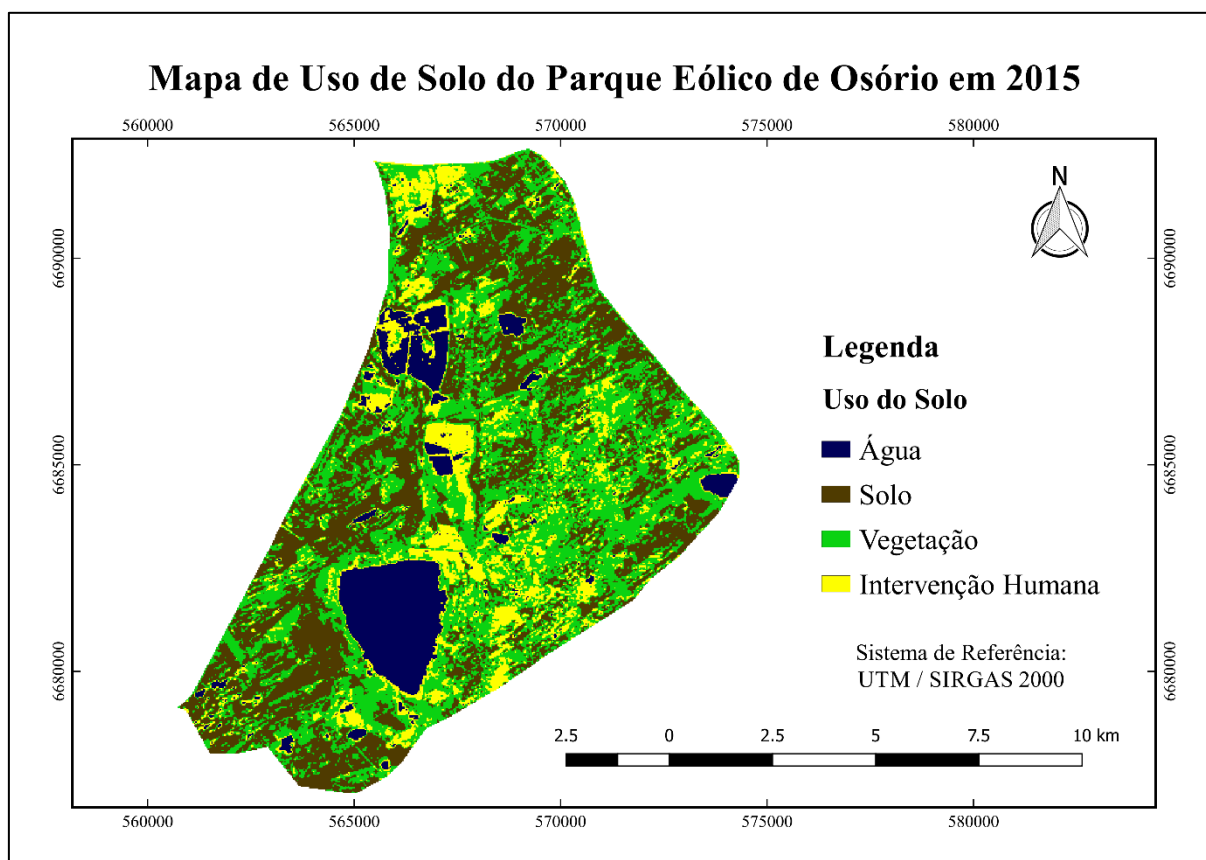
A Figura 2 refere-se ao mapa de classificação realizado pelo k-médias de 19 de março de 1998 com os alvos água, vegetação, solo e intervenção humana que será mais explorada a seguir. A Tabela 2 traz os valores de área em km<sup>2</sup> e o seu respectivo valor em porcentagem (%).

Tabela 3. Área em km<sup>2</sup> e em % da classificação de 1998

Classes	Área em Km <sup>2</sup>	Área em %
Água	12,29	11,17 %
Solo	46,60	42,34 %
Vegetação	35,19	31,98 %
Intervenção humana	15,97	14,51 %
<b>Total</b>	<b>110,05</b>	<b>100%</b>

Fonte Própria

Figura 3: Mapa de Uso do Solo - Parque eólico de Osório ano 2015



Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

A Figura 3 refere-se ao mapa de classificação realizado pelo k-médias 25 de setembro de 2015 com os alvos água, vegetação, solo e intervenção humana que será mais explorada a seguir. A Tabela 03 traz os valores de área em km<sup>2</sup> e o seu respectivo valor em porcentagem (%).

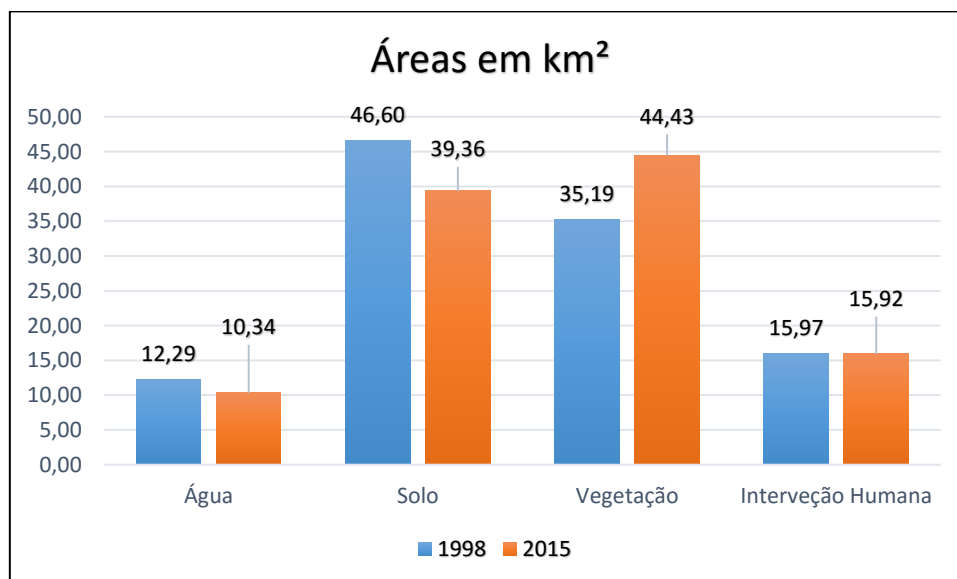
Tabela 4: Área em km<sup>2</sup> e em % da classificação de 2015

Alvo	Área em Km	Área em %
Água	10,34	9,39 %
Solo	39,36	35,77 %
Vegetação	44,43	40,38 %
Intervenção humana	15,92	14,47 %
<b>Total</b>	<b>110,05</b>	<b>100 %</b>

Fonte Própria

O gráfico 1 a seguir representa melhor a diferença de área em km<sup>2</sup> entre os anos analisados.

Gráfico 1. Classes da imagem em área em km<sup>2</sup> de 1998 e 2015



Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

**Água:** A água com área 12,29 km em 1998 e 10,45 km em 2015, tem em sua maior parte a textura lisa e uma forma irregular com a sua coloração sendo azul na sua representação no mapa temático. Há alguns corpos hídricos, como por exemplo na parte superior da representação, que possui algumas partes amarelas que, sugere-se que sejam aguapés. Percebemos, pela diferença de área, que a água diminuiu, dando assim, lugar a outros alvos como por exemplo, vegetação.

**Solo:** O solo com área 46,60 km em 1998 e 39,36 km em 2015, tem em sua maior parte a textura rugosa e uma forma irregular com a sua coloração sendo verde escuro na sua representação no mapa temático. Esse solo classificado representa solos que parcialmente foram utilizados para algum fim agrícola e em boa parte representa o solo nu. Pela diferença de áreas entre esses anos, sugere-se que o solo deu lugar a vegetação, logo sendo um bom indicativo.

**Vegetação:** A vegetação com área 35,19 km em 1998 e 44,43 km em 2015, tem em sua maior parte uma textura rugosa e uma forma irregular com a sua coloração sendo verde claro

na sua representação no mapa temático. Essa vegetação representa desde grandes árvores até pastos mais rasteiros e também áreas agrícolas. Observa-se que com a implantação do parque a área de vegetação teve um aumento, ou seja, não impactou tanto a região no quesito vegetação. Um ponto importante a ser considerado é que para a construção desse complexo eólico houve a privatização das terras, diminuindo assim o uso para desmatamento e queimadas dos seus proprietários anteriores.

**Intervenção Humana:** A intervenção humana com área 15,97 km em 1998 e 15,91 km em 2015, tem em sua maior parte a textura rugosa e uma forma irregular com a sua coloração sendo amarela na sua representação no mapa temático. Essa intervenção humana classificada representa a ação humana no parque eólico como queimadas, plantio dentre outras deformações do terreno. Na sua comparação de áreas, vemos que essa intervenção pouco mudou, sendo em sua maior parte situada na região central do parque. Desde modo, encontra-se uma centralização da intervenção humana.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da classificação encontrada e se utilizando de um comparativo entre as mesmas, a implantação de um complexo eólico relacionado ao nível de desmatamento ou impacto sobre o uso do solo é bem pequeno com relação ao parque estudado. Dessa maneira, a sua implantação viabilizou economicamente o estado, através da geração de empregos e renda, além de atrativos turísticos. A grande dificuldade foi conseguir classificar as áreas, que poderiam ter sido mais bem distribuídas, separando por exemplo, a vegetação densa da rasteira (cultivos de campos, mata nativa de exótica). Embora os resultados encontrados foram satisfatórios a nível geral do trabalho.

A vantagem do classificador utilizado K-médias é que ele bem prático, rápido e dependendo do caso e do objetivo, mais eficaz do que algum classificador supervisionado que demanda mais tempo para a execução e também na identificação das classes.

Em relação ao uso do solo, analisando todas as classes, pode-se visualizar claramente que as áreas que antes estavam concentradas em lugares específicos, se expandiram ao longo de todo o parque eólico, ou seja, foram bem distribuídas. Isso se torna favorável quando se pensa no nível de desmatamento, levando em conta que as áreas foram bem utilizadas.

#### 5 AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Piauí, pela estrutura de corpo docente a nós concedidos em nossa graduação, em especial a Prof. Dra. Giovana Mira de Espindola que nos proporcionou conhecimentos necessários para a realização desse tipo de análise em uma disciplina a nós ministrada.

#### 6 REFERÊNCIAS

BALTELO, Ricardo. **A caminho da sustentabilidade energética: como desenvolver um mercado de renováveis no Brasil**. São Paulo, Greenpeace, 2008.

CAMELIER, Luiz Alberto A. & BRUNI, Carlos d'Alexandria. **Sistema eólico de São Gabriel região de Irecê-BA**. Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia, Companhia de Engenharia Rural da Bahia.

Casa dos ventos. **Energia Eólica**. Disponível em <<http://casadosventos.com.br/index.php/pt/energia-dos-ventos/energia-eolica>>. Acesso em 21 de abril de 2017.

EMBRAPA. **Monitoramento por satélite: Landsat**. Campinas, 2013. Disponível em: <[https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao\\_landsat.html](https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html)>. Acesso dia 01 de abril de 2017.

FILHO, Wilson Pereira Barbosa. **Impactos ambientais em usinas eólicas**. FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais.

IBGE, **Geociências**. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm) >, acesso em 09 de abril de 2017.

IBGE, **Infográficos Rio Grande do Sul**, 2016, disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=431350&search=rio-grande-do-sul|osorio|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>>, acesso em 29 de abril de 2017.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012, 266 p.

NASCIMENTO, Thiago Cavalcante; MENDONÇA, Andréa Torres Barros Batinga de e CUNHA, Sieglinde Kindl da. **Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil**. Cad. EBAPE.BR [online]. 2012, vol.10, n.3, pp. 630-651. ISSN 1679-3951.

Observatório, **Cidade de Osório**, 2010, acesso em: <<http://observatorioborussia.org.br/projeto/index.php/osorio/136-dados-sobre-osorio-4>>, acesso em 29 de abril de 2017.

Osório. **Dados Gerais**. Disponível em <<http://www.osorio.rs.gov.br/site/home/pagina/id/122/?Dados-Gerais.html>>. Acesso em 20 de julho de 2015.

Portal Geógrafos, **Cidades Rio Grande do Sul**, 2017, acesso em: <<http://www.geografos.com.br/cidades-rio-grande-do-sul/osorio.php>>, acesso em 29 de abril de 2017.

Portal Rota Açoirana, **Município de Osório**, 2010, disponível em: <<http://www.rotaacoriana.com.br/municipio.php?i=8&r=&esc=1>> acesso em 29 de abril de 2017.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental conceito e métodos**. 2<sup>o</sup>ed, São Paulo, Oficina de Texto 2013.

TERCOITE, Ricardo. **A energia eólica e o meio ambiente**. UNICAMP – Faculdade de Engenharia Mecânica – Departamento de Energia.

**TOMAZELLI. Luiz J. et al. O sistema de dunas eólicas transgressivas do litoral norte do Rio Grande do Sul: Situação atual e definição de áreas prioritárias à preservação.** II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas. 2003.

Universidade de Lisboa, **Análise comparativa da avaliação de impacto ambiental de Parques eólicos em Portugal**, 2009, disponível em:

<[https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1419/1/20479\\_ulfc080629\\_tm.pdf](https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1419/1/20479_ulfc080629_tm.pdf)> acesso dia 29 de abril de 2017.



## USO DO SIG NA DELIMITAÇÃO E MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO POTI (TERESINA/PI)

Iarla Leticia Felipe Mendes

Graduanda em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
iarlamendes@hotmail.com

Antônio Aderson dos Reis Filho

Engenheiro Agrimensor e Doutor em Geografia  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
areis@ufpi.edu.br

Giovana Mira de Espindola

Engenheira Cartógrafa e Doutora em Sensoriamento Remoto  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
giovanamira@ufpi.edu.br

**Resumo** - O presente trabalho tem como objetivo a delimitação e o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente do Rio Poti em área urbana de Teresina/PI, delimitadas a partir no Novo Código Florestal Brasileiro, assim como analisar a ocorrência de uso e ocupação inadequada destas áreas utilizando imagens do satélite *RapidEye* do ano de 2014 que manuseadas no SIG Spring possibilitaram de forma eficaz a geração da composição colorida, a classificação supervisionada, a geração do mapa temático com todas as classes de interesse englobadas por massa d'água, áreas remanescentes de vegetação, campos, solo exposto e áreas intensamente edificadas, e o cálculo da área de cada classe. A análise dos dados ressaltou como o conflito entre o uso do solo e o crescimento urbano merece ser estudado, tornando a presente pesquisa de grande relevância no auxílio do planejamento urbano e no conhecimento da atual situação do local, destacando o uso do SIG como alternativa mais viável e ágil, compondo um importante conjunto de ferramentas aplicáveis ao planejamento geográfico para a obtenção de dados a serem utilizados no planejamento e zoneamento, tanto em âmbito regional quanto municipal.

**Palavras-chave:** Meio ambiente. Geoprocessamento. Expansão urbana. Sensoriamento Remoto.

**Abstract** - The present work has the objective of delimiting and mapping the Permanent Preservation Areas of the Poti River in an urban area of Teresina/PI, delimited from the New Brazilian Forest Code, as How to analyze the occurrence of inappropriate use and occupation of these areas using images from the *RapidEye* satellite of the year 2014, which were handled in the Spring GIS, effectively enabled the generation of the color composition, supervised classification, generation of the thematic map with all classes of interest which are comprised of water mass, remnants of vegetation, fields, exposed soil and intensively built areas, and the calculation of the area of each class. The analysis of the data emphasized how the conflict between land use and urban growth deserves to be studied, making the present research of great relevance in the aid of urban planning and in the knowledge of the current situation of the place, highlighting the use of GIS as a more Feasible and agile, composing an important set of tools applicable to the geographic planning to obtain data to be used in the planning and zoning, at both the regional and municipal levels.

**Key-words:** Environment. Geoprocessing. Urban expansion. Remote sensing.

### 1 INTRODUÇÃO

O entorno de rios e lagos sempre foi a principal escolha para ocupação, desde o surgimento das primeiras civilizações, buscando locais onde lhes fossem garantidas as suas sobrevivências. De fato, a proximidade com um rio oferece inegáveis benefícios tais como agricultura, transporte, conforto climático e qualidade de vida. Porém, a utilização dos recursos naturais pelo ser humano nunca foi tão questionada, tanto no meio científico quanto

entre a população em geral a idéia de preservação e de recuperação é crescente. Nesse contexto, um dos impactos gerados pela ocupação humana à natureza que requer especial atenção é a degradação da mata ciliar, que cresce junto à margem de rios e lagos.

As matas ciliares são protegidas pelos principais atos jurídicos da lei do novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), a qual está conceituada como “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas”, dessa forma, as áreas de preservação permanente (APP's) não são passíveis de remoção, uma vez que desempenham relevante papel no meio ecológico.

Mesmo legalmente protegidas as APP's continuam sendo negativamente impactadas e reduzidas. Entre estes impactos negativos, merecem destaque: compactação do solo, perda de cobertura vegetal, aumento da temperatura local, poluição hídrica e do solo, aumento da propensão a enchentes, dentre outros.

Teresina, capital do Piauí, é banhada por dois rios (Parnaíba e o Poti), que apresentam importante papel socioeconômico, pela potencialidade de recursos naturais que propiciam aptidão para o desenvolvimento de inúmeras atividades: pesca, pecuária, agricultura, produção de peças cerâmicas, navegação, produção de energia elétrica, de abastecimento urbano e lazer, ainda assim sofrem diariamente com a degradação de suas matas ciliares. Os impactos produzidos por atividades antrópicas são reflexos principalmente do uso e ocupação do solo nestas áreas.

Em contrapartida, as geotecnologias têm sido amplamente utilizadas para mapear e monitorar recursos naturais terrestres, se destacando como uma alternativa mais viável e ágil, compondo um importante conjunto de ferramentas aplicáveis ao planejamento geográfico para a obtenção de dados a serem utilizados no planejamento e zoneamento e auxiliam a investigação do adequado uso do solo em áreas de preservação permanente.

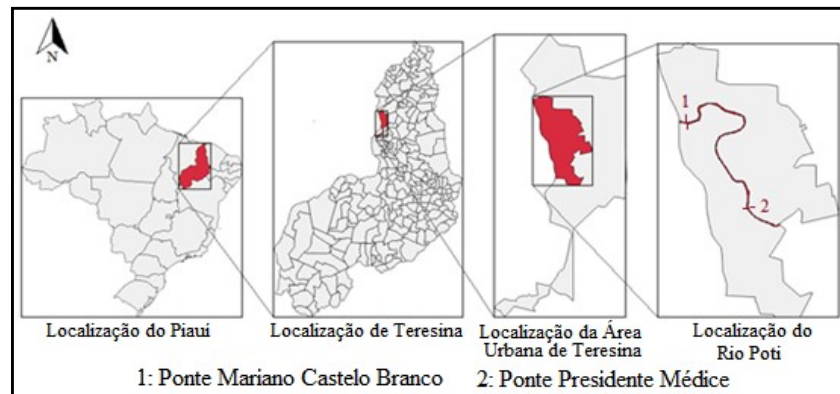
Isto posto, o presente artigo tem por objetivo a delimitação das Áreas de Preservação Permanente do Rio Poti em área Urbana de Teresina/PI, a partir no Novo Código Florestal Brasileiro, fazendo uso das imagens do satélite *RapidEye* do ano de 2014, assim como a análise do inadequado uso do solo nestas áreas.

## 2 METODOLOGIA

Capital do Piauí, Teresina localiza-se no Centro-Norte a 366 km do litoral, possui uma população estimada em 847.430 habitantes, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 2016. A cidade é banhada por dois grandes rios: o Parnaíba e o Poti, que percorrem respectivamente 55,57 km e 53,73 km de sua superfície.

Para estudo da ocupação das áreas de preservação permanente do Rio Poti foi delimitado o trecho compreendido entre a Ponte Mariano Castelo Branco e a Ponte Presidente Médici, resultado da análise preliminar da área urbana de Teresina (Figura 1).

Figura 1. Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

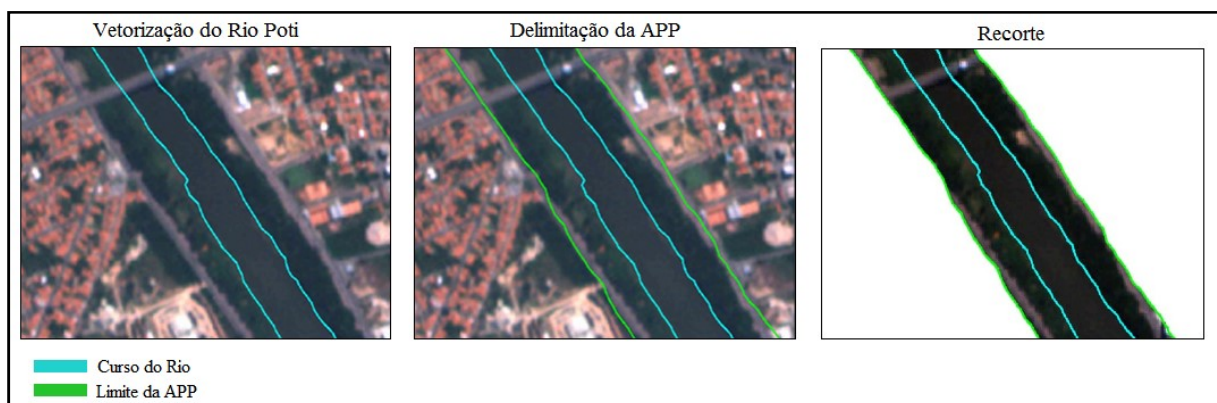
No mapeamento foram usadas imagens do satélite *RapidEye* disponibilizadas pelo MMA (Ministério do Meio Ambiente). As imagens são adquiridas ortoretificadas, logo não se faz necessária a correção geométrica das mesmas. Foram selecionadas imagens do ano de 2014 referentes ao município de Teresina.

No Spring, a vetorização do limite do Rio Poti foi feita de forma manual (direta na tela - *heads-up digitizing*), que consiste basicamente em seguir cada feição da imagem matricial com o cursor e escolher os pontos que a modelem melhor na estrutura vetorial, criando um polígono com os dados geoespaciais do entorno do Rio.

A delimitação da APP se deu com o auxílio da ferramenta “Mapa de distâncias” que é um tipo de análise de proximidade que apresenta zonas com larguras especificadas em torno e elementos do mapa. No caso no Rio Poti, sua largura varia de 150 a 170m, logo a delimitação da APP de acordo com o Novo Código Florestal foi de 100m.

Com delimitação da APP do Rio Poti foi possível realizar o recorte do plano de informação com o objetivo de conter apenas a área de interesse agilizando os processos seguintes, além de diminuir a quantidade de pixels analisada minimizando o grau de confusão entre os valores de pixels quando chegar a classificação. A vetorização do rio, a delimitação da APP e o recorte estão ilustrados na Figura 2, que segue.

Figura 2. Vetorização do rio, delimitação da APP e recorte



Fonte: Elaborado pelo autor

Para determinar os alvos de interesse do mapeamento foi realizada uma observação da área de estudo e na ferramenta de treinamento do Spring foram nomeados os temas fundamentais para a análise do mapeamento, sendo eles: Áreas Remanescentes de Vegetação, Campos, Áreas Intensamente Edificadas, Massa D'água e Solo Exposto. Cada alvo se tornou uma classe para o mapeamento e foram associadas à composição colorida RGB- 321.

As Áreas Remanescentes de Vegetação caracterizam-se por conter vegetação densa e arbustiva e apresentar-se com a tonalidade verde escuro, Campos elucidada a vegetação rasteira caracterizada por ser baixa e pouco desenvolvida e apresenta-se com uma tonalidade verde claro, Áreas Intensamente Edificadas são evidenciadas por telhados e asfalto e apresenta-se com tons de laranja, cinza e branco, Massa D'água é a classe dos recursos hídricos e caracteriza-se como todo e qualquer reservatório de água como, por exemplo, rios e lagoas e apresentam-se com uma tonalidade azulada, Solo Exposto caracteriza-se pela ausência de vegetação e edificação e por apresentar uma área desmatada sua tonalidade é vista amarronzada.

A partir de então foi realizada a manipulação do contraste com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos. É normalmente utilizada como uma etapa de pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões. O contraste entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios (INPE, 2006).

Antecedendo a classificação foi realizado treinamento, é nele que as amostras de cada classe de uso e cobertura do solo são coletadas. As amostras colhidas foram de aquisição e teste, as mesmas possuindo variação de 2 a 16 pixels.

Posteriormente foi feita uma análise para verificação da validade das amostras coletadas que mostrou um desempenho geral de 99.62 % e a confusão média de 0.38 %. “Uma matriz de classificação ideal deve apresentar os valores da diagonal principal próximos a 100%, indicando que não houve confusão entre as classes. Contudo esta é uma situação difícil em imagens com alvos de características espectrais semelhantes” (INPE, 2006).

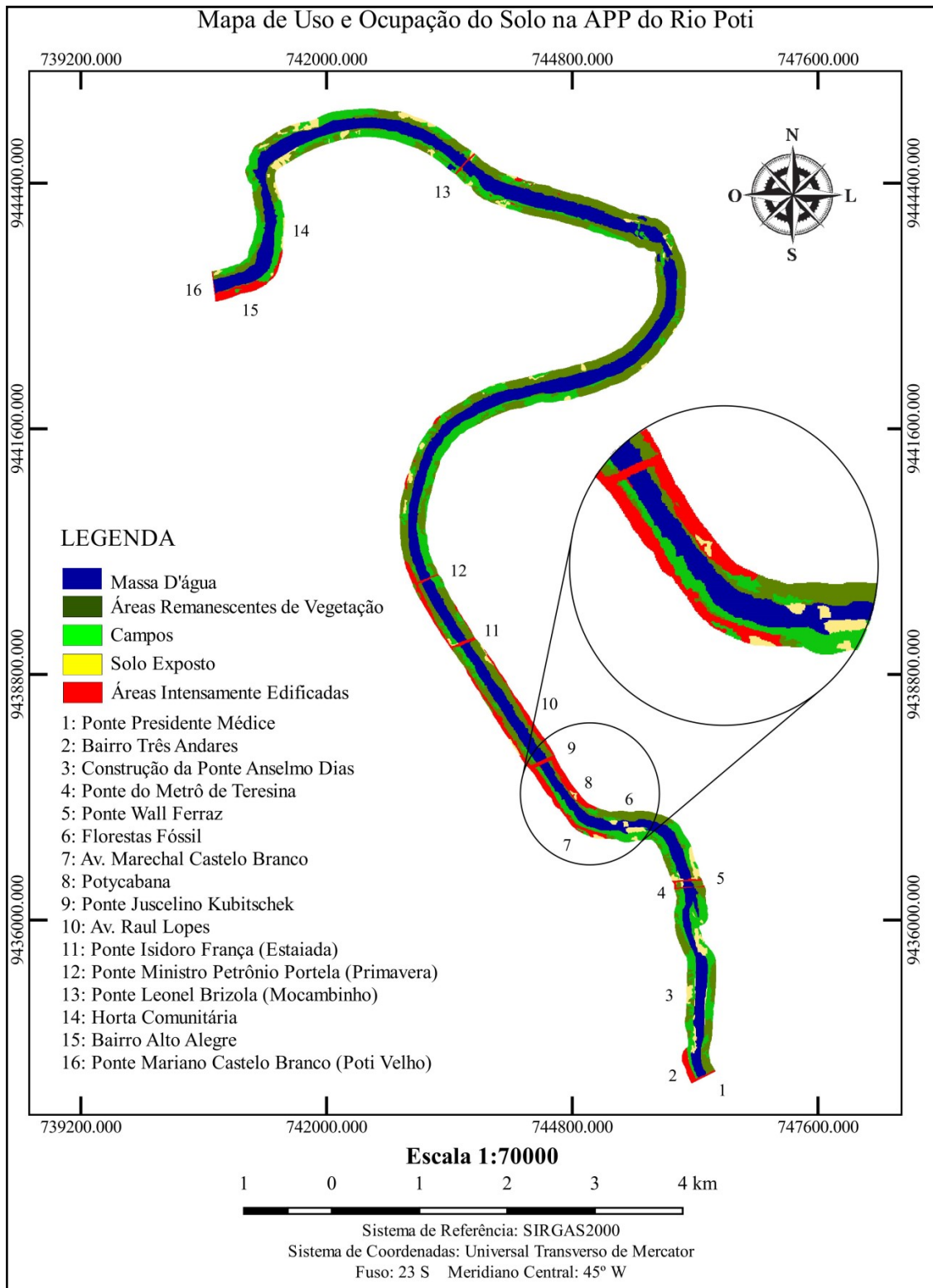
Na execução do presente trabalho foi utilizada a classificação supervisionada por regiões que requer do analista um conhecimento prévio da área e distribuição dos alvos de interesse. A classificação usou o algoritmo de Bhattacharya com limiar de aceitação de 99%, esse algoritmo “mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais” (MENESES; ALMEIDA, 2012, p.216).

Por fim, a edição matricial permite ao operador aperfeiçoar o aspecto da imagem classificada corrigindo pequenas regiões que foram confundidas no processo de classificação. Esta correção se deu com a seleção na imagem classificada de um ou mais pixels de uma mesma classe que foram substituídos por uma nova classe mais homogênea.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A imagem pós-classificada foi utilizada na elaboração de um mapa temático contendo todas as classes de interesse: Áreas Remanescentes de Vegetação, Campos, Áreas Intensamente Edificadas, Massa D'água e Solo Exposto (Figura 3).

Figura 3. Mapa de uso e ocupação do solo na da área em estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa de uso e ocupação do solo das áreas de preservação permanente previamente delimitadas conforme o Novo Código Florestal Brasileiro tornou-se possível a realização de

uma análise comparativa das variações da ocupação do solo na APP do Rio Poti em trecho urbano de Teresina.

A partir do mapa temático (Figura 3) foi possível calcular a estimativa da área ocupada, em hectares (ha), sobre cada classe. Através da Tabela 1, a seguir, pode-se perceber que o Rio Poti representa 37,93% da área estudada, compreendendo uma área de 242,64ha. A APP do Rio Poti em área urbana de Teresina-PI prevalece ocupada por cobertura vegetal representada pela classe de áreas remanescentes de vegetação, apresentando uma área de 195,33ha e 30,54% de ocupação. Em seguida está a classe campos, ocupando uma área de 135,14ha e 21,13%, logo depois vem as áreas intensamente edificadas indicando uma área de 39,86ha e 6,23% de ocupação, e por último o solo exposto com uma área ocupada de 26,65ha e 4,17%.

Tabela 1. Quantificação do Uso e Ocupação do Solo na APP do Rio Poti

Classes	Área (ha)	Área (%)
Áreas Remanescentes de Vegetação	195,33	30,54
Massa D'água	242,64	37,93
Áreas Intensamente Edificadas	39,86	6,23
Solo Exposto	26,65	4,17
Campos	135,14	21,13
TOTAL DAS CLASSES	639,62	100

Quanto a distribuição do uso e ocupação do solo na APP do Rio Poti em trecho urbano de Teresina/PI, excluindo assim a classe Massa D'água, tem-se que as áreas remanescentes de vegetação representam apenas 49,2% de toda APP.

Enumerada por 1 na Figura 3, a Ponte Presidente Médici delimita o extremo sul da área de estudo e liga o bairro Tancredo Neves (Zona Sudeste) à Rodoviária de Teresina (Zona Sul). Ali próximo, seguindo o curso do rio e enumerado por 2, encontra-se o Bairro Três Andares que segundo a PMT (2014) possui densidade demográfica de 115,8hab/hectare, tornando-o importante bairro da capital e caso comum dos que se formam a margem de rios.

No entorno da Ponte Presidente Médici se prolongando por todo Bairro Três Andares é possível encontrar acúmulo de lixo, moradias (muitas vezes precárias), centros comerciais e formação de galerias que deságuam sem nenhum tratamento no Rio Poti (Figura 4).

Figura 4. Ilustração: Bairro Três Andares



Fonte: Elaborado pelo autor

Acompanhando o leito do rio, foi possível perceber a formação de uma grande área de solo exposto (enumerada por 3). *In loco* notou-se que parte desta região foi substituída por área edificada (imagens usadas no mapeamento são de 2014) com a construção de uma nova

ponte que liga a Av. Principal do Dirceu (Zona Sudeste) à Av. Gil Martins (Zona Sul), a Ponte Anselmo Dias que foi inaugurada em 2016 (Figura 5).

Figura 5. Ilustração: Subida da Ponte Anselmo Dias e seu entorno



Fonte: Elaborado pelo autor

Mais à frente, encontra-se duas pontes bem próximas, a ponte metrô de Teresina e a Ponte Wall Ferraz que liga a Av. Higino Cunha (Zona Sul) à Av. Raul Lopes (Zona Leste) e enumerados por 4 e 5. Próximo a essas pontes o acúmulo de lixo e perda de cobertura vegetal para obras de mobilidade urbana que se repetem.

Ainda na Figura 3 enumerado por 6 estão as Florestas Fóssil de Teresina, nas margens direita e esquerda do Rio Poti, que são sítios paleontológicos de imensurável valor científico e histórico (Figura 6).

Figura 6. Ilustração: Florestas Fóssil



Fonte: Elaborado pelo autor

Uma localidade que merece destaque especial é a trecho central da área em estudo, pois apresenta o local que mais sofreu com a pressão antrópica. Nesse fragmento encontra-se uma das principais vias de acesso de Teresina, a Av. Marechal Castelo Branco foi enumerada por 7 e está localizada parcialmente na APP do Rio Poti. Ali, em sua margem, paralela ao rio é possível notar um fenômeno comum nos últimos meses do ano de 2016, as queimadas, que em sua maioria é causada por descuidos humanos.

Próximo, na margem direita, está um dos principais parques de lazer de Teresina, a Potycabana, enumerada por 8 e ilustrado na Figura 7, que está localizada nas proximidades da Ponte Juscelino Kubitschek (Ponte da Frei Serafim) responsável por ligar a Avenida João XXIII (Zona Leste) à Avenida Frei Serafim (Centro da Cidade) enumerada por 9 na Figura 3.

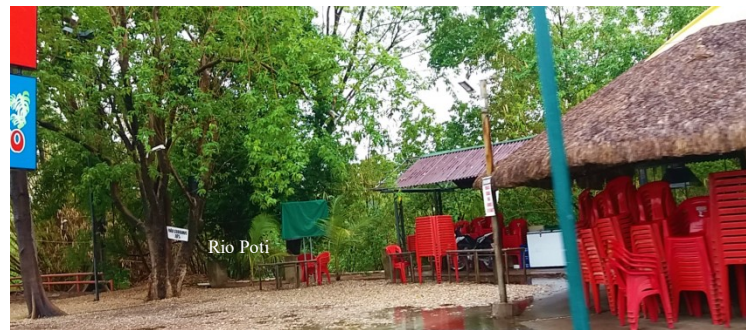
Figura 7. Ilustração: Parque Potycabana



Fonte: Elaborado pelo autor

Seguindo, está outra fundamental via de locomoção da capital, a Av. Raul Lopes localizada no bairro Jóquei (número 10). Nesta vemos a presença quase em toda sua extensão de centros comerciais bem próximos ao leito do rio (Figura 8).

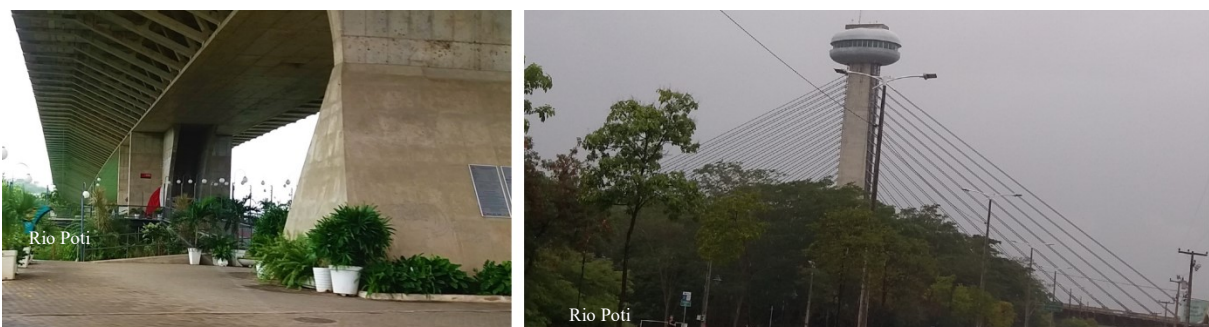
Figura 8. Ilustração: Entorno da Av. Raul Lopes



Fonte: Elaborado pelo autor

Mais à frente está o Complexo Turístico da Ponte Estaiada (número 11), além de importante via sobre o Rio Poti conta com atrações culturais e um mirante que se tornou cartão postal da cidade (Figura 9).

Figura 9. Ilustração: Complexo Turístico da Ponte Estaiada



Fonte: Elaborado pelo autor



Enumerada por 12 está a Ponte Ministro Petrônio Portela (Ponte da Primavera) que liga a Avenida Petrônio Portela (Zona Norte) à Avenida Universitária (Zona Leste). Chegando no extremo norte, as áreas edificadas deram lugar a uma alternância de vegetação remanescentes e vegetação rasteira, com exceção de algumas áreas pontuais.

Dois pontos importantes nessa área são a Ponte Leonel Brizola (Ponte do Mocambinho) que liga o Bairro Mocambinho (Zona Norte) ao Bairro Pedra Mole (Zona Leste), enumerada por 13 e a Ponte Mariano Castelo Branco (Ponte do Poti Velho) que liga o Bairro Poti Velho à Santa Maria da Codipi (Zona Norte) enumerada por 16. Entre as duas pontes chama bastante atenção a intensa extração de areia do Rio Poti por dragagem e a presença de uma horta comunitária (número 14) bem próxima ao leito do rio (Figura 10). Mais próximo da Ponte do Poti Velho (número 15), é possível observar a vulnerabilidade dos moradores do entorno pela proximidade a margem do rio, além de acúmulo de lixo doméstico e de restos de construção civil.

Figura 10. Ilustração: Dragagem e Horta Comunitária



Fonte: Elaborado pelo autor

Mesmo as áreas edificadas terem apresentado extensão considerável com relação à área de preservação permanente, é possível notar que existem sim áreas ocupadas por vegetação remanescentes, mas que não são suficientes para torná-las majoritárias.

De modo geral a Figura 3 mostra a força que a pressão antrópica atinge a área de preservação permanente do Rio Poti, onde foi observada a presença de pontes, importantes vias de locomoção, parques urbanos, centros comerciais e inúmeras moradias. Essas ocupações, na maioria das vezes, são resultado de falta de planejamento, que gera a ocupação desordenada e irregular do solo urbano além de exercer um grande impacto negativo sobre os recursos naturais provocando também ameaças a população residente destes espaços.

#### 4 CONCLUSÕES

A proteção das margens de rios determinadas pelo Novo Código Florestal deve ser tratada pelos órgãos públicos e ambientais com prioridade bem como pela população em geral, disto surgiu a necessidade de delimitar e mapear as APP's do Rio Poti em área urbana de Teresina fornecendo informações que auxiliarão em tomadas de decisões político-ambientais no Município.

As imagens de satélites do sistema *RapidEye* usadas no mapeamento contribuíram para a obtenção de uma classificação satisfatória, assim como a metodologia aplicada mostrou-se adequada e eficiente para o alcance dos objetivos propostos, destacando-se a utilização de técnicas de geoprocessamento e a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em

especial o software Spring, firmando a importância das geotecnologias como instrumento de grande valia para a análise geográfica do espaço urbano.

A vegetação original predominantemente arbórea em algumas regiões foi substituída por área urbanizada descaracterizando as APP's, estando utilizadas desprovidas de vegetação ciliar e erodidas, e principalmente pela presença de áreas edificadas que intensificam a impermeabilização do solo e alteram a drenagem natural das águas pluviais aumentando o escoamento superficial, tornam-se fatores decisivos na geração de problemas ambientais como a recorrência das enchentes na cidade em virtude de ocupações irregulares.

Nas visitas de campo, registradas por fotografias da área de estudo, foi possível observar intensa urbanização, ressaltada com obras de infraestrutura de transporte (vias de tráfegos e pontes), saneamento, drenagem urbana e empreendimentos comerciais e imobiliários (shoppings), gerando empregos e trazendo mobilidade urbana a população e em contrapartida proporcionando pressão sobre as APP's.

A recuperação das APP's deve ser realizada em áreas previamente discutidas de acordo com as alternativas locais, e deverão ser recuperadas com incentivos ao desenvolvimento da flora, como o plantio de mudas nativas.

Um dos pontos positivos do manejo ambiental nas APP's de Teresina é a criação de parques ambientais urbanos ao longo das faixas legalmente protegidas, gerando espaços de convivência, lazer e estudos científicos, que devem apresentar estrutura necessária ao desenvolvimento de atividades sociais em um ambiente natural.

Contudo, evidencia-se que as APP's devem estar submetidas ao máximo de proteção, devido o seu papel ambiental e social, concomitante ao desenvolvimento urbano observando sempre as suas fragilidades principalmente com relação às obras e atividades humanas, sempre cientes dos impactos ambientais negativos possíveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Código Florestal**, Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965.

BRASIL. **NovoCódigo Florestal**, Lei 12.651 de 25 de maio de 2012.

IBGE. **Cidades**. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=221100&search=piaui|teresina>>

Acesso em: 07 de Setembro de 2016.

INPE. Departamento de Processamento de Imagens. **Manual de operação do Spring: versão 2.0.1**. São José dos Campos, SP.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012, 266 p.

TERESINA. Prefeitura Municipal. **Perfil dos Bairros**. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2016.

# UTILIZAÇÃO DE PLANILHA DO EXCEL PARA AUTOMAÇÃO DO ÍNDICE DE NOMENCLATURA E ARTICULAÇÃO DE CARTAS

Vicente de Paula Sousa Júnior

Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

vicentepsj@outlook.com

Deniézio dos Santos Gomes

Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

deniezio@hotmail.com

Leandro Ítalo Barbosa de Medeiros

Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

Universidade Federal do Piauí.

Leandro.medeiros@hotmail.com

Leonardo Guedes Neves

Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

leoguedes\_eng@hotmail.com

**Resumo** - O Trabalho Científico realizado tem como objetivo demonstrar a utilização de planilhas do Excel para a automatização do índice de nomenclatura e articulação de cartas, tendo como base a carta internacional ao milionésimo - CIM. De maneira que, a planilha de trabalho articula cartas até a escala de 1:500. Os argumentos para entrada de informações são a Latitude, Longitude e a Escala de interesse do usuário. A planilha desenvolvida comporta todas e quaisquer coordenadas geográficas do globo terrestre, seguindo a normatização Internacional e Brasileira até a escala de 1:25.000. Para as cartas em escalas maiores foi utilizado um índice de nomenclatura e articulação convencionado por vários órgãos em território nacional em consenso firmado em 1978 e materializado em seminário promovido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Ao empregarmos conhecimentos da Cartografia de assuntos relevantes como é definida a Carta Internacional ao Milionésimo e seus componentes como fuso, faixa e meridiano central. E por fim, é que por meio desse conhecimento foi desenvolvida uma planilha que auxilia o profissional e estudante na agilidade em determinar o índice de nomenclatura e articulação de cartas.

**Palavras-chave:** Índice de Nomenclatura. Articulação. Excel.

**Abstract** - The purpose of the Scientific Work is to demonstrate the use of Excel spreadsheets for the automation of the nomenclature index and the articulation of letters, based on the international letter to the millionth - CIM. So, the worksheet articulates letters up to the scale of 1: 500. The input arguments are Latitude, Longitude, and the User Interest Scale. The developed worksheet includes any and all geographic coordinates of the terrestrial globe, following the International and Brazilian standardization up to the scale of 1: 25,000. For letters on larger scales, a nomenclature and articulation index agreed by several agencies in the national territory was used in a consensus signed in 1978 and materialized in a seminar promoted by the Institute of Applied Economic Research (IPEA). By using Cartography knowledge of relevant subjects such as the UTM Flat Coordinate System, calculations to determine the UTM spindle and central meridian, a spreadsheet was obtained that assists the professional and student in the agility in determining the letter nomenclature index and articulation index.

**Key-words:** Nomenclature Index. Articulation. Excel.

## 1 INTRODUÇÃO

As necessidades de mapeamento estão ligadas a motivos diversos, sendo que o principal é conhecer o espaço e sua localização. Para obtenção dessas informações é necessário o conhecimento da Cartografia, esta que, ao longo dos anos, teve seu conceito alterado. Todavia, em 2003, durante a 12ª Assembleia Geral da Associação Cartográfica Internacional, propôs-se que Cartografia é a disciplina que envolve a arte, a ciência e a tecnologia de construção e uso

de mapas, favorecendo a criação e manipulação de representações geoespaciais visuais ou virtuais, e permitindo a exploração, análise, compreensão e comunicação de informações sobre aquele recorte espacial.

Baseado nisso podemos falar sobre os produtos que são gerados com sua utilização, classificados por traço ou imagem: O Mapa, Globo, Carta, Planta, Mosaico, Ortofoto e a Carta Imagem. Para este caso, utilizamos a Carta, representada por traço ou imagem, que é definido como sendo a representação no plano, em escala média ou grande, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície terrestre. Sendo que é subdividida em folhas delimitadas por paralelos e meridianos, com a finalidade de possibilitar a avaliação de pormenores, com grau de precisão compatível com a escala.

O Brasil adota como sistema de Articulação e Nomenclatura de cartas baseada na Carta Internacional ao Milionésimo – CIM. Esta, se articula em outras cartas de diferentes escalas, que são 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e por final 1:25.000. Assim, por meio da Norma Cartográfica Brasileira (NCB) se estabelece a padronização dos produtos cartográficos, a partir dos preceitos propostos pelo decreto-lei nº 243/67 e do decreto nº 89.817/84. Para escalas maiores não existe uma normatização, no entanto, em 1978 por meio de um Seminário promovido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada com a presença de vários órgãos de maneira consensual foi firmado um padrão a ser seguido para o índice de nomenclatura e articulação de cartas com escalas maiores, sendo elas: 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000, 1:1.000 e 1:500.

Segundo o site oficial do Laboratório de Cartografia da Universidade Federal de Santa Maria, “A distribuição geográfica das folhas ao Milionésimo foi obtida com a divisão do planeta em 60 fusos de amplitude 6°. Numeradas a partir do antimeridiano -180°. Cada um destes fusos por sua vez estão divididos a partir da linha do Equador em 21 zonas de 4° de amplitude para o Norte e com o mesmo número para o Sul.” (UFSM, s.d., p.1). Através desse conhecimento é que foi desenvolvido a lógica a ser inserida no software de planilhas.

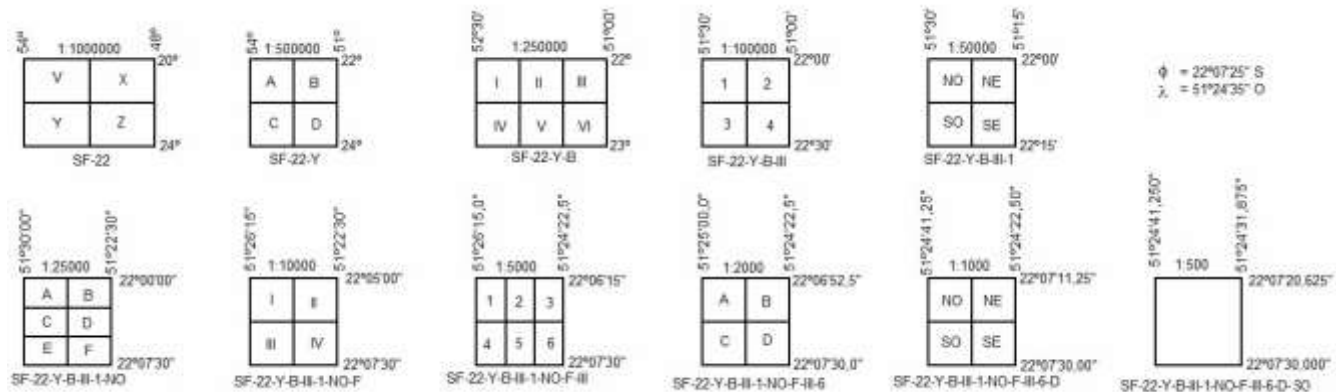
Além disso, o mesmo ainda destaca três pontos que merecem a devida atenção que são os caracteres que identificam o índice de nomenclatura, sendo o primeiro correspondente ao hemisfério norte ou sul, representados pelas letras N e S, respectivamente. O segundo refere-se com a zona que se encontra, sendo que corresponde com as letras do alfabeto partindo da letra A até V. E por fim, o número do fuso que varia de 1 a 60. Com a união desses caracteres podemos definir o índice de nomenclatura da CIM.

Sabendo que a economia de tempo e o avanço tecnológico, principalmente de computadores, ajudam o Engenheiro a desempenhar suas atividades, nos questionamos sobre a utilização de outras cartas em escalas maiores e suas respectivas articulações e nomenclaturas, e ainda como fazer de maneira rápida e precisa essas articulações e nomeações das cartas. O Software da Microsoft de planilha eletrônicas, o Excel, foi utilizado como ferramenta para a construção deste trabalho científico. Dessa forma, para a o uso adequado do software é necessário inserir dados como as coordenadas geográficas de um ponto e a escala da Carta que o usuário deseja saber o índice de nomenclatura e sua articulação

## 2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse trabalho foi focada em determinar parâmetros que pudessem fornecer apoio para que o Índice de Nomenclatura e Articulação de Cartas fosse implementado através de fórmulas convencionais e condicionais que o Excel disponibiliza. Com isso, na Figura 1 podemos ver como as cartas são articuladas neste trabalho.

Figura 1. Índice de Nomenclatura e Articulação normatizado por Decreto-Lei, Decreto e firmado em consenso em 1978.



Fonte: José Ozildo, 2017. (Adaptado)

## 2.1 Determinação do hemisfério, zona e do fuso

A determinação do hemisfério é obtida através da entrada de informações que o usuário irá colocar, pois é através das coordenadas de interesse que ocorre todo o trabalho para a determinação do índice de nomenclatura e articulação, com isso, ao informar a coordenada de Latitude o usuário deverá dizer em qual hemisfério a mesma se encontra, N para norte e S para sul. Por meio disso, obtemos o primeiro caractere para determinação da carta ao milionésimo.

Já para obtermos a zona que o ponto de interesse se encontra foi necessário utilizarmos de uma relação e fórmula matemática para a mesma, partindo da seguinte lógica para sua determinação:

$$\left(\frac{|\lambda|}{4}\right) + 1 = x \text{ maior que } 1 \text{ e menor que } 22. \quad (1)$$

Onde,  $\lambda$  é a Latitude fornecida pelo usuário ou de interesse, e a partir do resultado é feita uma relação com o número e a ordem das letras no alfabeto, sendo que se o número inteiro encontrado for 1 ele corresponderá a faixa A, caso o número inteiro seja 21 ele irá corresponder com a letra V.

O fuso também é obtido através de fórmula matemática e tendo como parâmetro para o seu cálculo a Longitude fornecida pelo usuário, então temos a seguinte fórmula:

$$\left(\frac{\varphi+180}{6}\right) + 1 = y \text{ maior que } 1 \text{ e menor que } 61. \quad (2)$$

Onde,  $\varphi$  é a Longitude fornecida ou de interesse. Utilizando apenas o número inteiro sem casas decimais definimos o fuso e conseqüentemente o índice de nomenclatura para as cartas com escala de 1:1.000.000.

## 2.2 Determinação do Meridiano Central – MC e Paralelo Central – PC

A determinação do Meridiano Central, o mesmo de conhecimento das coordenadas UTM foi de fundamental importância devido ele ser um parâmetro utilizado tanto para a determinação do índice de nomenclatura como da articulação das cartas. O meridiano central pode ser encontrado através da seguinte maneira:

$$MC = y \times 6 - 183 \quad (3)$$

Sabendo que  $y$  é o número do fuso, então temos que o meridiano central é encontrado com base no mesmo.

Adiante, um termo utilizado por nós é o *Paralelo Central - PC* que é o paralelo médio da carta ao milionésimo, a determinação do mesmo foi dada utilizando o a analogia com a letras que determinam a zona da carta ao milionésimo com uma progressão aritmética partindo de 2 com a constante igual a 4 até completar as zonas, e logicamente, utiliza-se o jogo de sinal para que o mesmo esteja de acordo com sua localização no globo. Convencionalmente, positivo para Norte e Negativo para sul.

### 2.3 Lógica para determinar a articulação das cartas

Para determinação da articulação das cartas ou os meridianos e paralelos que delimitam é necessário saber o tamanho ou amplitude em graus da carta.

Tabela 1. Tamanho das cartas em suas respectivas escalas

Escala	Amplitude	
	Long.	Lat.
1:1.000.000	6°	4°
1:500.000	3°	2°
1:250.000	1°30'	1°
1:100.000	30'	30'
1:50.000	15'	15'
1:25.000	7'30''	7'30''
1:10.000	3'45''	2'30''
1:5.000	1'52,5''	1'15''
1:2.000	37,5''	37,5''
1:1.000	18,75'	18,75'
1:500	9,375'	9,375'

Fonte: Autores, 2017.

É necessário falar que o valor utilizado para a implementação da formula foi o valor em graus decimais, e o que está apresentado na tabela está em graus sexagesimais. A conversão se deu através do próprio Excel.

De conhecimento da amplitude em Longitude e Latitude foi determinada a fórmula que auxilia na determinação da articulação das cartas que são:

$$\Phi D = Mm + Alog \quad (4)$$

$$\Phi E = Mm - Alog \quad (5)$$

$$\lambda S = Pm + Alat \quad (6)$$

$$\lambda L = Pm - Alat \quad (7)$$

Onde,  $\Phi D$  é a longitude que delimita a carta a direita,  $\Phi E$  é a longitude que delimita a carta à esquerda,  $\lambda S$  é a latitude que delimita a carta na parte superior e  $\lambda I$  é a latitude que delimita a carta na parte inferior.

Ainda temos que  $Mm$  é o meridiano médio da carta em sua respectiva escala, coincidindo com o  $MC$  na carta ao milionésimo, e o  $Pm$  é o paralelo médio da carta em sua respectiva escala, coincidindo com o  $PC$  na carta ao milionésimo. E por fim,  $Alog$  e  $Alat$  são as amplitudes da carta em longitude e latitude, respectivamente.

Contudo, existem dois casos que a fórmula acima não atende ao critério, então foi feita outra fórmula para que pudéssemos articular a mesma. Foi de grande importância saber o índice de nomenclatura para isso, pois devemos saber a posição da carta para determinar a sua articulação. Isso acontece por conta que nas escalas de 1:250.000, 1:25.000 e 1:5.000 possuem articulação para as cartas com escalas maiores diferentes.

Para a determinação do  $Mm$  das cartas com escalas 1:100.000 e 1:2.000 temos a seguinte fórmula para a determinação:

$$\text{Se I, IV, 1 ou 4} = Mm + Alog \quad (8)$$

$$\text{Se I, IV, 1 ou 4} = Mm - 3Alog \quad (9)$$

$$\text{Se II, V, 2 ou 5} = Mm + 2Alog \quad (10)$$

$$\text{Se II, V, 2 ou 5} = Mm - 2Alog \quad (11)$$

$$\text{Se III, VI, 3 ou 6} = Mm + 3Alog \quad (12)$$

$$\text{Se III, VI, 3 ou 6} = Mm - Alog \quad (13)$$

Quando utilizamos a soma obtemos a  $\Phi D$  e para obtermos o valor da  $\Phi E$  deve-se subtrair o valor de amplitude da carta de interesse. Quando acontece de utilizar o sinal de subtração, obtemos o  $\Phi E$  e por analogia para obtermos a  $\Phi D$  devemos somar o valor de amplitude da carta de interesse. A determinação das latitudes que delimitam as cartas continua iguais as fórmulas (6) e (7).

Já a determinação para a escala de 1:10.000 é diferente das anteriores por conta da articulação ter sido diferente no que se refere a latitude da carta. Assim teremos que determinar através da seguinte:

$$\text{Se A ou B} = Pm + 3Alat \quad (14)$$

$$\text{Se A ou B} = Pm - Alat \quad (15)$$

$$\text{Se C ou D} = Pm + 2Alat \quad (16)$$

$$\text{Se C ou D} = Pm - 2Alat \quad (17)$$

$$\text{Se E ou F} = Pm + Alat \quad (18)$$

$$\text{Se E ou F} = Pm - 3Alat \quad (19)$$

Quando utilizamos a soma obtemos a  $\lambda S$  e para obtermos o valor da  $\lambda I$  deve-se subtrair o valor de amplitude da carta de interesse. Quando acontece de utilizar o sinal de subtração,

obtemos o  $\lambda I$  e por analogia para obtermos a  $\lambda S$  devemos somar o valor de amplitude da carta de interesse. A determinação das latitudes que delimitam as cartas continua iguais as fórmulas (4) e (5). Por meio disso foi determinada a articulação das cartas até a escala de 1:500.

## 2.4 Determinação do índice de nomenclatura

Nesta etapa, foi utilizado auxílio de formulas condicionais do Excel para determinação do resultado desejado, foi composto basicamente das funções SE e E combinadas para obtermos o índice de nomenclatura correto, na sequencia podemos ver os possíveis índices das cartas e suas respectivas escalas.

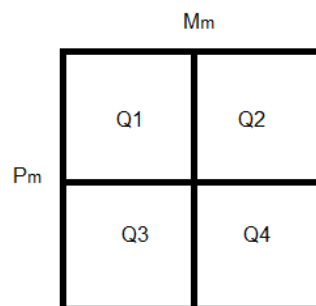
Tabela 2. Índices de Nomenclatura para as referidas escalas.

Escala	Índice
1:1.000.000	S ou N, Zona e Fuso
1:500.000	V, X, Y e Z
1:250.000	A, B, C e D
1:100.000	I, II, III, IV, V e VI
1:50.000	1, 2, 3 e 4
1:25.000	NO, NE, SO e SE
1:10.000	A, B, C, D, E e F
1:5.000	I, II, III e IV
1:2.000	1, 2, 3, 4, 5 e 6
1:1.000	A, B, C e D
1:500	NO, NE, SO e SE

Fonte: Autores, 2017.

Notamos que as cartas em sua maioria são articuladas em 4 outras cartas com escalas maiores, no entanto, ainda ocorre a articulação de 6 cartas que para exemplificar a fórmula de sua determinação utilizamos nomenclaturas Q1 que representa a carta superior esquerda, Q2 representando a carta superior direita, Q3 para representação da carta inferior esquerda, e por último, Q4 correspondendo a carta inferior direita. Essa divisão e nomenclatura serve para a articulação das cartas que se articulam em 4 outras cartas.

Figura 2. Cartas divididas em quatro folhas, utilizando quadrantes para simplificação.



Fonte: Autores, 2017.



$$\text{Se } \varphi \leq Mm \text{ e } \lambda \geq Pm, \text{ então Q1.} \quad (20)$$

$$\text{Se } \varphi \geq Mm \text{ e } \lambda \geq Pm, \text{ então Q2.} \quad (21)$$

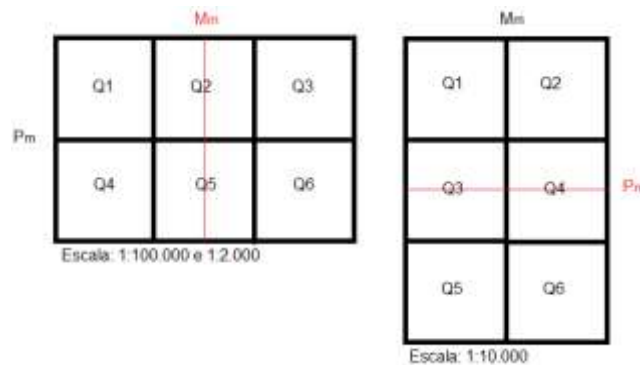
$$\text{Se } \varphi \leq Mm \text{ e } \lambda \leq Pm, \text{ então Q3.} \quad (22)$$

$$\text{Se } \varphi \geq Mm \text{ e } \lambda \leq Pm, \text{ então Q4.} \quad (23)$$

Onde já sabemos que  $Mm$  é o meridiano médio da carta, determinado a partir da articulação já demonstrada através da média dos meridianos que delimitam a carta em sua respectiva escala, e por fim o  $Pm$  que corresponde analogamente ao  $Mm$  no que se refere a latitude.

Como mencionamos, as cartas são articuladas basicamente em outras 4 ou 6 cartas com escala superiores, para a determinação do índice das que são articuladas em outras 6 cartas demonstramos a seguir como as mesmas foram visualizadas e em seguida como foi feita a fórmula para a determinação do correspondente índice de nomenclatura.

Figura 2. Representação em quadrantes (Q) da divisão de cartas com articulação de 6 cartas.



Fonte: Autores, 2017.

Para as escalas de 1:100.000 e de 1:2.000 que são articuladas de maneiras iguais, temos a seguinte lógica:

$$\text{Se } Mm - 0,5Along \geq \varphi \geq Mm - 1,5Along \text{ e } \lambda \geq Pc, \text{ então Q1.} \quad (24)$$

$$\text{Se } Mm + 0,5Along \geq \varphi \geq Mm - 0,5Along \text{ e } \lambda \geq Pc, \text{ então Q2.} \quad (25)$$

$$\text{Se } Mm + 1,5Along \geq \varphi \geq Mm + 0,5Along \text{ e } \lambda \geq Pc, \text{ então Q3.} \quad (26)$$

$$\text{Se } Mm - 0,5Along \geq \varphi \geq Mm - 1,5Along \text{ e } \lambda \leq Pc, \text{ então Q4.} \quad (27)$$

$$\text{Se } Mm + 0,5Along \geq \varphi \geq Mm - 0,5Along \text{ e } \lambda \leq Pc, \text{ então Q5.} \quad (28)$$

$$\text{Se } Mm + 1,5Along \geq \varphi \geq Mm + 0,5Along \text{ e } \lambda \leq Pc, \text{ então Q6.} \quad (29)$$

Onde, Q1, Q2 e Q3 representam as cartas superiores a direta, central e a esquerda, respectivamente. Já Q4, Q5 e Q6 indicam as cartas inferiores a direta, central e a esquerda, respectivamente.

Já para a carta com escala de 1:10.000 temos a seguinte analogia para determinação do seu índice de nomenclatura:

$$\text{Se } \varphi \leq Mm \text{ e } Pm + 1,5Alat \geq \lambda \geq Pm + 0,5Alat, \text{ então Q1.} \quad (30)$$

$$\text{Se } \varphi \geq Mm \text{ e } Pm + 1,5Alat \geq \lambda \geq Pm + 0,5Alat, \text{ então Q2.} \quad (31)$$

$$\text{Se } \varphi \leq Mm \text{ e } Pm + 0,5Alat \geq \lambda \geq Pm - 0,5Alat, \text{ então Q3.} \quad (32)$$

$$\text{Se } \varphi \geq Mm \text{ e } Pm + 0,5Alat \geq \lambda \geq Pm - 0,5Alat, \text{ então Q4.} \quad (33)$$

$$\text{Se } \varphi \leq Mm \text{ e } Pm - 0,5Alat \geq \lambda \geq Pm - 1,5Alat, \text{ então Q5.} \quad (34)$$

$$\text{Se } \varphi \geq Mm \text{ e } Pm - 0,5Alat \geq \lambda \geq Pm - 1,5Alat, \text{ então Q6.} \quad (35)$$

Onde, Q1, Q3 e Q5 estão dispostas para representarem as cartas a esquerda superior, central e inferior, respectivamente. Já para as cartas a direita temos Q2, Q4 e Q6 referindo-se a posição superior, central e inferior, respectivamente.

É importante salientar que para determinação da articulação dessas ultimas cartas e suas escalas foi necessário desenvolver uma matriz para determinação do índice de nomenclatura e só após é que determinamos a sua articulação, nas demais a articulação foi determinada primeiramente, e logo adiante o índice de nomenclatura.

## 2.5 Entrada de dados

A entrada de dados pode ser feita através das coordenadas que determinam o ponto de interesse e a escala em que desejamos obter a articulação e o índice de nomenclatura. Aconselha-se que entre na ordem de coordenadas de longitude, latitude e por fim com a escala.

A entrada da escala obedece um código, que apresentamos na tabela a seguir:

Tabela 3. Modo de inserir a escala na planilha.

Escala de Interesse	Modo de inserir
1/1.000.000	1:1000K
1/500.000	1:500K
1/250.000	1:250K
1/100.000	1:100K
1/50.000	1:50K
1/25.000	1:25K
1/10.000	1:10K
1/5.000	1:5K
1/2.000	1:2K
1/1.000	1:1K
1/500	1:500

Fonte: Autores, 2017.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado obtivo foi uma planilha rápida, leve e que auxilia o usuário a determinação rápida e segura para que foi proposto, a planilha é disponibilizada no link: <<https://1drv.ms/x/s!AIRLUtWLoxJdlAkfnIEczIcoII15>>. Possuindo senha para a proteção da estrutura e das células. Em testes realizados não foi constado erros, contudo é importante salientar que o público alvo desse trabalho deve ter noções de como funciona uma planilha, como funciona a determinação do índice de nomenclatura e articulação de cartas.

Figura 4. Printscreen da planilha demonstrando o layout da mesma.



Fonte: Autores, 2017.

### 4 CONCLUSÕES

O trabalho proporcionou um software de interface amigável e simples entendimento, até para usuários que não possuem um conhecimento técnico apurado. De forma rápida e objetiva, os resultados são obtidos com a entrada de informações de escala de interesse, longitude, latitude e a localização do ponto referenciadas ao sistema de coordenadas geográficas ou geodésicas em todo o globo terrestre. Destacando-se também a sua utilidade sem a necessidade de conexão com a internet.

A aquisição desta ferramenta pelos acadêmicos é de grande valia, pois além de ser aproveitado no meio profissional, como ferramenta para auxiliar trabalhos da área de Cartografia, pode ser utilizado em âmbito acadêmico para auxiliar professores e alunos na resolução de problemas relacionados ao índice de nomenclatura e articulação de cartas. Além disso, assim como foi desenvolvido para um trabalho científico, as autarquias públicas podem adquirir este tipo de ferramenta para efeito de padronização da sistemática cartográfica a níveis municipal e estadual.

Por tanto, este trabalho fora realizado para atender o máximo de usuários e subsidiar várias finalidades de interesse. É de preocupação sempre mantê-lo atualizado dos consensos realizados em território nacional de sua área de atuação em computadores e no futuro, a ampliação de conhecimentos mais apurados na área de implementação de programas para atingir smartphones e tablets.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984.** Estabelece as Instituições Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

BRASIL. **Decreto – Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967.** Cita as diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências.

MENEGUETTE, Arlete. **Índice de Nomenclatura de Produtos Cartográficos da Escala de 1:000000 a 1:1000.** Disponível em: <[https://www.academia.edu/4988531/%C3%8Dndice\\_de\\_Nomenclatura\\_de\\_produtos\\_cartogr%C3%A1ficos\\_da\\_escala\\_1\\_1000000\\_%C3%A0\\_1\\_1000](https://www.academia.edu/4988531/%C3%8Dndice_de_Nomenclatura_de_produtos_cartogr%C3%A1ficos_da_escala_1_1000000_%C3%A0_1_1000)>. Acesso em: 30 de novembro de 2016.

MICROSOFT OFFICE. Disponível em: <<https://support.office.com/>>. Acesso em 28 de novembro de 2016.

UFSM. **Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo – Cálculo para a Nomenclatura cartas.** Disponível em: < <https://goo.gl/XKmO4P> > . Acesso em 02 de dezembro de 2016.

VERAS, Rogério Carvalho. **Articulação e Sistematização de Cartas.** Teresina 2011.

ZIMBACK, Célia. **Cartografia.** Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/apostila-cartografia1.html>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2016.

## ESTUDO DE CASO: QUANTITATIVO E ANÁLISE ESPACIAL DOS FOCOS DE INCÊNDIO EM TERESINA-PI.

Deniezio dos Santos Gomes

Graduado em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
Email: deniezio@hotmail.com

Guilherme Arruda Teixeira

Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí.  
Email: guilherme18teixeira@outlook.com

Laís Virginia Ribeiro de Sousa

Graduanda em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí.  
Email: laisribeiros@hotmail.com

Lismariane da Silva Cardoso

Graduanda em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí. Email:  
lismarianec@hotmail.com

**Resumo** - O presente trabalho apresenta um estudo sobre os focos de incêndios em Teresina-PI, no intuito de identificar as áreas em que há o maior número de ocorrências, aliando informações acerca da vegetação e conhecimentos do município, desenvolvendo uma análise dos fatores responsáveis por tais fenômenos, para isso foram coletados dados sobre queimadas do banco de dados do INPE, de modo a se ter subsídios para a elaboração de tabelas e gráficos comparativos, além de mapas de calor (*Kernel*) para uma melhor visualização dessas áreas. Com esse estudo foi possível concluir, que durante todo o ano Teresina apresenta focos de incêndios, mas, que essa situação se agrava entre os períodos de julho a dezembro, principalmente nas regiões ao extremo norte e extremo sul da cidade, e que essa situação está aumentando ano após ano.

**Palavras-chave:** Incêndio, Mapa, Kernel, Teresina.

**Abstract** – The present work presents one study about the focus of fire in Teresina-PI, in intent of identify the areas on what there is of major occurrence, allying information about of vegetation and knowledge of municipality, developing one analysis of factors responsible for such phenomenon, for this were collected data about burned of database of INPE, way to have subsidy for a elaboration of table and graphics comparatives, beyond maps of heat (*Kernel*) for one best visualization these areas. With this study was possible conclude, that during al the year Teresina present focus of fire, but, that situation if aggravates between the periods of July to December, mainly in the regions when extreme north and extreme south of city, and that situation it's increasing year after year.

**Key-words:** Fire, Map, Kernel, Teresina.

### 1 INTRODUÇÃO

Teresina, a Capital do Estado do Piauí, tem cerca de oitocentos e quarenta e oito mil habitantes segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e 1.392 Km<sup>2</sup> de extensão territorial (IBGE, 2015). A mesma faz divisa com o município de Timon (Estado do Maranhão) à margem oeste do Rio Parnaíba, ao norte com o município de José de Freitas e União, ao oeste com Altos e ao sul com Demerval Lobão, Palmeirais, Monsenhor Gil, Curralinhos e Nazária (SEMPPLAN, 2016. p.3).

Historicamente, Teresina desenvolveu-se de um povoado às margens do rio Poti que, posteriormente, ganhou status de vila. A cidade fora fundada de fato em meados de 1852 com o propósito de se tornar a capital da Província do Piauí por questões de estratégias político-econômicas (SILVA, 2012).

A cidade tem como localização oficial, por coordenadas geográficas, Latitude 5°05'20", Longitude 42°48'07" e altitude média de 72 m (SEMPLAN, 2016, p.3). Possui um clima tropical semiúmido, com biomas predominantes de Caatinga e Cerrado, apresenta também, por se encontrar em uma região próxima à Linha do Equador, estações pouco definidas, destacando-se períodos chuvosos (dezembro a maio) e períodos secos (junho a novembro). O conhecimento prévio destas informações são de extrema importância para o objetivo de nossa investigação, que consiste na análise das causas dos focos de incêndios e ocorridos neste município.

Focos de incêndio e queimadas são responsáveis por grandes danos ao meio ambiente e posteriormente ao clima, causando assim, notável reflexo, tanto em áreas rurais quanto em áreas urbanas. As queimadas são procedimentos controlados de manejo agropastoril, para a limpeza de determinada área para posterior cultivo ou eliminação de resíduos de produção, já os focos de incêndios são causados de maneira clandestina e criminoso, ou seja, não apresenta a devida autorização e o controle, podendo também ser um processo natural causado por grande incidência de raios solares, em regiões secas e vegetações preponderantes para tal fenômeno (PENSAMENTO VERDE, 2013).

Tanto os focos de incêndios quanto as queimadas são eventos notórios na cidade de Teresina. Segundo matéria do G1 (2015), conforme pesquisa realizada pelo Sistema de Monitoramento de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Teresina ocupou a posição 34º no ranking de incêndios contabilizados nas cidades brasileiras no ano de 2015, o número elevado de queimadas se deve à baixa umidade do ar a falta de chuvas na região causando o ressecamento do solo. Assim para o alcance de nossos objetivos coletamos cinco amostras de dados vetoriais obtidos do Banco de Dados de queimadas do INPE, compreendidos entre os anos de 2011 a 2016. Neste intervalo de tempo serão analisados além dos números de focos de incêndios, a concentração dos mesmos, em outras palavras, as áreas de maior incidência e posteriormente, os motivos e consequências para tal.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

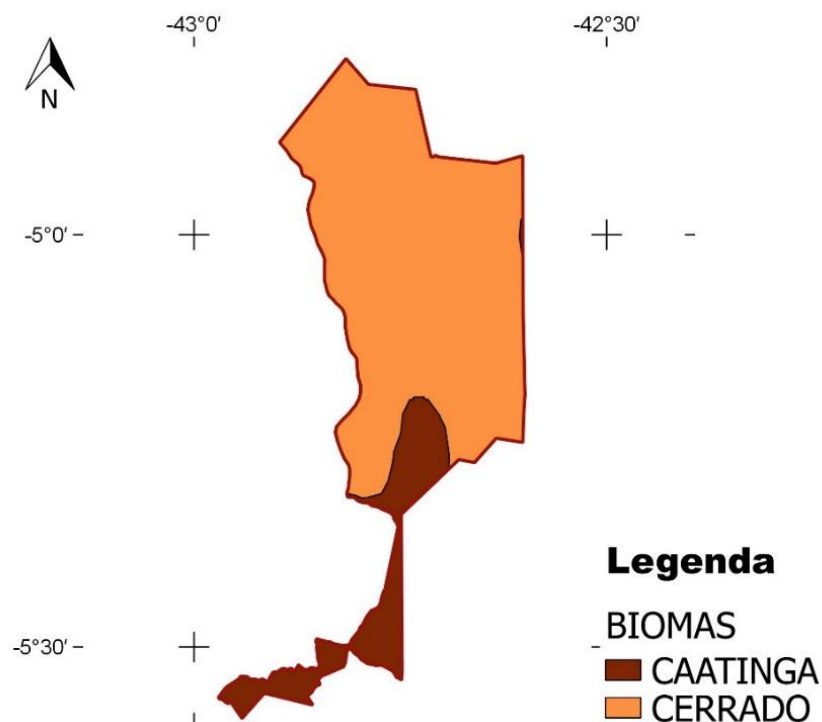
### **2.1 Caracterização dos Biomas**

O Cerrado, é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup>, cerca de 23,92% do território Brasileiro (IBGE, 2004). Abrange os Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal (IBGE, 2004; LOPES, 2004, p. 568). O mesmo possui potencial hídrico considerável, pois abrange as bacias Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata, também possui grande importância social, garantindo a subsistência de comunidades indígenas, quilombolas, geraizeiros, ribeirinhos, babaqueiras e vazanteiros. Porém é um bioma que vem sofrendo bastante com a ocupação humana e com o mercado agropecuário, devido a aberturas constantes de novas áreas de cultivos de grãos e criação de gado bovino para produção de carne, além disso, o mesmo sofre com a exploração predatória de seus recursos lenhosos para a produção de carvão. O cerrado tem o menor percentual sob proteção integral do território brasileiro, apenas 8,21% de seu território é legalmente protegido por unidades de conservação e apenas 2,85% desta parte, possui legalidade de proteção integral (MMA, s. d.). Sua vegetação tem por características, a presença de árvores com galhos tortuosos e de pequeno porte; raízes profundas, proporcionando o acesso a lençóis freáticos profundos; cascas das árvores duras e grossas; folhas cobertas de pelos e presença de gramíneas e

ciperáceas no estrado das árvores (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, p. 261; LOPES, 2013, 2004, p. 568).

A Caatinga, conforme dados do IBGE (2004) ocupa uma área de cerca de 844.453 equivalente a cerca de 9,92% do território brasileiro, abrangendo os Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, p. 260). Cerca de vinte e sete milhões de pessoas vivem em áreas que compreendem o bioma da Caatinga e dependentes de recursos provenientes da mesma. Em âmbito nacional, tal bioma serve de fonte de subsídios para atividades agropastoris e indústrias especialmente nos ramos farmacêutico, de cosméticos, químico e de alimentos. No entanto, a devastação deste bioma vem aumentando rapidamente devido à extração de sua vegetação para a produção de lenha, de forma insustentável, tendo como resultado a perda de 46% da área do bioma, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, s. d.). Aliado a estes fatos, este bioma faz parte dos menos protegidos, já que pouco mais de 1% da área é protegida integralmente. As principais características da Caatinga consistem na forte presença de arbustos com galhos retorcidos e com raízes profundas; presença de cactos e bromélias (LOPES, 2013, p. 567); arbustos costumam perder, quase que totalmente, as folhas em épocas de seca (propriedade usada para evitar a perda de água por evaporação); as folhas desse tipo vegetação são de tamanho pequeno.

Figura 1. Biomas do Município de Teresina-PI.



Fonte: MMA (2016), adaptado pelos autores.

## 2.2 Mapas de Calor Kernel

No contexto das Geotecnologias o termo “*Kernel*”, que no inglês significa “núcleo”, faz referência a um método estatístico de estimação de curvas de densidades. Neste método cada uma das observações é ponderada pela distância em relação a um valor central, o núcleo. Dito de maneira mais simplista, o Mapa de *Kernel* é uma alternativa para análise geográfica do comportamento de padrões. No mapa é plotado, por meio métodos de interpolação, a

intensidade pontual de determinado fenômeno em toda a região de estudo. Assim, temos uma visão geral da intensidade do processo em todas as regiões do mapa (MEDEIROS, s.d.).

Este interpolador é comumente utilizado para gerar uma superfície contínua através de dados amostrais, geralmente pontos (SILVA et al., 2013).

### 3 METODOLOGIA

Para a execução do estudo quantitativo e análise espacial dos focos de incêndios ocorridos em Teresina, foi realizado o levantamento de dados vetoriais (no formato *shapefile*) do Banco de Dados de queimadas do INPE<sup>1</sup>, em intervalos de um ano (julho a julho) e assim organizou-se uma base de dados geográficos. Cada ponto coletado possuía as seguintes variantes: Coordenadas geográficas (latitude e longitude), data da investigação do foco de calor (dia, mês e ano), tipo de satélite, unidade federativa, região, bioma e município. Estas variáveis são organizadas em uma tabela, denominada tabela de atributos. Dessa forma, é procedida a confecção de Mapas de Calor utilizando o estimador de densidade *Kernel*, com a utilização do programa *Quantum Gis* (QGIS versão 2.14.0 Essen). Por este processo é possível obter a visualização qualitativa dos focos de calor na região de interesse. Além da criação dos mapas de calor, também foram geradas tabelas comparativas de dados para o intervalo de tempo, que compreende a um ano, a partir do dia 26 de julho de 2011. O estudo foi disposto da seguinte maneira:

- Primeiro intervalo de dados (26/07/2011 a 26/07/2012);
- Segundo intervalo de dados (26/07/2012 a 26/07/2013);
- Terceiro intervalo de dados (26/07/2013 a 26/07/2014);
- Quarto intervalo de dados (26/07/2014 a 26/07/2015);
- Quinto intervalo de dados (26/07/2015 a 26/07/2016).

Com as observações obtidas do banco de dados de queimadas do INPE, além dos mapas de calor, também foram elaborados tabelas e gráficos demonstrativos, de modo a realizar-se uma comparação do total de focos de incêndios no município de Teresina-PI para os intervalos coletados e uma comparação mensal dos focos de queimadas para o intervalo total.

### 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Teresina-PI, anualmente vem sendo atingida com uma crescente ocorrência de eventos de fogo. No intervalo estudado que é o equivalente a cinco anos, cerca de 3718 focos de incêndios foram captados pelos sensores a bordo dos satélites AQUA, NOAA, TERRA-M dentre os outros dos quais foram obtidas as observações no Banco de dados de queimadas do INPE, disposto conforme Tabela 1.

Tabela 1. Total de focos de queimadas em Teresina por períodos.

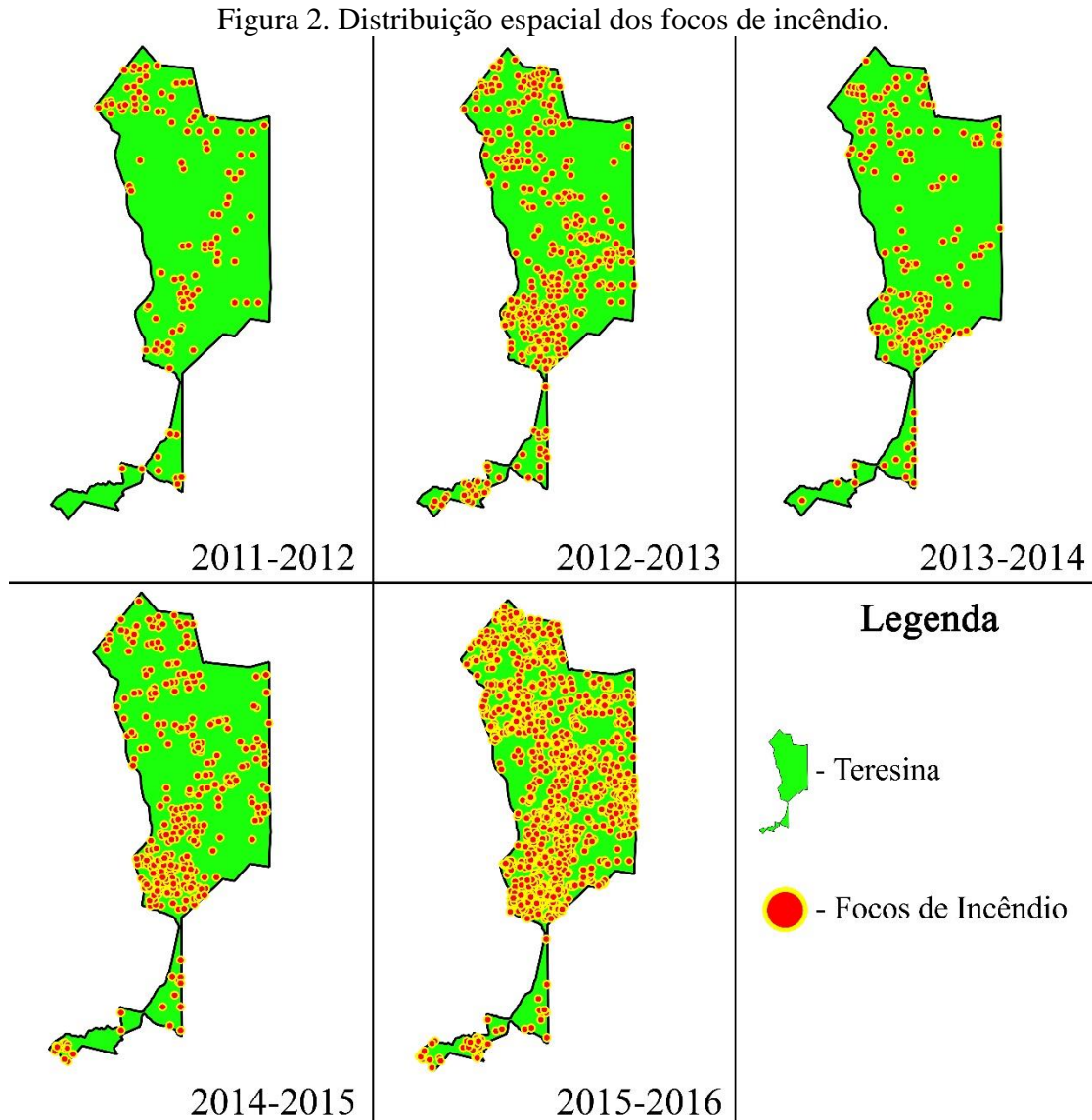
<b>Período</b>	<b>Total de Focos</b>
2011-2012	163
2012-2013	737
2013-2014	269
2014-2015	531
2015-2016	2018

Fonte: INPE (2016), adaptado pelos autores.

<sup>1</sup> Disponível no endereço eletrônico: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>



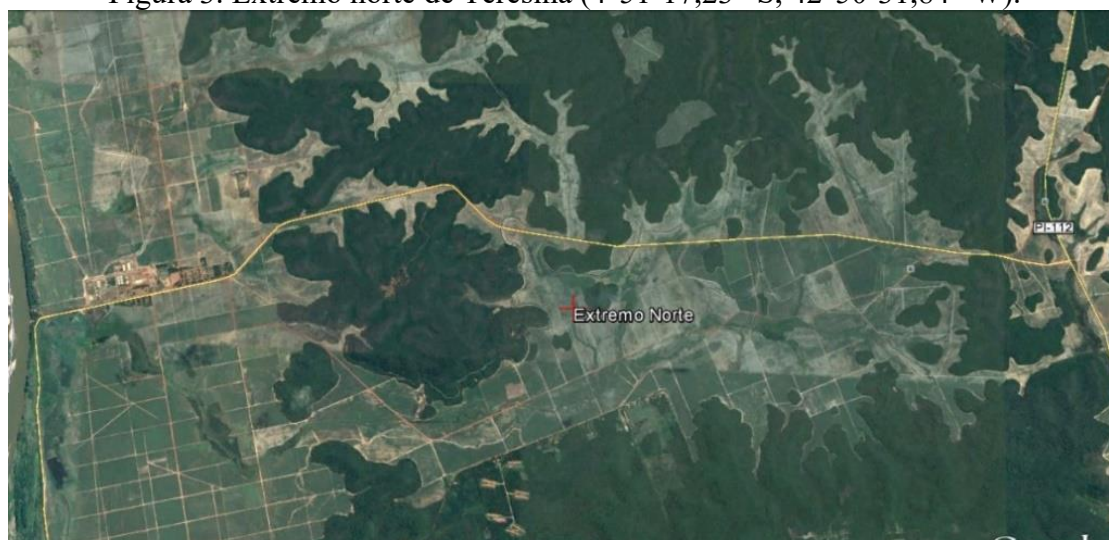
Os mapas de distribuição dos focos (Figura 3) demonstram o comportamento espacial destes focos de incêndio na área de Teresina ao longo do recorte temporal estudado. De acordo com Silva (et al. 2013) a partir destes mapas pode-se analisar a recorrência dos eventos de fogo em determinada região.



Fonte: INPE (2016), adaptado pelos autores.

De maneira geral, percebe-se que a distribuição dos focos se mantém dispersas nos intervalos que variam de julho de 2011 a julho de 2015, tendo-se uma ligeira concentração nos extremos norte e sul de Teresina, já entre o intervalo de julho de 2015 a julho de 2016 tem-se uma grande concentração de focos em toda a área do município.

Através da análise dos mapas de focos de incêndios obtidos com os dados do INPE para Teresina, verificou-se que as áreas onde concentram-se a maior quantidade de foco de queimadas, são em regiões do extremo norte e principalmente no extremo sul do município, fora do perímetro urbano, estas regiões quando vistas pelo programa computacional *Google Earth*, podemos identificar grandes áreas desmatadas e a análise das formações espaciais destas áreas indicam a presença de culturas agrícolas nesses locais.

Figura 3. Extremo norte de Teresina ( $4^{\circ}51'17,23''$  S,  $42^{\circ}50'31,84''$  W).

Fonte: Google Earth (2016), adaptado pelos autores.

Na tabela 2, foram inseridos os quantitativos de focos de incêndio mensais no intervalo temporal analisado.

Tabela 2. Foco de queimadas em Teresina por mês.

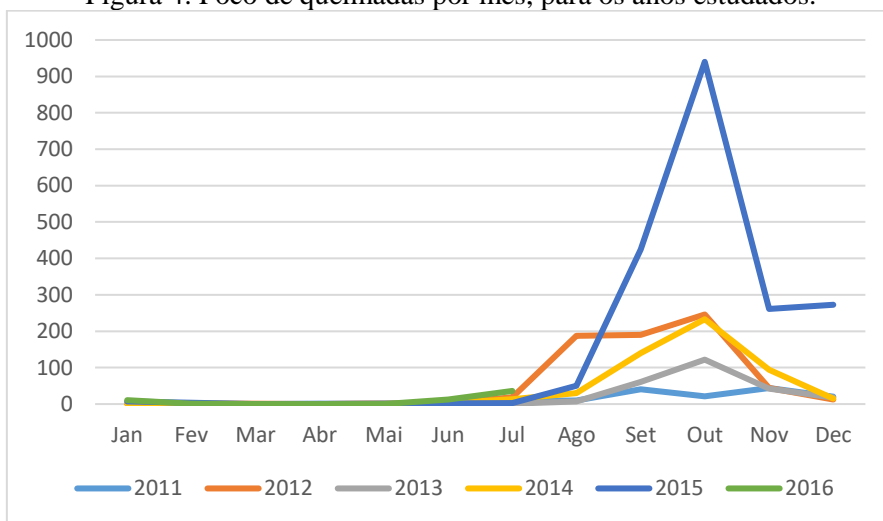
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>2011</b>							8	10	41	21	44	20
<b>2012</b>	1	2	1	0	2	3	19	187	190	246	44	12
<b>2013</b>	3	0	0	0	3	2	1	7	61	122	42	18
<b>2014</b>	1	0	0	0	0	3	13	30	140	233	94	15
<b>2015</b>	7	4	0	1	0	2	3	50	425	940	261	273
<b>2016</b>	11	1	0	0	0	12	36					

Fonte: INPE (2016), adaptado pelos autores.

Através da observação da Tabela 2, verifica-se que anualmente temos um crescente nos focos de incêndio que começam a surgir em grandes quantidades a partir do mês de julho, com o ápice no mês de outubro, diferentemente do restante do estado do Piauí em que o ápice fica no mês de setembro conforme o Monitoramento dos Focos Ativos por Estados do INPE<sup>2</sup>. Como também é possível perceber um crescente, no contexto geral, ano após ano. Com esses dados foi criado um gráfico de linha (Figura 4) onde podemos ver o crescimento dos focos de incêndio, de maneira similar em todos os períodos estudados.

<sup>2</sup> Disponível em: < [http://www.inpe.br/queimadas/estatistica\\_estados](http://www.inpe.br/queimadas/estatistica_estados)>

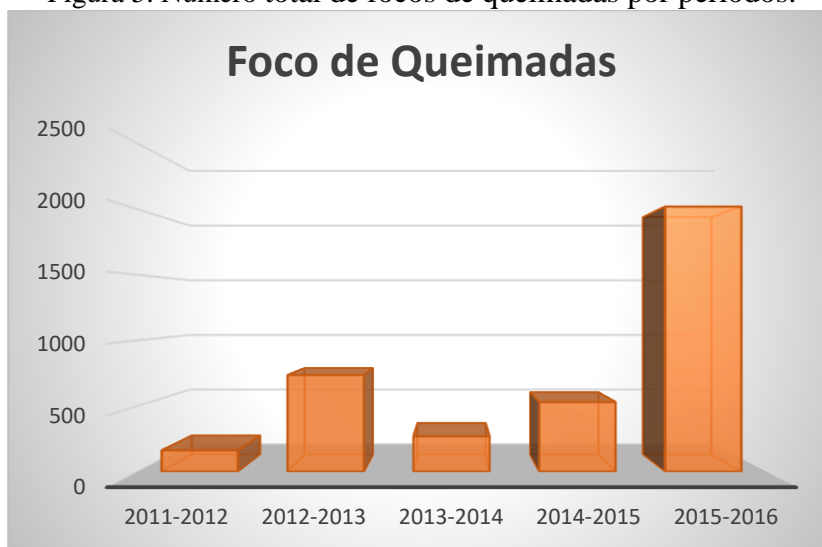
Figura 4. Foco de queimadas por mês, para os anos estudados.



Fonte: INPE (2016), adaptado pelos autores.

Na figura 5, abaixo, temos um gráfico comparativo entre a quantidade de focos de incêndios, de todos os períodos estudados, com a análise do mesmo é fácil perceber que no último intervalo (julho de 2015 a julho de 2016) estudado temos quase o quádruplo do total de incêndios do período anterior, o equivalente a 54% do total de focos do intervalo temporal estudado.

Figura 5. Número total de focos de queimadas por períodos.



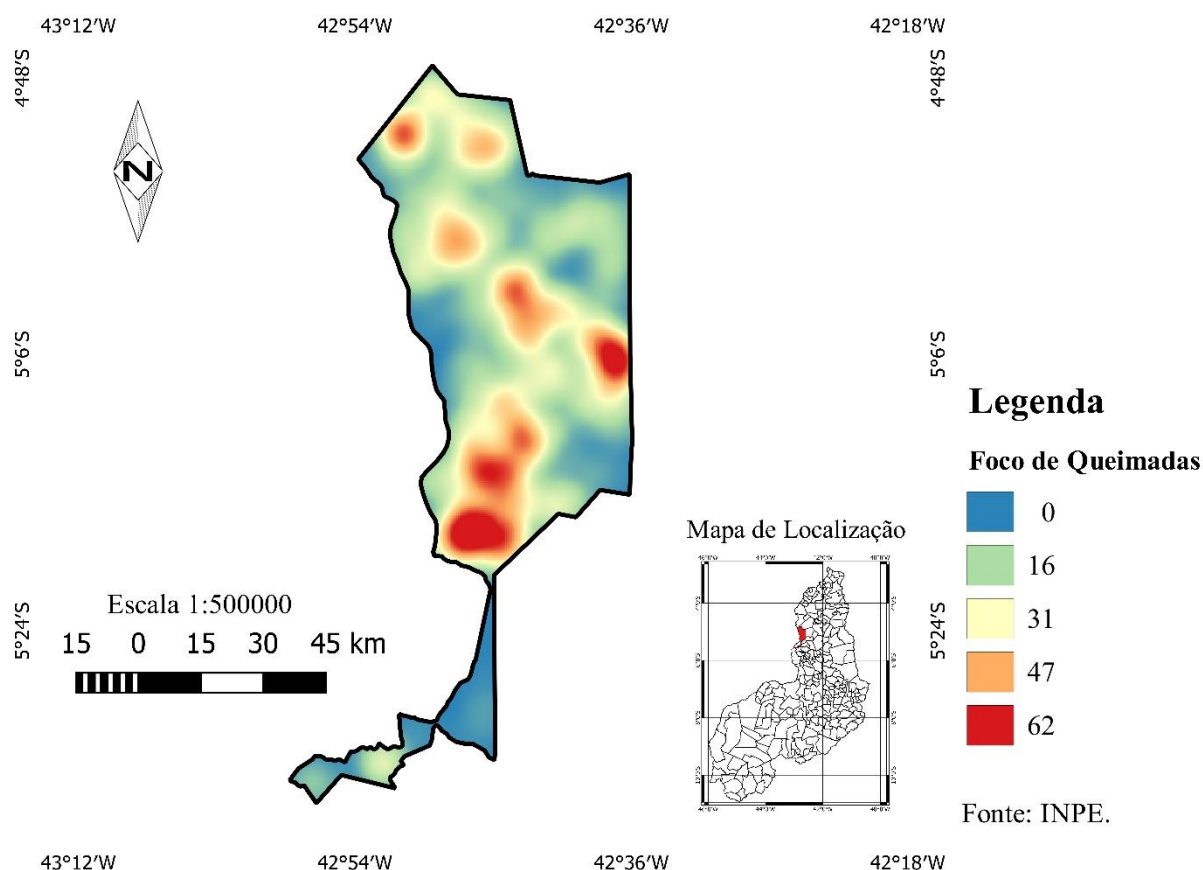
Fonte: INPE (2016), adaptado pelos autores.

A partir da análise das imagens de satélites (*Google Earth*) dessas regiões e dos dados da figura 4, é possível fazer uma relação entre as queimadas e a cultura agrícola, pois através da observação desse gráfico vemos uma crescente no aumento dos focos de queimadas que começam em junho e estendem-se até dezembro (em todos os anos), período esse que é compatível com o período de estiagem da região conforme dados da SEMPLAN (2016, p. 5). É preciso ressaltar, no entanto, que o aumento no número de queimadas nesse período, de junto a dezembro, deve-se não somente a agricultura, uma vez que, de acordo com os dados coletados do INPE, há em toda a área do município a presença de focos de incêndios e que esses vem crescendo ano após ano (Figura 5). Isso se deve também às altas temperaturas da cidade, principalmente no período regionalmente denominado de B-R-O-Bro (Setembro a Dezembro),

e aos incêndios clandestinos, há ainda, o fato de que em determinadas regiões da cidade, onde o saneamento básico é precário, principalmente em bairros com poucos anos de criação, ainda se tem a cultura de atear fogo aos lixos doméstico e esse fato se agrava nesse período onde temos a crescente no gráfico.

Abaixo (Figura 6) temos o Mapa de *Kernel* gerado com os dados obtidos para o intervalo de julho de 2015 a julho de 2016, intervalo este, que dentre os analisados foi onde tivemos o maior número de ocorrência de focos de incêndio. Neste mapa onde podemos ver de forma gradual a formação espacial das regiões de maior incidência de focos de incêndio.

Figura 6: Mapa de Calor (Kernel), período 26/07/2015 a 26/07/2016).



Fonte: INPE (2016), adaptado pelos autores.

## 5 CONCLUSÕES

Em suma, é notável que as condições ambientais, como exemplo o clima e a vegetação predominante em Teresina, ampliam as propensões de ocorrências de queimadas e Incêndios clandestinos. Sendo este um problema decorrente do município, podemos observar que as causas para tal se devem a falta de políticas ambientais de proteção aos biomas existentes, efetivas ações para o controle de queimadas nas zonas rurais e prevenções de focos de incêndios causados, ora naturalmente por razão de forte incidência solar, ora por ações clandestinas, como exposto anteriormente em questões de saneamento público.

Assim, têm-se como consequência a formação de ilhas de calor no perímetro urbano do município, elevando a temperatura e também, elevações ainda maiores, das taxas de poluição do ar, tornando as condições de vida insalubres na zona urbana, principalmente para crianças, idosos e adultos com problemas respiratórios.

Com esse estudo foi possível concluir, que durante todo o ano Teresina apresenta focos de incêndios, porém a ocorrência destes se acentuam durante o período que varia entre julho e dezembro, a partir de janeiro a ocorrência vem a diminuir dando início a um novo ciclo de queimadas. Com os mapas de calor percebemos que estes focos são observados em sua maioria durante todo o ano nas regiões ao extremo norte e no extremo sul da cidade, e que essa situação está aumentando ano após ano, chegando a ocorrer em toda a área do município.

## REFERÊNCIAS

G1. **Focos de queimadas aumentam 34% no Piauí em apenas um ano, diz INPE.**

Disponível em: <<http://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2015/12/focos-de-queimadas-aumentam-34-no-piaui-em-apenas-um-ano-diz-inpe.html>>. Acesso em: 24 jul. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** Disponível em:

<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=221100&search=piaui|teresina>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas e de Vegetação.**

Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais. **Banco de Dados de Queimadas.** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 28 jul. 2016.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais. **Monitoramento dos Focos Ativos por**

**Região.** Disponível em: <[http://www.inpe.br/queimadas/estatistica\\_estados](http://www.inpe.br/queimadas/estatistica_estados)>. Acesso em: 29 abr. 2017.

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia Hoje: Genética, Evolução e Ecologia.** 2. ed. São Paulo: Ática, 2013. p. 260-261. Disponível em:

<<https://www.passeidireto.com/arquivo/16222848/biologia-hoje---volume-3---genetica-evolucao-e-ecologia---linhares-sergio-gewan>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

LOPES, Sônia. **Bio: Volume único.** 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2004. p. 567-568.

MEDEIROS, Anderson Maciel Lima de. **Introdução aos Mapas de Kernel.** 2012.

Disponível em: <<http://www.andersonmedeiros.com/mapas-de-kernel-parte-1/>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Caatinga.** Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 26 jul. 2016.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado.** Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 26 jul. 2016.

PENSAMENTO VERDE. **Principais causas e consequências dos incêndios florestais.**

Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/principais-causas-consequencias-incendios-florestais/>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

SEMPPLAN – SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO.

**Teresina:** Caracterização do Município. 2016. Disponível em:

<<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/TERESINA-Characterizaçãodo-Município.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

SILVA, Angela Martins Napoleão Braz e. Planejamento e fundação da primeira cidade no Brasil Império. **Cadernos PROARQ: Revista de Arquitetura e Urbanismo do PROARQ**, Rio de Janeiro, n. 18, p.215-236, jul. 2012. Semestral. Disponível em:

<[http://www.proarq.fau.ufrj.br/revista/public/docs/Proarq18\\_Planejamento\\_AngelaSilva.pdf](http://www.proarq.fau.ufrj.br/revista/public/docs/Proarq18_Planejamento_AngelaSilva.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2017.

SILVA, T. B.; ROCHA, W. J. S. F.; ANGELO, M. F. Quantificação e análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu.

**Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 6969-6976. Disponível em:

<<http://urlib.net/3ERPFQTRW34M/3E7GLLM>>. Acesso em: 26 jul. 2016.

## ANÁLISE DO MOVIMENTO DE MIGRAÇÃO DAS DUNAS DE ILHA GRANDE DO PIAUÍ ENTRE 1985 E 2015

Lucas Mateus Fontenele de Oliveira  
Graduando de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
Av. Jornalista Helder Feitosa, 4101 ap101. E-mail:  
englucasfontenele@gmail.com

Matias Ribeiro Cabral Junior  
Graduando de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí. Email:  
matias.c.j@hotmail.com

Dinameres Aparecida Antunes  
Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Geografia - UEPG  
Universidade Federal do Piauí. Email:  
dinameres@hotmail.com

**Resumo** – O avanço das dunas sobre a zona habitada e outras regiões de grande importância socioambiental da cidade de Ilha Grande tem causado diversos transtornos à população local, como o soterramento de casas, obstrução de vias de acesso, assoreamento do rio Parnaíba e a possibilidade de bloqueio do principal acesso ao Delta do Parnaíba. Imagens orbitais dos satélites Landsat5 e Landsat8 foram utilizadas para monitorar a dinâmica dunar do período de 1985 a 2015 por meio da vetorização do sistema dunário e análise espectral de importantes pontos para a região, assim como um mapeamento do uso e ocupação do solo desse mesmo período permitiram perceber as principais causas deste fenômeno, detectando uma relação direta do desmatamento decorrido das principais atividades econômicas da cidade com o problema exposto. Prejuízos para a população local e o grande risco a que os moradores das comunidades próximas as dunas estão expostos ficaram evidentes.

**Palavras-chave:** Análise multitemporal. Sensoriamento Remoto. Análise Espectral. Delta do Parnaíba.

**Abstract** – The advance of the dunes over the inhabited zone and other regions of great social and environmental importance of the city of Ilha Grande has caused several disturbances to the local population, such as the burial of houses, the obstruction of access roads, siltation of the Parnaíba River, and the possibility of blockage of the main access to the Delta do Parnaíba. Orbital images of the Landsat5 and Landsat8 satellites were used to monitor the dune dynamics in the period of 1985 to 2015 through the vectorization of the dune system and the spectral analysis of important points of the region, as well as a mapping of the land usage and occupation in this same period allowed to perceive the main causes of this phenomenon, detecting a direct correlation of the deforestation and the main economic activities of the city with the exposed problem. Damage to the local population and the great risk to which the inhabitants of the communities near the dunes are exposed became evident.

**Key-words:** Multitemporal analysis. Remote Sensing. Spectral Analysis. Delta do Parnaíba.

### 1 INTRODUÇÃO

Ameaçados pelo soterramento pleno de suas comunidades e o assoreamento do rio Parnaíba, principal fonte de renda da região, os moradores da cidade de Ilha Grande do Piauí vêm alertando e sofrendo as consequências do deslocamento acelerado do complexo de dunas, popularmente conhecido como Morro Branco, em direção à zona urbana da cidade e as principais infraestruturas de acesso viário e aquaviário ao Delta do Parnaíba – importante ponto turístico e considerado o maior delta em mar aberto das Américas.

A Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR) diagnosticou, após mobilização da população ilhagrandense, a invasão das massas de areia como

gravíssima. Em resposta o Governo do Estado do Piauí iniciou em 2012 um projeto de contenção das dunas que consiste essencialmente no plantio de mudas nativas que estabilizem a duna além do recobrimento de sua superfície por imensas mantas feitas de fibra de coco (SEMAR, 2012) e que apesar de mostrar-se promissor contemplou apenas uma das quatro áreas em que o complexo dunar foi dividido, sendo ela a área de 131ha localizada as margens do rio Parnaíba e que cai no canal que dá acesso ao Delta.

As áreas do complexo dunar que afetam diretamente as comunidades Tatus e Cal ficaram fora desta primeira etapa do projeto de contenção e não há previsão de recursos que viabilizem a execução do projeto nas mesmas (ONDA BRANCA, 2013). No Projeto Executivo para a Contenção das Dunas do Município de Ilha Grande consta que, segundo a prefeitura local, já foram soterradas 27 moradias nessas comunidades ao longo dos últimos dez anos e o sistema viário vive sob constante ameaça por conta de um iminente bloqueio ocasionado pelas areias em progressão (CEC ENGENHARIA, 2010). A urgência de medidas que minimizem os prejuízos ambientais, sociais e econômicos causados pelo avanço das dunas sobre as comunidades ribeirinhas, de estudos que corroborem com as reivindicações dos moradores e analisem as reais dimensões do problema faz-se evidente no relato dos ilhagrandenses que vivem nessas áreas de risco.

O objetivo deste trabalho é monitorar o movimento de migração das dunas na região de Ilha Grande, interior do estado do Piauí, visto os problemas que esse deslocamento tem causado. Para este fim serão utilizadas imagens de satélites, técnicas de processamento digital de imagens e de sensoriamento remoto por possibilitarem “a identificação de origens e características dos agentes modificadores do espaço, além de permitirem o mapeamento e a verificação da extensão e da intensidade das alterações provocadas pelo homem” (LOCK & KIRCHNER, 1988). Determinar por meio das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento o deslocamento das dunas de Ilha Grande nos últimos 30 anos e quantificar suas consequências pode evidenciar a urgência da tomada de medidas que visem retardar o avanço da areia sobre as moradias dos ribeirinhos e do olhar tanto da sociedade como da comunidade acadêmica para a situação que várias famílias vêm enfrentando, assim como entender as causas que levaram a este deslocamento tão acelerado permitiria uma melhor compreensão do problema e conscientização dos ribeirinhos sobre a sua participação neste processo e consequentes medidas preventivas por parte deles. E, por fim, ajudaria a obter soluções que garantam a melhoria da qualidade de vida dos moradores bem como a preservação do patrimônio material, cultural e natura da região.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

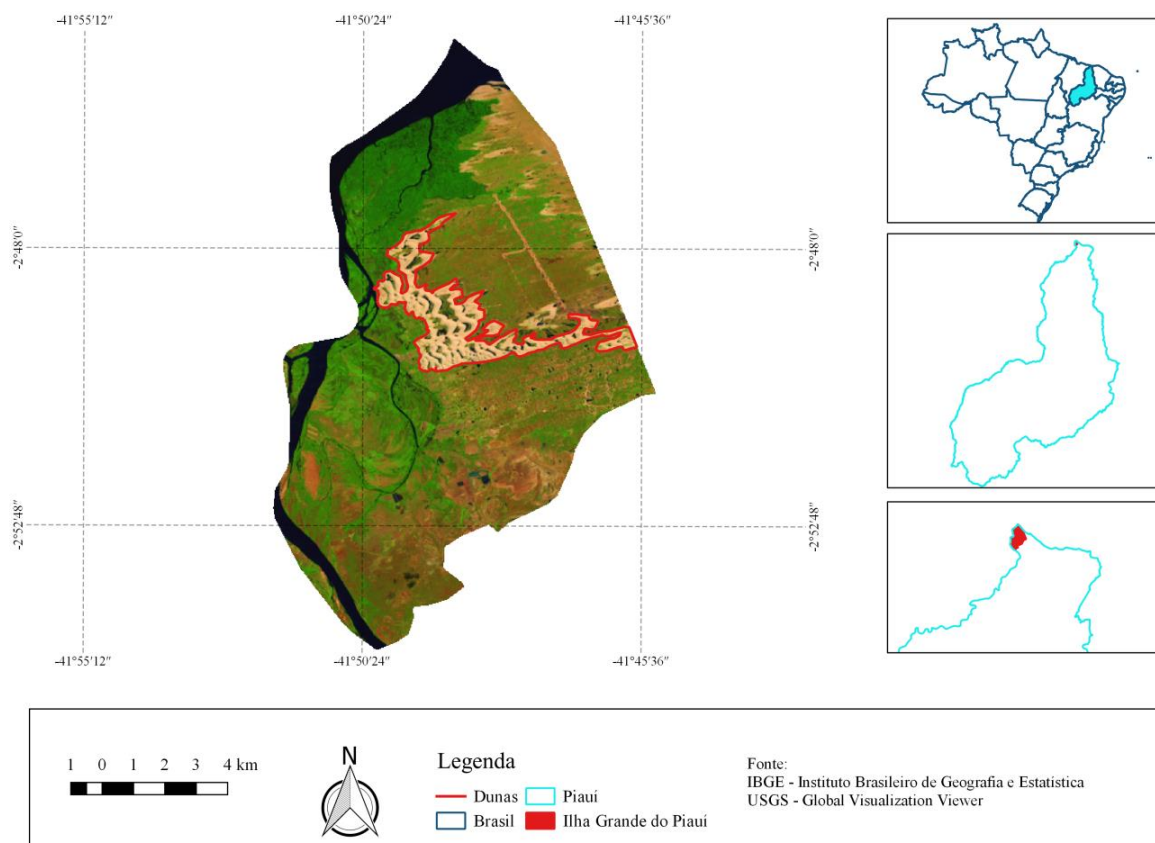
Maior ilha entre as oitenta que compõem o Delta do Parnaíba e considerada a principal porta de entrada para este mesmo delta, um dos principais pontos turísticos da região e que abrange os estados do Piauí e Maranhão, a área de estudo é a que compreende a cidade de Ilha Grande do Piauí, município litorâneo situado ao norte do estado do Piauí e pertencente a região nordeste do Brasil. Considerada em sua totalidade como Área de Proteção Ambiental (APA) e Área Prioritária Para a Conservação da Biodiversidade classificada como de importância extremamente alta e prioridade muito alta (MMA, 2007). A cidade limita-se a norte pelo oceano Atlântico, a leste e sul com o rio Igarçu e a oeste com o rio Parnaíba.

Possui área de 134,62km<sup>2</sup>, latitude 02°51'30”S e longitude 41°49'17”W, dista 326km da capital Teresina e 6km de Parnaíba, município mais próximo e com o qual mantém forte relação. O sistema dunar, principal alvo deste estudo, está totalmente posicionado dentro do município de Ilha Grande do Piauí e ocupa uma área de 9km<sup>2</sup> aproximadamente, o que representa 6,96% da Área total e está localizado mais próximo das comunidades Cal e Tatus, principais afetadas pelo seu deslocamento.



Totalizam-se 8.914 habitantes apresenta baixo Índice de Desenvolvimento Humano (0,563) ocupando a 4984ª posição entre os 5.565 municípios brasileiros. Residem na comunidade Tatus 1.133 pessoas em 277 residências e na comunidade Cal 1.288 pessoas em 343 moradias, um total de 2.421 pessoas diretamente afetadas (IBGE, 2010).

Figura 1. Área de estudo – Município de Ilha Grande do Piauí



Fonte: os autores

Destaca-se como a atividade que mais dinamiza a economia da cidade de Ilha Grande a cata do caranguejo-uçá. Pesca, agricultura de subsistência, artesanato, extração vegetal e pecuária extensiva são outras das principais atividades geradoras de renda, sendo estas duas últimas apontadas como grandes contribuintes para a aproximação das dunas.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do monitoramento das dunas nos últimos 30 anos foram utilizadas seis imagens obtidas pelo sensor TM-LANDSAT5 com um intervalo de cinco anos entre cada uma delas, a primeira partindo do ano de 1985, e uma imagem do sensor OLI-LANDSAT-8, correspondente ao ano de 2015. Esse material foi escolhido visando obter imagens de órbita 219 e ponto 062 que apresentassem a menor cobertura de nuvens possível, e foi adquirido no acervo da *United States Geological Survey* (USGS), instituição estadunidense com foco em estudos geográficos. As imagens são registradas, ortorretificadas, multispectrais, possuem resolução espacial de 30 metros e resolução de 8bits no Landsat-5 e de 16 bits no Landsat-8.

Quadro 1. Bandas dos satélites Landsat5 e Landsat8

Banda	Landsat5	Landsat8
1	Azul	Aerossol, costeira
2	Verde	Azul
3	Vermelho	Verde
4	Infravermelho próximo	Vermelho
5	Infravermelho médio	Infravermelho próximo
6	Infravermelho termal	Infravermelho médio
7	Infravermelho médio	Infravermelho médio
8	-	Pancromática
9	-	Cirrus

Fonte: USGS

Do site do IBGE foi feito o *download* da malha vetorial do Piauí com sua respectiva divisão interna dos municípios da qual foi possível extrair o limite municipal de Ilha Grande do Piauí e o valor de sua área em quilômetros quadrados por meio de técnicas de geoprocessamento do *software* Qgis.

Foi realizado o cruzamento de informações entre a camada do limite municipal e informações das Áreas Prioritárias de Conservação da Biodiversidade e do desmatamento do cerrado, ambas disponíveis no site do Ministério do Meio Ambiente, após a devida homogeneização dos sistemas de referências das camadas para SIRGAS2000. Extraiu-se informações sobre a vegetação, população, áreas desmatadas, dentre outras, após realizado o recorte dessas malhas (cujas informações são apresentadas a nível nacional) pelo limite do município.

Para o recorte das imagens orbitais nos moldes dos limites de Ilha Grande utilizou-se o *software* SPRING, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Além do recorte, foram aplicadas técnicas de contraste de modo a melhorar a visualização dos alvos de interesse.

A composição colorida RGB (*Red, Green e Blue*) foi composta das bandas do infravermelho médio, infravermelho próximo e vermelho respectivamente, que correspondem as bandas 6, 5 e 4 no Landsat 8 e 5, 4 e 3 no Landat5, por esta combinação mostrar mais claramente os limites entre solo e água, além da vegetação e dunas serem apresentadas com maior discriminação.

A fim de analisar o uso e o ocupação do solo da região e da sua relação com o movimento das dunas foram realizadas duas classificações que caracterizam-se como sendo “o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos” (BORGES; SILVA; CASTRO, 2012) que possibilitou distinguir alvos de interesse em classe temáticas e quantifica-las. Existem vários classificadores de diferentes tipos, cada um mais apropriado a uma determinada situação ou contexto, neste caso foi utilizada a classificação supervisionada que requer “a interação do usuário por meio do treinamento e seleção de amostras das classes temáticas de interesse” (SOUSA; VALLADARES; ESPÍNDOLA, 2016). Utilizou-se o algoritmo de distância euclidiana que é um classificador estatístico e que foi escolhido por se mostrar mais adequado ao contexto deste trabalho.

Realizadas as classificações, os mapas gerados foram vetorizados no *software* SPRING com as classes temáticas água, vegetação, vegetação de mangue (desassociada da classe vegetação por apresentar características bem específicas), áreas de pecuária extensiva/pasto e ação antrópica/solo exposto (variáveis diretamente relacionadas ao movimento de migração das dunas).

A vetorização foi o método utilizado para realizar a quantificação do deslocamento das dunas e foi feita manualmente na área do sistema dunário de cada imagem. Esta técnica possibilitou o conhecimento do valor da área total das dunas em cada ano trabalhado. Cada vetor representa o limite das dunas naquele ano, a distância entre eles e o avanço ou retração da duna. Foram medidas as distâncias de cada deslocamento para um período de cinco anos, assim como o deslocamento das dunas entre 1985 e 2015, resultado dos 30 anos de migração. Como o sistema dunário se apresenta e se movimenta de forma irregular, foram escolhidas as áreas mais afetadas pelo processo de migração das dunas e que são de grande relevância para a região para serem utilizadas nas medições do deslocamento das dunas na direção destas áreas.

Foram áreas escolhidas como referência para medição do deslocamento: O trecho do Rio Parnaíba invadido pelas dunas e as comunidades Tatus e Cal que tem sido impactadas diretamente pelo rápido movimento das dunas em suas direções. Cinco pontos das áreas de maior interesse foram selecionados para analisar a variação do nível de cinza por *pixel* por comprimento de onda em um período de quinze anos visando perceber por meio dos seus comportamentos espectrais a mudança na cobertura do solo e fazer a relação deste fenômeno com o deslocamento das dunas naquela direção.

Figura 2. Pontos de análise do comportamento spectral – Cal (ponto 1), vias de acesso a Tatus (ponto 2), Tatus (ponto 3), rio Parnaíba, projeto de contenção (ponto 5)



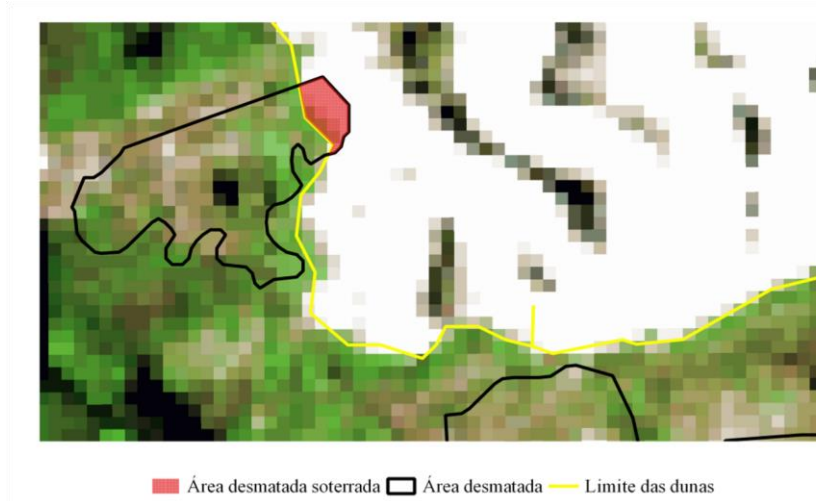
Fonte: USGS – adaptado pelos autores.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Do comparativo entre as imagens de uso e cobertura do solo dos anos de 1985 e 2015 ficam visualmente perceptíveis o avanço das dunas em direção ao rio Parnaíba e as comunidades, assim como significativas mudanças no comportamento do ambiente, dentre as quais pode se destacar o aumento da área de pasto (8,1%) e de outras formas de ação antrópica (0,7%) principalmente a leste do complexo dunar, assim como o avanço das dunas sobre áreas de pasto e que haviam sofrido outros tipos de transformação antrópica a oeste do mesmo, houve ainda um soterramento de 1,3ha da área apresentada pelo Ministério do Meio Ambiente como a de ação antrópica e que compreende a comunidade Tatus, evidenciando

assim a relação diretamente proporcional da presença e do aumento destas áreas com o deslocamento dunar e alarmante situação em que a comunidade se encontra.

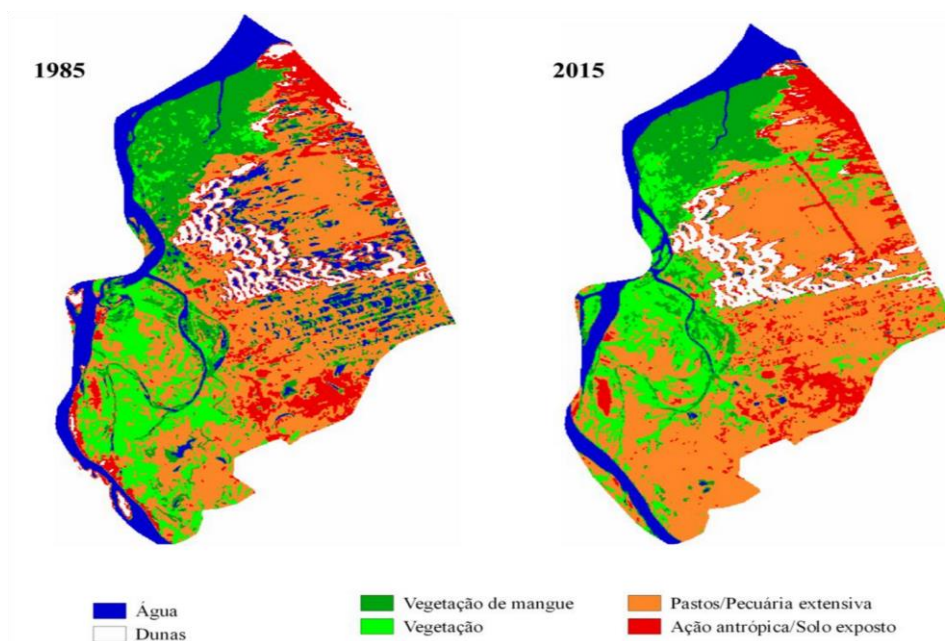
Figura 3. Área de ação antrópica soterrada – comunidade Tatus



Fonte: USGS/MMA/Autores.

Houve uma expressiva redução do leito do rio principalmente na região que dá acesso ao Delta do Parnaíba e próxima das dunas, em 1985 seu leito nesse trecho media cerca de 329,73m e em 2015 apenas 91,83m deixando evidente o eminente risco de bloqueio do acesso ao Delta. Houve uma mudança no curso do rio e o aparecimento de vários bancos de areia. Áreas de água e vegetação de mangue foram reduzidas em 5,7%. Espaços que antes eram ocupados por vegetação de mangue foram substituídas principalmente por outros tipos de vegetação que apresentaram um crescimento de 2,8%.

Figura 4. Análise temporal de uso e cobertura do solo



Fonte: os autores.

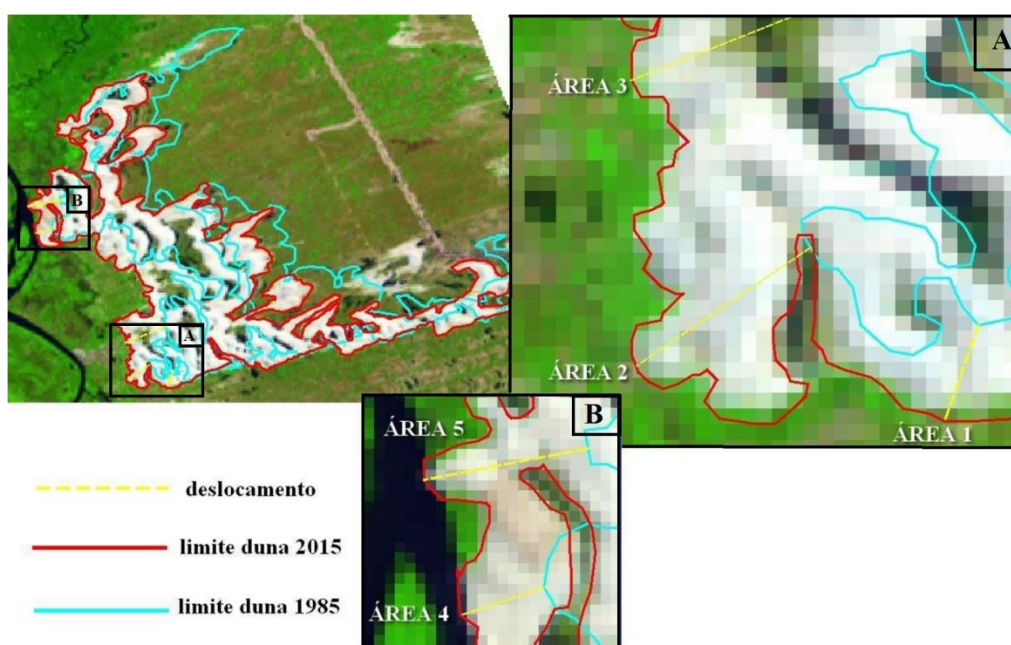
Tabela 1. Classes temáticas da análise temporal de uso e cobertura do solo

Classes	Área (%) 1985	Área (%)2015
Água	14,4%	8,7%
Dunas	6%	5,8%
Vegetação de mangue	18%	12,3%
Vegetação	12,1%	14,9%
Pastos/Pecuária extensiva	38,8%	46,9%
Ação antrópica e solo exposto	10,7%	11,4%

Fonte: os autores.

O sistema dunário apresentou entre o período de 30 anos analisados deslocamento advindo do litoral em direção ao interior do continente, no sentido sudeste correspondendo à característica de circulação dos ventos alísios da região (CEC, 2010).

Figura 5. Deslocamento das dunas entre os anos de 1985 a 2015



Fonte: os autores.

Tabela 2. Deslocamento das dunas entre os anos de 1985 a 2015

Área	Direção do deslocamento	Deslocamento
1	Comunidade Cal	196,42m
2	Tatus- via de acesso	407,44m
3	Tatus	624,8m
4	Área ribeirinha	257,73m
5	Área do projeto de contenção	485,9m

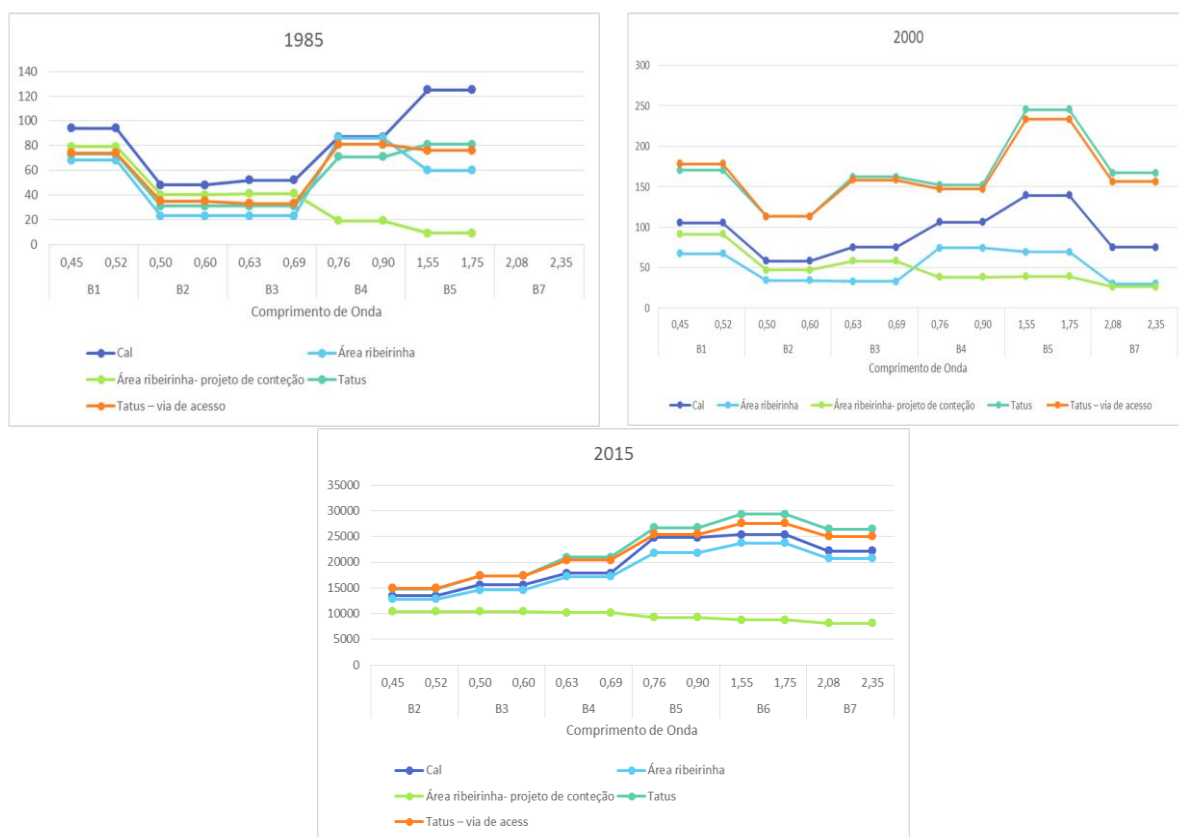
Fonte: os autores.

O deslocamento na direção da região 1 (comunidade Cal) embora expressivo foi o menor em relação aos deslocamentos em direção as outras regiões estudadas, por não encontrar-se exatamente na mesma direção dos ventos alísios da região. Os deslocamentos nas direções das regiões 2 e 3 correspondentes as vias de acesso a comunidade Tatus e a própria comunidade, respectivamente, foram de 407,44m e 624,8m, com o valor do deslocamento no sentido da comunidade Tatus apresentando-se como o maior entre os que foram estudados, o que pode ser explicado pela forte ação antrópica na região, grande área de pasto e pouca vegetação já no ano de 1985.

Esse contexto foi comum em todas as áreas e mais acentuado na região da comunidade Tatus. O avanço nas áreas ribeirinhas 4 e 5 foram de 257,73m e 485,9m, respectivamente, a área 4 mais próxima ao rio e com maior área verde em relação as demais, ambas com caimento no rio no ano de 2015 sendo a área 5 alvo do projeto de contenção.

Quanto ao comportamento espectral dos alvos, analisado através da observação do nível de radiação em um determinado comprimento de onda, verificou-se que com o passar dos anos eles convergiram a um maior valor de radiação na região do infravermelho médio, que é uma característica espectral de pixels de áreas dunares.

Figura 6. Comportamento espectral dos alvos de interesse nos anos de 1985, 2000 e 2015.



Fonte: os autores.

Já era de conhecimento prévio que três destes pontos apresentariam comportamento de areia de duna, a intenção era identificar a mudança no comportamento espectral do ponto que representava a via de acesso à comunidade tatus cuja visualização não era permitida por ser menor do que a resolução espacial e verificar se este apresentaria no ano de 2015 o comportamento espectral de areia, o que ocorreu de fato. Contrapondo os demais o ponto 4

manteve o comportamento espectral característico da água, não sendo observadas grandes alterações a não ser uma maior radiação na região do infravermelho indicando um maior número de sedimentos no leito do rio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, Raphael de Oliveira; SILVA, Rosane Amaral Alves da; CASTRO, Selma Simões de. **Utilização da classificação por distância euclidiana no mapeamento dos focos de arenização no setor sul da alta bacia do Rio Araguaia**. Florianópolis: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007.

CAVALCANTI, A. P. B., & CAMARGO, J. C. G. **Impactos e condições ambientais da zona costeira do Estado do Piauí**. Rio Claro: USP/DGH. 2000.

CEC ENGENHARIA E CONSULTORIA S/S. SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS DO PIAUÍ. **Relatório Final do Projeto Executivo de Contenção de Dunas de Ilha Grande**, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico**, 2010. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

LOCH, C., KIRCHNER, F. F. **Imagem de satélite na atualização cadastral**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., Natal, 1988. Anais. São José dos Campos: INPE, 1988, v. 1, p. 3-6.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Revisão das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade**, 2007. Disponível em <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Monitoramento do desmatamento dos biomas brasileiro – Cerrado**, 2008. Disponível em <[http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/monitoramento\\_biomass\\_2002\\_2008/datadownload.htm](http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/monitoramento_biomass_2002_2008/datadownload.htm)>. Acesso em: 22 abr. 2017.

ONDA BRANCA. Direção de Maria Betteghella. Realização de Associação dos Moradores dos Tatus. Roteiro: Maria Betteghella. Ilha Grande do Piauí: Cajuina Filmes, 2013. (25 min.). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Ifp7A7lv0d4>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

SEMAR, 2012. **SEMAR lança Projeto para Contenção das Dunas de Ilha Grande**. Disponível em <<http://www.semar.pi.gov.br/noticia.php?id=2143>>. Acesso em 25 de maio de 2016.

SOUSA, Roneide dos Santos; VALLADARES, Gustavo Souza; ESPINDOLA, Giovana Mira de. **Mapeamento multitemporal do uso e cobertura da terra da planície costeira do estado do Piauí**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 9, n. 5, p. 1606-1620, 2016.

USGS. **USGS Global Visualization Viewer**. Disponível em <<http://glovis.usgs.gov/next/>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

## O RECENTE ESTADO DE SECA DA LAGOA DO PORTINHO: COMO, QUANDO E QUANTO?

Rubens Antonio Leite Benevides

Acadêmico de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura (9º período)

Universidade Federal do Piauí. E-mail:  
rubensleite11@gmail.com

Cláudia Maria Saboia

Doutora em Geografia

Universidade Federal do Piauí. E-mail:  
cmsaboia@gmail.com

**Resumo** - Este artigo busca evidenciar e entender a variação da área da Lagoa do Portinho ao longo dos últimos 30 anos para descobrir quando, como e por que começou o seu recente estado de seca. Utilizando-se do Sensoriamento Remoto, das ferramentas disponíveis em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e outros softwares, realizamos a análise multitemporal de 27 conjuntos de imagens aéreo-espaciais adquiridas anualmente pelos satélites Landsat 5, 7 e 8. Os resultados mostraram que a área da Lagoa permanece constante de 1985 até 2010 e que em 2015 estava 40% menor em relação às duas décadas anteriores. Através da pesquisa bibliográfica foram analisadas as três principais hipóteses que podem ter ocasionado este fenômeno: a falta de chuvas, o assoreamento por dunas e a construção de barragens irregulares. Conflitando as informações reunidas foi possível demonstrar que as duas primeiras hipóteses não poderiam ser responsáveis pela seca observada, sendo a construção de duas barragens irregulares ao longo do Rio Portinho o principal fator responsável, pois este é o principal curso d'água que alimenta a lagoa.

**Palavras-chave:** Lagoa do Portinho. Área. Seca. Landsat.

**Abstract** - This article seeks to evidence and understand the variation of the Portinho Lagoon area over the last 30 years to find out when, how and why its recent drought state began. Using the Remote Sensing, the tools available in Geographic Information Systems (GIS) and other software, we performed the multitemporal analysis of 27 sets of aerial-space images acquired annually by the Landsat 5, 7 and 8 satellites. The results showed that the Lagoa area remains constant from 1985 to 2010 and that in 2015 was 40% lower than the previous two decades. Through the bibliographical research the three main hypotheses that may have caused this phenomenon were analyzed: the lack of rainfall, the silting of dunes and the construction of irregular dams. Confronting the gathered information, it was possible to demonstrate that the first two hypotheses could not be responsible for the drought observed, being the construction of two irregular dams along the Portinho River the main factor responsible, since this is the main water course that feeds The lagoon.

**Key-words:** Pond of Portinho. Area. Dry. Landsat.

### 1 INTRODUÇÃO

A Lagoa do Portinho é um belo ponto turístico do litoral piauiense com aproximadamente 5 km<sup>2</sup> e localizada entre as cidades litorâneas de Parnaíba e Luís Correia. Naturalmente, serve como o divisor geográfico das duas cidades e foi durante muito tempo fonte de renda para a comunidade local através da pesca, da agricultura, do turismo e outras atividades (JUNIOR, 2012, p. 47).

Quando a lagoa começou a secar e quais são as possíveis causas? É com o objetivo de responder a estas perguntas que realizamos a presente pesquisa. Utilizando-se de imagens multitemporais dos satélites Landsat 5, 7 e 8, juntamente com os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), foi possível mensurar a área da lagoa ao longo das três últimas décadas e encontrar previamente a resposta para o primeiro dos questionamentos.



Para entender as causas do fato em estudo diversas informações foram reunidas com vista à análise integrada das diferentes hipóteses, que dentre as possíveis, três se destacam por serem as mais prováveis de terem ocorrido: (1) a possibilidade de que a lagoa tenha diminuído seu volume devido à baixa precipitação dos últimos anos; (2) a possibilidade de que a lagoa tenha sofrido assoreamento pelo deslocamento das dunas que a cercam; e (3) a possibilidade de que essa redução tenha sido causada pela construção de barragens irregulares no Rio portinho, principal curso d'água alimentador da Lagoa (GALVÃO, 2014).

Estas hipóteses não são excludentes e podem ter ocorrido com simultaneidade ao longo do tempo, todavia, ainda é possível quantificar cada uma delas e inferir qual foi a mais significativa no processo que resultou na seca da Lagoa do Portinho, considerada perene e que foi estudada diretamente e indiretamente em diversas linhas de pesquisa (GALVÃO, 2014; JUNIOR, 2012; SOUSA, 2016).

## 2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Teodoro (et al., 2007), no seu trabalho para conceituação de bacias hidrográficas, reuniu mais de duas dezenas de autores com diferentes pontos de vista sobre bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas. Embora todos eles tenham algo em comum, fica claro que a definição deste objeto não é tão simples quanto se espera, mas apresenta variações em função do objetivo.

Tendo em vista a grande quantidade de imagens adquiridas no intervalo de 30 anos (27 conjuntos com 6 bandas), simplificamos a abordagem da bacia hidrográfica e utilizamos o recorte da Lagoa do Portinho realizado apenas pela inferência visual na cena Ladsat 8 (Figura 1), suficiente para conceber as alterações na área da Lagoa, pois a abrangência desta é muito inferior em relação à área da bacia hidrográfica do Rio Portinho.

Figura 1. Recorte da área de estudo em composição RGB-654, data: 09/10/2015



Fonte: Elaborada pelos autores.

### 2.1 Estudos na mesma área

Sousa (2016), em seu estudo sobre a variação temporal da cobertura e uso do solo na bacia hidrográfica do Rio Portinho, alertou para a drástica redução hídrica da sua Lagoa. Utilizando-se do SIG ArcGIS para classificação de duas imagens orbitais dos satélites Landsat, intervaladas em 15 anos (1999-2014) e a aplicação do Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), constatou 4 categorias de vegetação, bem como as mudanças em suas áreas. Não foram feitas suposições quanto às causas da redução hídrica.

Ainda no contexto litorâneo, Sousa, Valladares e Espindola (2016) realizaram uma análise bastante diversificada da cobertura do solo na costa piauiense. O estudo integrou o âmbito físico, econômico e social, permitindo a análise das contribuições de cada processo às mudanças do ambiente costeiro no intervalo de 1999 a 2013. A metodologia aplicada corrobora que o Sensoriamento Remoto é uma poderosa ferramenta para a análise das variações da terra no tempo e no espaço. Em síntese, o estudo denuncia as mudanças ocorridas na costa piauiense, justificando-as adequadamente às mudanças antropológicas da região, como a expansão urbana, aumento da população, turismo, cultivo de culturas, atividades energéticas e outros.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Aquisição das imagens orbitais

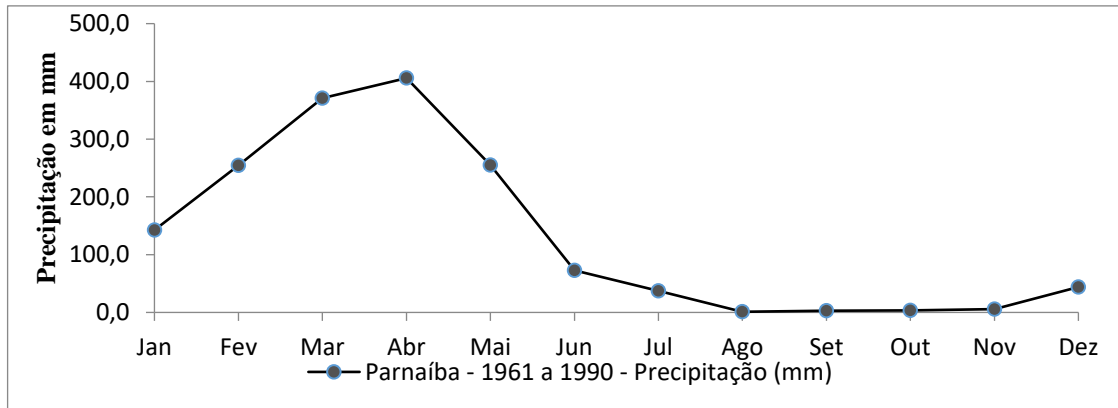
Todas as cenas dos satélites Landsat 5, 7 e 8 utilizadas para mensurar a área da lagoa ao longo dos anos foram adquiridas através do portal online EarthExplorer, com o nível de correção L1T. Segundo o United States Geological Survey (USGS), esse nível de correção leva em conta os seguintes parâmetros (USGS, 2014):

- a) Modo de projeção na superfície: Universal Transversa de Mercator (UTM);
- b) Sistema geodésico para georreferenciamento: World Geodetic System 1984 (WGS84);
- c) Remoção por convolução cúbica;
- d) Formato de entrega: GeoTIFF;
- e) Orientação da imagem: norte-sul.

Foram adquiridos 29 conjuntos de imagens espectrais ao longo de 30 anos sobre a mesma localidade, utilizando os satélites Landsat 5, 7 e 8. Dois conjuntos, de 1996 e 1997, foram descartados devido à presença de nuvens na única cena disponível de ambos os anos. Não há cenas dos anos de 2011 e 2012, pois durante esse período, o único satélite da família Landsat disponível, o Landsat 5, não estava mais em operação. A missão retornou em 2013 com o lançamento do satélite Landsat 8.

Dos 27 conjuntos de imagens restantes, 24 destes (89%) pertencem a algum mês compreendido entre julho e novembro. Segundo dados climatológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), esses meses apresentam a menor precipitação ao longo dos anos (Figura 2). É fundamental possuir a maioria das imagens nestes meses de estiagem pois as variações pluviométricas poderiam oscilar a área da lagoa, resultando em dados pouco constantes.

Figura 2 – Gráfico da normal climatológica de precipitação para a estação meteorológica em Parnaíba-PI.



Fonte: Elaborado pelos autores com dados de (INMET, 2017)

### 3.2 Características das Imagens

- Resolução espacial: 900m<sup>2</sup> por pixel (30 m x 30 m).
- Resolução radiométrica: 8 bits para imagens Landsat 5 e 7; 16 bits para imagens Landsat 8.
- Coordenadas do centro:  $\phi = 2^{\circ} 54' 0''$  S;  $\lambda = 42^{\circ} 2' 0''$  W.
- Imagens catalogadas através do Worldwide Reference System 2 (WRS2).
- Orbita/ponto: 219/062.

### 3.3 Coleta dos Dados

Para a manipulação das imagens e coleta dos dados foi utilizado o software SPRING, versão 5.3, disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Simplificadamente, aplicamos a seguinte metodologia:

- Carregamento das bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5, e 7 dos sensores TM e ETM+ (Landsat 5 e 7) e das bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do sensor OLI (Landsat 8).
- Recorte da área de estudo.
- Segmentação das cenas utilizando todas as bandas com os seguintes parâmetros: limiar de área = 5 para todas as cenas, limiar de similaridade = 20 para cenas Landsat 5 e 7, limiar de similaridade = 4000 para cenas Landsat 8;
- Classificação através do algoritmo ISOSEG com os seguintes parâmetros: limiar de aceitação = 99%, quantidade de interações = 50;
- Agrupamento das classes geradas em 3 temas: vegetação, água e solo;
- Medição dos 3 temas e coleta do valor da área classificada como “água”, em metros quadrados em cada uma das 27 cenas.

### 3.4 Escolha do algoritmo de classificação

Na escolha do algoritmo de classificação dentre os vários disponíveis, dois parâmetros foram considerados: tempo e qualidade da classificação. Segundo Menezes e Sano (2010), os algoritmos de classificação são comumente divididos em supervisionados e não-supervisionados. Como o próprio nome sugere, há um controle maior no primeiro tipo do que no segundo, esse controle se dá através da coleta de amostras na imagem a ser classificada. Visto que levaria muito tempo para recolher amostras em cada uma das imagens e que nosso alvo (água) é de fácil discernimento pelos algoritmos, optamos pelo segundo tipo.

Há ainda, dentre os algoritmos de classificação não supervisionados, os que realizam classificação pixel a pixel e os que utilizam uma segmentação prévia da imagem em regiões (MENESES e SANO, 2010). A experiência ao longo da execução deste trabalho nos evidenciou dois problemas com o algoritmo de classificação por pixel Kmedias não supervisionado. O primeiro é que ele tende a confundir pixels de sombra com pixels de água, causando grande confusão em imagens com nuvens. O segundo é que as imagens classificadas tendem a apresentar o efeito “sal e pimenta”, portanto pouco agradáveis à visualização. À vista disto, optamos pela opção de classificação não supervisionada com base em segmentos utilizando o algoritmo ISOSEG.

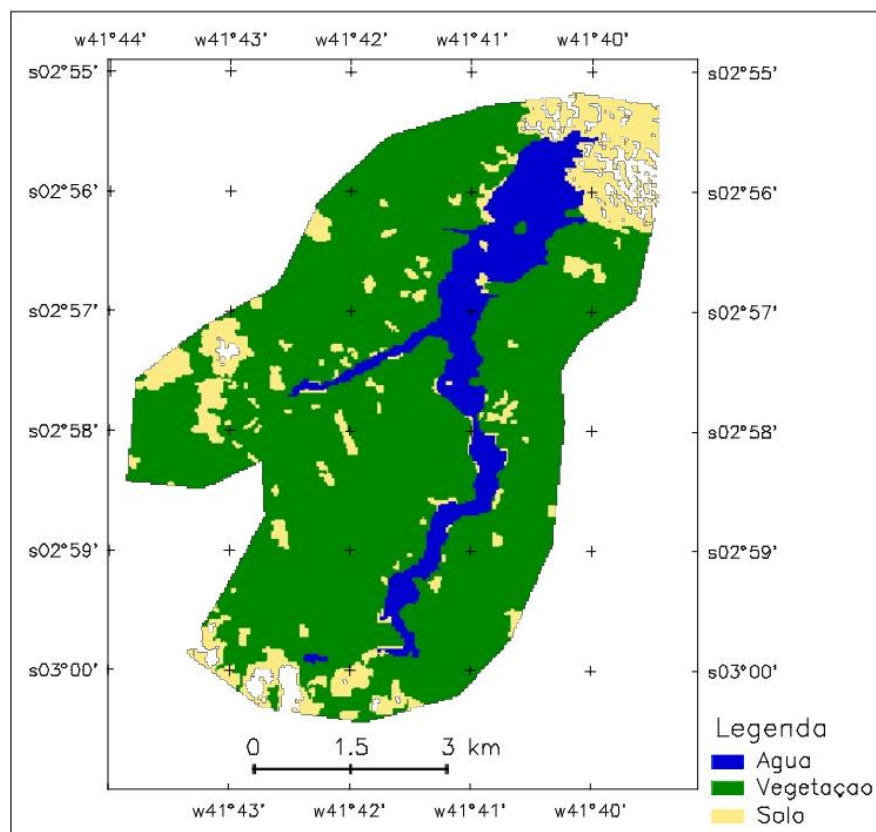
#### 4 RESULTADOS E HIPÓTESES

Inserir neste trabalho as 27 imagens classificadas para evidenciar quando a Lagoa do Portinho começou a secar é inviável, mesmo com um mosaico. Portanto, foi realizada uma edição em vídeo com as imagens sobrepostas evidenciando a dinâmica da Lagoa ao longo dos anos. O vídeo está disponível no endereço: [https://www.youtube.com/watch?v=Mq\\_zInqDXcc](https://www.youtube.com/watch?v=Mq_zInqDXcc).

Para efeito de ilustração e rápida visualização das mudanças ocorridas nestes 30 anos de variação da área da Lagoa do Portinho, apresentamos os mapas temáticos gerados com as imagens de 1985 e 2015, nas figuras 3 e 4, respectivamente o início e fim da análise temporal.

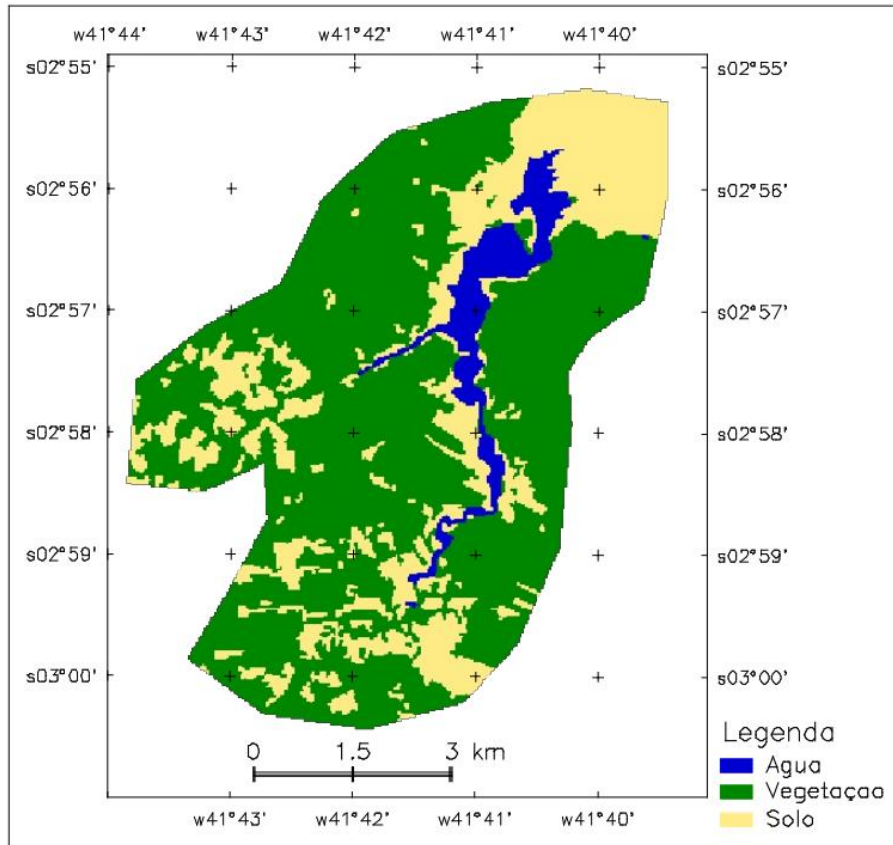
Percebe-se claramente a redução do corpo hídrico estudado e o aumento da quantidade de solo exposto ao redor do mesmo, na Tabela 1 estão resumidas as medidas da área de cada tema e suas variações.

Figura 3 – Mapa temático da Lagoa do Portinho em 1985, Parnaíba-PI



Fonte: elaborada pelos autores

Figura 4 – Mapa temático da Lagoa do Portinho em 2015, Parnaíba-PI



Fonte: elaborada pelos autores

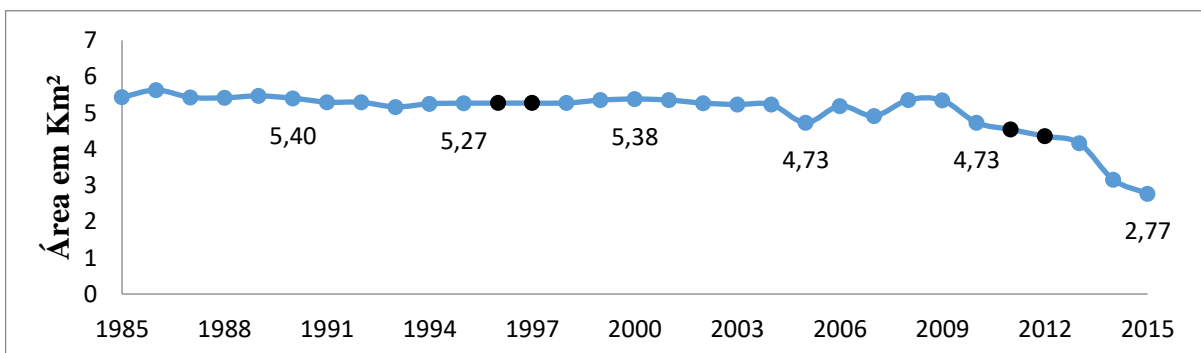
Tabela 1 – Área e percentagem dos temas apresentados nas figuras 3 e 4

Tema	1985		2015	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Água	5,43	11,55	2,77	5,73
Vegetação	37,45	79,69	3,26	67,56
Solo	4,11	8,75	12,9	26,70

Fonte: elaborada pelos autores

As medições do tema Água em cada uma das cenas resultou no comportamento interanual da área da Lagoa do Portinho de 1985 a 2015, mostrado no gráfico da Figura 5.

Figura 5 – Área da Lagoa do Portinho de 1985 a 2015. Os pontos em preto representam os anos de: 1996, 1997, 2011 e 2012, seus valores de área foram obtidos por interpolação linear.



Fonte: Elaborado pelos autores

Da figura 5 imediatamente percebe-se que:

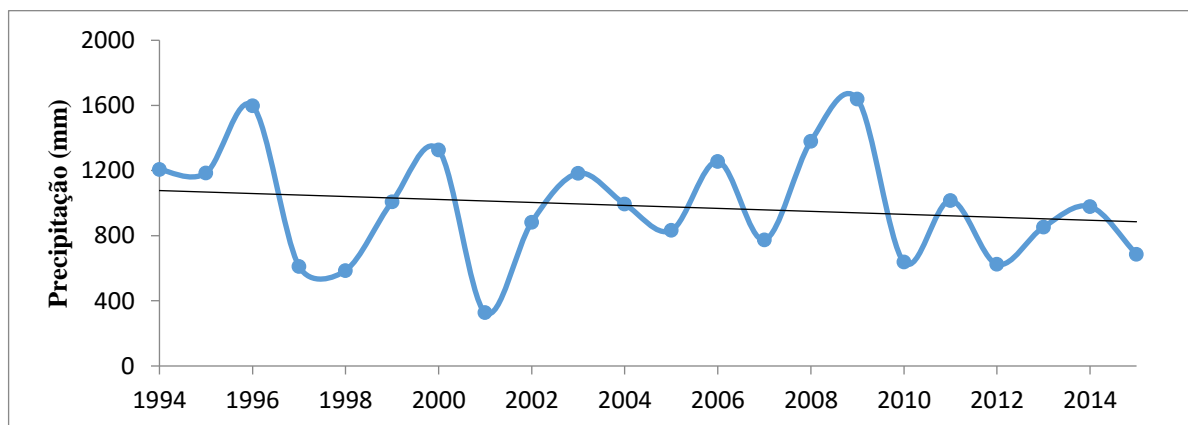
- Até 2010 a área da lagoa aparenta ser constante;
- Há uma queda da área a partir de 2010 e esta variação não é temporária, pois não há recuperação da área perdida nos anos seguintes;
- Comparando a área em 2010 e em 2015 temos uma queda de 41,4%.

Estas são deduções a priori e nada nos dizem sobre a causa do fenômeno. A seguir investigaremos se estas mudanças estão associadas às variações pluviométricas interanuais na região.

#### 4.1 Dados pluviométricos interanuais

A estação pluviométrica mais próxima da Lagoa do Portinho encontra-se a 17 km de distância, em Parnaíba, cidade pela qual os turistas acessam a lagoa. A estação é identificada pelo número 82287 no INMET e possui as seguintes coordenadas: 03°05' S, 41°46' W e 46,8 m de altitude (BASTOS, 2015). Os dados desta estação podem ser acessados na página do INMET e quando dispostos anualmente fornecem o gráfico representado na Figura 6.

Figura 6. Precipitação interanual de 1994 até 2015 para a estação meteorológica de Parnaíba



Fonte: Elaborada pelos autores com dados de (INMET, 2017)

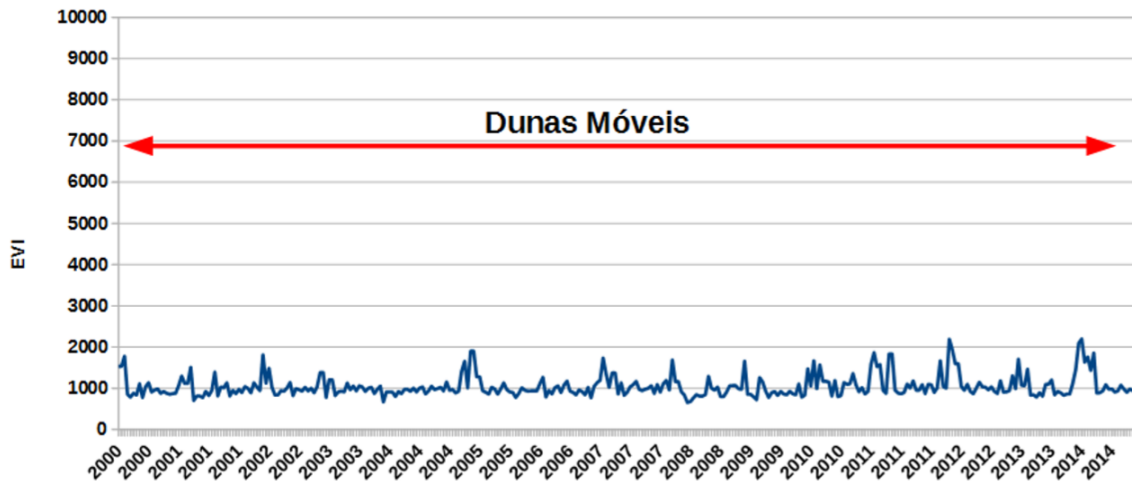
O que se infere do gráfico acima é que os picos de precipitação estão menos acentuados desde 2010 a 2015, todavia, a precipitação média desse período é similar à do período anterior. Realizando-se uma aproximação linear para os dados obtemos que a precipitação média nos 20 anos vem caindo gradativamente em termos absolutos, essa redução foi de aproximadamente 200 mm em 20 anos e não justificaria uma diminuição em 40% da área da Lagoa nos últimos 5 anos. Portanto, a hipótese da ausência de chuvas tem peso muito menos significativo do que aponta a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR, 2015).

#### 4.2 Deslocamento das dunas que cercam a Lagoa

Como dito no item 2.1, o trabalho de Sousa, Valladares e Espindola (2016) diagnosticou a cobertura do solo no litoral de forma bastante sistemática. O tema de interesse Dunas Móveis foi estudado pelo sensor MODIS usando o Índice de Vegetação Melhorado (EVI) e os resultados são bem claros: as Dunas Móveis aumentaram 2,1% de 2000 a 2014.

O EVI das dunas móveis na Figura 7 demonstra o comportamento interanual destas ao longo dos 14 anos analisados. Percebe-se pela estabilidade entre 2010 e 2014 que não ocorreu nenhum evento de mudança permanente, as oscilações se devem à sazonalidade da precipitação, ou seja, durante as chuvas a vegetação cresce e o EVI aumenta, enquanto que no período seco ocorre o contrário e a biomassa diminui (Idem, 2016).

Figura 7. Variação do EVI das Dunas Móveis



Fonte: (SOUSA, VALLADARES & ESPINDOLA, 2016)

### 4.3 Barragens ao longo de Rio Portinho

Comparado os resultados com o laudo técnico-investigativo apresentado pelo professor Dr. Valdecir Galvão (2014), é muito mais provável que a seca na Lagoa do Portinho tenha sua causa associada à construção de barragens irregulares no Rio Portinho do que por ausência de chuvas, pois por possuir baixa vazão não teria como abastecer a Lagoa com duas barragens em seu caminho.

O laudo indica duas barragens construídas ao longo do Rio em 2009, justamente um ano antes da lagoa começar a diminuir sua área. As barragens são uma do tipo Passagem Molhada (Figura 9) e a outra com comporta (Figura 10) sendo esta última a maior delas e chegando a quase três metros de altura.

Figura 9. Barragem do tipo Passagem Molhada no Rio Portinho



Fonte: (GALVÃO, 2014)

Figura 10. Fotografias da Barragem com comporta no Rio Portinho



Fonte: (GALVÃO, 2014)

Ainda nesta investigação, foram fotografadas marcas d'água em árvores e outras evidências que provaram a diferença de vazão ocasionada quando estas barragens não estavam lá, bem como o aumento significativo de vazão que ocorreu quando a comporta da segunda barragem foi aberta.

## 5 CONCLUSÃO

A investigação das três hipóteses que poderiam justificar a seca de 40% ocorrida na Lagoa do Portinho entre 2010 e 2015, permitiu concluir que sua diminuição não se deve exclusivamente à ausência de precipitação anual, como apontado pela SEMAR e noticiado em outros meios de comunicação. Embora tenha sua contribuição no fato, é muito mais significativa a barragem das águas do Rio Portinho, pois as águas não chegariam à Lagoa mesmo que chovesse na sua bacia hidrográfica.

Descobriu-se que a lagoa começou a secar a partir de 2010, um ano depois da construção das barragens ao longo do principal rio que alimenta a lagoa, Rio Portinho. Ficou claro que a construção destas barragens irregulares causou um impacto ambiental com desmembramentos que ainda precisam ser estudados. Também é possível afirmar que, pelo tamanho da área atingida, mais de 2 km<sup>2</sup>, estas mudanças não se reverteram com rapidez e facilidade.

Destaca-se a necessidade de estudos ambientais e sociológicos que analisem os impactos decorrentes desta mudança no ecossistema, bem como outros que conduzam à reabilitação do meio ambiente e permitam que a Lagoa do Portinho volte a ser um ponto turístico Piauiense de lazer e entretenimento.

## 6 BIBLIOGRAFIA

BASTOS, E. A. 2015. **Boletim agrometeorológico de 2014 para o município da Parnaíba, Piauí**. Teresina, Embrapa Meio-Norte, 38p.

GALVÃO, V. **Lagoa Livre: Parecer Técnico Científico**. Parnaíba: Ministério Público do Estado do Piauí, UFPI Campos Parnaíba-PI, FAPEPI, 9 p. 2014.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 15 de jan. de 2017.



JUNIOR, J. Q. M. **Os ocupantes da Lagoa do Portinho, Piauí, Brasil: os artefatos em ambiente dunar**. Dissertação (Mestrado em Antropologia e Arqueologia) – Centro de Ciências Humanas e Letras, UFPI, Piauí. 2012. 149 p.

MENESES, P. R.; SANO, E. E. “Classificação pixel a pixel de imagem”. In: MENEZES, P. R. ALMEIDA, T. (org.) **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UnB, p. 191-208. 2012.

SEMAR, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Falta de chuva resulta em seca na lagoa do Portinho**. Piauí, 8 de jan. de 2015. Disponível em: <<http://www.semar.pi.gov.br/noticia.php?id=2634&pes=Lagoa>> Acesso em: 29/03/2017.

SOUSA, R. dos S. Avaliação da cobertura vegetal e uso da terra da bacia hidrográfica costeira do rio Portinho, Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 1141-1150, 2016.

SOUSA, R. dos S; VALLADARES, G. S; ESPINDOLA, G. M. Mapeamento multitemporal do uso e cobertura da terra da planície costeira do estado do Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 5, p. 1606-1620, 2016.

TEODORO, V. L. I., et al. O conceito de Bacia Hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**. v. 20, p. 137-156, 2007.

USGS, United States Geological Survey. **Landsat Processing Details**. 2014. Disponível em: <[http://landsat.usgs.gov/Landsat\\_Processing\\_Details.php](http://landsat.usgs.gov/Landsat_Processing_Details.php)>. Acesso em: 12/02/2016.

# ESTIMATIVA DAS COMPONENTES DO DESVIO DA VERTICAL NO CAMPUS MINISTRO PETRÔNIO PORTELLA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

Mateus Nascimento dos Santos  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
engmateussantos@gmail.com

Ítalo de Fonseca Sousa  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
fonseca3236@gmail.com

Wendson de Oliveira Souza  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
wendsonsouza@ufpi.edu.br

**Resumo** - O presente estudo faz uso da combinação do posicionamento pelo GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e nivelamento geométrico na determinação das componentes do desvio da vertical ( $\theta$ ), isto é, componente meridiana ( $\xi$ ) e componente primeiro vertical ( $\eta$ ). A área de estudo envolveu 16 marcos geodésicos de formato tronco de pirâmide, modelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), localizados no *campus* Ministro Petrônio Portella da Universidade Federal do Piauí em Teresina-PI. Os resultados obtidos evidenciam o quão sensíveis são as componentes do desvio da vertical a partir de observáveis pós-processadas e na combinação de altitude ortométrica. Nesse sentido, verifica-se que discrepâncias aparentes mínimas em coordenadas geodésicas podem ocasionar valores excessivos nas componentes ( $\xi$ ,  $\eta$ ).

**Palavras-chave:** Desvio da vertical; Posicionamento pelo GNSS; Nivelamento geométrico; Ajustamento de observações.

**Abstract** - The present study makes use of the combination of the GNSS (Global Navigation Satellite System) positioning and leveling measurement in the determination of the deflection of vertical components ( $\theta$ ), that is, the meridian component ( $\xi$ ) and the first vertical component ( $\eta$ ). The study area involved 16 pyramid-shaped geodetic landmarks, model IBGE (*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*) located on the *Ministro Petrônio Portella* campus of the *Universidade Federal do Piauí* in *Teresina-PI*. The results obtained show how sensitive are the deflection of vertical components from post-processed observables and the combination of orthometric altitude. In this sense, it is verified that minimal apparent discrepancies in geodesic coordinates can cause excessive values in the components ( $\xi$ ,  $\eta$ ).

**Key-words:** Deflection of Vertical; GNSS Positioning; Leveling Measurement; Adjustment of Observations.

## 1 INTRODUÇÃO

Os levantamentos geodésicos são realizados sobre a superfície física da terra, no entanto por essa ser irregular e sofrer mudanças, seja por ação da natureza ou da ação do homem, pontos sobre esta superfície são representados em outras superfícies, como o geoide, por exemplo, que trata-se de uma superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra o qual representa a sua verdadeira forma, mas em virtude da dinâmica do geoide decorrente da ação da gravidades em relação à outros corpos celestes há necessidade de adoção de uma superfície geométrica que mais se aproxime do geoide, ou seja, no elipsoide de revolução. A complexidade do modelo geoidal inviabiliza, no primeiro momento, uma relação de paridade com a superfície elipsoidal.

Porém, os pontos estabelecidos na Terra podem ser referenciados a esses dois modelos de acordo com as linhas perpendiculares a sua superfície, isto é, a normal geodésica ao elipsoide e a vertical do lugar ao geoide, SOUZA (2012). Logo, o desvio da vertical pode ser definido, de acordo com GEMAEL (1999), como sendo a inclinação do geoide em relação ao elipsoide de referência. Por tanto, essa pesquisa se justifica pela importância na estimativa das componentes do desvio da vertical, em contribuição nas atividades desenvolvidas em levantamento de campo: i) transformação entre coordenadas astronômicas e geodésicas; ii) transformação de azimutes astronômicos ou azimutes determinados com giroteolito em azimutes geodésicos; iii) redução de direções horizontais e ângulos medidos ao elipsoide; iv) redução de ângulos zenitais medidos ao elipsoide; v) redução de distâncias inclinadas medidas eletronicamente ao elipsoide, através de ângulos zenitais; vi) determinação de diferenças de altura a partir de ângulos zenitais e distâncias inclinadas; vii) correção de desníveis por nivelamento geométrico; e entre outras.

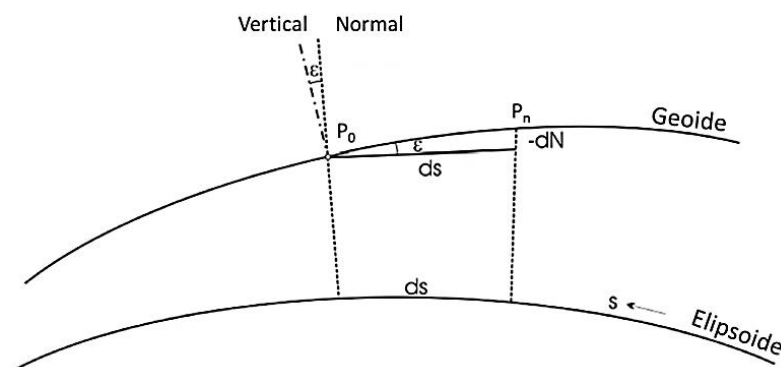
Existem diferentes métodos pelos quais podem ser determinadas as componentes do desvio da vertical. No entanto, com o advento do posicionamento pelo *Global Navigation Satellite System* (GNSS) tornou essa atividade, antes laboriosa, mais prática se comparada aos métodos tradicionais, tais como o astrogeodésico, obtida pelas diferenças de coordenadas astronômicas e geodésicas. Nesse sentido, esta pesquisa visa aplicar o método de Helmert, o qual permite estimar as componentes do desvio da vertical por meio do conhecimento da diferença entre as altitudes ortométricas, referenciadas ao geoide, obtidas a partir do nivelamento geométrico, e as alturas elipsoidais, referenciadas ao elipsoide de referência, e ainda os azimutes e distâncias geodésicas, obtidas a partir do posicionamento pelo GNSS.

O estudo das componentes do desvio da vertical foi realizado para 16 marcos de concreto, implantados na Universidade Federal do Piauí no *campus* Ministro Petrônio Portella, formando um sistema para cada marco com 15 equações e 2 parâmetros (incógnitas), referentes as componentes meridiana e primeira vertical. Desta forma, foi possível ajustar pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), pelo modelo paramétrico. Com intuito de encontrar valores promissores das componentes do desvio da vertical.

## 2 MÉTODO DE HELMERT

O cálculo do desvio da vertical de  $P_0$  pode ser solucionado por meio da fórmula de (Heiskanen e Moritz, 1984). Na qual, consiste no conhecimento da diferença da ondulação geoidal ( $dN$ ) e da distância ( $ds$ ) referente a um segundo vértice  $P_n$ , Figura 1.

Figura 1 - Determinação do desvio da vertical



Fonte: Heiskanen e Moritz (1984).

$$\varepsilon = \theta = -\frac{dN}{ds} \quad (1)$$

De acordo com HEISKANEN e MORITZ (1967) utilizando a fórmula de Helmert, equação (2), o desvio da vertical pode ser calculada por meio de suas componentes ( $\xi$ ) e ( $\eta$ ) para qualquer azimute geodésico ( $\alpha$ ) do alinhamento  $P_0$  ao  $P_n$ :

$$\theta = \xi \cdot \cos(\alpha) + \eta \cdot \text{sen}(\alpha) \quad (2)$$

Igualando as equações (1) e (2) tem-se que:

$$-\frac{dN}{ds} = \xi \cdot \cos(\alpha) + \eta \cdot \text{sen}(\alpha) \quad (3)$$

Ao substituir os elementos diferenciais que aparecem nestas relações é obtido:

$$-\frac{\Delta N_{P_0 P_n}}{\Delta S_{P_0 P_n}} \approx \xi \cdot \cos(\alpha) + \eta \cdot \text{sen}(\alpha) \quad (4)$$

Onde:

$$\Delta N_{P_0 P_n} = N_{P_n} - N_{P_0} = (h_{P_n} - H_{P_n}) - (h_{P_0} - H_{P_0}) = (h_{P_n} - h_{P_0}) - (H_{P_n} - H_{P_0}) \quad (5)$$

$$\Delta S_{P_0 P_n} = \text{distância geodésica de } P_0 \text{ a } P_n.$$

Desta forma basta conhecer as altitudes ortométricas e geodésicas, e o azimute geodésico do alinhamento bem como sua distância. Por esse fato trata-se da combinação de dados fornecidos pelo Posicionamento por GNSS que fornecerá as altitudes geodésicas, bem como o azimute geodésico por meio do problema inverso, e do nivelamento geométrico pelo qual serão obtidas as altitudes em relação ao geóide.

Para este caso prático será levado em consideração apenas a propagação da variância para as diferenças de níveis e a distância, aplicando a lei de propagação da variância na equação (5) o qual resultará, segundo CEYLAN (2009):

$$\sigma_\varepsilon^2 = \frac{1}{\Delta S^2} (\sigma_{\Delta H}^2 + \sigma_{\Delta h}^2) + \left( \frac{\Delta h - \Delta H}{\Delta S^2} \right)^2 \sigma_{\Delta s}^2 \quad (6)$$

Onde:

$\Delta h$  - diferença de altura elipsoidal;

$\Delta H$  - diferença de altitude ortométrica;

$\Delta S$  - distância geodésica;

$\sigma_{\Delta h}$  - precisões das alturas elipsoidais;

$\sigma_{\Delta H}$  - precisões das altitudes ortométricas.

Tendo em vista que o segundo termo em parênteses da equação (6) não alterará o resultado de forma expressiva, o mesmo pode ser desprezado, ficando então, apenas:

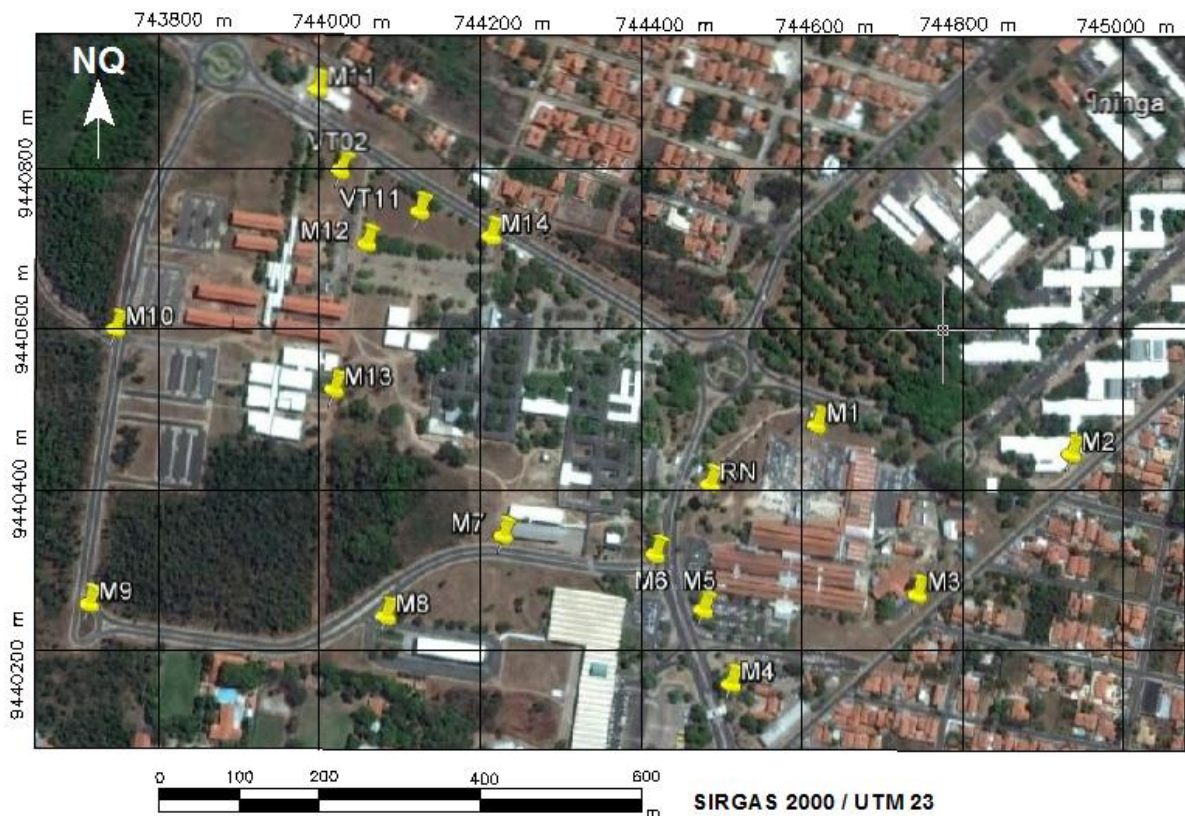
$$\sigma_{\varepsilon}^2 = \frac{1}{\Delta S^2} (\sigma_{\Delta H}^2 + \sigma_{\Delta h}^2) \quad (7)$$

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Área de Estudo

O trabalho realizado em campo se deu do levantamento de 16 marcos de concreto implantado nas imediações da Universidade Federal do Piauí – UFPI, *campus* Ministro Petrônio Portella, na cidade de Teresina. A escolha da área de estudo se deu pelo fácil acesso a esses marcos e segurança para desempenhar as atividades necessárias que consistiam na realização do Posicionamento pelo GNSS e do Nivelamento Geométrico, tendo em vista que no *campus* fica localizado a Referência de Nível (RN) – 1660P. A Figura 2 mostra a localização aproximada dos 16 marcos usada neste estudo.

Figura 2 – Localização dos marcos implantados no *campus*, UFPI.



#### 3.2 Materiais Utilizados

Foram empregados os seguintes equipamentos:

- 01 (um) Nível digital Ruide DL-201 (Classe 4) e seus acessórios;
- 03 (três) receptores GNSS Spectra Precision Promark 220 e seus acessórios.

A pesquisa utilizou os seguintes programas:

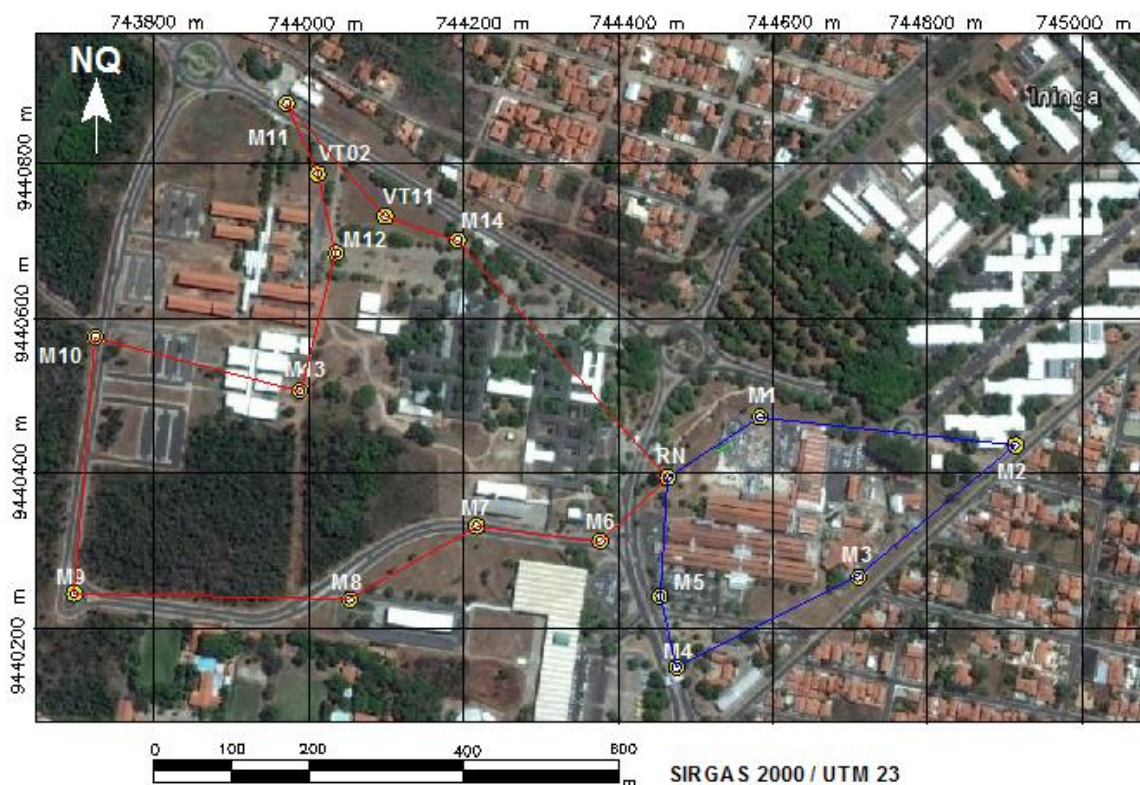
- Microsoft Office Excel e Word 2010;
- FreeMat;
- AutoCAD 2010;
- Topcon tools;
- Surfer.

### 3.3 Nivelamento geométrico

O nivelamento geométrico foi realizado com uso do nível digital Ruide DL-201 de leitura em código de barra. O nivelamento se deu por dois caminhamentos diferentes partindo do RN – 1660P, formando assim dois circuitos fechados. O circuito I ficou composto pelos marcos M1, M2, M3, M4 e M5. Já o circuito II ficou composto pelos vértices VT2 e VT11 além dos marcos M6, M7, M8, M9, M10, M11, M12, M13 e M1. A Figura 3 ilustra a configuração dos circuitos de nivelamento, conseqüentemente seu caminhamento.

Para melhor acurácia dos dados o nível foi programado para realizar seis leituras, desta forma foi executada três vezes totalizando 18 leituras por visada ao ponto ocupado. O nivelamento geométrico foi realizado obedecendo às especificações técnicas de levantamento na ABNT 13133. O método empregado foi o de visadas iguais.

Figura 3 - Configuração dos circuitos do nivelamento



### 3.4 Posicionamento pelo GNSS

O levantamento geodésico foi realizado com uso de receptores Spectra Precision Promark 220, que trabalha nas frequências L1/L2, e rastreia sinais de posicionamento dos

satélites das constelações *Global Positioning System* (GPS) e *Global Orbiting Navigation Satellite System* (GLONASS). Os pontos foram ocupados com antenas a dois metros de altura na vertical. O método de posicionamento foi o relativo estático com tempo de ocupação por 30 minutos.

A estação RBMC usada foi a PITN, sendo um pilar quadrangular de concreto medindo 30 cm de lado e 1,86 m de altura, o qual possui no topo um dispositivo de centragem forçada, seguindo o padrão IBGE e uma chapa na lateral, estampada. A mesma está localizada na laje superior do bloco 04, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Teresina PI. O Quadro 1 informa as coordenadas do PITN, IBGE (2016)

Quadro 1 - Coordenadas PITN, Sistema de Referência SIRGAS 2000.

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	- 05° 06' 8,9336"	Sigma:	0,002 m
Longitude:	- 42° 47' 34,9052"	Sigma:	0,002 m
Alt. Elip.:	67,971 m	Sigma:	0,009 m
Coordenadas Cartesianas			
X:	4.661.982,657 m	Sigma:	0,007 m
Y:	-4.315.989,839 m	Sigma:	0,006 m
Z:	-563.478,697 m	Sigma:	0,001 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	9.435.588,275 m		
UTM (E):	744.673,840 m		
MC:	-45		

Fonte: IBGE (2016).

Para o pós-processamento dos dados foi usado o software *Topcon tools*. Com a importação dos dados brutos PITN referentes aos dois dias de levantamento para o pós-processamento de todos os pontos. Em que a estação PITN foi usada como ponto de controle, ou seja, entraram com latitude, longitude e altura elipsoidal, conhecidas, bem como suas precisões, para o pós-processamento dos dados brutos dos 16 marcos de coordenadas.

### 3.5 Determinação das componentes do desvio da vertical

O método de combinação de dados fornecidos pelo posicionamento por GNSS e do nivelamento geométrico foi usado para determinação dos componentes do desvio da vertical dos 16 pontos. De forma que cada ponto foi usado nas irradiações dos demais pontos.

Para determinar as componentes do desvio da vertical de um ponto qualquer descrita na Equação 4, e repetida para mais esclarecimentos.

$$-\frac{\Delta N_{P_0 P_n}}{\Delta S_{P_0 P_n}} = -\frac{(h_{P_n} - h_{P_0}) - (H_{P_n} - H_{P_0})}{\Delta S_{P_0 P_n}} = \xi \cdot \cos(\alpha) + \eta \cdot \sin(\alpha) \quad (4)$$

Foram usados 15 desníveis elipsoidais e ortométricas, como também 15 azimutes e distâncias geodésicas resultantes da fórmula de Puissant pelo problema inverso. Desta forma, para situação de um ponto, formou-se um sistema de 15 equações com duas incógnitas ( $\xi$ ,  $\eta$ ). Sendo assim, considerando todos os 16 pontos, totalizaram 240 desníveis geométricos e ortométricos com 240 azimutes e distâncias geodésicas.

No ajustamento foi usado o método paramétrico, GEMAEL (1994). A matriz " $A_{15 \times 2}$ " foi composta pelas derivadas parciais dos parâmetros ( $\xi$ ,  $\eta$ ) na equação " $\xi \cdot \cos(\alpha) + \eta \cdot \sin(\alpha)$ ",

resultando em “cos(αi)” e “sen(αi)”, não admitindo erro nas observações do azimute (α) em virtude de sua grandeza, podendo ser desprezada, com i=1,2,3..15. As resultantes de “-dN/ds” formou a matriz das observações “L<sub>b</sub>” com matriz dos pesos das “P<sub>16x16</sub>” observações “sendo a matriz variância-covariância de “Σ L<sub>b</sub>”. Com isto, a Equação 4 pode ser descrita conforme a Equação 8. A solução dos componentes do desvio da vertical (X<sub>a</sub>) e sua matriz variância-covariância “Σ<sub>xx</sub>” foram resolvidas a partir de rotinas de cálculos elaborados no software Freemath.

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \cos(\alpha_1) & \text{sen}(\alpha_1) \\ \cos(\alpha_2) & \text{sen}(\alpha_2) \\ \vdots & \vdots \\ \cos(\alpha_{15}) & \text{sen}(\alpha_{15}) \end{bmatrix}}_{A(15 \times 2)} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} \xi \\ \eta \end{bmatrix}}_{X(2 \times 1)} = \underbrace{\begin{bmatrix} -\frac{(h_{P1} - h_{P0}) - (H_{P1} - H_{P0})}{\Delta S_{P0P1}} \\ -\frac{(h_{P2} - h_{P0}) - (H_{P2} - H_{P0})}{\Delta S_{P0P2}} \\ \vdots \\ -\frac{(h_{P15} - h_{P0}) - (H_{P15} - H_{P0})}{\Delta S_{P0P15}} \end{bmatrix}}_{L_b(15 \times 2)} \tag{8}$$

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra o resultado do nivelamento geométrico referente às altitudes ortométricas, bem como seus respectivos desvios padrão. Tais altitudes tem como referência o RN 1660P, com altitude ortométrica de 73,4059 m.

Tabela 1 – Altitudes ortométricas do nivelamento.

Pontos	Altitudes Ortométricas	
	H (m)	σ (m)
M1	74,941	0,003
M2	77,890	0,005
M3	78,654	0,005
M4	77,368	0,004
M5	76,071	0,003
M6	74,837	0,003
M7	71,116	0,004
M8	71,168	0,005
M9	64,436	0,006
M10	64,345	0,007
M11	64,243	0,006
M12	68,200	0,007
M13	68,100	0,007
M14	67,696	0,005
VT-02	66,283	0,007
VT-11	67,069	0,005



A Tabela 2 evidencia o resultado das coordenadas geodésicas elipsoidais resultante do pós-processamento pelo software *Topcon tools*.

Tabela 2 – Coordenadas geodésicas elipsoidais.

COORDENADAS GEODÉSICAS ELIPSOIDAIS						
Pontos	Latitude ( $\phi$ )	$\sigma_{\phi}$ (m)	Longitude ( $\lambda$ )	$\sigma_{\lambda}$ (m)	h (m)	$\sigma_h$ (m)
<b>M1</b>	5°03'30,43262"S	0,007	42°47'37,49925"W	0,008	53,296	0,017
<b>M2</b>	5°03'31,59955"S	0,005	42°47'27,26773"W	0,005	56,235	0,011
<b>M3</b>	5°03'37,19935"S	0,005	42°47'33,45877"W	0,005	56,991	0,012
<b>M4</b>	5°03'40,82161"S	0,005	42°47'40,94608"W	0,004	55,679	0,012
<b>M5</b>	5°03'37,85908"S	0,003	42°47'42,04032"W	0,003	54,380	0,011
<b>M6</b>	5°03'35,64406"S	0,003	42°47'43,96490"W	0,003	53,123	0,011
<b>M7</b>	5°03'34,91248"S	0,003	42°47'50,11115"W	0,003	49,391	0,011
<b>M8</b>	5°03'38,15533"S	0,003	42°47'54,85015"W	0,003	49,473	0,023
<b>M9</b>	5°03'37,71992"S	0,003	42°48'06,88550"W	0,003	42,712	0,023
<b>M10</b>	5°03'26,64014"S	0,003	42°48'05,81175"W	0,004	42,600	0,025
<b>M11</b>	5°03'16,93566"S	0,003	42°47'57,69554"W	0,004	42,511	0,024
<b>M12</b>	5°03'23,18940"S	0,003	42°47'55,62763"W	0,003	46,481	0,010
<b>M13</b>	5°03'29,04733"S	0,003	42°47'56,94521"W	0,003	46,438	0,011
<b>M14</b>	5°03'22,86532"S	0,004	42°47'50,59774"W	0,004	45,983	0,012
<b>VT-02</b>	5°03'20,22628"S	0,003	42°47'56,71636"W	0,003	44,540	0,010
<b>VT-11</b>	5°03'21,89370"S	0,003	42°47'53,50883"W	0,003	45,384	0,011

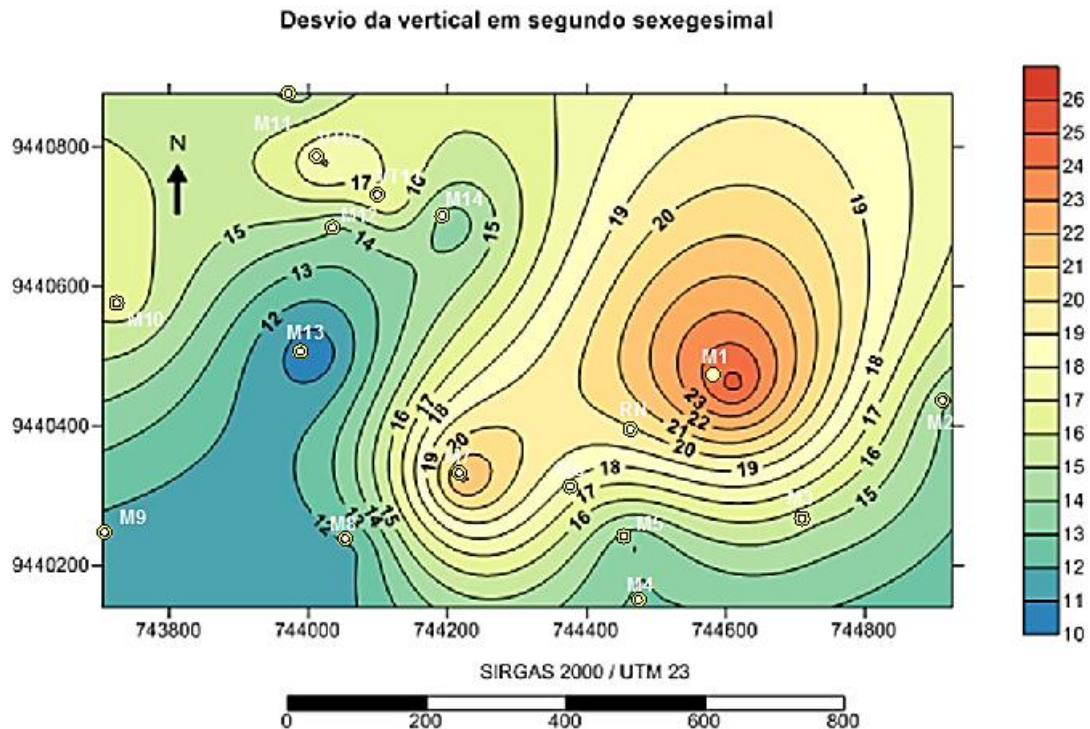
Em seguida, os resultados das componentes meridiana ( $\xi$ ) e primeiro vertical ( $\eta$ ) pelo método que combina Posicionamento pelo GNSS e Nivelamento Geométrico, estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 – Componentes do desvio da vertical

Ponto	$\xi''$	( $\pm$ ) $\sigma_{\xi}''$	$\eta''$	( $\pm$ ) $\sigma_{\eta}''$
<b>M01</b>	-07,450"	08,084"	-24,376"	03,907"
<b>M02</b>	-00,295"	06,070"	-13,618"	01,898"
<b>M03</b>	01,006"	06,596"	-14,700"	03,633"
<b>M04</b>	-01,970"	04,672"	-12,794"	04,787"
<b>M05</b>	-02,138"	05,373"	-12,797"	04,694"
<b>M06</b>	-10,642"	07,795"	-12,675"	06,273"
<b>M07</b>	-11,587"	06,558"	-19,023"	05,202"
<b>M08</b>	07,213"	04,098"	-09,646"	03,492"
<b>M09</b>	03,523"	04,537"	-11,058"	02,173"
<b>M10</b>	00,840"	06,486"	-16,601"	02,605"
<b>M11</b>	06,647"	04,051"	-13,002"	04,436"
<b>M12</b>	02,792"	05,745"	-13,580"	04,573"
<b>M13</b>	07,846"	13,098"	06,359"	06,930"
<b>M14</b>	05,765"	04,742"	-11,920"	04,698"
<b>VT02</b>	11,445"	06,038"	-14,201"	05,585"
<b>VT11</b>	-10,812"	05,797"	-13,113"	05,563"

Uma vez obtidas as componentes do desvio da vertical foi gerado um modelo de situação do desvio da vertical na estimativa dos resultados na área de estudo, Figura 5.

Figura 5 – Representação gráfica do desvio da vertical



## 5 CONCLUSÕES

A pesquisa no *campus* Ministro Petrônio Portella apresentou resultados promissores na determinação do desvio da vertical ( $\theta$ ) a partir da combinação de posicionamento pelo GNSS e nivelamento geométrico via investigação das componentes meridiana ( $\xi$ ) e primeiro vertical ( $\eta$ ), vinculadas ao modelo paramétrico de ajustamento de observações.

Verificou-se que dentre os resultados das componentes meridiana ( $\xi$ ), o que apresentou melhor valor de desvio padrão foi o ponto M11 com valor de  $\pm 4,051''$ . Da mesma forma, para os resultados do primeiro vertical ( $\eta$ ), o ponto M02 obteve o melhor valor de desvio padrão sendo de  $\pm 1,898''$ . As dispersões obtidas nas componentes do desvio da vertical ( $\xi, \eta$ ) fundamentam-se no grau de sensibilidade de aquisição de dados.

Recomenda-se a verificação do uso do modelo combinado de ajustamento, uma vez que as precisões de azimute e distância geodésicas podem ser contabilizadas na matriz dos pesos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEYLAN, A. **Determination of the deflection of vertical components via GPS and leveling measurement: A case study of a GPS test network in Konya, Turkey**. Scientific Research and Essays Vol. 4, pp. 1438–1444, December 2009 ISSN 1992- 2248 © 2009 Academic Journals.

GEMAEL, C. **Introdução à Geodésia Física**. 1ª. ed. Curitiba: UFPR, 1999.

\_\_\_\_\_. **Introdução ao ajustamento de observações**. Curitiba: Editora da UFPR, 1994.

HEISKANEN, W. A.; MORITZ, H. **Physical Geodesy**. São Francisco, EUA : W.H. Freeman and Company, 1967.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PITN**. Disponível em: <[http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?u=geofp.ibge.gov.br/informacoes\\_sobre\\_posicionamento\\_geodesico/rbmc/relatorio/Descritivo\\_PITN.pdf](http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?u=geofp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rbmc/relatorio/Descritivo_PITN.pdf)> Acesso em: 20 de outubro de 2016.

SOUZA, W. O. **Aplicação de métodos para determinação do desvio da vertical na integração de posicionamento GNSS com levantamentos topográficos**. 198f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10246>> Acessado em 10/11/2016.

## CONFECÇÃO DE UMA CARTA IMAGEM DO MUNICÍPIO DE SOUSA/PB UTILIZANDO O MÉTODO IHS COM DADOS DO SENSOR PAN DO SATÉLITE CBERS-4

Leonardo Guedes Neves  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
Avenida Universitária, 915.  
leoguedes\_eng@hotmail.com

Leandro Italo Barbosa de Medeiros  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
leandro.meddeiros@hotmail.com

Vicente de Paula Sousa Junior  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
vicentepsj@outlook.com

**Resumo** – Este resumo expandido tem como objetivo mostrar o processo de geração de uma carta imagem do município de Sousa – Paraíba. Para tal, fez-se o uso de ferramentas livres de SIG e de técnicas de processamento digital de imagens, destacando-se a fusão de imagens pelo método IHS. As imagens utilizadas foram coletadas pelo sensor PAN, do satélite Sino-brasileiro de Recursos Terrestre - CBERS-4. Este sensor possui quatro bandas espectrais, cobrindo a faixa do visível e do infravermelho próximo. A banda 1, pancromática, possui 5 metros de resolução espacial; as bandas 2, 3 e 4, 10 metros. O resultado mostrou a qualidade dos dados e da técnica de transformação IHS para a geração de cartas imagem. O produto resultante apresentou uma melhora considerável dos aspectos visuais em relação a imagem multiespectral não fusionada, mostrando-se apta ao uso para tal finalidade.

**Palavras-chave:** Carta imagem. Fusão IHS. CBERS-4.

**Abstract** - This paper aims to demonstrate the generation process of making an image map for the city of Sousa, Paraíba, Brazil. For this process, it was used GIS tools and digital image process techniques, particularly the image fusion, by the HIS method of image fusion. The PAN sensor, on the Chinese-Brazilian terrestrial resources satellite - CBERS-4, collected the images. This sensor has four spectral bands that cover the visible and near infrared region of the electromagnetic spectrum. The band 1, panchromatic, has 5 meters of spatial resolution, while the bands 2, 3 and 4 have 10 meters. The results demonstrated the quality of the data and the IHS transformation technique for generating image maps. It shows that this technic is able to create image maps with higher visual quality.

**Key-words:** Image map. IHS technic. CBERS-4.

### 1 INTRODUÇÃO

Os produtos cartográficos são ferramentas valiosas para o planejamento e gestão dos municípios. Entretanto, devido à falta de recursos e de profissionais qualificados, além do acelerado crescimento populacional, uma grande parcela dos municípios brasileiros, principalmente das regiões Norte e Nordeste, não possuem uma base cartográfica local atualizada.

Uma alternativa viável para a solução deste problema é o uso dos produtos do sensoriamento remoto e de técnicas de processamento digital de imagens (PDI). Algumas técnicas de PDI permitem a fusão de imagens de diferentes características espectrais e espaciais, que podem ser disponibilizadas gratuitamente, tornando-as aptas a geração de cartas

imagem adequadas ao planejamento e gestão dos municípios (CURTARELLI; ARNESEN, 2010).

A transformação IHS é uma eficiente técnica para o melhoramento visual de imagens. Seu principal objetivo é melhorar a resolução espacial das imagens multiespectrais, utilizando-se de uma imagem de alta resolução espacial, por exemplo a banda pancromática que atualmente existe em diversos sensores, ou usando uma imagem de radar. Para fusão de imagens por esse processo, é necessário que se escolham três bandas espectrais e, em seguida, realize a transformação para o espaço IHS. Os componentes H e S são mantidos e o componente I é substituído pela imagem pancromática de alta resolução espacial. Em seguida, realiza-se a operação inversa para o espaço de cor RGB (MENEZES; ALMEIDA, 2012). O resultado é uma imagem com resolução espacial da banda pancromática com informações espectrais das bandas multiespectrais.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo a geração de uma carta imagem, do município de Sousa - PB, através da fusão das imagens multiespectrais e pancromática do sensor PAN do satélite Sino-Brasileiro de recursos terrestre CBERS-4, através da técnica IHS de fusão de imagens, além do uso de ferramentas SIG, usando para tal softwares gratuitos, com a finalidade de melhorar a visualização das infraestruturas de transportes e ocupação do solo, dentre outras características importantes à gestão municipal.

## 2 METODOLOGIA

O sensor PAN, a bordo do satélite CEBERS-4, possui quatro bandas espectrais que cobrem a faixa do visível e do infravermelho próximo. A banda 1, pancromática, possui 5 metros de resolução espacial e foi desenvolvida para dar seguimento ao imageamento de alta resolução iniciados com a câmera HRC, presente no satélite CBERS-2B. As bandas 2, 3 e 4 possuem 10 metros de resolução espacial.

Para o recobrimento completo do município de Sousa foram utilizadas duas cenas do sensor PAN (CEBERS-4), capturadas no dia 05 de novembro de 2015, de órbitas/pontos 150/107 e 150/108, adquiridas gratuitamente através do catálogo de imagens do INPE, disponíveis no sítio eletrônico (<http://www.dpi.inpe.br/CDSR/>). O processo se deu com o uso do *software* SPRING 5.4.0, desenvolvido pelo INPE, e disponibilizado gratuitamente.

Inicialmente, fez-se mosaico para cada uma das bandas espectrais das cenas envolvidas e posteriormente o recorte da área de interesse destas imagens, utilizando-se o arquivo vetorial com os limites dos municípios do estado da Paraíba, do IBGE. Partiu-se então para o registro, individual, das imagens utilizando para tal 11 pontos de controle retirados do banco de dados "Pontos de controle GNSS" disponível no sítio eletrônico (<http://www.geopro.crn2.inpe.br/formMapaGNSS.html>). As imagens das bandas multiespectrais foram reamostradas para uma grade de 5 metros, minimizando do erro médio quadrático (RMS).

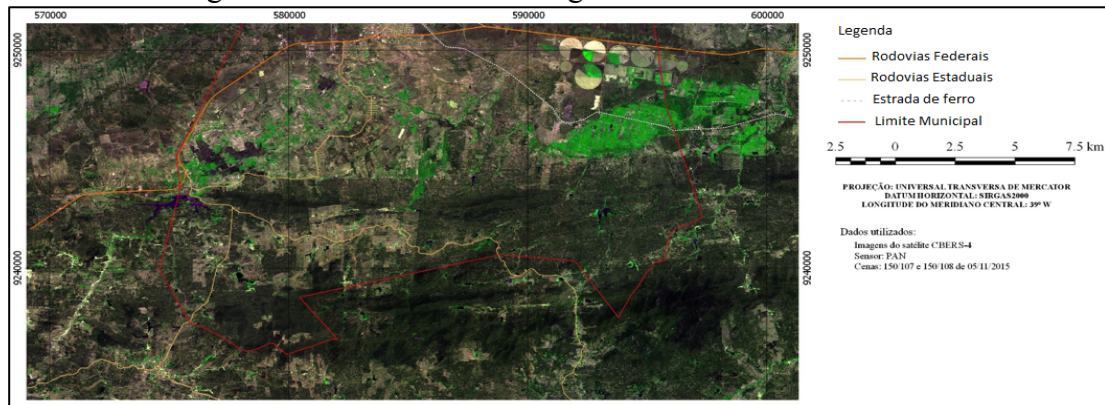
Realizou-se então a fusão por meio da opção Transformação IHS para RGB, no menu imagem, escolhendo-se as bandas espectrais correspondentes aos canais de cor vermelho, verde e azul. Nessa etapa, as bandas 2 (B), 3 (R) e 4 (G) foram transformadas nos componentes I (Intensidade), H (Matiz) e S (Saturação). Em seguida, foi realizada a operação inversa, substituindo o componente I pela banda pancromática.

A imagem resultante foi importada no *software* Quantum GIS 2.14.3, onde aplicou-se o contraste linear, e foram vetorizadas as feições lineares: rodovias federais, rodovias estaduais e ferrovias.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os alvos tornaram-se mais identificáveis após a aplicação da técnica, com alguns visíveis apenas na imagem fusionada. As feições lineares tiveram um ganho significativo de detalhes em relação à imagem não fusionada. A vegetação densa pode agora ser identificada por sua textura rugosa, em contraste à textura lisa da vegetação rasteira. Áreas irrigadas tornaram-se também identificáveis, com vegetação verde-claro. Um recorte da carta imagem, resultado deste trabalho, é mostrado na Figura 2.

Figura 2. Recorte da carta imagem do municio de Souza - PB



Fonte: Neves (2016)

### 4 CONCLUSÕES

A utilização da técnica de fusão IHS e dos dados distribuídos gratuitamente pelo INPE mostraram-se fundamentais para a confecção uma ferramenta primordial para as gestões municipais. Recomendando-se fortemente o seu uso pela fácil utilização no *software* SPRING. Ainda, todo o material utilizado neste trabalho é disponibilizado gratuitamente.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CURTARELLI, M. P.; ARNESEN, A. S. **Fusão de imagens dos sensores HRC e CCD para a elaboração de uma carta imagem do município de Ladário, MS.** In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3., 2010, Cáceres. Anais... 2010. p. 858-866. DVD. ISBN 978-85-60424-05-4. Disponível em: <<http://urlib.net/J8LNKAN8RW/38JEDMD>>. Acesso em: 31 maio 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades:** Sousa. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=251620&search=paraiba%7Csousa%7Cinfograficos:-dados-gerais-do-municipio&lang=>>>. Acesso em: 31 maio 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **CBERS: Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestre.** Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/>>. Acesso em: 31 maio 2016a.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **CRN - Geoprocessamento.** Disponível em: <<http://www.geopro.crn2.inpe.br/>>. Acesso em: 31 maio 2016b.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Universidade de Brasília, Brasília, 2012, 266 p..

## **AVALIAÇÃO DO USO DE IMAGENS OBTIDAS POR DRONE PARA PRODUÇÃO DE BASE CARTOGRAFICA DE BAIXO CUSTO PARA FINS CADASTRAIS**

Suzana Daniela Rocha Santos e Silva

Mestra em Ciências Geodésicas

Universidade Federal da Bahia

suzanadrss@ufba.br

Paulo Roberto Nascimento Santos

Graduando em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Universidade Federal da Bahia

paulosntos29@hotmail.com

Artur Caldas Brandão

Doutor em Cadastro

Universidade Federal da Bahia

acaldas@ufba.br

**Resumo** - O presente estudo teve como objetivo avaliar uma base cartográfica de baixo custo em município de pequeno porte para fins cadastral, a partir de imagens aéreas obtidas por um RPA (Remotely Piloted Aircraft). Para o desenvolvimento da cobertura aerofotogramétrica da área de estudo foi realizado uma serie de condições, tais como: planejamento de voo, escolha do recobrimento lateral e longitudinal, altura do voo, planejamento da coleta dos pontos de controle pré sinalizados e não sinalizados e a identificação de obstáculos ou objetos que pudessem prejudicar a transmissão do sinal entre o drone e o radio controle. Para o recobrimento aerofotogramétrico total da área de estudo foram necessários a realização de 2 vôos, uma vez que a autonomia do drone é de apenas 20 minutos. Os vôos foram realizados com o eixo da câmera na vertical, para possibilitar a geração da ortofoto da área. Para a geração da ortofoto foram levantados 05 pontos de controle pré sinalizados no terreno, com GPS topográfico e para o controle de qualidade da carta se fez necessário o levantamento de mais 10 pontos, totalizando 15 pontos de controle. As feições da ortofoto foram digitalizadas no Software QGis seguindo o padrão da ET-EDGV Força Terrestre 2016, 2ª edição, 1ª parte, aprovada pelo Exército Brasileiro. Ao final da geração da carta foi realizado o controle de qualidade onde se obteve PEC-PCD para as escalas de 1:2000 Classe B e 1:5000 Classe A. Com os resultados da pesquisa busca-se mostrar as potencialidades dos drones para mapeamento de baixo custo em municípios de pequeno porte.

**Palavras-chave:** Cadastro Territorial, cartografia de baixo custo, drone.

**Abstract** – The present study had as objective to evaluate a low cost cartographic base in a small municipality for cadastral purposes, from aerial images obtained by a Remotely Piloted Aircraft (RPA). In order to develop the aerial photogrammetric coverage of the study area, a series of conditions were developed, such as: flight planning, lateral and longitudinal cover selection, flight height, planning of collection of pre-flagged and unlabeled control points and identification Obstacles or objects that could impair the transmission of the signal between the drone and radio control. For the total aerophotogrammetric overlay of the study area it was necessary to perform 2 flights, since the drone autonomy is only 20 minutes. The flights were performed with the camera axis vertically, to allow the orthophoto generation of the area. For the orthophoto generation, 5 pre-flagged control points were surveyed on the terrain, with topographic GPS and for the quality control of the chart it was necessary to collect ten more points, totaling 15 control points. The features of the orthophoto were digitized in the QGis Software following the ET-EDGV Ground Force 2016, 2nd edition, 1st part, approved by the Army. At the end of the generation of the chart, the quality control was obtained, where PEC-PCD was obtained for the 1: 2000 Class B and 1: 5000 Class A scales. The results of this research were to show the potentialities of drones for mapping Low cost in small municipalities.

**Key-words:** Territorial, low cost cartography, drone.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil abordar o tema cadastro territorial não é uma tarefa simples. Essa dificuldade se deu ao longo de toda a história do país. No Brasil não existe a cultura cadastral o que tem como consequência um cadastro desorganizado, desatualizado e até mesmo inexistente na maior parte do país. Erba (2005), coloca que cadastro territorial é um registro público sistematizado dos bens imóveis de uma jurisdição contemplados os seus três aspectos fundamentais: O jurídico – contempla a dominialidade da área; o geométrico – refere-se à demarcação dos limites da área ocupada no espaço pelo imóvel; e o econômico – corresponde ao valor do lote. A partir desses dados pode-se conhecer a realidade da ocupação do território e utilizar isso como uma poderosa ferramenta de gestão municipal.

Em 2001 com a aprovação do Estatuto da Cidade, Lei Nº 10.257/2001, passou a ser obrigatório que cidades brasileiras que possuem mais de vinte mil (20.000) habitantes realizem um Plano Diretor – PD e passou a responsabilidade do ordenamento social para a Câmara Municipal. Em seu art. 40 o PD é definido como um instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, o art. 42 determina que o PD deverá conter no mínimo a delimitação das áreas urbanas onde poderá ser aplicado o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, considerando a existência de infraestrutura e de demanda para utilização. Segundo Rezende e Ultramari (2007), os problemas encontrados nos planos diretores estão relacionados com a ocupação do solo e as questões territoriais. Muitos dos documentos são elaborados com a ausência de mapas e quando são produzidos não apresentam as informações espaciais importantes e adequadas para a análise do espaço territorial, são desatualizados, elaborados fora dos princípios cartográficos, produzindo uma interpretação equivocada do município.

Segundo dados do censo 2010 do IBGE o Brasil possui 5.570 municípios, dentre estes os que possuem até 20.000 habitantes corresponde a 73,56% desse total. Essa maioria faz parte de um conjunto de municípios que não dispõem de recursos, pessoas qualificadas, instrumentos computacionais, realizam um cadastro em formulários em papel sem a utilização de uma representação gráfica, sem a obtenção de medidas em campo de forma confiável e sistemática, sem a elaboração de um croqui e memorial descritivo que represente a real situação da parcela, não possuem intercâmbio de informações registrais com os cartórios, ou seja, não dispõem de informações cadastrais e geoespaciais essenciais às suas necessidades.

Segundo Araújo (2006), o maior problema da estruturação e execução do cadastro territorial no Brasil está na ausência e/ou desatualização de bases cartográficas, quando existem estão fora dos padrões cartográficos, produzidas sem projeções cartográficas, sistema geodésico de referência, sistema de coordenadas, a não integração entre Cadastro e Registro.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo de avaliar as potencialidades das imagens obtidas com drones para o desenvolvimento de uma base cartográfica para fins cadastrais, afim de reduzir os impactos negativos para o cadastro territorial com a ausência de uma base cartográfica cadastral.

## 2 MATERIAIS E METODOS

O objetivo proposto neste trabalho foi o de avaliar as potencialidades das imagens obtidas com drones para o desenvolvimento de uma base cartográfica para fins cadastrais. De forma a atender o objetivo proposto, este item descreve os materiais utilizados e a metodologia desenvolvida.



## 2.1 Materiais

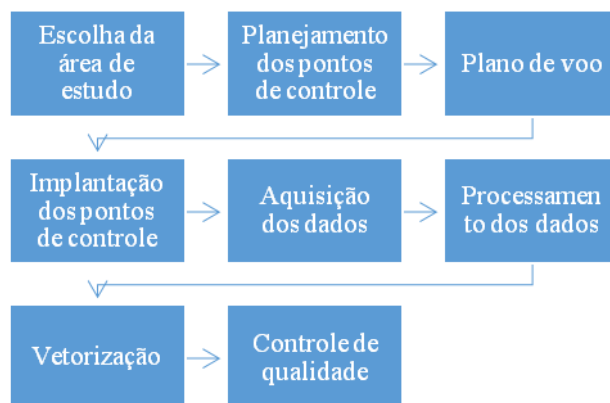
Neste estudo foram utilizados:

- RPA DJI Phantom 3: utilizado para obtenção das imagens da área de estudo;
- Um receptor GNSS Ashtech ProMark 120, um bipé, um bastão e uma trena de 3 metros, para a determinação dos pontos de controle;
- Um GPS Topcon Hiper utilizado como base para realizar a correção das coordenadas dos pontos de controle;
- Software Topcon Tools v.7.5.1: software de pós-processamento onde foi executado o transportes de coordenadas dos pontos de controle;
- Software Agisoft PhotoScan 1.2.3: para processamento de imagens provenientes do Drone para gerar a Ortofoto.
- QGis versão 2.14: Para realizar a vetorização das feições da Ortofoto e criação do banco de dados.
- Manual ET-EDGV Força Terrestre 2016, 2ª edição, 1ª Parte: Para orientação na estruturação dos dados espaciais.

## 2.2 Métodos

As etapas da metodologia que foram realizadas nessa pesquisa encontra-se descrita no organograma da Figura 1.

Figura 1. Organograma dos métodos empregados no presente trabalho



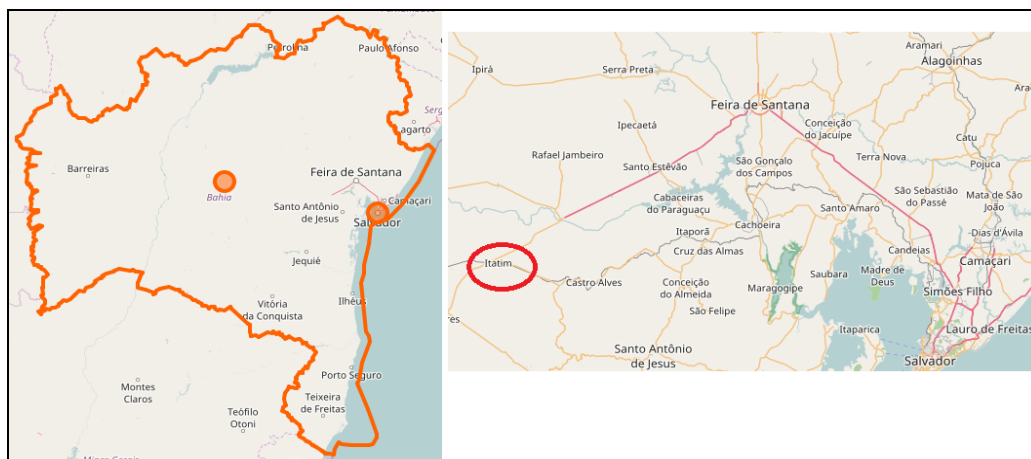
Fonte: Elaborado pela Autora

### 2.3.1. Área de estudo

A geração da base cartográfica teve como primeiro passo o estabelecimento de uma área adequada para realização da pesquisa. A área de estudo compreende sete quadras localizada no município de Itatim, estado da Bahia. Itatim situa-se na Mesorregião do Centro Norte Baiano, Microrregião de Feira de Santana e a aproximadamente 210 km da capital baiana (IBGE). De acordo com o último censo populacional de 2010, Itatim possui uma população de 14.522 habitantes, a estimativa populacional em 2016 é de 14.895 habitantes; possui uma área territorial de 583,446 km<sup>2</sup>, com densidade demográfica de 24,9 habitantes por km<sup>2</sup>. A maior fonte de renda do município é a atividade de serviços.

A cidade de Itatim foi escolhida como área de estudo por ser um município de pequeno porte e por já existir o desenvolvimento de atividades na área de Cadastro Territorial por professores e alunos do Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal da Bahia – UFBA.

Figura 2. Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pela Autora

### 2.3.2. Planejamento dos Pontos de controle

Como a área de estudo dessa pesquisa situa-se a 210 km da capital baiana, foi necessário a realização do estudo prévio da área a ser sobrevoada, que foi realizado remotamente. Para tal utilizou-se as bases de dados do Google Maps e do OpenStreetMap, com o intuito de otimizar os processos em campo, verificar a existência de torres de comunicação e áreas de vegetação fechada. A partir das bases disponíveis na internet foi possível realizar o planejamento dos pontos pré sinalizados e dos demais pontos a serem usados no controle de qualidade, de forma que os pontos coletados ficassem bem distribuídos na área sobrevoada, possibilitando um melhor ajuste da imagem gerada. As bases também foram usadas para o levantamento prévio das toponímias.

Figura 3. Quadras sobrevoadas



Fonte: Google Earth

### 2.3.3. Elaboração do plano de vôo

O plano de vôo foi realizado utilizando o software Pix4D. O software foi escolhido por ser gratuito, de fácil instalação e entendimento. Foram realizados três planos de vôo, uma vez que não seria possível sobrevoar a área de estudo em um único vôo. Para cada plano de vôo foi determinada uma altura de 60 m, uma vez que existia uma torre de comunicação próximo a área com uma altura aproximada de 50m, e sobreposição de 80% de forma a garantir uma quantidade de pontos homólogos entre as imagens e reduzir as distorções provocadas pela projeção da câmera. Para o recobrimento da área foi necessário dois vôos distintos, os planos foram feitos com as linhas de vôo na mesma direção e com uma sobreposição de 80% entre os planos.

### 2.3.4. Implantação dos pontos de controle

O objetivo dessa pesquisa foi de desenvolver uma base cartográfica para fins cadastrais de municípios de pequeno porte, para tal fez-se necessário a obtenção de pontos de controle com GPS topográfico para ajuste da imagem gerada pelo drone.

Um dos componentes que compõem o drone é um GPS de navegação, possibilitando que cada imagem registrada no terreno possua sua localização em um sistema de coordenadas. Porém o GPS acoplado no equipamento é de navegação, o que acarreta em uma baixa precisão para trabalhos com finalidade de mapeamento cartográfico e para uso no cadastro territorial. Os erros advindos do GPS de navegação podem variar em torno de 5 a 10 metros, significando que uma feição coletada com um receptor GPS de navegação pode ter sua posição variando em um raio de 5 a 10 m, inviabilizando o uso das imagens obtidas para fins de cadastro, uma vez que uma base cartográfica para fins cadastrais deve ter um certo rigor na qualidade posicional, de forma a não comprometer a identificação da parcela territorial. Para melhorar a precisão dessas imagens tem-se como alternativa a coleta de pontos de controle com GPS geodésico.

Para os pontos pré-sinalizados no terreno utilizou-se marcadores de lona de 30x30 cm com fundo branca e alvo em preto. Todos os pontos foram escolhidos no meio fio de forma que pudessem ser facilmente identificáveis na imagem (figura 4).

Figura 4. Distribuição dos pontos de controle levantados

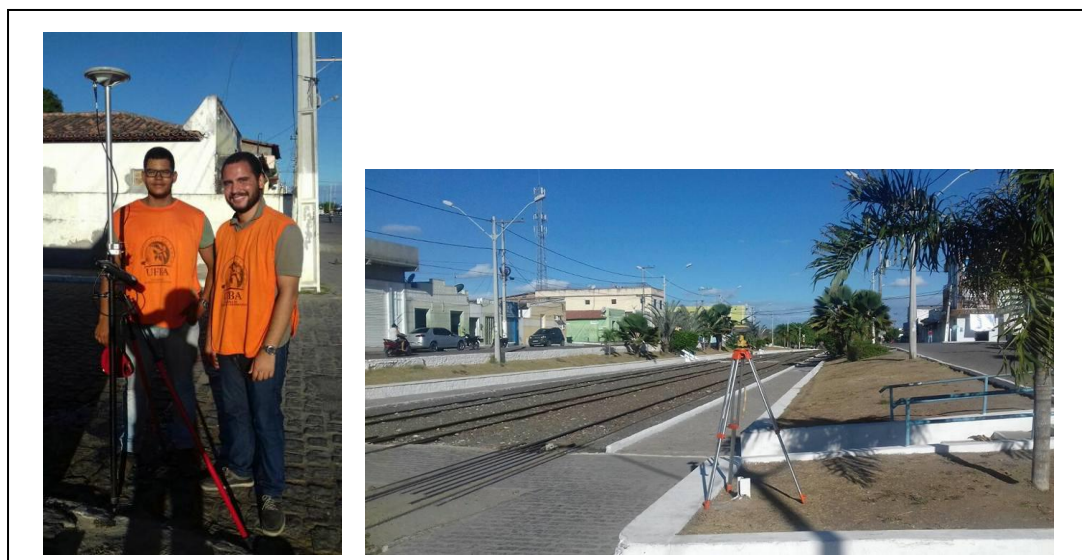


Fonte: Google Maps

### 2.3.5. Aquisição dos dados GPS e imagens digitais

Para essa pesquisa foi necessário a instalação de um ponto base para a posterior correção das coordenadas dos pontos de controle. A base foi instalada a uma distância aproximada de 600 metros da área levantada e rastreou dados por 12 horas ininterruptas (figura 5). Os pontos de controle foram coletados com um levantamento estático rápido, com um tempo de rastreamento de 5 minutos em cada ponto (figura 5). O tempo de rastreamento foi considerado adequado uma vez que a base estava próximo da área levantada, a área de estudo não é muito grande e levantou-se uma quantidade de pontos significativas em toda a região.

Figura 5. Imagem da base e de um ponto de controle



Fonte: Foto tirada pela autora

### 2.3.6. Processamento dos dados

A primeira etapa consistiu em realizar o processamento da base GPS e realizar a processamento dos pontos de controle, realizada no software Software Topcon Tools. Em seguida realizou-se a transformação das coordenadas geográficas em coordenadas projetadas, para posteriormente utilizar no controle de qualidade das bases geradas.

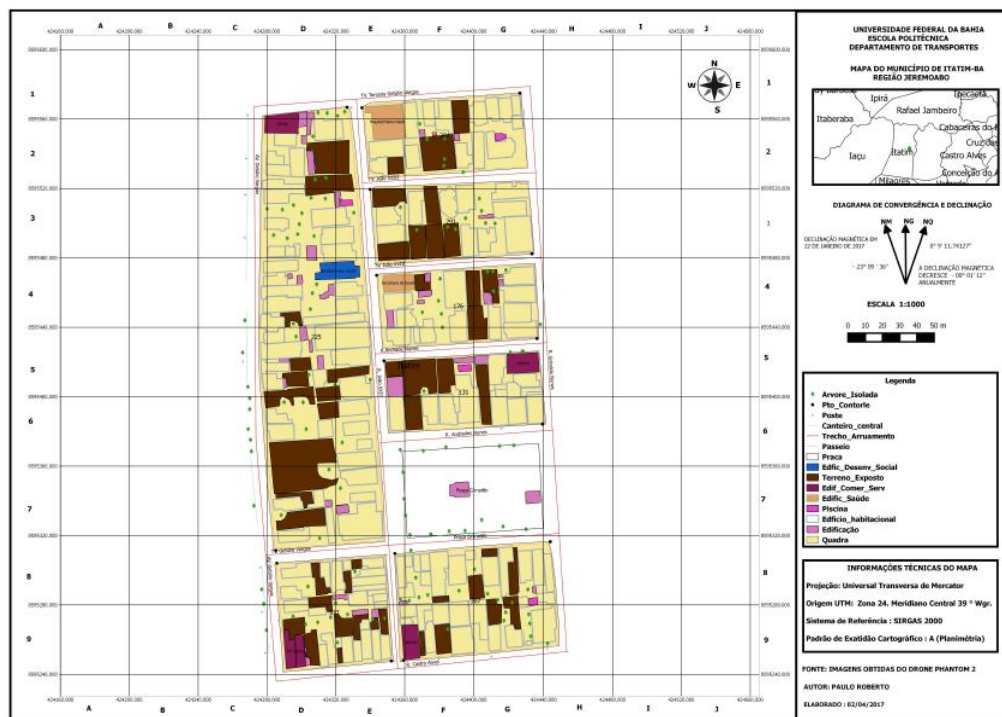
As imagens foram processadas no software Angisoft PhotoScan, na versão experimental. O processamento é realizado automaticamente pelo software, onde ele utiliza a técnica Structure From Motion - SFM para representar elementos 2D em 3D a partir de um conjunto de fotografias retiradas em diferentes pontos de vistas. As etapas realizadas pelo software desde a entrada das imagens até a geração da ortofoto são: alinhamento das imagens, otimização do alinhamento, construção de uma nuvem densa de pontos, construção de um modelo poligonal de interpolação (*poligonal mesh model*), edição da geometria, construção de modelo digital de elevação, texturização e ortomosaico. Os pontos de controle foram inseridos no processamento, logo após o alinhamento das imagens, para melhorar o georreferenciamento do bloco de fotos, melhorando com isso a qualidade da ortofoto.

### 2.3.7. Vetorização e layout

Após a geração da ortofoto, a mesma foi salva em formato TIFF e carregada no QGIS 2.14, onde iniciou-se o processo de aquisição das feições da imagem. A aquisição das feições e a criação das tabelas de atributos foram realizadas com base na especificações técnicas disponibilizadas pela DSG, que são: ET-EDGV defesa F Ter e ET-ADGV Defesa FT 2015, que prevê a produção de cartas na escala 1:1000. Essas especificações técnicas ainda não passaram pela aprovação na CONCAR inviabilizando o seu uso em uma cartografia oficial.

Para aquisição das feições e elaboração do banco de dados pode-se usar o plugin DSG Tools (plugin de ferramenta de produção cartográfica do exercito), o que proporciona otimização do processo e uma homogeneidade nos produtos gerados para essas escalas. A simbologia e o layout da carta foram feitos no QGIS conforme folha modelo desenvolvida pela DSG.

Figura 6. Carta Cadastral produzida de parte da área urbana de Itatim-BA



Fonte: Elaborado pela Autora

### 2.3.8. Controle de qualidade

Todos os produtos cartográficos gerados no Brasil devem ter a sua qualidade avaliada, e isso é feito, nos dias de hoje, pela Norma de Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG), anteriormente conhecido como Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC. O PEC foi regulamentado no Decreto Nº 89.817 de 20 de Junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira através de procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de documentos cartográficos no território brasileiro. O Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão - PEC. O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará

60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica. As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C.

Seguindo as exigências de avaliação de produtos cartográficos nacional foi realizado o controle de qualidade da base gerada a partir das imagens do drone. Para o controle de qualidade foram utilizadas 15 coordenadas coletadas com GPS geodésico (figura 7).

Figura 6. Coordenadas dos pontos de referência para o controle de qualidade

Coordenadas coletadas- Referência		Coordenadas da Planta	
E(m)	N(m)	E(m)	N(m)
424335,098	8595566,476	424335,86	8595567,030
424426,879	8595574,950	424426,439	8595574,539
424339,876	8595519,448	424340,850	8595519,960
424433,164	8595482,355	424433,860	8595483,290
424343,644	8595469,967	424344,180	8595470,230
424436,116	8595433,463	424436,830	8595433,890
424347,947	8595420,681	424348,580	8595420,830
424439,335	8595384,203	424439,945	8595384,470
424354,243	8595309,631	424353,911	8595309,376
424443,895	8595316,471	424443,209	8595316,528
424359,210	8595248,018	424358,130	8595248,390
424352,184	8595247,666	424352,380	8595247,411
424285,661	8595304,061	424285,077	8595303,379
424285,069	8595311,358	424284,602	8595311,769
424326,493	8595566,798	424326,774	8595566,817

Tabela 1

Tabela 2

Fonte: Elaborado pela Autora

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo dessa pesquisa foi de avaliar a potencialidade do uso de imagens de drone para a geração de uma base cadastral para municípios de pequeno porte, uma vez que mais de 60% dos municípios brasileiros não dispõem de uma cartografia de base e os municípios ainda realizam o cadastro em formulários em papel sem nenhum tipo de representação cartográfica.

Aqueles municípios que possuem até 20.000 habitantes não dispõem de recursos para a realização de um mapeamento convencional, contando apenas com plantas de fachada, muitas vezes sem um sistema de referência, e croquis das edificações levantadas in loco. Hoje com os veículos aéreos não tripuláveis torna-se possível o mapeamento de pequenos municípios, reduzindo os impactos da ausência de uma cartografia convencional.

A metodologia dessa pesquisa foi desenvolvida seguindo o princípio de um levantamento cartográfico convencional e com isso conseguiu demonstrar uma alternativa de mapeamento desses municípios de pequeno porte. A base cartográfica elaborada a partir das imagens drone mostrou-se adequada para o levantamento de feições importantes para a gestão municipal, tais como: vias, meio fio, lotes, área construída, postes, torres de comunicação, praças e árvores. As dificuldades encontradas para o mapeamento da parcela territorial são os mesmos encontrados no mapeamento convencional, uma vez que para isso é necessário a informação do registro de imóveis. Dessa forma os gestores municipais podem utilizar essa base de dados de baixo custo para realizar a gestão do seu território.

Assim como na cartografia convencional avaliou-se a qualidade da carta gerada a partir do controle de qualidade, onde ao fim do processo obteve-se um PEC Classe A para a carta na escala 1:5000 e PEC Classe C para a carta na escala 1:2000. Isso significa dizer que o erro

padrão na escala 1:2000 é de 1m, podendo ser usada como base para algumas atividades da gestão municipal. Esse resultado pode ser consequência das correntes de vento provocando o arraste da aeronave durante todo o voo, outro fator que pode ter também contribuído foi a presença de uma antena de rádio, provocando interferência na comunicação entre o drone e o rádio controle.

#### 4 CONCLUSÕES

Essa pesquisa desenvolvida tenta demonstrar as potencialidades do uso de drone para mapeamento de municípios de pequeno porte. A metodologia desenvolvida e os resultados alcançados servem como base para o desenvolvimento de trabalhos futuros na área de mapeamento cartográfico de baixo custo em municípios de pequeno porte. Os resultados mostram uma grande potencialidade no uso desses equipamentos para ajudar a gestão municipal, principalmente quando se faz um comparativo em termos de valores e tempo de realização de um mapeamento cartográfico convencional e um mapeamento realizado com esse tipo de aeronave. Com o uso de imagens de drone, confecção da base cartográfica em um software gratuito, como o QGis o administrador pode dispor de poucos recursos para ter ferramentas que o auxiliem na tomada de decisão.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei Federal nº 10.257. 10 de jul. de 2001.** Regulamenta os Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

ERBA, D. A. et al. **Cadastro Multifinalitário como instrumento da política fiscal e urbana.** Rio de Janeiro, 2005. Disponível em:

[http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/libagr/index/assoc/HASHe961.dir/doc.pdf/](http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/libagr/index/assoc/HASHe961.dir/doc.pdf)  
Acesso em: 30 de outubro de 2016.

GEOPORTAL DO EXÉRCITO BRASILEIRO. ET-EDGV Força Terrestre 2016, 2ª edição, 1ª Parte. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php/inde2?id=139/> Acesso em: 16 de janeiro de 2017.

GEOPORTAL DO EXÉRCITO BRASILEIRO. ET-ADGV Força Terrestre 2016, 2ª edição. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php/inde2?id=139/> Acesso em: 16 de janeiro de 2017.

IBGE. Portal do IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acessado em 10 de janeiro de 2017

## A IMPORTÂNCIA DO CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO NA GESTÃO E NO PLANEJAMENTO URBANO

Lorayne Costa Pessoa  
Engenheira Cartógrafa e Agrimensora  
lo-pessoa@hotmail.com

Antônio Aderson dos Reis Filho  
Engenheiro Agrimensor e Doutor em Geografia  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
areis@ufpi.edu.br

João Vítor Vieira Rocha  
Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
rocha.joao@outlook.com

**Resumo** - O presente estudo buscou desenvolver sobre a importância do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) na gestão e planejamento urbano. Haja vista que grande parte dos municípios brasileiros, principalmente pequenos e médios, tem compartilhado uma realidade comum: a falta de uma base cadastral integrada, informatizada e atualizada, que permita aos gestores públicos o acesso a informação de maneira rápida e simples, auxiliando assim a obtenção de dados, que por sua vez, capacitam o reconhecimento e o levantamento do território, ofertando o embasamento necessário para concepção de políticas públicas com intuito de planejamento urbano. Foi, no entanto, por meio da Lei 4.504 que dispõe sobre o Estatuto da Terra, que se obteve grande ênfase ao cadastro, o qual adequava as propriedades rurais, sendo, dessa forma, um momento crucial para a importância de um cadastro que viesse ao encontro do controle e organização por parte do governo. Nesse sentido a metodologia adotada visa comprovar o papel de destaque que assumem as ferramentas tecnológicas, principalmente o Sistema de Informações Geográficas – SIG, como instrumentos que auxiliam os gestores públicos a analisar, planejar e aplicar recursos de forma eficiente em prol da melhoria da qualidade de vida da população local por meio do Cadastro Multifinalitário. Portanto utilizou-se uma pesquisa bibliográfica com método descritivo de natureza qualitativa descritiva que tem no CTM o ponto base para análise e desenvolvimento do mesmo.

**Palavras-chave:** CTM. Registro imobiliário. Gestão territorial. Urbanismo.

**Abstract** - The present study sought to develop on the importance of the Multifinal Land Registry (MLC) in urban planning and management. Most Brazilian municipalities, especially small and medium-sized ones, have shared a common reality: the lack of an integrated, computerized and updated cadastre database that allows public managers to access information in a fast and simple way, thus helping Obtaining data, which, in turn, enable the recognition and survey of the territory, offering the necessary basis for the conception of public policies with the purpose of urban planning. It was, however, through Law 4.504, which provides for the Land Statute, that a great emphasis was placed on cadastre, which suited rural properties, being, therefore, a crucial moment for the importance of a cadastre that came to the Control and organization by the government. In this sense, the adopted methodology aims to prove the prominent role played by the technological tools, especially the Geographic Information System - GIS, as tools that help public managers analyze, plan and apply resources in an efficient way in order to improve the quality of Life of the local population through the Multifinal Register. For this purpose a bibliographic research was used with a descriptive method of qualitative descriptive nature that has in the CTM the base point for its analysis and development.

**Key-words:** CTM. Real estate registration. Territorial management. Urbanism.

### 1 INTRODUÇÃO

A maioria dos municípios brasileiros, principalmente de pequeno porte, compartilha de uma realidade comum, a falta de cadastros territoriais e mapeamentos com bases atualizadas e confiáveis. Grande parte dos cadastros realizados nesses municípios possui características



específicas, o que dificulta a formalização e a implantação de um cadastro com características multifinalitárias, moderno, unificado e padronizado, já que, de acordo com Argenta (2007), podemos perceber que dados econômicos, físicos, jurídicos, ambientais e sociais são reunidos no CTM, a cada parcela, que se caracteriza por ser o tamanho mínimo do cadastro.

Contudo, o interesse nessa área não é um fenômeno recente e ao longo do tempo, com o desenvolvimento da civilização humana, aumentou-se a necessidade tanto por parte do estado quanto do proprietário particular de conhecer e controlar o território que ocupa, seus atributos e seus recursos, quer seja com intuitos tributários e fiscais ou para assegurar o uso e a posse sobre o mesmo. Um grande número de prefeituras vem nos últimos anos convivendo com as fragilidades de sistemas cadastrais que foram concebidos há algumas décadas, na qual a população do município e o número de imóveis eram, provavelmente, muito inferiores aos números atuais (SILVA et al., 2002).

É necessário então priorizar o planejamento voltado à gestão territorial, equalizando de maneira positiva os interesses econômicos e políticos face às necessidades sociais. Diante disso, o CTM tem se apresentado como um instrumento de vanguarda para este fim, considerando que ele congrega uma série de informações significativamente importantes sobre o parcelamento e uso do solo, áreas de expansão e preservação e serviços oferecidos à população como água, energia elétrica, localização de edifícios públicos como escolas, creches, postos de saúde, hospitais, etc. Além disso, fornece dados econômicos, sociais e ambientais que podem potencializar a atuação do planejamento territorial, além de ampliar a arrecadação e gerar novas receitas.

No entanto para se desenvolver e aplicar um sistema cadastral de grande amplitude, satisfatoriamente, é necessário que os dados sejam obtidos de forma segura e com grande precisão, preferivelmente fundamentados em um sistema geodésico de informações e uma base cartográfica atualizada, tornando a implantação de um sistema dessa proporção muito oneroso e fora da perspectiva da maioria dos municípios brasileiros, como é o caso de Teresina – PI, que mesmo sendo uma capital, não possui um CTM.

Neste sentido, procurou-se nortear alguns questionamentos: como alterar essa realidade? O que fazer para potencializar o planejamento urbano, a gerência dos recursos e ampliar receitas, beneficiando à população? Quais ferramentas, instrumentos e/ou procedimentos podem facilitar e viabilizar este processo de maneira eficaz, haja vista que tal proposição torna-se praticamente inexecutável se não houver acesso a uma base cadastral, informacional confiável, atualizada sistematicamente e de fácil controle? Posto isto, a escolha da referida temática justifica-se face à necessidade de se aplicar recursos na criação e aplicação de novas tecnologias voltadas a entender a dinâmica do espaço urbano, seu processo de expansão, parcelamento e uso, problemas econômicos, sociais e ambientais.

Sendo assim, o estabelecimento de um sistema de referência cartográfica municipal no qual o território passa a ser georreferenciado é de suma importância para a classificação dos elementos espaciais urbanos como praças, logradouros, quadras, lotes, etc., constituindo-se de uma ação que potencializa o ordenamento territorial e elenca elementos facilitadores da aplicação e ampliação de uma política fiscal mais justa. Podendo ainda seu uso ser ampliado para áreas como saúde, segurança e educação, e deste modo fortalecê-lo, tornando assim mais completo e dinâmico o sistema cadastral municipal.

## **2 METODOLOGIA**

A metodologia adotada para o trabalho em evidência baseia-se em revisões bibliográficas, que segundo Gil (1991), é constituída quando elaborada a partir de material já publicado, formado principalmente de livros, artigos de periódicos e/ou com material disponibilizado na internet.

Para que possamos começar a entender o Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM é necessário conhecer suas origens, alguns dos seus conceitos e suas principais funções. Desse modo, Mariani (2008) apresenta uma primeira noção para o termo cadastro, na qual afirma que não é possível assegurar ao certo a origem da palavra cadastro, porém alguns estudiosos descrevem que tal origem poderia ser do grego *katastizô*, que significa “distinguir por pontos”.

Ao longo do tempo diversos tipos de registros de terras, cadastros imobiliários e fiscais têm sido usados de maneira específica no mundo inteiro, com intuito de reconhecer e identificar o território e seus respectivos proprietários. Entretanto, apenas com o surgimento do conceito de Cadastro Técnico Municipal, no início da década de 70 do século passado, é que o conceito de Cadastro Fiscal, que predominava na administração pública, voltado apenas para a cobrança de impostos, foi ampliado.

Assim, faz-se necessário elencar os elementos básicos que facilitarão exercer suas múltiplas funções e alcançar os objetivos propostos. Além disso, é também fundamental que estas funções e objetivos sejam claros e bem definidos. Nesse sentido, Fornari (2011) menciona, de forma sintética, alguns objetivos e funções do Cadastro Multifinalitário: coletar, armazenar e manter atualizadas informações descritivas do espaço urbano; implantar e manter atualizado o sistema cartográfico; fornecer dados físicos para o planejamento urbano, dados estes que estão referenciados ao sistema cartográfico respeitando o nível de detalhamento da escala da carta; fazer com que o sistema cartográfico e o descritivo gerem as informações necessárias à execução de planos de desenvolvimento integrado da área urbana; tornar as transações imobiliárias mais confiáveis, através da definição precisa da propriedade; facilitar o acesso aos dados gerados pelo cadastro a todos os usuários que necessitem de suas informações.

### **3 CTM: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E TEÓRICA-CONCEITUAL**

Conhecer e controlar o território, bem como seus recursos, determinando assim o uso que melhor possa atender aos interesses de seus proprietários e gestores, é uma necessidade antiga, porém comum as mais diversas civilizações do mundo. Segundo Antunes; Brandalize (2009), os registros mais primitivos encontrados a respeito de um plano cadastral são da cidade de Catal Hyük, de aproximadamente 6.200 a.C., que foram descobertos em um sítio arqueológico ao sul de Ankar, na região de Anatólia na Turquia.

Ao longo do tempo diversas civilizações foram desenvolvendo diferentes estratégias e técnicas para levantar e cadastrar informações referentes ao território e seus múltiplos usos, como por exemplo os egípcios, que por volta de 1295 a.C. desenvolveram uma espécie de inventário descritivo do território, com a finalidade de auxiliar a cobrança de impostos pelos faraós e sacerdotes sobre o uso da terra e o Império Romano que fazia o mapeamento de todo território através de medições e classificações com intuito de melhorar a tributação dos imóveis (ANTUNES; BRANDALIZE, 2009).

Houve ainda muitas outras experiências cadastrais que foram sendo modernizadas principalmente na Europa, ressaltando que em 1808, Napoleão decretou a realização de um levantamento cadastral de todo o território francês, caracterizando o marco principal do cadastro moderno. (LIMA, 1999, apud AMORIM, 2006). Assim, após o período napoleônico, de acordo com Philips (1996), a busca pela modernização dos métodos de levantamento territoriais e o aperfeiçoamento dos registros cadastrais foram ampliados pelas administrações europeias objetivando criar um sistema geodésico interno único de coordenadas.

Conforme Ulkowski (2008), as origens do cadastro no Brasil coincidem com o início da colonização brasileira, com a implantação, em 1536 pelo rei de Portugal Dom João III, do sistema de capitanias hereditárias, pois foram feitos os primeiros registros de terras concernentes à doações denominadas sesmarias. A partir 1850, com a criação da Lei n° 601, a

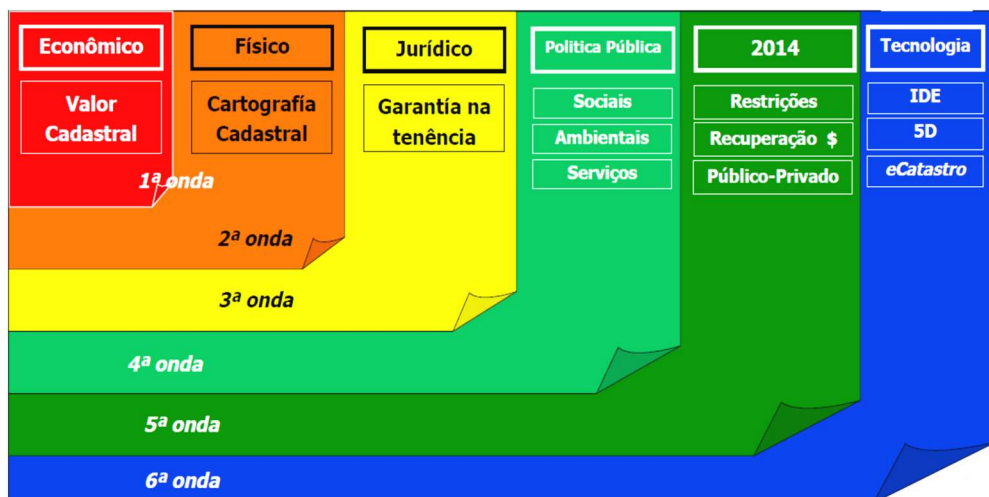
primeira lei brasileira de terras, que tinha o intuito de discriminar os bens públicos e privados é que se consolida a preocupação com os registros de terras públicas.

Porém foi em 1964, com a promulgação Lei 4.504, quando foi criado o Estatuto da Terra, o qual adéqua as propriedades rurais, que o cadastro ganhou destaque. Em 09 de julho de 1970 foi constituído o Instituto Nacional de Reforma Agrária – INCRA, que tem como objetivo o cumprimento e controle das propriedades rurais de todo o país. A lei do cadastro rural de terras foi promulgada, em 1972, e dois anos depois é criado o Instituto de Registro Público de Imóveis Brasileiros (IRIB), resultado do I Encontro dos Oficiais de Registro de Imóveis do Brasil, que passou a dar ênfase às medições, preocupados com a necessidade de infligir maior credibilidade e consistência aos títulos (LOCH, 2007).

De maneira geral, apesar da grande extensão territorial brasileira, foram desenvolvidas várias políticas públicas na tentativa de tornar efetivos o controle e a gestão sobre as áreas rurais, através da criação de instrumentos técnicos e jurídicos, o que não ocorreu na mesma proporção com as áreas urbanas (LOCH, 2007).

Conforme Erba (2005), a arrecadação de impostos imobiliários e territoriais se caracteriza como a primeira onda do CTM. Já a segunda é a união das informações adquiridas pela prefeitura com as do cartório, onde os dois órgãos poderão usá-las em se tratando de registro dos imóveis, assim como regularizando e atualizando os dados recebidos pelos cidadãos. A evolução do conceito de cadastro e suas aplicações refere-se à terceira onda e a quarta e quinta, aos avanços da tecnologia, ou seja, através dos meios digitais e SIG – Sistema Global de Informação, como mostra a Figura 1. Portanto, é relevante destacar que a sequência a ser adotada é essencial para seu desempenho, uma vez que saltar alguma dessas etapas prejudicará o acesso às informações futuramente.

Figura 1. Quadro de evolução do cadastro



Fonte: Adaptado de Erba, 2005

Nessa perspectiva, o cadastramento da parcela como identificador único tem sua importância relacionada a padronização de informações, no qual ficará disponível a distribuição de dados. Assim, na visão de Philips (1996), o CTM constitui-se de um sistema de banco de dados distribuídos ou de suplementos multifinalitários, agregando o cadastro básico de bens imobiliários que é o núcleo da base cadastral, base esta que é composta de: carta de cadastro imobiliário; base métrica; registros de parcela; proprietários e direitos; registro de edificações; dados gráficos para documentação de obras de empresas públicas; dados sobre o planejamento

urbano; projetos de loteamentos, municipais ou privados e dados geométricos dos projetos de engenharia.

#### 4 A IMPORTÂNCIA DO CTM E SUAS GEOTECNOLOGIAS ASSOCIADAS

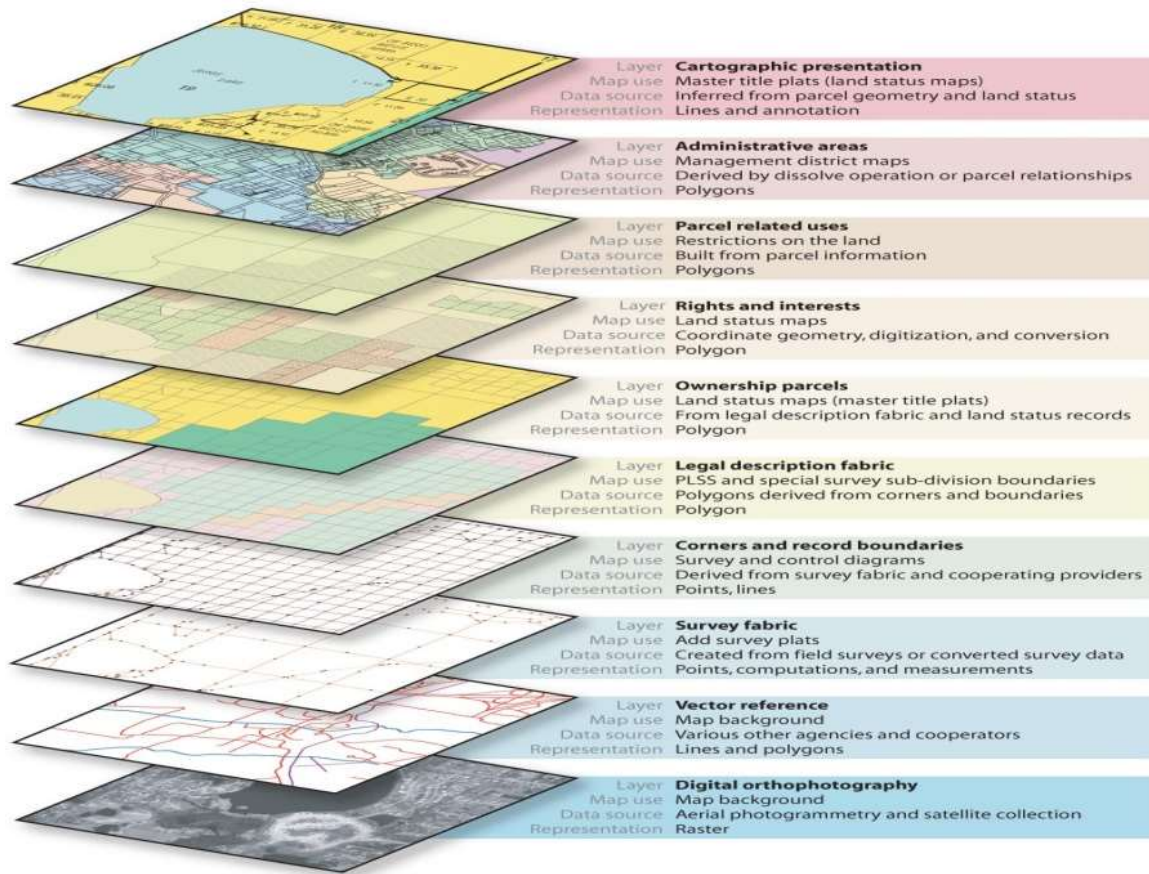
O desenvolvimento das chamadas geotecnologias ou técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto facilitou a obtenção e sistematização de informações mais precisas a respeito da superfície terrestre, entre elas o acesso aos dados de localização, área, distância, altitude, forma e configuração espacial de um determinado local, objeto ou fenômeno como bairros, logradouros, prédios públicos, entre outros. Essas mesmas geotecnologias contribuem consideravelmente para o ordenamento territorial, o gerenciamento, o controle do parcelamento, o uso e a ocupação do solo urbano municipal (SILVA, 2012).

O sensoriamento remoto tem se desenvolvido como ferramenta de fundamental importância para a obtenção de dados, análise e acompanhamento das alterações do espaço territorial em diversas escalas. De maneira geral, o sensoriamento remoto pode ser definido como uma metodologia empregada para estudar características de objetos usando dados obtidos de um ponto de observação remoto. Em um contexto mais específico, é a extração de informações da superfície terrestre a partir de imagens obtidas de vários tipos de sensores transportados em aeronaves e satélites (SOUZA, 2001). Entre os equipamentos mais conhecidos e utilizados estão os balões meteorológicos e os satélites. Tais atributos desse tipo de sensoriamento tornam-se importantes para análise do espaço urbano e do território, levando em consideração que estas informações são objeto de interesse da gestão e do planejamento territorial.

Segundo Mônico (2008), o sistema global de navegação por satélite (GNSS) engloba os programas NAVSTAR-GPS (*Global Positioning System*), GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*), Beidou/Compass e Galileo (não operacional), responsáveis por determinar as coordenadas espaciais de qualquer ponto da terra através da transmissão de informações dos satélites para os receptores. Devido alta acurácia fornecida pelo sistema e dos constantes avanços tecnológicos nos seus equipamentos, surgiu uma crescente demanda da comunidade civil nas mais diversas esferas, dentre elas destaca-se o abastecimento do bando de dados do cadastro multifinalitários. Estas tecnologias aliadas ao sensoriamento remoto, e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) potencializam a geração de informações e ferramentas que possam auxiliar a gestão territorial tornando-a cada vez mais eficiente.

Os SIGs são sistemas informatizados que integram cartografia digital, imagens de satélite, ortofotocartas digitais com tabelas, planilhas e outras bases de dados relacionados a elementos cadastrais. Tal tecnologia agrega o uso de banco de dados alfanuméricos aliado às diversas técnicas de imageamento e mapeamento do território, facilitando assim o acesso a informações relevantes. Para gerenciar o grande volume de dados gerados a partir destes elementos que compõem o CTM, classificados em várias camadas de informação (Figura 2), entre elas imagens, vetores e elementos geográficos além de tabelas alfanuméricas vinculadas, de maneira ágil, é indispensável a utilização de um Sistema de Informações Geográficas. A relação de afinidade entre SIG e CTM, de acordo com Garcia (2007), é clara e chega a se confundir devido o desempenho de um ser diretamente ligado ao outro, ou seja, quanto mais eficiente e atualizado o cadastro for, mais fortalecera as bases de funcionamento do SIG.

Figura 2. Camadas de informações gerenciadas por um SIG



Fonte: (<http://www.esri.com/news/arcnews/winter0304articles/nils-data-model.html>)

É comum que a primeira atividade desenvolvida no processo de estruturação do CTM esteja baseada no mapeamento das parcelas cadastrais e na atualização das informações referentes aos dados físicos, socioeconômicos, jurídicos e ambientais do território, considerando que esses recursos assumem grande importância para o acompanhamento das mudanças sofridas pelas áreas urbanas ao longo do tempo.

Assim, é de suma importância que haja a integração entre as informações do registro imobiliário e do cadastro, baseados em um sistema de referência único, o qual facilitaria a localização de cada unidade e tornaria mais confiável esse processo. Isso se deve ao fato de tais dados proporcionarem uma melhora na descrição da propriedade, bem como na precisão dos limites do imóvel, evitando a superposição de áreas. Para isso, o CTM deve estar fundamentado em um sistema geodésico único (LOCH, 2007). Contudo, o cadastramento do território só será considerado integral a partir do momento em que a superfície do espaço físico municipal for idêntica à superfície levantada e mapeada pelo cadastro.

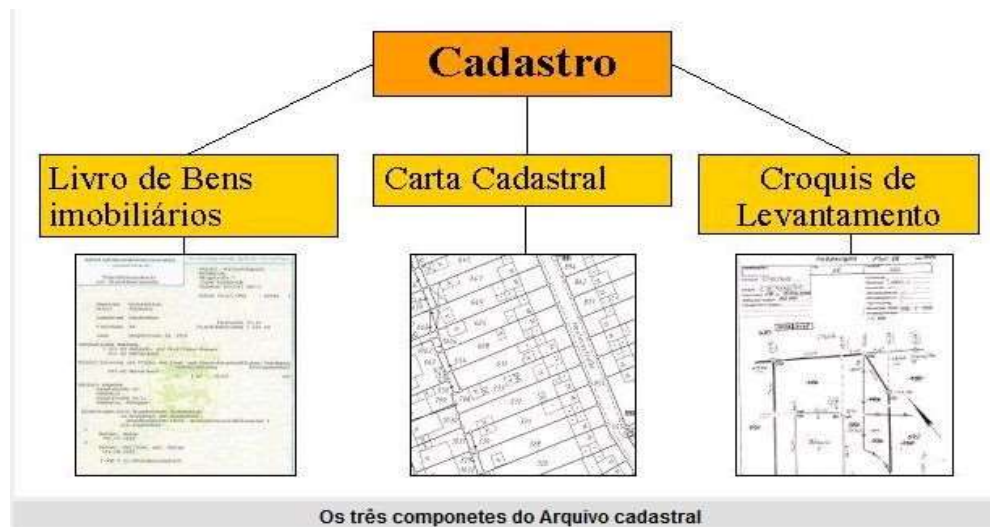
#### 4.1 Essencialidade da cartografia no CTM

Devido à grande complexidade em se representar o território, suas relações e as transformações que nele ocorrem, a cartografia tem assumido papel de destaque, principalmente a temática, aliada ao avanço da informática enquanto instrumento de apoio aos processos de

análise e síntese de informações por meio do geoprocessamento. Isso se deve ao fato da cartografia temática poder representar temas diferentes com ou sem expressão física no espaço, como ideias abstratas por meio de mapas (áreas de influência de cidades, densidade populacional, produtividade de uma cultura, etc.) (CARVALHO, 2007).

Assim, a representação da cartografia cadastral se dá através da utilização de um modelo que possa congrega numa mesma base os diversos atributos da parcela, quer sejam físicos ou jurídicos, como os limites legais da propriedade, o registro de imóveis, o croqui de levantamento e o memorial descritivo, resultando dessa metodologia a planta cadastral ou carta cadastral (PELEGRINA; VALMORBIDA, 2010). A Figura 3 mostra a relação entre estes componentes.

Figura 3. Componentes do arquivo cadastral



Fonte: (PHILIPS, 2003)

#### 4.2 O CTM e a democratização do acesso às informações urbanas

A inovação tecnológica oriunda do CTM permite aos gestores públicos potencializar as ações institucionais, minimizando custos e maximizando resultados. Contudo, tais características inovadoras não podem se restringir apenas a utilização dos órgãos públicos, é preciso garantir o acesso a estas informações por parte dos diversos segmentos da sociedade de forma fácil, simples e segura.

Conforme Saboya (2010), a democratização de fato dos processos que se referem às políticas públicas só ocorrerá havendo igualdade de oportunidade na geração de conhecimento sobre o sistema urbano, pois deste modo os setores da sociedade teriam, de forma integral, oportunidades equivalentes nos momentos de negociação. Posto isto, se faz necessário avaliar a melhor forma de viabilizar esta ação e quais instrumentos poderão ser utilizados nesse processo, haja vista que nem todas as informações podem ser disponibilizadas de maneira aberta, como é o caso de informações pessoais, fiscais ou tributárias.

Todavia, com o desenvolvimento e ampliação das redes de computadores, um grande potencial surgiu no que se refere a publicidade de dados cadastrais (SABOYA, 2010). Assim, este acesso de forma ampla e qualificada permite aos diversos atores e segmentos da sociedade uma maior participação e controle no desenvolvimento de políticas e atividades que envolvem o bem-estar comum.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, após o estudo realizado pelo presente artigo, evidencia-se que o Cadastro Territorial Multifinalitário traz consigo uma série de benefícios, a partir de informações concretas e atualizadas, para o município que opte pela sua utilização, dentre os quais podemos ressaltar: o aumento da arrecadação, maior equidade fiscal e tributária, controle sobre o uso do solo, avaliação de indicadores educacionais, de saúde ou socioeconômicos e a melhoria na organização do espaço e desenvolvimento de políticas mais eficientes. Entretanto, ao passo em que se constatou este forte indício de progresso, percebeu-se também as dificuldades e os desafios da aplicação do CTM e ainda, que a realidade da grande maioria dos municípios brasileiros está distante da sua implementação.

Para que haja um trabalho cadastral de qualidade, é preciso que os pesquisadores e responsáveis envolvidos conheçam o que é um cadastro técnico, não bastando a compreensão superficial do mesmo, mas sim aprofundando-se especificamente sobre o assunto. A partir deste conhecimento, é preciso compreender também, em que contexto este cadastro será inserido. Para tal fim, é importante conhecer a realidade da cidade na qual pretende-se aplicá-lo, e antes disso, entender historicamente de que maneira essa conjuntura atual da cidade se formou.

Defronte deste contraste, a pesquisa em questão buscou desenvolver uma metodologia voltada para o apoio ao Cadastro Territorial Multifinalitário, na tentativa que seja verificado que as vantagens e as ampliações acarretadas da utilização do mesmo possuem valores e significados que sobrepujam todas as dificuldades associadas.

Prova disso, por exemplo, é que o uso da cartografia em atividades de cadastro territorial torna-se relevante, principalmente por permitir de forma rápida, eficiente e a custos baixos resultados satisfatórios de organização e espacialidade. Ademais, vale salientar que o desenvolvimento atual do conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação geográfica, nunca esteve tão avançado e com amplas expectativas de expansão em um futuro próximo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, A. F. B.; BRANDALIZE, M. C. B. **Cadastro Técnico e Planejamento Urbano**, UFPR – 2009.

AMORIM, A.; SOUZA, G. H. B. de.; TAMAMARU, R. C. A.; DALAQUA, R. R. - **A Modernização do Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano e a Influência da Evolução Tecnológica: uma Reflexão sobre o Futuro e a Multidisciplinaridade do Cadastro** - COBRAC 2006. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário · UFSC Florianópolis · 2006

ARGENTA, A; POSTIGLIONE, G. S; OLIVEIRA, F. H. **A importância do cadastro urbano para fins de planejamento urbano - experiência em Florianópolis/Brasil e Santa Fé/Argentina**. Tese apresentada a Centro de Ciências Humanas e da Educação – FAED. Florianópolis – SC, 2007.

CARVALHO, G. **Os princípios da Cartografia Temática e o papel do geoprocessamento em sua construção**. Departamento de Geografia – UFMG – Belo Horizonte, 2007.

ERBA, D.O. A. et al. **Cadastro Multifinalitário como instrumento da política fiscal e urbana** – Rio de Janeiro, 144 p. 2005.

FORNARI, M. **Diagnóstico para o Sistema de Tributação Imobiliária Urbana** [dissertação] / Michele Fornari; orientadora, Lia Caetano Bastos – Florianópolis, SC, 2011.

GARCIA, R. C. **O que é preciso saber sobre Cadastro Técnico Multifinalitário**. Brasília DF: Caixa Econômica Federal, 2007. Rio de Janeiro RJ: IBAM, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LIMA, O. P. **Proposta metodológica para o uso do Cadastro Técnico Multifinalitário na Avaliação de Impactos Ambientais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis - SC. p. 147. 1999.

LOCH, C. **A Realidade do Cadastro Técnico Multifinalitário no Brasil**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, p. 1281-1288. Florianópolis – SC. 2007.

MARIANI, L. **Cadastro Técnico Multifinalitário aplicado à geração distribuída de energia a partir de biomassa residual**. UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis – SC, 2008.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 477 p.

PELEGRINA, M. A.; VALMORBIDA L. **Diagnóstico da Cartografia aplicada ao Cadastro Fiscal** – Estudo de caso município de Cascavel – PR III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010p. 001 – 009.

PHILIPS, J. W. Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários. In: **Anais II congresso brasileiro de cadastro técnico multifinalitário** – COBRAC. Anais. Florianópolis, 13 a 17 out. 1996, p. II – 170.

SABOYA, R. T. **O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) no Planejamento Urbano**. 2010. Disponível em: <<http://urbanidades.arq.br/2010/10/cadastro-tecnico-multifinalitario/>>. Acesso em: 12 setembro de 2015.

SILVA, C. N. **O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) como Instrumento de Planejamento e Gestão Municipal**. Grupo Acadêmico Produção do Território e Meio Ambiente Faculdade de Geografia e Cartografia UFPA -COBRAC 2012.

SILVA, E. da; RAMOS, L. S.; LOCH, C.; OLIVEIRA R. de. **Considerações sobre a Implementação de um Cadastro Técnico Multifinalitário**. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO**, 5., 2002, Florianópolis. Anais. Florianópolis: UFSC, 2002.

SOUZA, G. C. **Análise de metodologias no levantamento de dados espaciais para o cadastro urbano**. USP, São Carlos – SP, 2001.

ULKOWSKI, F. P. **Cadastro Técnico Multifinalitário**. INCRA PR, Curitiba – PR, 2008.



## INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS, DIRETRIZES E PADRÕES

Tays de Sousa Moreira  
Engenheira Cartógrafa e Agrimensora  
Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras S.A.  
tays\_s.moreira@hotmail.com

Antônio Aderson dos Reis Filho  
Engenheiro Agrimensor e Doutor em Geografia  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
areis@ufpi.edu.br

Kalima Mendes Pitombeira  
Graduanda em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
kalimapitombeira@hotmail.com

**Resumo** - O presente trabalho se propõe a mostrar uma compreensão de como funciona uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE), as principais diretrizes, bem como os tipos de IDEs existentes, abordando os modelos de padrões e metadados mais utilizados para a produção e disponibilização de dados geoespaciais em uma plataforma acessível, visando a diminuição do gasto de verba aplicada repetidamente na obtenção de dados já existentes. Para esse fim, foi realizada uma análise mais aprofundada sobre o planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) brasileira, ressaltando as equipes técnicas responsáveis pela idealização do projeto, a disponibilização dos dados na plataforma INDE por meio do Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais, do Portal de Dados Geoespaciais e a arquitetura dos padrões de interoperabilidade do governo. Desse modo, a referente pesquisa foi elaborada com base no Decreto nº 6.666/08, o Plano de Ação e Implementação da INDE, e materiais disponíveis virtualmente. Por fim, concluiu-se que a implantação de uma IDE tende a agregar mais elementos para aumentar a interatividade entre o usuário e a informação geográfica, tornando-a acessível para todos os setores da sociedade.

**Palavras-chave:** IDE. INDE. Planejamento.

**Abstract** - This paper seeks to show an understanding of Spatial Data Infrastructure (SDI), its main guidelines as well as the types of SDIs, covering the types of standards and metadata more used to make those data available in an affordable platform to decrease the costs of repeatedly obtain data already existent. For this purpose, it was conducted deeper analysis on the planning of the Brazilian National Spatial Data Infrastructure (NSDI), highlighting the technical teams responsible for the idealization of the project, the availability of data on NSDI platform through the Brazilian Directory of Geospatial Data, the Geospatial Data Portal and the architecture of interoperability standards government. Thereby, this research was elaborated based on Decree No. 6,666 / 08, the Action Plan and Implementation of the NSDI and materials available virtually. Ultimately, it was concluded that the implementation of an SDI tends to add more elements to increase the interactivity between the user and geographic information, making it accessible to all sectors of society.

**Key-words:** SDI. NSDI. Planning.

### 1 INTRODUÇÃO

Com a crescente utilização de informações geoespaciais, produzidas de forma particular e desordenada impossibilitando, muitas vezes, a interoperabilidade dos dados, gerando conflitos de informação e levando em consideração os gastos excessivos com dados duplicados para fins particulares de cada produtor, notou-se a necessidade da adoção de padrões na geração e disponibilização dessas informações em uma plataforma comum, onde todos os produtores e

usuários teriam acesso aos dados já existentes com seus respectivos metadados da área de interesse, incentivando a criação de uma Infraestrutura de Dados Espaciais.

Este trabalho apresenta uma abordagem sobre os principais conceitos de uma Infraestrutura de Dados Espaciais afim de proporcionar uma compreensão maior sobre esse tema, apontando os benefícios na sua implantação e analisando como ocorreu o planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) no Brasil, utilizando o documento fornecido virtualmente pelo Conselho Nacional de Cartografia (CONCAR), o Plano de Ação e Implementação da INDE, bem como analisando o Decreto de nº 6.666 de 27 de novembro de 2008, ao qual fica instituída a INDE no Brasil.

Inicialmente, é abordada a organização e o compartilhamento de dados de forma geral, tratando dos conceitos básicos de uma Infraestrutura de Dados Espaciais, os tipos de padrões, metadados e os tipos de IDE's na atualidade. Em seguida, trata-se da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais brasileira, evidenciando o Decreto N° 6.666/08, mostrando suas diretrizes e analisando o seu planejamento, fazendo referência ao Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais, o portal SIG-Brasil e a plataforma e-PING, imprescindíveis para a criação e desenvolvimento da INDE, bem como a sua estratégia de implantação e as vantagens do seu uso.

## **2 ORGANIZAÇÃO E COMPARTILHAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES**

Para entender o que é uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) se faz necessário salientar, de forma sucinta, os conceitos de dados e informações. Os dados em forma 'bruta' dificultam a compreensão de um fato ou situação de forma precisa e contundente em um curto período, entretanto, registrando um conjunto de dados propriamente organizado, agrupado e categorizado gera-se a informação, causando uma clareza instantânea.

A informação inserida de forma adequada proporciona o significado e sentido aos dados, produzindo conhecimento. De acordo com Baitello (1994, p.19), "A informação, quando adequadamente assimilada, produz conhecimento, modifica o estoque mental de informação do indivíduo e traz benefício ao seu desenvolvimento e ao desenvolvimento da sociedade em que ele vive."

## **3 DADOS E INFORMAÇÕES GEOESPACIAIS**

A diferença entre dados geográficos (geoespaciais ou georreferenciados) e convencionais está na sua componente espacial, ou seja, esses dados buscam ser representações da superfície terrestre relacionados com a localização ou o posicionamento na superfície geográfica, possibilitando a análise do espaço. Longley et al. (2001) destacam que o adjetivo geográfico se refere à superfície e ao espaço próximo da Terra e espacial. Segundo o autor, o termo geoespacial abrange não só a Terra, mas também o subsolo e o espaço próximo ao planeta.

Os dados geográficos possuem características espaciais, não espaciais e temporais. As espaciais informam a posição geográfica do fenômeno e sua geometria, enquanto as não espaciais descrevem o fenômeno. Já as características temporais informam o tempo de validade dos dados geográficos e suas variações sobre o tempo (DANGERMOND, 1990).

As propriedades destes dados podem ser geométricas (métricas) e topológicas. A partir de feições geométricas primitivas, tais como pontos, linhas e polígonos, são estabelecidos os relacionamentos métricos com referência a um sistema de coordenadas. De acordo com a geometria são estabelecidas algumas propriedades, tais como: comprimento, sinuosidade e orientação para linha; perímetro e área da superfície para polígonos, volume para entidades tridimensionais, entre outras. Em contrapartida, as topológicas são baseadas nas posições

relativas dos objetos no espaço como conectividade, orientação, adjacência e contenção (LAURINI; THOMPSON, 1992).

### 3.1 Metadados

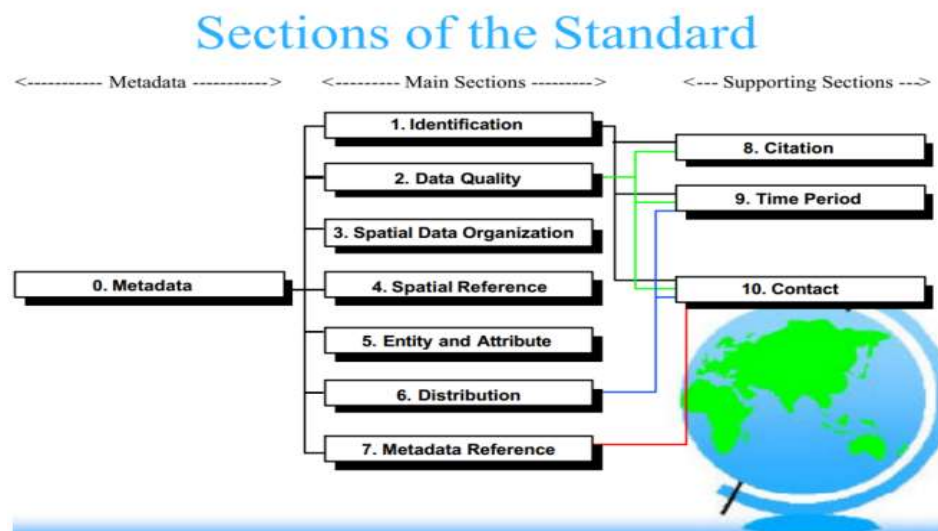
Etimologicamente “metadados” significa dados sobre dados. De acordo com Moura (2005,p.1) :

São modelos de representação ou abstração dos dados, com o objetivo de descrição da coleção e identificação das características de cada componente da coleção. Os metadados têm um papel muito importante na administração de dados, pois é a partir deles que as informações serão selecionadas, processadas e consultadas.

Com a crescente criação de dados geoespaciais é fundamental que haja a documentação desses dados para uso futuro. Tratando-se de metadados espaciais, estes são peças fundamentais para organização e manutenção de todo tipo de dado espacial, evitando qualquer inconsistência quando houver atualização dos mesmos.

Os padrões mais adotados são definidos pelo *United States Federal Geographic Data Comittee* (FGDC) e o *International Organization of Standards* (ISO), justamente por envolver uma grande variedade de informações geográficas, atendendo a usuários diversificados, porém composto de diferenças estruturais e conceituais. Assim, o FGDC elaborou a norma que estabelece um conjunto de terminologias, definições e estrutura de armazenamento, aplicados a documentação de dados geográficos digitais, chamada *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (CSDGM/1998). A estrutura de metadados geográficos do padrão FGDC está organizada conforme ilustrada na Figura 1:

Figura 1. Estrutura de metadados geográficos Norma CSDGM/1998 (Padrão FGDC)



A *International Organization of Standards* (ISO) é composta por governos e representantes de empresas privadas, tem como objetivo estruturar e estabelecer padrões internacionais em diversos segmentos da sociedade.

A norma ISO 19115,2003 “Providencia uma estrutura para descrever informação geográfica digital. Elementos de metadados organizados por classes, providencia uma arquitetura para as classes e estabelece um conjunto de termos relativos aos metadados, definições e procedimentos para extensões.”

Pode ser citado como exemplo da aplicação da ISO 19115 a Cobertura do Sistema de Atendimento Móvel de Urgência disponível no visualizador da INDE (Figura 2).

Figura 2. Metadado da Cobertura do SAMU

Metadados			
<b>Identificador do ficheiro</b>	99cd2859-4632-4d1c-a36b-92c4128cab9a		
<b>Character set</b>	UTF8: 8-bit UCS Transfer Format de tamanho variável, baseado em ISO/IEC 10646		
<b>Nível de hierarquia</b>	Serviço: Informação aplica-se a uma capacidade, qual um provedor de acesso à Internet disponibiliza a um utilizador por um conjunto de interfaces, que define um comportamento, tal como um caso de uso		
<b>Data/Hora</b>	2015-07-06T16:33:02		
<b>Nome padrão dos metadados</b>	ISO 19115:2003/19139		
<b>Versão padrão dos metadados</b>	1.0		
Autor dos metadados			
<b>Nome individual</b>	Sala de Apoio à Gestão Estratégica - SAGE	<b>Ponto de entrega</b>	Ministério da Saúde, Esplanada dos Ministérios Bloco G
<b>Nome da Organização</b>	Ministério da Saúde	<b>Cidade</b>	Brasília
<b>Nome do cargo</b>	Departamento de Monitoramento e Avaliação do SUS (DEMAS-SE)	<b>Área administrativa</b>	Distrito Federal
<b>Regra</b>	<b>Ponto de contacto:</b> Parte que pode ser contactado para obter conhecimento sobre (a aquisição) de recurso	<b>Código postal</b>	70058-900
		<b>Pais</b>	Brasil
		<b>Endereço de correio electrónico</b>	<a href="mailto:sage@saude.gov.br">sage@saude.gov.br</a>
		<b>Recursos online</b>	<a href="#">Página da SAGE na internet</a>

Fonte: Visualizador INDE

### 3.2 Infraestrutura de Dados Espaciais

Nos dias atuais a disponibilização e o acesso rápido a informação tornou-se fundamental para o desenvolvimento econômico, ambiental e social de uma região. Em 1993, o termo Infraestrutura de Dados Espaciais, instituído pelo Conselho Nacional de Pesquisa da União Europeia, foi utilizado para descrever a oferta de informações de forma padronizada.

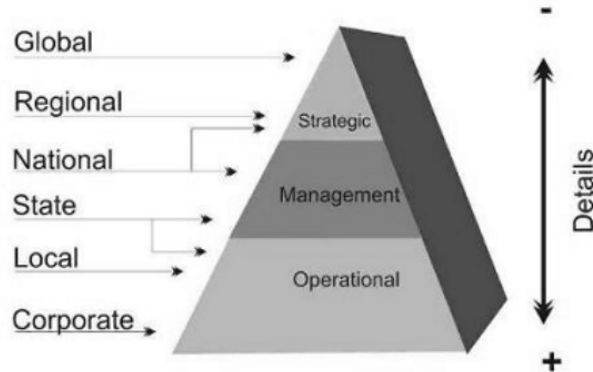
O FGDC define Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) como:

Tecnologia, política, normas, recursos humanos e atividades relacionadas, necessárias para aquisição, processamento, distribuição, utilização, manutenção e preservação de dados espaciais em todos os níveis de governo, os setores privados e sem fins lucrativos e universidades. (Maguire & Longley, 2005, p.5)

Uma IDE possui o propósito de compartilhar dados através de padrões abertos entre instituições, buscando principalmente a harmonia entre esses dados, com o objetivo de diminuir custos com coletas redundantes. Um dos principais potenciais de uma IDE é aumentar as oportunidades na produção da informação geográfica proporcionando a utilização generalizada desses dados geoespaciais. Assim, sua principal finalidade é de aproximar o produtor de informação ao usuário, seja ele instituição governamental, de ensino ou do público em geral.

A hierarquia da IDE abrange diversas escalas (Governamental, Regional, Nacional, Estadual, Local e Corporativo), relacionadas verticalmente, como mostra a Figura 3. Esse modelo piramidal de hierarquia possui como principal benefício a possibilidade de o topo da pirâmide oferecer suporte tecnológico, informacional e normativo para as IDE's de base, em contrapartida as mesmas são importantes por possuírem dados mais específicos. Com isso nota-se a importância da inter-relação entre diferentes níveis de IDE's.

Figura 3. Hierarquia de IDE



Fonte: (Paixão, S. K. S & Nichols, S. & Coleman, D., 2008)

**IDE Global**, sugere o compartilhamento de dados entre países de vários continentes com um interesse comum, sendo a criação da *Global Spatial Data Infrastructure Association (GSDI)* um grande marco desse sistema, concebido com o propósito de incentivar a cooperação internacional que estimula a implementação e desenvolvimento de infraestruturas de dados espaciais nacionais, regionais e locais.

**IDE Regional**, instituída com o intuito de permitir o compartilhamento de informações geográficas e serviços entre países que possuem algum relacionamento como acordos políticos ou militares (INSPIRE, 2007).

**IDE Nacional**, nacionais são encarregadas de prover informações necessárias sobre o mapeamento nacional e disponibilizar a tecnologia necessária para que os usuários possam acessar os dados de projetos feitos por órgãos federais.

No Brasil, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – (INDE) foi instituída por meio do Decreto N° 6.666 de 27 de novembro de 2008, com o propósito de catalogar, integrar e harmonizar dados geoespaciais existentes nas instituições do governo brasileiro, produtoras e mantenedoras desse tipo de dado, de maneira que possam ser facilmente localizados, explorados e acessados para os mais diversos usos, por qualquer cliente que tenha acesso à Internet. Os dados geoespaciais são catalogados através dos seus respectivos metadados, publicados pelos produtores/mantenedores desses dados (INDE, 2008).

**IDE Estadual**, atua na produção de informações geoespaciais padronizadas para suprir as demandas da administração pública estadual, baseadas no intuito de conhecer e difundir tecnologias de geoprocessamento no estado contando com a articulação de uma IDE local.

No Brasil, em 16 de dezembro de 2014, a Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado da Bahia (IDE-Bahia) lançou o Geoportal Bahia, ferramenta que viabiliza a busca e acesso a dados (e seus metadados), serviços e aplicações geoespaciais produzida pela administração pública estadual.

**IDE Local**, baseado na unimultiplicidade da informação fornecida através de organizações, secretarias e instituições de escala municipal, com o propósito de promover a disseminação dessas informações, podendo resultar em contribuição para o planejamento urbano.

**IDE Organizacional**, trabalha com a evolução do SIG dentro da instituição para atender as demandas de dados dentro da organização, havendo o compartilhamento e a integração de dados entre diferentes setores mantendo suas características específicas.

Essa IDE atua com a criação da própria estrutura de dados de uma entidade seguindo normas e padrões estabelecidos para suprir a necessidade de dados e atender as IDEs de níveis superiores. No Brasil, um exemplo é o Catálogo de Metadados, mantido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

#### 4 INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS

É importante abordar como foi realizado a análise das etapas do projeto da Infraestrutura de Dados Espaciais brasileira, suas diretrizes e as equipes envolvidas para que a INDE fosse bem-sucedida desde o seu planejamento.

Foi designado à Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) a elaboração de um Plano de Ação e Implementação da INDE com o prazo de 180 dias para apresentar ao Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão (MP). Em reunião, a CONCAR criou um Comitê Técnico para o Planejamento da INDE, denominado CİNDE, instituído entre janeiro e março de 2009 e reuniu 115 membros de 26 organizações brasileiras (22 ligadas ao governo federal, três secretarias do estado e uma universidade). O trabalho da CİNDE foi dividido em grupos de trabalho (GTs) e resultou em um Plano de Ação dividido em 8 capítulos.

Segundo o Art. 1º do Decreto Nº 6.666/08, a INDE tem como objetivo promover o ordenamento adequado na geração, armazenamento, disseminação e no uso dos dados geoespaciais em todos os níveis de governo, promovendo a utilização na produção dos dados nas instituições públicas, seguindo as normas e padrões estabelecidos pela CONCAR. A infraestrutura de dados brasileira tem o intuito de evitar a duplicidade na informação e na coleta de dados já existentes, incentivando a divulgação dos metadados e informações disponibilizados pelas instituições, evitando assim, o desperdício de recurso público e de esforços em um serviço já realizado.

De acordo com o Art.2, inciso III do Decreto Nº 6.666/08, a INDE é definida como:

Conjunto integrado de tecnologias; políticas; mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento; padrões e acordos, necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal. (Decreto Nº 6.666/08)

##### 4.1 DBDG e SIG-Brasil

O Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais - DBDG pode ser entendido como a infraestrutura tecnológica e informacional da INDE, estão definidos seus dados, metadados bem como o serviço de busca e acesso a esses dados.

O SIG-Brasil (Portal de dados Geoespaciais) nada mais é do que uma interface virtual do DBDG, que possibilita a publicação de informações sobre dados geoespaciais e serviços, facilitando a localização e o acesso a esses recursos.

O Decreto nº 6.666/08 torna obrigatória a disseminação dos dados geoespaciais e metadados aos órgãos e entidades do Poder Executivo federal, esses dados devem ser disponibilizados no portal SIG-Brasil.

De acordo com o Plano de Ação da INDE, a arquitetura dos Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico (e-PING) define um conjunto mínimo de premissas, políticas e especificações técnicas que regulamentam a utilização da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) no governo federal.

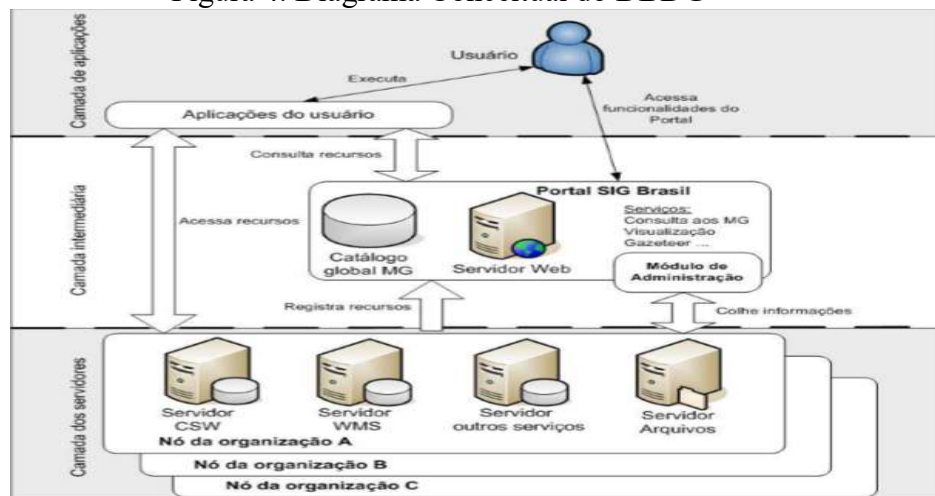
O e-PING é concebido como uma estrutura básica para a estratégia de governo eletrônico aplicada as entidades e aos órgãos integrantes do Sistema de Administração dos Recursos de

Tecnologia da Informação (SISP), racionalizando o investimento em TIC por meio do compartilhamento, reuso e intercâmbio de recursos tecnológicos.

Dessa maneira, o DBDG deve seguir as normas e políticas definidas pelo e-PING, prevendo soluções para a participação de instituições com diferentes níveis de capacidade tecnológica e privilegiando a integração de servidores por meio de *web services*. Com isso o DBDG foi implementado seguindo uma arquitetura de multicamadas (Figura 4), contendo camadas de aplicação, intermediária e de servidores, descritas a seguir.

As interações da camada de aplicações com as demais ocorrem por meio do protocolo *Hypertext Transfer Protocol (HTTP)* tendo em vista a minimização de problemas de roteamento quando se usa a internet para o acesso às informações. São exemplos de aplicações de usuário *Quantum GIS, Google Earth*, dentre outros.

Figura 4. Diagrama Conceitual do DBDG



Fonte: Plano de Ação e Implementação da INDE, 2010

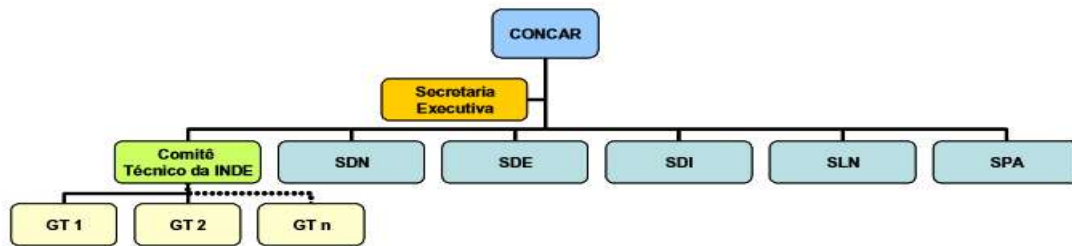
## 4.2 Implantação da INDE

No Decreto N° 6.666/08 são definidas as responsabilidades e atribuições para a implantação da INDE, mostrando no Art. 5° as atividades designadas ao IBGE, ao qual ficou responsável pela construção e disponibilização do portal SIG Brasil, exercendo a função de gestor do DBDG, sempre buscando incorporar novas funcionalidades e agindo em conformidade com o plano de ação desenvolvido para a implementação da INDE.

Ao IBGE também ficou designado a função de divulgar os procedimentos para o acesso eletrônico dos dados e de seus respectivos metadados distribuídos e para utilização dos serviços correspondentes, obedecendo as diretrizes estabelecidas pela CONCAR, cumprindo possíveis restrições definidas pelos produtores de dados estatístico, certificando-se da veracidade dos dados e, em caso contrário, estarão passíveis as penalidades previstas na Lei N° 5.534 de fevereiro 1967.

No Art. 6° cita-se as atividades designadas à CONCAR, que ficou responsável por estabelecer o procedimento de novos projetos, visando eliminar a duplicidade de dados, esforços e recursos, homologando os padrões para a INDE e as normas para a Cartografia Nacional. Ficou estabelecido à instituição designar as diretrizes do DBDG com o objetivo de subsidiar o IBGE e garantir que o diretório fosse implantado e mantido de acordo com os padrões de interoperabilidade do governo eletrônico, promovendo soluções em código aberto e livre compartilhamento para atender as demandas do ambiente dos servidores. Para que todas essas atividades fossem realizadas, a CONCAR separou grupos de trabalhos com diretrizes distintas, conforme o organograma mostrado na Figura 5.

Figura 5. Organograma INDE.



Fonte: CONCAR-Plano de Ação para Implementação da INDE (2010, p.171)

#### 4.3.1 Estratégia de Implantação

A evolução da INDE ocorreu de forma constante e gradual na inserção de novos participantes e agregação de novos conteúdos e serviços. Sua implantação foi dividida em três ciclos, ciclo I (03/10 à 30/06/2010 à 31/12/2010), ciclo II (2011 à 2014) e ciclo III (2015 à 2020), sendo o primeiro subdividido em duas partes.

**Ciclo I (2010)**, foi estabelecido para criar uma estrutura mínima de hardware, software e telecomunicações de instalações do DBDG bem como a disponibilização do portal SIG-Brasil para buscas, exploração e acesso de dados e metadados geoespaciais implantados e em operações. Na sua primeira etapa, foi solicitado aos produtores oficiais de IG do setor federal e recomendado para os demais atores federais, deixando a participação em aberto para outros níveis de governo. Foi baseado na disponibilização das funcionalidades do SIG-Brasil: informação e notícias sobre a INDE, canais de comunicação, cadastro de usuários para o recebimento de notícias.

**Ciclo II (2011-2014)**, foi programado para a consolidação do DBDG no governo federal e da sua extensão para os demais níveis de governo, fortalecimento dos componentes institucional e de pessoas, sedimentação de normas e padrões focando os dados e serviços que foram ampliados de acordo com as demandas dos usuários e a integração com outras IDE's. A principal meta desse ciclo foi tornar a INDE a principal ferramenta de busca, exploração, acesso de dados e metadados geoespaciais do Brasil e a formulação de políticas públicas na esfera do governo federal.

**Ciclo III (2015-2020)**, atual ciclo da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, com o objetivo de permear todos os setores produtivos da sociedade, além do governo, consolidando a INDE como a principal ferramenta para a busca, exploração e acesso de dados e metadados, tornando-a uma referência, além do reconhecimento internacional pela sua capacidade de contribuir para projetos transnacionais.

#### 4.3.2 Vantagens da implantação e utilização da INDE

A INDE tem o propósito de ser acessível e abranger a todas as esferas da sociedade e do governo, neste tópico será abordado de forma direta as suas vantagens, os impactos da implantação e a importância da criação da política de geoinformação.

Com o passar dos anos, a população tem feito o uso frequente da geoinformação, tornando-se mais consciente e mais capacitada, de uma forma automática, para a utilização de dados geoespaciais. A indispensabilidade de conhecer o território como um todo e a necessidade do consumo desses dados virou um ponto forte para a criação da INDE, onde um dos principais pilares trata da produção em conjunto, integrando os dados, obedecendo normas e padrões



estabelecidos, gerando um leque maior de informação disponibilizada, esperando um complemento ao invés da sobreposição de informação, já que a produção separada pode ocasionar a incompatibilidade de formato da informação e a limitação do uso.

No âmbito do governo, a INDE é essencial para ter conhecimento das iniciativas que estão sendo tomadas, afim de evitar a duplicidade de esforços e obter a aplicação de recursos de forma otimizada, já que a execução do mesmo trabalho por duas ou mais instituições pode gerar a sobreposição da mesma informação. O governo tem obrigação de conhecer a realidade bem como a necessidade da população e outro pilar da INDE é o trabalho conjunto entre as instituições, gerando informações concisas e complementares, possibilitando o conhecimento mais aprofundado dessas necessidades já que haverá um detalhamento maior nas informações, viabilizando uma tomada de decisão mais eficaz da parte do governo.

Essa plataforma conta com uma maior interligação estabelecida entre diferentes órgãos para torná-la mais rica e aprofundada tematicamente, espacialmente e em termos de cobertura geográfica. Desse modo, a INDE procura uma maior mobilização do público leigo, mostrando a importância dos dados disponibilizados e como eles podem ser utilizados. O maior benefício para todos nesta plataforma é a possibilidade de se trabalhar várias vezes com o mesmo dado, o que é um ponto muito importante, afinal a geração de informação geoespacial requer um gasto considerável, deixando a sua produção custosa. Com a sua utilização de forma integrada por diferentes instituições, torna-se viável a possibilidade da criação de uma base rica e compatível com os desafios do planejamento do país.

## 5 CONCLUSÕES

Através desse estudo foi possível entender o conceito de Infraestrutura de Dados Espaciais e os seus benefícios na importância da integração e no compartilhamento dos dados por meio de padrões, resultando na economia considerável com a produção de dados já existentes e a disponibilização dos respectivos metadados que promovem mais informações sobre as informações desejadas (quem produziu, onde encontrar, tipo de dado, etc).

O sucesso de uma IDE de qualidade depende primeiramente do seu planejamento e execução do cronograma, cumprindo metas estabelecidas, oferecendo uma plataforma coerente para a disponibilização e obtendo a confiabilidade das instituições, além do trabalho em conjunto entre as instituições responsáveis pela produção dos dados, já que com a sua disponibilização de forma fácil e acessível pode ocorrer a complementação de informação ao invés da sobreposição das mesmas.

Assim, a implantação de uma IDE tende a agregar mais elementos para aumentar a interatividade entre o usuário e a informação geográfica, tornando-a acessível não só para os produtores dos dados, mas a todos os setores da sociedade, pois o contato com esses tipos de dados tem sido cada vez mais comum, mesmo que seja de forma inconsciente.

A INDE possibilita a visualização do território brasileiro como um todo, fornecendo informações de pesquisas (Censo) e indicadores desenvolvidos pelo IBGE, integrados com dados de outras instituições, viabilizando uma visão geral da situação do território e onde devem ser implantados novos tipos de investimentos (áreas menos favorecidas), resultando no seu desenvolvimento. Por ser uma plataforma fornecida de maneira simples, possibilita que o cruzamento de dados para gerir a informação possa ser feito pela sociedade ao desenvolver mais informação e estabelecer os tipos de necessidades da população, auxiliando na concepção de políticas públicas mais eficazes.

Por conseguinte, a INDE acaba se tornando uma ferramenta para descentralizar os investimentos e definir novas áreas de influência, gerando a criação de políticas públicas e a aplicação em serviços essenciais, despertando o interesse para o investimento de empresas públicas e privadas, resultando na valorização de determinadas áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAITELLO JR., N. **A sociedade da informação**. São Paulo em Perspectiva. São Paulo, v.8, n.4, p. 19-21, out./dez. 1994.
- BRASIL, **Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008**. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE.
- BRASIL, **e-PING Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico**: documento de referência versão 4.0. Comitê Executivo de Governo Eletrônico. Dezembro de 2008.
- BRASIL, **Plano de Ação para Implantação da INDE**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Comissão Nacional de Cartografia. Janeiro de 2010.
- BRASIL, **BOLETIM DA INDE 2015: Evolução e Atualização**. Rio De Janeiro, 12/02/2015. Disponível em: <[http://www.inde.gov.br/images/inde/binde\\_5.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/binde_5.pdf)>. Acesso em: 17/12/2015
- DANGERMOND, J. **A classification of software components commonly used in geographic information systems**. In: PEUQUET, D. J.; MARBLE, D. F. es. *Introductory readings in Geographic Information Systems*. London: Taylor & Francis, 1990, p.30-51.
- FGDC, **Federal Geographic Data Committee**. Disponível em <http://www.fgdc.gov/> Acesso: 04/10/2015.
- INSPIRE, **Infraestructura de Datos Espaciales de España**. Disponível em: <http://inspire.ec.europa.eu/>, Acesso: 07/11/2015
- INDE, **Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais**. Disponível em: <http://www.inde.gov.br/>, Acesso: 07/11/2015
- INDE, **Visualizador da INDE**. Disponível em: <http://www.visualizador.inde.gov.br/>
- ISO, International Organization for Standardization. **Geographic Information – Metadata. ISO 19115,2003**. 1st ed. London, England. 2003. 152 p.
- LAURINI, R.; THOMPSON, D. **Fundamentals of Spatial Information Systems**. San Diego: Academic Press, 1992.
- LONGLEY, P. A. et al. **Geographic information systems and science**. Inglaterra: John & Sons, 2001. 454p.
- MAGUIRE, D. J.; LONGLEY, P. A. The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. **Computers, Environment and Urban Systems**. v. 29, p. 3-14, 2005.
- MOURA, Ana Clara Mourão. **A importância dos Metadados no uso das Geotecnologias e na difusão da Cartografia Digital**. Belo Horizonte, II Seminário Nacional sobre Mapeamento Sistemático – CREA-MG, 2005.
- PAIXÃO, S. K. S; NICHOLS, S.; COLEMAN, D. **Towards a Spatial Data Infrastructure: Brazilian Initiatives**. Revista Brasileira de Cartografia, n60/02, agosto, 2008.

## **GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS PARA FINS DE CERTIFICAÇÃO EM ATENDIMENTO À LEI 10267/2001. ESTUDO DE CASO: FAZENDA EXPERIMENTAL DA UFBA EM SÃO GONÇALO DOS CAMPOS/BAHIA**

Mirele Viegas da Silva

Msc em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação  
Universidade Federal da Bahia  
Endereço para contato. Rua Aristides  
Novis, nº 2, Federação, Salvador- BA  
E-mail: mirelevgs@gmail.com

Artur Caldas Brandão

Dr. em Engenharia de Produção  
Universidade Federal da Bahia  
acaldas@ufba.br

Danielle Marques Cazumbá

Graduanda em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica  
Universidade Federal da Bahia  
daniellecazumba25@gmail.com

**Resumo** – Com o advento da Lei nº 10.267, de 2001, a sistemática de identificação dos imóveis rurais para o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA mudou significativamente. A lei supracitada preconiza que todos os imóveis rurais, sejam eles públicos ou privados, devem ser georreferenciados, contendo a descrição exata de seus limites, características e confrontações, através de memorial descritivo, assinado por profissional habilitado e com a devida ART (Anotação de Responsabilidade Técnica). Por sua vez, o INCRA estabelece diretrizes em seus normativos técnicos e manuais, para que sejam pertinentes suas exigências quanto a realização do serviço de georreferenciamento, para fins de certificação. De um modo geral este trabalho mostra as etapas para a realização de um georreferenciamento, com a finalidade de certificação, do imóvel rural Fazenda Experimental da UFBA, no município de São Gonçalo dos Campos, no estado da Bahia.

**Palavras-chave:** Georreferenciamento, Imóvel Rural, Certificação.

**Abstract** - With the advent of Law nº 10.267 of 2001, the system of identification of rural properties for the National Institute of Colonization and Agrarian Reform - INCRA, has changed significantly. The aforementioned law recommends that all rural properties, be they public or private, must be georeferenced, containing the exact description of their limits, characteristics and confrontations, through a descriptive memorandum, signed by a qualified professional and with the proper ART (Note of Responsibility Technique). In turn, INCRA establishes guidelines in its technical and manual regulations, so that its requirements regarding the performance of the georeferencing service for certification purposes are pertinent. In general, this work shows the steps for the georeferencing, for the purpose of certification, of the rural property Experimental Farm of UFBA, in the municipality of São Gonçalo dos Campos, in the state of Bahia.

**Key-words:** Georeferencing, Rural Property, Certification.

### **1 INTRODUÇÃO**

A palavra georreferenciamento, é originada da composição de geo (terra) e referenciamento (referência) que significa ajustar pontos ou vértices a um sistema de

coordenadas, para assim determinar a posição exata do ponto na superfície terrestre, atrelada a um sistema de referência conhecido.

Para Lahm (2000) georreferenciamento é o ajuste das informações a serem processadas a um mesmo sistema de coordenadas e uma mesma base cartográfica. Em outras palavras, é referenciar as informações a serem processadas a uma mesma projeção cartográfica.

O georreferenciamento tem muito a contribuir com cadastro rural, pois não permite sobreposições de áreas, tendo em vista que a descrição do perímetro é única. Paixão et. al (2012), afirmam que um cadastro territorial além da sua utilidade fiscal, é também fundamental para a gestão territorial, proteção ambiental e desenvolvimento sustentável.

O Decreto nº 4.449 de 30-10-2002 regulamentou a lei 10.267 e atribuiu ao INCRA a competência de certificar que a poligonal do objeto do memorial descritivo não se sobreponha a outro imóvel que conste de seu cadastro georreferenciado, bem como atenda à precisão estabelecida (ISHIKAWA & BARROS, 2010).

Para a realização do georreferenciamento de um imóvel rural em atendimento à lei 10.267/2001 é necessário basear-se nos critérios técnicos exigidos pelos normativos emitidos pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária).

A 3ª Edição da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA atualizada em 2013 traz em seus manuais de posicionamento e de limites e confrontações os parâmetros técnicos a serem aplicados referentes às atividades de georreferenciamento para atendimento à lei 10.267/2001 estabelecendo formas de demarcação de limites, métodos de levantamento que poderão ser utilizados de acordo com a sua precisão e os equipamentos envolvidos, bem como a codificação de cada vértice levantado.

As situações de exigência do georreferenciamento de acordo com o Decreto 5570/05 são para os casos de desmembramento, parcelamento, remembramento, transferência e ações judiciais que versem sobre imóveis rurais. Para estes casos, foram estabelecidos prazos conforme art. 10 do decreto 4449/02, alterado pelos decretos 5570/05 e 7620/11 de acordo com a área do imóvel, sendo após 20 de novembro de 2016, os imóveis rurais com área entre 100 e 250 hectares.

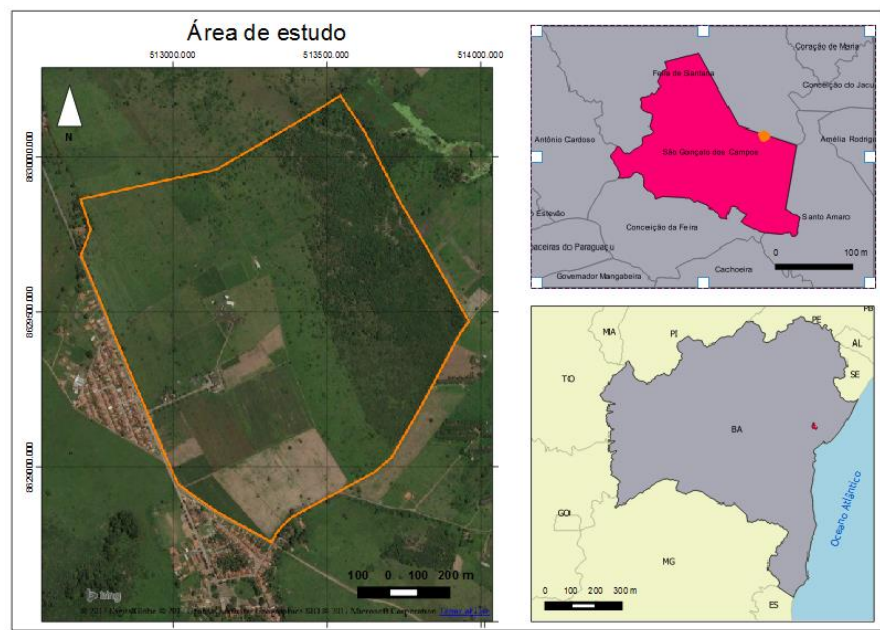
O imóvel rural Fazenda Experimental da UFBA possui uma área de aproximadamente 111 hectares. Visando a proximidade com a obrigatoriedade, foi realizado o georreferenciamento com a finalidade da certificação junto ao INCRA, para que o imóvel possa ser objeto de qualquer tipo de transações.

Seguindo os critérios estabelecidos pela 3ª NTGIR e os respectivos Manuais de Posicionamento de Limites e Confrontações foi realizado o georreferenciamento da Fazenda Experimental da UFBA, visando assim referenciar espacialmente os limites do imóvel. Este trabalho descreve todas as etapas, métodos, técnicas e objetos empregados na execução do georreferenciamento com a finalidade de certificação junto ao INCRA durante a disciplina de Laboratório Integrado de Cadastro Territorial do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal da Bahia.

## 2 Área de Estudo

O imóvel rural objeto de estudo encontra-se localizado no distrito de Mercês, no município de São Gonçalo dos Campos, no estado da Bahia (figura 1). A “seção de uso” desta fazenda foi cedida à Universidade Federal da Bahia – UFBA, em 2003, pela União com o objetivo de servir como local de suporte para aulas e desenvolvimento de pesquisas dos cursos de graduação e pós-graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Figura 1. Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

### 3 Metodologia

O georreferenciamento do imóvel rural contou com o apoio de uma equipe de alunos e professores da disciplina de laboratório Integrado de Cadastro Territorial do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal da Bahia. O trabalho foi realizado em cinco etapas, sendo elas: o reconhecimento da área de estudo, o planejamento das atividades em campo, o levantamento utilizando a 3<sup>o</sup> NTGIR e Manuais de Limites e Confrontações e Posicionamento, o processamento dos dados e a confecção de peças técnicas com respectiva planilha .ods.

#### 3.1 Reconhecimento da área de estudo

Para esta etapa, inicialmente fez-se uma análise prévia em escritório, das vias de acesso, tipo de relevo do imóvel e se possui algum tipo de curso d'água na região. Estes dados forneceram informações prévias da região e serviram de apoio na tomada de decisões.

O reconhecimento de campo possibilitou identificar a situação da vegetação da propriedade, se a área era cercada, quantos vértices seriam necessários para serem implantados, elementos importantes para calcular quanto tempo seria necessário para realizar o levantamento, além da obtenção das coordenadas de limites prévias através de equipamento GPS (Global Positioning System) no modo absoluto, de forma a fornecer subsídios para realizar análises espaciais com o banco de dados georreferenciado do INCRA disponível no acervo fundiário na internet.

#### 3.2 Planejamento das atividades e levantamento de campo

Nestas etapas foram definidos de acordo com os Manuais de Limites e Confrontações e de Posicionamento, o tipo de levantamento, a quantidade e tipo de marcos que seriam implantados no imóvel, a codificação dos marcos, a quantidade e tipos de equipamentos que

seriam levados até a fazenda para a realização do serviço, análises das condições climáticas para a data que foi escolhida para realização do serviço, a estadia dos professores e alunos na cidade e quantos dias seriam precisos para a conclusão do levantamento.

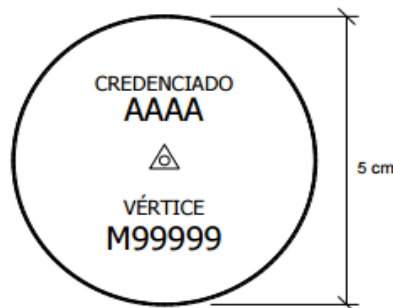
Ficou definido que o levantamento seria realizado em 02 dias, no primeiro dia a implantação dos marcos de concreto com a codificação e no segundo dia o rastreamento dos vértices que serviriam para transporte de coordenadas e os definidores dos limites.

A condição do tempo é um dos fatores determinantes para realização da atividade de campo, pois se não for um dia propício (chuvoso), a atividade de campo estará suspensa. De acordo com o site <http://tempo.cptec.inpe.br/>, no dia da análise, foi constatado que as condições eram favoráveis para a realização do trabalho.

O georreferenciamento foi realizado por meio de rastreamento GNSS, utilizando o método relativo estático para o levantamento. Segundo MONICO (2008), esse método é definido como: “No posicionamento relativo, as coordenadas do vértice de interesse são determinadas a partir de um ou mais vértices de coordenadas conhecidas. Neste caso é necessário que dois ou mais receptores GNSS colem dados simultaneamente, onde ao menos um dos receptores ocupe um vértice de referência. No posicionamento relativo estático, tanto o(s) receptor(es) do(s) vértice(s) de referência quanto o(s) receptor(es) do(s) vértice(s) de interesse devem permanecer estacionados (estáticos) durante todo o levantamento.”

Os vértices definidores dos limites da Fazenda foram do tipo M. De acordo com o INCRA (2013) são vértices cujo posicionamento é realizado de forma direta e é caracterizado (materializado) em campo por marco. No topo de cada marco de concreto conteve uma plaqueta de identificação com o código inequívoco do vértice figura 2. Na fazenda da UFBA foram implantados 07 marcos tipo M.

Figura 2. Modelo de Plaqueta



Fonte: Manual Técnico de Limites e Confrontações, 1ª Edição, 2013.

Para realizar o serviço de georreferenciamento para fins de certificação o profissional deve ser credenciado ao INCRA e possuir uma com assinatura digital (Token). Além disso, o responsável técnico pelo serviço de georreferenciamento, deverá sempre está de posse de sua Anotação de Responsabilidade Técnica ART antes da realização do serviço.

No caso específico do georreferenciamento da Fazenda Experimental da UFBA, o profissional credenciado responsável pelo serviço foi o professor e também Engenheiro Agrimensor Artur Caldas Brandão, de código credenciado VAST.

Devido a alguns trechos sinuosos da fazenda, foram necessários vértices tipo P, para descrever o limite de forma compatível com a realidade de campo. De acordo com o INCRA (2013a), os vértices tipo P são caracterizados por: “Vértices cujo posicionamento é realizado de forma direta e não é materializado por marco”.

Na execução das atividades foram utilizados seis receptores GNSS, onde um deles estará operando com dupla frequência (L1/L2) e os outros cinco receptores com uma única

frequência (L1). Eles foram dispostos da seguinte maneira: dois deles, sendo um deles com dupla frequência, foram instalados na região central da fazenda, servindo como base para o levantamento. Os outros quatro utilizados para a coleta das observações dos vértices.

Os receptores utilizados nos vértices permaneceram rastreamento por um período de vinte minutos cada um devido a sua proximidade com a base (aproximadamente 2 km), sendo este tempo estendido devido às condições do local e devido a geometria dos satélites no momento do rastreamento, que foi identificada a partir do valor do PDOP apresentado na tela do equipamento.

### 3.3 Processamento dos dados

Após o levantamento de campo foi realizado o processamento dos vértices definidores do limite do imóvel. Primeiro, os arquivos GPS foram transformados para formato rinex (tanto rover quanto base), depois foi feito o download das efemérides precisas, disponíveis no site: [www.rdiv.com/freebies/gpscalendar.html](http://www.rdiv.com/freebies/gpscalendar.html); além do download dos dados das RMBC's (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) do IBGE SAVO e SSA1 ambas situadas na cidade de Salvador. Foram importados no software Topcon Tools, os dados das estações de monitoramento para processar em relação às bases. Obtidas essas coordenadas, foi feito então o processamento em relação aos rovers. Ao finalizar o processamento das bases e dos rovers constatou-se que as precisões das coordenadas atendiam a precisão estabelecida pelos normativos do INCRA.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Coordenadas dos vértices definidores do limite do imóvel e das bases para transporte de coordenadas

A figura 3 a seguir mostra a disposição dos vértices definidores do limite do imóvel e das bases de transporte de coordenadas.



Figura 3. Disposição dos vértices



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

As duas bases implantadas no interior da Fazenda servirão de pontos de controle para levantamentos topográficos a serem realizados posteriormente na Fazenda Experimental da UFBA. Para o transporte de coordenadas foi utilizada apenas uma das bases, a qual sua monografia está disposta na figura 4 a seguir:

Figura 4. Monografia da base SAT01

MONOGRAFIA DO MARCO						
<b>Marco</b>		<b>Datas das Ocupações</b>		<b>Localização Cartográfica</b>		
M SAT01		15/10/2016		- MC: - Fuso: 24L - Zona K: 24L		
Estado: Bahia		Município: São Gonçalo		Local: Fazenda Experimental da UFBA		
<b>Coordenadas Geodésicas – SIRGAS 2000</b>				<b>Coordenadas na Projeção UTM – SIRGAS 2000</b>		
$\phi = 12^{\circ} 23' 58,531''$ S				N = 8.629.256,678 m		
$\lambda = 38^{\circ} 52' 46,26''$ W				E = 513.096,903 m		
h = 207,678 m				h = 207,678 m		
<b>Amarração (BASE)</b>		Município: Salvador				
Vértice: SSA1						
<b>Coordenadas Geodésicas - SIRGAS 2000</b>				<b>Coordenadas na Projeção UTM - SIRGAS 2000</b>		
$\phi = -12^{\circ} 58' 30,5697''$ S				N = 8.565.561,750 m		
$\lambda = -38^{\circ} 30' 59,3447''$ W				E = 552.438,838 m		
h = -2,091 m				h = -2,091 m		
<b>Amarração (BASE)</b>		Município: Salvador				
Vértice: SAVO						
<b>Coordenadas Geodésicas - SIRGAS 2000</b>				<b>Coordenadas na Projeção UTM - SIRGAS 2000</b>		
$\phi = -12^{\circ} 56' 21,2886''$ S				N = 8.569.514,404 m		
$\lambda = -38^{\circ} 25' 56,1134''$ W				E = 561.583,034 m		
h = 76,320 m				h = 76,320 m		
<b>FOTO</b>			<b>FOTO</b>			
						
<b>MATERIALIZAÇÃO</b>						
Marco de concreto padrão INCRA: Traço 1:2:3, alma de ferro com diâmetro de 4,2mm, em forma de tronco de pirâmide, com as seguintes dimensões 8 x 12 x 60cm;						
<b>RESPONSÁVEL TÉCNICO</b>						
Artur Caldas Brandão						

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Após a demarcação dos limites da propriedade e rastreio dos pontos que serviram de transporte de coordenadas foram obtidas a partir do processamento dos dados GNSS as coordenadas definidoras do limite do imóvel com suas respectivas precisões conforme tabela 01 a seguir:

Tabela 1. Coordenadas dos vértices do limite do imóvel

Nome	Este	Norte	H	Desvio E	Desvio N	Desvio H
M001	512699,305	8629863,019	206,510	0.001	0.002	0.002
PA01	512731,648	8629764,946	206,640	0.001	0.001	0.002
M0002	512701,173	8629683,143	207,061	0.001	0.001	0.002
PA02	512700,809	8629681,333	206,897	0.001	0.001	0.002
PA03	512763,068	8629534,198	206,104	0.001	0.001	0.001



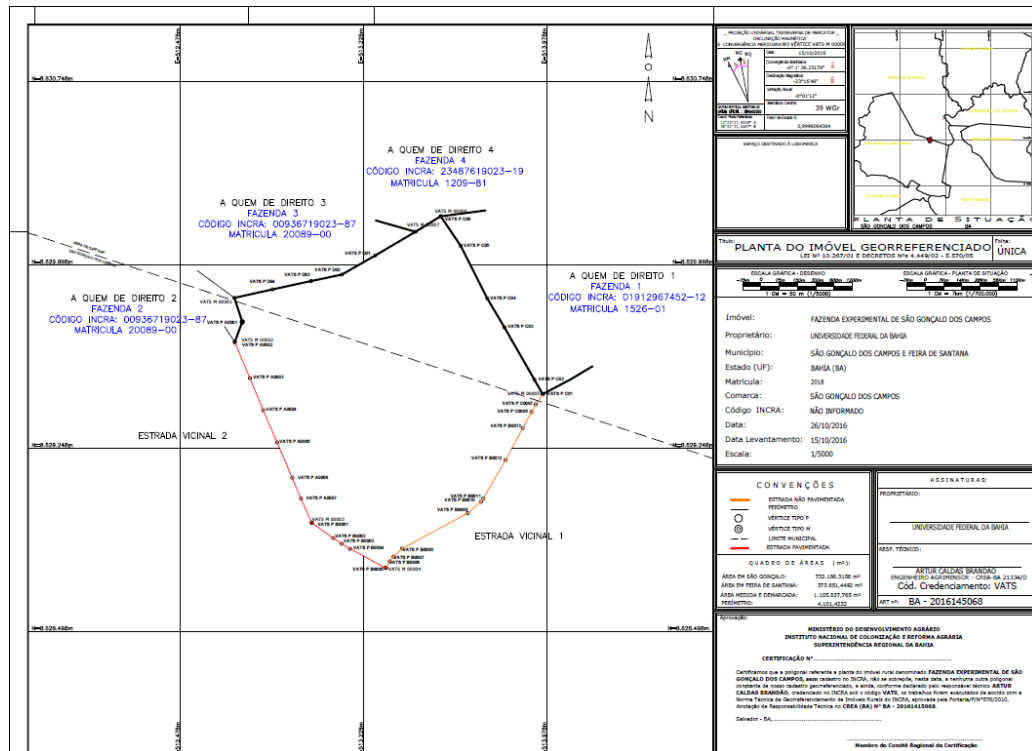
Nome	Este	Norte	H	Desvio E	Desvio N	Desvio H
PA04	512817,473	8629403,085	206,639	0.029	0.022	0.077
PA05	512874,226	8629271,083	206,044	0.000	0.001	0.001
PA06	512935,818	8629127,119	206,405	0.000	0.000	0.001
PA07	512971,567	8629042,277	206,492	0.000	0.001	0.001
M0003	513015,322	8628943,367	206,948	0.000	0.001	0.001
PB01	513016,700	8628942,101	207,124	0.000	0.001	0.001
PB02	513103,887	8628879,864	206,643	0.000	0.001	0.001
PB03	513138,600	8628856,528	206,403	0.000	0.001	0.001
PB04	513173,282	8628836,116	206,334	0.000	0.001	0.001
PB05	513316,628	8628758,035	206,076	0.000	0.001	0.002
MARCO 04	513320,897	8628758,426	206,097	0.001	0.001	0.002
PB06	513335,006	8628784,330	205,708	0.001	0.001	0.001
PB07	513350,592	8628803,327	205,525	0.001	0.001	0.001
PB08	513385,294	8628836,980	205,503	0.001	0.001	0.001
PB09	513654,016	8628981,790	206,079	0.001	0.001	0.002
PB10	513708,608	8629028,085	206,575	0.001	0.001	0.002
PB11	513718,071	8629042,509	206,677	0.001	0.001	0.002
PB12	513809,018	8629199,088	205,752	0.001	0.001	0.002
PB13	513879,614	8629329,919	198,802	0.001	0.001	0.002
PC01	513960,551	8629469,736	188,428	0.001	0.002	0.003
PC02	513926,996	8629528,727	186,994	0.001	0.002	0.002
PC03	513804,645	8629742,152	183,463	0.001	0.001	0.003
PC04	513734,126	8629860,975	182,727	0.001	0.002	0.002
PC05	513625,339	8630076,398	179,134	0.001	0.002	0.003
PC06	513544,145	8630196,670	177,390	0.001	0.002	0.003
M00005	513961,373	8629468,061	188,643	0.001	0.002	0.003
PC07	513932,488	8629427,589	190,825	0.001	0.002	0.003
PC08	513915,051	8629396,834	193,468	0.001	0.001	0.003
M00006	513543,722	8630197,347	177,670	0.001	0.002	0.003
M00007	513440,788	8630133,576	181,812	0.001	0.002	0.003
PD01	513276,065	8630036,707	194,930	0.001	0.001	0.002
PD02	513139,172	8629958,235	202,071	0.001	0.001	0.002
PD03	513013,202	8629931,931	204,819	0.001	0.001	0.002
PD04	512855,981	8629897,781	206,409	0.001	0.001	0.002
PD05	512707,791	862986,567	206,783	0.001	0.001	0.002

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

#### 4.2 Planta Georreferenciada

A demarcação da poligonal georreferenciada resultou numa área total 110,5898 hectares e perímetro de 4101,46 metros conforme demonstra a planta georreferenciada (figura 5).

Figura 5. Planta Georreferenciada



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

### 4.3 Planilha .ods

A Instrução Normativa 77 de 23/08/2013 estabelece o Sistema de Gestão Fundiária – SIGEF, que é uma ferramenta eletrônica desenvolvida pelo INCRA e pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário para subsidiar a governança fundiária do território nacional.

O técnico credenciado responsável pelo serviço de georreferenciamento precisa acessar o SIGEF na internet, através do Token e enviar a planilha. ods com os dados cartográficos do imóvel (figuras 6 e 7).

Figura 6. Planilha .ods identificação do serviço

A		B		
1	<b>Identificação do Serviço de Georreferenciamento</b>			
2	Natureza do serviço: Particular			
3				
4	<b>Identificação do Detentor</b>			
5	Tipo pessoa: Jurídica			
6	Nome: Universidade Federal da Bahia			
7	CPF: . . . . .			
8				
9	<b>Identificação da Área</b>			
10	Denominação:	Fazenda Experimental da UFBA		
11	Situação:	Imóvel Registrado		
12	Natureza da área:	Gleba Pública		
13	Código do Imóvel(SNCR/INCRA):	12345678901-23		
14	Código do cartório (CNS):	01.535-5		
15	Matrícula:		124563	
16	Município(s):	Adicionar Município		
17	São Gonçalo dos Campos-BA	São Gonçalo Dos Campos – BA		

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Figura 7. Planilha .ods dados de perímetro

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Tabela de Perímetro</b>							
2								
3	Denominação:	Parte 1						
4	Parcela número:	001						
5	Lado:	Externo						
6								
7	Sistema de referência	SIRGAS2000						
8	Tipo de Coordenada:	UTM	Meridiano Central (°):	-39	Hemisfério:	Sul		
9								
10	Vertice	E/Long	Sigma long	N/Lat	Sigma lat	h	Sigma h	Método Posicionamento
12	VATS-M-0006	513543,722	0,001	8630197,347	0,002	177,67	0,003	PG2
13	VATS-P-C0006	513544,145	0,001	8630196,67	0,002	177,39	0,003	PG2
14	VATS-P-C0005	513625,339	0,001	8630076,398	0,002	177,39	0,003	PG2
15	VATS-P-C0004	513734,126	0,001	8629860,975	0,002	182,727	0,002	PG2
16	VATS-P-C0003	513804,645	0,001	8629742,152	0,001	183,463	0,003	PG2
17	VATS-P-C0002	513926,996	0,001	8629528,727	0,002	186,994	0,002	PG2

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

#### 4.4 Certificação

Após a validação do projeto elaborado na planilha .ods, visto que o projeto atende todas as especificações previstas nas normas e decretos especificados, a certificação do mesmo pode ser efetivada com a submissão da tabela .ods.

Porém o profissional não submeteu a planilha, pois aguarda conclusão das informações relacionadas aos confrontantes e da dominialidade do imóvel rural. Caso tivesse submetido e não fosse constatada sobreposição com nenhum imóvel do acervo do INCRA, são gerados pelo SIGEF planta e memorial descritivo certificados.

#### 4.5 Registro

Após a emissão das peças técnicas certificadas da Fazenda Experimental da UFBA, a planta e o memorial descritivo devem ser apresentados ao Oficial do Registro de Imóveis para retificação da matrícula.

De acordo a lei 10.267/2001 se faz necessário para a retificação do registro além das peças técnicas, a ART, as declarações de reconhecimento de limites e a apresentação do Certificado de Cadastro de Imóvel Rural – CCIR, sempre, acompanhada da prova de quitação do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural – ITR, correspondente aos últimos cinco exercícios, ressalvados os casos de inexigibilidade e dispensa previstos no art. 20 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996.

Uma vez recebidos, o oficial transcreverá o memorial descritivo de forma exatamente igual ao gerado pelo INCRA, encerrando a matrícula atual e abrindo uma nova matrícula.

Após a certificação e a efetivação da descrição georreferenciada no cartório de registro de imóveis é necessário efetuar o requerimento de registro no SIGEF anexando a matrícula retificada. Após análise do requerimento com deferimento da solicitação, serão atualizadas e disponibilizadas no SIGEF as peças técnicas com novo número de matrícula.

## 5 CONCLUSÕES

Com o surgimento da lei 10.267 de 2001, e demais decretos e normativos surgem ferramentas que propiciam assegurar a precisão em medições para definição de limites de imóveis rurais no Brasil configurando assim um importante método que auxilia na extinção de problemas como grilagem de terras e sobreposição de áreas.

A implementação da automatização da certificação através do SIGEF representa um avanço significativo para o conhecimento da malha fundiária do país. Este modelo emitindo automaticamente a certificação desburocratiza todo o processo da certificação, assegurando

transparência e impessoalidade através de um banco de dados georreferenciado permitindo também a interconexão com o registro de imóveis.

Levando em consideração as coordenadas e incertezas posicionais obtidas a partir do posicionamento por satélites e as exigências da 3ª edição da NTGIR e demais manuais técnicos, pode-se dizer que este foi um trabalho bem-sucedido. Apesar das dificuldades encontradas para percorrer todo o perímetro do imóvel, o trabalho em equipe possibilitou que todos os vértices fossem materializados, rastreados e, posteriormente, georreferenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro, SIRGAS 2000, com sucesso.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual Técnico de Limites e Confrontações**. 1ed. Brasília, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**, 3ª edição, Brasília, DF, 2013.

ISHIKAWA, M. I.; BARROS, Z. X. **Determinação das coordenadas dos vértices limítrofes de imóveis rurais utilizando-se do posicionamento GPS**. Botucatu, 2010

LAHM, R. A. **Noções Básicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. Porto Alegre: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2000.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS – Descrição, Fundamentos e Aplicações**. Fundação Editora UNESP, São Paulo. 2ª edição, 2008.

PAIXÃO, S. K. S.; NICHOLS, S.; CARNEIRO, A. F. T. **Cadastro Territorial Multifinalitário: dados e problemas de implementação do convencional ao 3D e 4D**. **Boletim de Ciências Geodésicas**. Curitiba, 2012.

## SISTEMA INTHEGRA: OPINIÃO DO USUÁRIO SOBRE A IMPLANTAÇÃO.

Felipe dos Santos Pereira Leal  
Graduando em engenharia cartográfica e agrimensura  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Felipe.eng-leal@hotmail.com

Oneida Barros Bezerra  
Engenheira Agrimensora, Doutora em engenharia de produção  
Universidade Federal do Piauí-UFPI  
oneida@ufpi.edu.br

**Resumo-** A população da capital piauiense está estimada em 847.430 habitantes (IBGE), com o seu crescimento acelerado nos últimos anos, vem crescendo o número de usuários adeptos ao meio de transporte urbano coletivo, com isso a necessidade de investir em transporte público urbano de qualidade que atenda aos anseios da população. Este trabalho tem como objetivo principal diagnosticar a opinião do usuário a respeito do sistema INTHEGRA que é um sistema que proporciona ao usuário duas ou mais viagens pagando somente uma tarifa usando os terminais de integração. Para pesquisa foi utilizado fatores caracterizadores da qualidade (atributos da qualidade). A coleta de dados se deu através de questionário aplicado a uma amostra de 50 entrevistados no interior de dois terminais, Livramento e Itararé, utilizando a técnica de preferência declarada (PD). A partir das respostas dos entrevistados pode-se constatar que 80% dos usuários não estão satisfeitos com o novo sistema em implantação que está funcionando somente na final de semana na região sudeste de Teresina.

**Palavras-chave:** Transporte público urbano. Usuário. Qualidade.

**Abstract-**The population of the capital of Piauiense estimated at 847,430 inhabitants (IBGE). With its accelerated growth in recent years, there has been a growing number of users in the collective urban transportation environment, with the need to invest in urban public transportation Quality that meets the wishes of the population. This work has as main objective to diagnose the opinion of the user regarding the system INTHEGRA that is a system that provides the user two or more trips paying only a tariff using the integration terminals. For research, quality factors were used (quality attributes). The data collection was done through a questionnaire applied to a sample of 50 interviewees inside two terminals, Livramento and Itararé, using the declared preference technique (PD). From the respondents' answers it can be seen that 80% of users are not satisfied with the new system that is being implemented only on weekends in the southeast region of Teresina.

Key-words: Urban Public Transport. User. Quality.

### 1 INTRODUÇÃO

O transporte público coletivo tem como principal objetivo fazer o deslocamento de pessoas entre as diversas regiões da cidade, com isso atraindo mais usuários a esse transporte, e assim diminuindo os graves problemas relacionados ao trânsito como congestionamentos e impactos ambientais.

São diversos os motivos para deslocamento através do transporte público coletivo: escola, lazer, trabalho e outras necessidades individuais do dia a dia. A maioria dos usuários desse transporte são aquelas pessoas que não tem acesso a outros meios de transporte e veem no transporte público coletivo uma solução para seu deslocamento.

Através dos órgãos responsáveis no setor de transporte público coletivo por ônibus, são elaboradas medidas para incentivo desse transporte, como elaboração de faixas exclusivas para ônibus, dando assim mais fluidez no seu trajeto e fazendo com que o transporte individual se torne a segunda opção para aqueles que queiram se deslocar de uma determinada região para outra.

O objetivo deste trabalho é diagnosticar a opinião do usuário sobre o sistema INTHEGRA em implantação na cidade de Teresina, utilizando a técnica de preferência declarada.

## 2 HISTÓRICO E CARACTERÍSTICA DE TRANSPORTES

De acordo com Ferraz e Torres (2004) em 1832, em Nova York surgiram os primeiros bondes, veículos que se moviam pelos trilhos puxados por animais. A relação deles com os onibus era que existia uma menor resistência no andar, podendo aumentar seu tamanho e conseqüentemente sua velocidade.

Em 1873, em São Francisco (Estados Unidos) foi inaugurado o bonde movido a cabo que possibilitava desenvolver maiores velocidades em relação a tração animal e, na última metade do século XIX surgiu o bonde impulsionado por motor elétrico que tinha menor custo de operação e maior segurança, sendo um grande sucesso e permanecendo por muitos anos como principal meio de transporte público utilizado no mundo (FERRAZ; TORRES, 2001).

O transporte público é um meio de transporte de massa que atende a todos os cidadãos ou parte dele. Segundo Silva (2005) o transporte público não é porta a porta (tendo o usuário que caminhar certa distância até completar a viagem) e a viagem é compartilhada com um grande número de passageiros. Para Silva (2005) apud Ferraz; Torres (2001) consideram que os modos de transporte público mais comuns são:

Ônibus, que é o modo de transporte urbano mais utilizado com diferentes características no que se refere ao tamanho, sua capacidade, a suspensão a caixa de câmbio, ao número de portas e o motor; Bonde é o primeiro meio de transporte urbano motorizado, com capacidade de transportar 70 a 250 passageiros e; Metrô que é o meio de transporte que se movimenta por vias isoladas apoia-se sobre rodas pneumáticas, tem operação automatizada que possibilita grandes velocidades e com capacidade de transportar grande número de passageiros em relação aos outros meios.

O Brasil vem crescendo significativamente nas últimas décadas com isso o acesso ao transporte público também cresce, por ter mais adeptos a esse transporte que precisam se deslocar circunstancialmente da sua casa para o trabalho, escola, lazer. Conforme Schettino (2006) o transporte coletivo é essencial para o desenvolvimento da nação, facilitando os deslocamentos para os postos de trabalho e melhorando a qualidade de vida da população como um todo, além de promover o desenvolvimento sustentável.

Segundo Campos (1992) um produto ou um serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo as necessidades do cliente. Portanto a qualidade do transporte público vem desses pilares apresentado pelo autor, de forma que o usuário possa usufruir desses serviços apresentados.

A qualidade e eficiência do transporte público coletivo vêm através de um planejamento sólido de responsabilidade do governo, tornando assim uma cidade mais desenvolvida, pois, o transporte público é de suma importância para a população que necessita se deslocar diariamente para escola, lazer, trabalho.

Os indicadores de qualidade são instrumentos que permitem a percepção de um dado fenômeno ou de uma condição de modo simplificado, compreensível e comparável. (FERREIRA 2014, apud SANTOS, 2004)

A análise dos fatores que influencia na qualidade do transporte público coletivo é imprescindível para o questionamento posterior; autores como Ferraz e Torres (2004) Lima Jr (1995) retratam alguns dos indicadores de qualidade como acessibilidade, tempo de viagem, lotação, confiabilidade, segurança, característica dos veículos, característica dos locais de parada, custo, estado das vias, conforto, frequência no atendimento e sistema de informação.

### 3 HISTORICO DO TRANSPORTE PÚBLICO DE TERESINA-PI E O SISTEMA INTEGRADO

De acordo com Filho (2015) a primeira iniciativa de transportar a população de Teresina de forma coletiva surgiu 75 anos depois de sua fundação, e veio sobre trilhos, mas não foi o trem, foi o bonde que começou a operar a partir do ano de 1927. O sistema de transporte público coletivo de Teresina surgiu na metade da década de 30, com a empresa Auto Volantepiauyense. (Fonte: Carlos Lustosa Filho, cidade verde.com)

Com o passar dos anos a cidade foi aumentando e com isso a necessidade de se pensar em algo maior para o transporte público de passageiros. Em 1957 surge a empresa auto viação piauiense, aumentando assim os trechos de circulação dos ônibus. Essa empresa possuía quatro veículos que direcionavam para os bairros matadouro, monte de castelo e vermelha podendo ampliar para outros bairros. (Fonte: Carlos Lustosa Filho, cidade verde.com)

Através do crescimento da cidade no passar dos anos, foi percebido que havia a necessidade de ter mais veículos de transporte públicos acessíveis para a população fazer seus deslocamentos. Segundo Silva e Costa (2016) obras viárias como abertura de avenidas e o calçamento de ruas com paralelepípedos facilitaram o uso do automóvel e a expansão das linhas de transporte coletivo. No transporte público de Teresina há quatro consórcios que administram os ônibus que circulam na cidade, são eles *Urbanus*, *Theresina*, *Transcol* e *Poty* distribuídos nas quatro zonas da capital.

O transporte público em Teresina é administrado pela Superintendência Municipal de Transporte e Trânsito - STRANS, que planeja e fiscaliza ação referente a transporte coletivo urbano e rural, taxis, moto taxis, transporte eficiente (para portadores de necessidades especiais) e transporte escolar, o órgão também atua no planejamento e implantação de medidas de funcionamento do trânsito no município. O transporte público coletivo da cidade de Teresina vem sofrendo mudanças significativas a partir do Plano Diretor de Transporte e Mobilidade Urbano de Teresina (PDTMUT) concluído em 2008, que prevê um sistema tronco-alimentado, que irá atender em melhores condições a população. Atualmente o transporte coletivo municipal de Teresina opera no sistema convencional que está dividido em três tipos de linhas: radiais, circulares e diametrais.

O Plano Diretor de Transporte e Mobilidade Urbana de Teresina(PDTMUT) propõem ações que visam melhorar o sistema de circulação da cidade, incluindo o conjunto de suas estratégias e mudanças no transporte coletivo, prevê um modelo tronco-alimentado, formado por oito terminais de integração.

Conforme Barra (2011) o sistema de transporte público por ônibus pode ser classificado em quatro níveis diferentes de integração: física, operacional, tarifária e institucional. A utilização do sistema integrado de transporte (SIT) proporciona ao usuário aumentar o número de viagens pagando somente uma tarifa, e assim economizando circunstancialmente, o que possibilita também uma redução na quantidade de veículos nas áreas com maiores congestionamentos usando principalmente as vias expressas.

Sorratini e Rodrigues (2005) define sistema integrado como um conjunto de medidas de natureza físico-operacional, tarifa e institucionais destinadas a articular e racionalizar os serviços de transporte público. Para Barra (2011) Os sistemas integrados de transporte podem oferecer benefícios reais, tanto para os usuários quanto para os operadores, na medida em que reduzem a quantidade de veículos nos principais corredores de tráfego.

### 4 METODOLOGIA UTILIZADA

Após a coleta dos dados primários e observações preliminares de campo, foi elaborado um questionário o qual foi submetido à comissão de ética da UFPI, e posteriormente aplicado

em dois terminais de integração: Itararé e Livramento, nos dias 3,4,10 e 11 de dezembro de 2016, nos turnos da manhã e tarde.

Na aplicação do questionário utilizou a técnica de preferência declarada (PD) no intuito de verificar a aceitação do usuário. Para fins de alcance dos objetivos deste trabalho, foram coletados no questionário quatro conjuntos de dados:

1. Perfil do entrevistado (usuário): abordando gênero, faixa etária e escolaridade;
2. Informação da viagem realizada: no que se refere aos dias e quantidades de viagens realizadas por ônibus;
3. Informações sobre o sistema em implantação: no que se refere à frequência dos ônibus, e segurança e conforto nas estações; conceituados através da escolha de bom, regular e ruim;
4. Informação sobre atributos de qualidade: o usuário deve escolher quatro fatores caracterizadores da qualidade dentre oito fatores (acessibilidade, lotação, confiabilidade, tempo de viagem, conforto, custo, segurança e características da parada/estação) apresentados que representa o serviço em implantação.

## 5 RESULTADOS ENCONTRADOS

De acordo com a pesquisa realizada foram diagnosticados a opinião do usuário sobre o sistema em implantação apresentados na tabela 1.

A tabela 1 abaixo apresenta os resultados da pesquisa no que se refere ao item 3 (sistema em implantação) do conjunto de dados apresentados na página 5.

Tabela 1. Resultados sobre o sistema em implantação.

Aspectos Consultados	Classificação		
	Bom	Regular	Ruim
O novo sistema possui intervalos satisfatórios	10%	14%	76%
Pontos de ônibus (estação) com cobertura ou abrigo oferecem conforto e segurança	36%	20%	44%
Com o novo sistema há ganho de Tempo	18%	10%	72%



Avaliação sobre o sistema (INTHEGRA)	14%	6%	80%
--------------------------------------	-----	----	-----

Observando a tabela 1, no primeiro item sobre o sistema em implantação foi perguntado ao usuário se o sistema de transporte em questão oferece intervalos regulares satisfatórios. Do total entrevistado, 76% dos usuários responderam que esse intervalo é ruim, ou seja, não é satisfatório, pois o usuário tem que passar um longo tempo à espera do outro ônibus no interior do terminal, sendo que essa troca de linhas é para acontecer em um curto espaço de tempo; 14% dos usuários alegam que são regulares os intervalos de tempo, existindo alguns atrasos, mas que possam ser corrigidos; 10% afirmam ser bom, ou seja, são satisfatórios os intervalos dos ônibus.

Ainda na tabela 1, no segundo item, foi questionado aos usuários a respeito dos pontos de ônibus com cobertura ou abrigo que compõe o sistema INTHEGRA, se oferece conforto e segurança; 36% dos usuários entrevistados responderam que são bons, possuem uma estrutura boa de bancos para sentar e cobertura contra sol e chuva; 20% deles alegam que são regulares, ou seja, alguns pontos de ônibus possui bancos para sentar, mas estão velhos e sucateados, e parte da cobertura não os protege totalmente; 44% dos usuários responderam que é de forma ruim, que não oferece conforto e segurança, não existe bancos e nem proteção contra sol e chuva, o que sinaliza o ponto de ônibus é somente uma placa imposta no local.

No terceiro item sobre o sistema em implantação foi perguntado ao usuário se com o sistema de transporte público (INTHEGRA) há ganho ou perda de tempo; 18% dos usuários responderam que há um ganho de tempo na sua viagem, pois dispuseram de mais opções de linhas de ônibus para fazer os deslocamento até seu destino final; 10% dos usuários responderam que o ganho foi regular; 72% dos usuários alegam que não há ganho de tempo com o sistema que está sendo implantado, pois, os passageiros chegam a esperar cerca de 30 minutos para embarcar nos ônibus da linha troncal, ocasionando assim atrasos para aqueles que precisam chegar em seu destino final no horário programado.

No quarto e último item sobre o sistema em implantação foi perguntado ao usuário como ele avalia o novo sistema de transporte público de Teresina em implantação; 80% dos usuários entrevistados alegaram que é ruim, ou seja, a partir do dia que começou a funcionar o sistema INTHEGRA quase sempre chegaram atrasados no seu destino final.

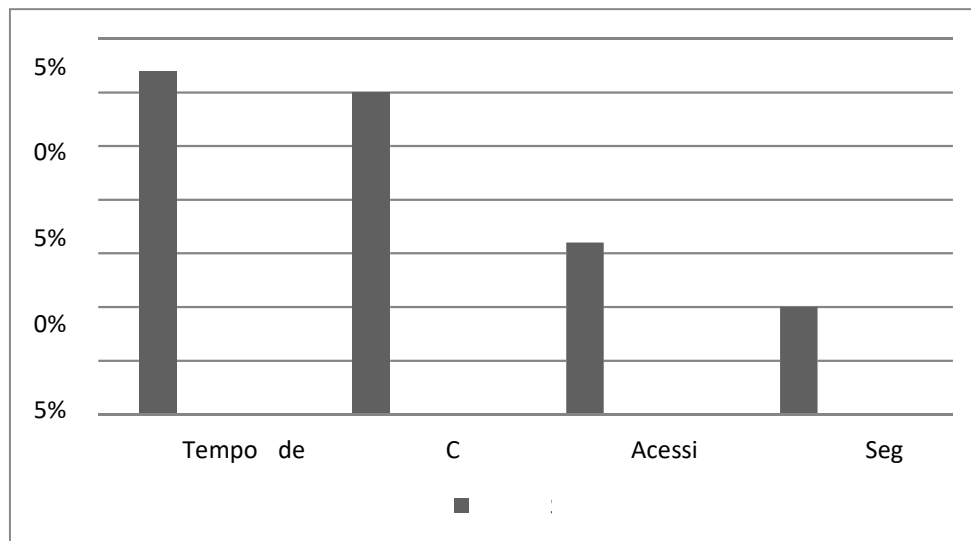
A tabela 2 a seguir apresenta os resultados da pesquisa no que diz respeito à opinião do usuário, quanto aos fatores caracterizadores de qualidade, que representa o sistema INTHEGRA.

Tabela 2. Fatores caracterizadores da qualidade.

Fatores	Nº de escolha	% do total
Acessibilidade	8	16%
Lotação	1	2%
Confiabilidade	2	4%
Tempo de Viagem	16	32%
Conforto	15	30%
Custo	2	4%

Segurança	5	10%
Características das paradas	1	2%
SOMATÓRIO	50	100%

Gráfico 1. Representação gráfica dos fatores caracterizadores da qualidade escolhidos pelo usuário.



A demora pelos ônibus nos pontos de parada e a saída de dentro dos terminais levam os usuários a apresentarem como insatisfatório o caracterizador tempo de viagem, fazendo com que aumente consideravelmente o tempo do percurso.

A implementação do sistema INTHEGRA tem como finalidade reduzir o tempo de viagem, pois os usuários passarão menos tempo nos pontos de ônibus e farão a troca das linhas dentro dos terminais em um menor espaço de tempo, mas na prática os usuários alegam que esse espaço de tempo de uma linha para outra não atende as necessidades.

A inclusão dos ônibus com ar condicionados no sistema de transporte de Teresina vem agradando aos usuários, afirmando que a viagem se torna mais agradável e digna de atender melhor ao passageiro que necessita cada vez mais de melhor conforto.

Para os usuários, o fator caracterizador da qualidade “confiabilidade” não está bem percebido no serviço de transporte público, pois os horários programados, poucos são cumpridos.

O resultado obtido através do fator caracterizador da qualidade “acessibilidade” mostra na opinião dos entrevistados, ausência de acessibilidade, tanto por deslocamentos longos de suas residências até os pontos de paradas como, também a falta de rampas elevatórias em ônibus para atender aos cadeirantes que utilizam o transporte público urbano.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na pesquisa foi aplicando a técnica de preferência declarada, através de um questionário no interior dos terminais de integração, constatando a opinião dos usuários sobre o novo sistema de transporte público de Teresina (INTHEGRA).

Dentre as perguntas relacionadas sobre avaliação do sistema INTHEGRA, os usuários avaliaram que esse sistema é ruim, ou seja, não está agradando aos 80% dos usuários entrevistados

A partir desta pesquisa foi constatado o grau de importância do transporte público urbano na vida das pessoas que dependem deste sistema de transporte público para sua locomoção.

A maior reclamação dos usuários na questão da integração se refere a questões de transbordo dentro dos terminais, pois o tempo de transferência de uma linha alimentadora para a linha troncal está acima do limite estipulado pela programação.

Concluindo a avaliação sobre o novo sistema de transporte público de Teresina a partir da opinião dos usuários entrevistados é preciso melhorias em todos os itens abordado no questionário; para que o usuário se sinta satisfeito e possa usufruir mais rotineiramente deste transporte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRA, R.A. **O impacto do transbordo em sistemas integrados de transporte coletivo por ônibus** [Manuscrito]: uma análise quantitativa e qualitativa no município de Belo Horizonte, Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, escola de Engenharia, Minas Gerais-MG,2011.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês)**. Escola de Engenharia da UFMG, Rio de Janeiro-RJ, Bloch, 1992.

FERRAZ, A.C.P; TORRES, I.G.E. **Transporte Público Urbano**, São Carlos, Ed. Rima,2001.

FERRAZ, Antônio Clóvis “Coca” P.; TORRES, Isaac G. E. **Transporte Público Urbano**. São Carlos – SP, Rima, 2004.

FILHO, C.L. **do bonde ao ônibus: o início do transporte coletivo de Teresina**.2015. Cidade verde.com. Disponível em: <[http:// cidade verde.com/ do-bonde-ao-onibus-o- inicio-do-transporte-coletivo-de-teresina-198184](http://cidadeverde.com/do-bonde-ao-onibus-o-inicio-do-transporte-coletivo-de-teresina-198184)> acesso em 05 de abril de 2017.

Internet – site :<<http://capitalteresina.com.br/noticias/teresina/entenda-o-novo-sistema-de-transporte-de-teresina-4376.html>>.(acesso 04/04/2017)

Internet – site :<<http://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2013/06/ministerio-publico-avalia-situacao-do-transporte-publico-em-teresina.html>>. (acesso 04/04/2017).

Internet – site :< <https://onibusparaibanos.com/2016/07/08/entenda-como-funciona-o-novo-sistema-de-integracao-de-teresina/html>>.(acesso 04/04/2017).

LIMA JR., O. F. **Qualidade em serviços de transporte: conceituação e procedimentos para diagnóstico**. São Paulo, Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo,1995.

RODRIGUES, M. A; SORRATINI, J. A. **A qualidade no transporte coletivo urbano**, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de engenharia civil- MG, 2016.

SILVA, R. **Estudo do transporte público urbano que serve o campus da UNIJUÍ: Uma abordagem da qualidade sob a ótica do usuário**. Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí – Rio Grande do Sul. 2005.

**SILVA, S. R. ; COSTA, C.R.R. O transporte coletivo na produção do espaço urbano em Teresina.**Revista equador, Universidade Federal do Piauí, 2016.

## ESTUDOS ALTIMÉTRICOS E DO COMPORTAMENTO GEOIDAL NO CAMPUS MINISTRO PETRÔNIO PORTELLA DA UFPI

Alessandro Rhadamek Alves Pereira

Engenharia de Agrimensura – Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.  
Universidade Federal do Piauí - UFPI. Centro de Tecnologia, Departamento de Transportes. Teresina-PI, Brasil.  
E-mail: alessandro.rhadamek@ufpi.edu.br

Wendson de Oliveira Souza

Engenharia Cartográfica – Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.  
Universidade Federal do Piauí - UFPI. Centro de Tecnologia, Departamento de Transportes. Teresina-PI, Brasil.  
E-mail: wendsonsouza@ufpi.edu.br

Giovana Mira de Espindola

Engenharia Cartográfica – Doutorado em Sensoriamento Remoto.  
Universidade Federal do Piauí - UFPI. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente  
(PRODEMA/TROPEN). Teresina-PI, Brasil. E-mail: giovanamira@ufpi.edu.br

**Resumo** - As Ciências Geodésicas por meio de suas metodologias e instrumentos de medição fornecem informações geoespaciais de uso corrente aos projetos de engenharia e gerenciamento territorial. O posicionamento preciso de pontos sobre o terreno, com coordenadas e atributos vinculados a um Referencial Geodésico, é um fator preponderante nos levantamentos e atividades de: mapeamento, obras de engenharia, georreferenciamento de imóveis e em diversas Ciências. Na atualidade é crescente a demanda pela densificação da Rede Altimétrica de Alta Precisão, do Sistema Geodésico Brasileiro. A materialização da coordenada altimétrica na superfície terrestre é representada pelas Referências de Nível (RRNN), cujas coordenadas são determinadas a partir das redes altimétricas existentes. Em consideração a pequena quantidade de Referências de Nível existentes no *campus* da UFPI, em Teresina, há a necessidade de implantar, densificar e ajustar uma rede de nivelamento a partir da única Referência de Nível (RN1660P) homologada pelo IBGE. Nesse sentido, esta pesquisa teve por objetivo dotar o *campus* da UFPI de uma estrutura altimétrica fundamental, destinada a desenvolver estudos altimétricos e do comportamento geoidal, apoiar o mapeamento e servir de suporte à expansão da Cidade Universitária e seu entorno no tocante às obras de engenharia, bem como, contribuir para o desenvolvimento do ensino, da pesquisa e da extensão realizadas pela UFPI. Cerca de 90% das atividades planejadas foram executadas de acordo com o cronograma estabelecido no plano de trabalho. Posteriormente, será realizado o preenchimento e envio dos formulários para homologação dos marcos.

**Palavras-chave:** implantação, homologação, referências de nível.

**Abstract** - Geodetic Sciences through its methodologies and measuring instruments provide geospatial information of current use to engineering and territorial management projects. The precise positioning of points on the terrain, with coordinates and attributes linked to a geodetic reference, is a preponderant factor in the surveys and activities of: mapping, engineering works, estate georeferencing and in several sciences. Nowadays, the demand for densification of the High Accuracy Altimetric Network of the Brazilian Geodetic System is increasing. The materialization of the altimetric coordinate in the terrestrial surface is represented by the Level References (RRNN), whose coordinates are determined from the existing altimetric networks. Considering the small amount of Level References existing on the UFPI Campus in Teresina, there is a need to deploy, densify and adjust a leveling network from the only Level Reference (RN1660P) homologated by IBGE. In this sense, this research aimed to provide the Campus of the UFPI with a fundamental altimetric structure, designed to develop altimetric and geoidal behavior studies, to support the mapping and to support the expansion of the University City and its surroundings in relation to engineering works, As well as contributing to the development of teaching, research and extension carried out by UFPI. About 90% of the planned activities were executed according to the schedule established in the work plan. Subsequently, will be completed and sent the forms for homologation of marks.

**Key-words:** implementation, homologation, level references.

## 1 INTRODUÇÃO

As Ciências Geodésicas por meio de suas metodologias e instrumentos de medição fornecem informações geoespaciais de uso corrente aos projetos de engenharia e gerenciamento territorial. A Geodésia, em especial, ao longo do tempo se ocupa em dimensionar e delinear a superfície terrestre via elementos geométricos e grandezas físicas através da execução de levantamentos geodésicos.

O posicionamento preciso de pontos sobre o terreno, com coordenadas e atributos vinculados a um Referencial Geodésico, é um fator preponderante na execução de levantamentos e atividades de: Mapeamento; Obras de Engenharia; Georreferenciamento de Imóveis, Levantamento Cadastral; Monitoramento de Estruturas e Superfícies, Levantamentos Batimétricos; e outras Ciências como a Geodinâmica, Geofísica, Oceanografia e áreas afins.

A Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE tem a responsabilidade de fixar as diretrizes e bases da cartografia brasileira, sendo que para tal procedimento, estabeleceu o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB formado pelas seguintes redes de vértices geodésicos de controle materializados na superfície terrestre: Rede Planimétrica, Rede Altimétrica, Rede Gravimétrica, Redes Estaduais GPS, Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC, Rede Maregráfica Permanente para Geodésia - RMPG (PEREIRA e AUGUSTO, 2004; ROQUE et al, 2006).

As Redes Altimétricas fundamentam-se suas investigações na determinação das altitudes ortométricas, isto é, altura definida pela separação da superfície física da Terra em relação ao Geóide (forma atribuída a Terra), contado ao longo da linha vertical, na qual o vetor da gravidade tangencia a linha de força. O Geóide é limitado pela superfície geopotencial, compreendida como sendo materializada pela superfície equipotencial melhor ajustada com o nível médio não perturbado dos mares, em repouso (DE FREITAS e BLITZKOW, 1999).

A adoção do geóide como superfície de referência esbarra no conhecimento limitado do campo da gravidade da Terra, em virtude do seu equacionamento matemático laborioso. No entanto, a superfície do Geóide é tomada como referência na determinação da altitude dos pontos na superfície terrestre. O conhecimento de pontos altimétricos, associados a parâmetros geométricos e grandezas físicas, tem uso vital na concepção e construção de empreendimentos (WENDSON, 2012). Com isso, a densificação de uma rede de nivelamento de precisão torna-se fundamental nas finalidades construtivas da engenharia.

Na densificação da Rede Altimétrica de Alta Precisão do SGB, são usados diferentes métodos de nivelamento, tendo como exemplo o geométrico, trigonométrico, barométrico e hidrostático. A materialização da coordenada altimétrica na superfície terrestre é representada pelas Referências de Nível (RRNN), cujas coordenadas são determinadas a partir das redes altimétricas existentes. Tais vértices servem de base ao desenvolvimento de diversos trabalhos (PEREIRA e AUGUSTO, 2004; SOUZA e SILVEIRA, 2008; IBGE, 2015).

Com o advento de novas tecnologias de nivelamento teve-se o desuso dos métodos poucos convencionais, como por exemplo, barométrico e hidrostático. Em contrapartida, intensificou-se o uso de métodos clássicos, tais como, trigonométrico e, em especial, geométrico. Nos dias atuais, o nivelamento se beneficia das possibilidades do Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS). Contudo, considera-se a escolha do método em função do objetivo operacional, características do que se quer nivelar, precisão requerida, custos envolvidos, tempo e instrumentos disponíveis.

Considerando a pequena quantidade de Referências de Nível existentes no *campus* da UFPI, em Teresina, existe a necessidade de implantar, densificar e ajustar uma rede de nivelamento, a partir da única Referência de Nível (RN1660P) homologada pelo IBGE, com o intuito de apoiar o mapeamento e servir de suporte à expansão da Cidade Universitária e seu

entorno no tocante às obras de engenharia, como arruamentos, saneamento básico, distribuição de água, energia e telecomunicações, entre outras aplicações, bem como, contribuir para o desenvolvimento do ensino, da pesquisa e da extensão realizadas pela UFPI.

Vale ressaltar que para a integração de Referências de Nível determinadas por outros órgãos e instituições ao Sistema Geodésico Brasileiro, faz-se necessário que sejam obedecidos diversos critérios técnicos definidos pelo IBGE, no tocante as normas de padronização, distribuição territorial, materialização e homologação (RODRIGUES, 1989 e 1999; IBGE, 2008; VAZ et al, 2012).

Baseado neste contexto, esta pesquisa teve por objetivo geral dotar o *campus* Ministro Petrônio Portella da UFPI, de uma estrutura altimétrica fundamental, destinada a desenvolver estudos altimétricos e do comportamento geoidal na UFPI.

Os seguintes objetivos específicos foram executados:

- Construir 16 (dezesseis) marcos geodésicos respeitando as normas vigentes;
- Integrar os marcos geodésicos ao Sistema Geodésico Brasileiro, usando como referências a Rede Altimétrica de Alta Precisão e as estações ativas da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo.

Durante a execução do cronograma de execução dos trabalhos foram ampliados diversos conhecimentos e aptidões técnicas na operação dos instrumentos e acessórios geodésicos e topográficos disponíveis no Laboratório de Geodésia e Topografia do Departamento de Transportes, do Centro de Tecnologia da UFPI, bem como, no manuseio de programas específicos de processamento, ajuste e análise dos dados.

## 2 METODOLOGIA

Primeiramente, foi elaborada uma revisão bibliográfica da legislação vigente relativa às normas de padronização, distribuição territorial, materialização e homologação de marcos geodésicos, usando recursos de busca e cruzamento de informações com o propósito de aprofundar os conhecimentos necessários para um melhor desenvolvimento da pesquisa.

Em seguida, no Laboratório de Geodésia e Topografia, do Departamento de Transportes, foram realizados diversos treinamentos referentes ao correto manuseio dos seguintes instrumentos, acessórios e programas, exibidos na Figura 1, da esquerda para direita: uma estação total *Ruide* RTS 822R3, um nível eletrônico digital *Ruide* DL-201, dois receptores GNSS *Spectra Precision Promark 220*, programas *Datageosis Office*, *GNSS Solutions* e editores de planilhas eletrônicas. Também foram usados vários materiais extras como piquetes, pinos metálicos, linha de náilon, facão, martelo, etc.

Figura 1 – Instrumentos e acessórios utilizados na pesquisa.



Fonte: O autor (2016).

Nesta etapa foram aperfeiçoados os conhecimentos metrológicos e aptidões técnicas necessárias à verificação e configuração dos instrumentos, acessórios e programas citados.

No laboratório e em campo foram ensaiadas várias campanhas de medições com os referidos instrumentos, todas respeitando as normas pertinentes e onde foram desenvolvidos ensaios metrológicos de verificação e calibração, anteriormente e posteriormente a cada campanha realizada.

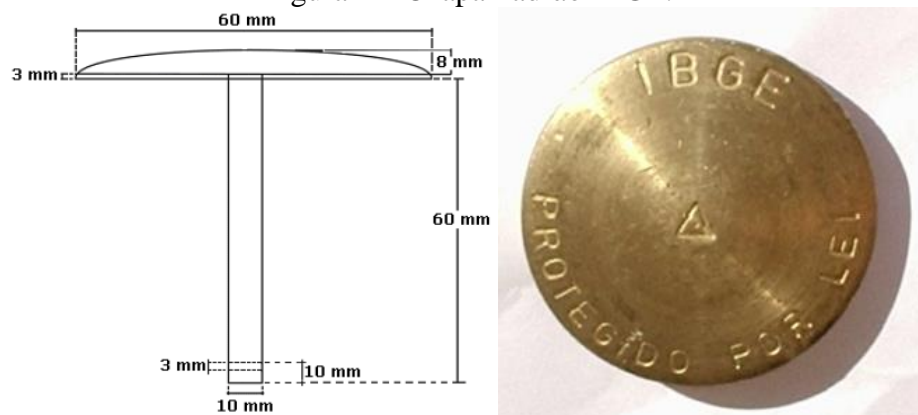
Dando continuidade, foi realizada escolha da área de materialização dos mesmos no *campus* Universitário Ministro Petrônio Portella contemplando os seguintes critérios:

- Segurança: evitar que os marcos sejam removidos ou sua estrutura seja alterada;
- Acessibilidade: instalar os marcos em locais fáceis de serem encontrados e ocupados pelos usuários;
- Estabilidade: impedir que os marcos sofram influência de fenômenos geológicos e geodinâmicos, como por exemplo, características topográficas, tipos de solo, efeito da vegetação, influência do fluxo de água, ambientes corrosivos, etc.;
- Visibilidade de satélites: evitar a obstrução do sinal e a presença do multicaminho devido à existência de superfícies refletoras.

Destacam-se os seguintes critérios técnicos de construção dos marcos geodésicos na Norma de Padronização de Marcos Geodésicos da Diretoria de Geociências (IBGE, 2008):

- O espaçamento entre os marcos, nas regiões urbanas, será de máximo de 1km;
- A confecção da chapa deve observar as especificações constantes na Figura 2;
- A chapa padrão IBGE deverá ser fixada no centro do topo do marco, quando a massa adquirir consistência suficiente e as inscrições na chapa deverão ser efetuadas antes de sua fixação no marco;
- Os marcos de concreto obedecerão ao formato e dimensões, mostrados na Figura 3;
- Na confecção dos marcos adotar o traço da mistura proporcional 1x3x3 (cimento, areia e pedra) e utilizar, sempre que possível, pedra britada nº 0 (zero) ou 1 (um);
- Os marcos de concreto receberão uma plataforma adicional de proteção construída a 10 cm da sapata de proteção lateral, utilizando-se a mesma massa com traço 1x3x3. A plataforma terá as dimensões de 20 cm de largura, 20 cm de altura e aflorando 10 cm do solo natural, efetuando-se a amarração das quinas através de vergalhão dobrado em ângulo reto.

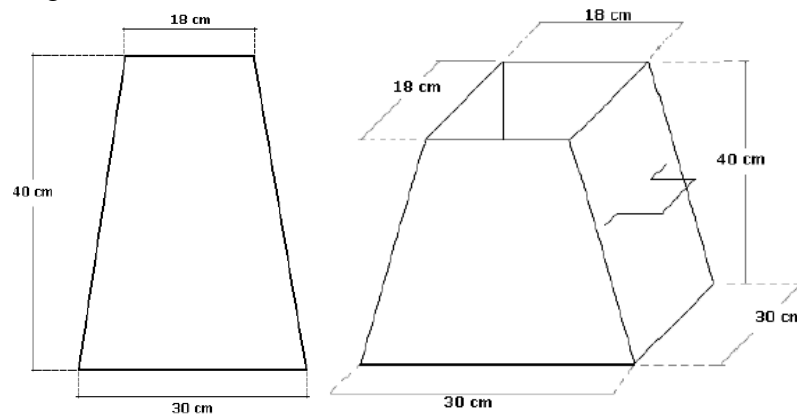
Figura 2 – Chapa Padrão IBGE.



Fonte: IBGE (2008).



Figura 3 – Perfil e Forma do Marco Piramidal Padrão IBGE.



Fonte: IBGE (2008).

Foram executadas visitas técnicas as diversas áreas de implantação dos marcos geodésicos sendo os mesmos implantados nas proximidades do Hospital Universitário (HU), Pórtico da UFPI, Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco (BCCB), Bloco do Curso de Design da Moda e Estilismo, Residência Universitária, Centro de Tecnologia (CT), Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL), Centro de Ciências da Educação (CCE) e Centro de Ciências da Natureza (CCN).

A concretização de uma parceria entre o Departamento de Transportes e a Prefeitura Universitária, formalizado por meio do Processo N° 23111.025509/2015-06, liberou recursos na ordem de R\$ 3.200,00 (três mil e duzentos reais) para a construção e implantação em campo dos dezesseis marcos geodésicos, visto que na execução desta tarefa foi exigida, além da aquisição dos materiais, a composição de equipe de pedreiros, ferreiros e ajudantes.

Por fim, depois de implantados, os marcos geodésicos nas áreas escolhidas, a etapa de planejamento das campanhas de coleta, processamento e ajuste dos dados de nivelamento envolveu inúmeras variáveis, tais como, seleção, verificação e configuração dos equipamentos, métodos de nivelamento, comprimento do lance, programa de processamento, precisão posicional altimétrica obtida, entre outras.

A fim de facilitar o entendimento do posicionamento das dezesseis referências de nível (RRNN) na área de estudo foram executadas campanhas com receptores GNSS com as seguintes características: Método de posicionamento relativo estático; Duração média de rastreamento de 20 minutos; Taxa de coleta de dados de 5 segundos; Ângulo de elevação de 15°; Sistema de Coordenadas UTM (SIRGAS2000). Para o processamento e ajustamento das observações GNSS foi utilizado o programa comercial GNSS *Solutions*.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 visualizam-se algumas características de um marco geodésico implantado e uma chapa de identificação confeccionada em alumínio.

Figura 4 – Vista de um marco geodésico implantado e de sua chapa de alumínio.



Fonte: O autor (2016).

Para a definição da localização de cada marco geodésico na área foram empregados os instrumentos, acessórios e programas citados anteriormente, sendo que na Figura 5 é exibida a localização das referências de nível (RRNN) no Campus Ministro Petrônio Portella.

Figura 5 – Localização das RRNN no *campus* da UFPI.

Fonte: O autor (2016).

Na Tabela 1 estão organizados os valores das coordenadas das dezesseis referências de nível, no Sistema de Coordenadas UTM, Este (E) e Norte (N), Fuso 23 Sul, SIRGAS2000, e altitude ortométrica (H) vinculada ao marégrafo de Imbituba-SC.

Tabela 1 – Coordenadas das RRNN.

Marco	UTM 23S SIRGAS2000		Imbituba-SC
	E (m)	N (m)	H (m)
RN-01	744503,25	9440140,05	77,363
RN-02	744469,84	9440231,20	76,065
RN-03	744410,77	9440299,46	74,837
RN-04	744221,46	9440322,58	71,115
RN-05	744075,10	9440223,45	71,166
RN-06	743704,30	9440238,08	64,434
RN-07	743738,54	9440578,43	64,341
RN-08	743989,63	9440875,78	64,249
RN-09	744937,00	9440800,00	66,221
RN-10	744011,49	9440503,54	68,094
RN-11	744052,70	9440683,39	68,194
RN-12	744108,00	9440832,00	65,974
RN-13	744207,72	9440692,83	67,698
RN-14	744611,71	9440458,65	74,940
RN-15	744734,33	9440250,57	78,650
RN-16	744925,68	9440422,00	77,887

Fonte: O autor (2016).

Por último, estão sendo preenchidos os formulários disponibilizados pelo IBGE, ao qual serão encaminhados para a Diretoria de Geociências – Coordenação de Geodésia, para a devida homologação das coordenadas das Referências de Nível implantadas na UFPI.

#### 4 CONCLUSÕES

Cerca de 90% das atividades planejadas foram executadas de acordo com o cronograma estabelecido no plano de trabalho, destacando-se os itens a seguir: Realização de revisão bibliográfica; Escolha da área, materialização, planejamento e execução das campanhas de nivelamento; Processamento de dados, análise e ajuste da rede altimétrica. Posteriormente, as seguintes etapas serão executadas: Preenchimento e envio dos formulários para homologação dos marcos geodésicos; e Elaboração de trabalhos para publicação em eventos científicos.

A localização das dezesseis referências de nível na área de estudo apresentam condições adequadas uma vez que atendeu os requisitos de padronização, distribuição territorial, materialização, segurança, acessibilidade, estabilidade e visibilidade de satélites.

O resultado mais impactante deste projeto de pesquisa foi à disponibilização das referências de nível (RRNN) à comunidade acadêmica e profissional envolvidas com o tema, destacando-se que esta estrutura altimétrica fundamental é destinada a desenvolver estudos altimétricos e do comportamento geoidal, apoiar o mapeamento e servir de suporte à expansão da Cidade Universitária e seu entorno no tocante às obras de engenharia, bem como, contribuir para desenvolvimento do ensino, pesquisa e extensão realizados pela UFPI, bem como, de apoio imediato à atualização da base cartográfica nacional, estadual e municipal.

#### AGRADECIMENTOS

A todos os professores envolvidos no desenvolvimento desta pesquisa e a Prefeitura Universitária, pelos recursos financeiros para à construção e materialização dos marcos geodésicos no campo e sem o qual seria improvável a realização do mesmo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE FREITAS, S. R. C.; BLITZKOW, D. Altitudes e Geopotencial. In: **IGeS Bulletin - Special Issue for South America**. Milan-Italy, v. 9, p. 47-61, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS**. Rio de Janeiro, 2015. Acesso em: 03/09/15. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm?c=7>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Padronização de marcos geodésicos**. Rio de Janeiro, 2008. Acesso em: 20/06/15. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/padronizacao\\_marcos\\_geodesicos.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/padronizacao_marcos_geodesicos.pdf)

PEREIRA, K. D; AUGUSTO, M. J. C. O sistema geodésico brasileiro e a lei de georreferenciamento de imóveis rurais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO – UFSC. **Anais...** Florianópolis, 2004. Disponível em: [http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2004/042.pdf](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2004/042.pdf).

RODRIGUES, A. C. Manutenção física dos marcos do sistema geodésico brasileiro. XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, SBC. **Anais...** Recife, 1999. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/artigos/2001-Manutencao\\_fisica\\_dos\\_marcos\\_do\\_Sistema\\_Geodesico\\_Brasileiro.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/artigos/2001-Manutencao_fisica_dos_marcos_do_Sistema_Geodesico_Brasileiro.pdf).

RODRIGUES, A. C; **Marcos geodésicos do IBGE**. V Encontro de Engenheiros Cartógrafos do Nordeste, Aracaju, 1989. Disponível em: <http://artigos.ibge.gov.br/pt/artigos-home/geodesia/ate-1989>. Acesso em: 20/06/15.

ROQUE, C. G; OLIVEIRA, I. C. de; FIGUEIREDO, P. P; BRUM, E. V. P; CAMARGO, M. F. Georreferenciamento. In: **Revista de Ciências Agro-Ambientais**. Alta Floresta, v.4, n.1, 2006.

SOUZA, G. F. de; SILVEIRA, L. N. da. Implantação de marcos geodésicos para projetos de construção e restauração de rodovias. In: **Revista Tecnologia e Ambiente**. Florianópolis, 2008. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/index.php/tecnoambiente/article/view/1090>. Acesso em: 20/06/15.

SOUZA, W. de O. **Aplicação de métodos para determinação do desvio da vertical na integração de posicionamento GNSS com levantamentos topográficos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação). Universidade Federal de Pernambuco – Eng. Cartográfica. Recife, 2012.

VAZ, J. A; SILVA, A. L. da; RIBEIRO, G. P. Estudos das etapas e critérios para homologação de marcos geodésicos SAT. IV SIMGEO – Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. **Anais...** Recife, 2012. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/>.

## ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ALTITUDE ORTOMÉTRICA E ALTURA ELIPSOIDAL NO CAMPUS MINISTRO PETRÔNIO PORTELLA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

Maylon Dante Vieira Pereira  
Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor  
maylondante.p@gmail.com

Islam Ígor Oliveira Sales de Carvalho  
Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor  
islam.igor@hotmail.com

Wendson de Oliveira Souza  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
wendsonsouza@ufpi.edu.br

**Resumo** – O uso de geotecnologias no desenvolvimento da sociedade tem apresentado papel relevante ao longo dos anos, o qual tem facilitado à execução de tarefas e melhorado a qualidade de vida dos seus indivíduos. Na engenharia o seu envolvimento tem sido requerido em atividades da construção de civil, em especial na redução do tempo de execução e no aumento da qualidade posicional. Diante disso, investiga-se a possibilidade de aplicação da altura elipsoidal em substituição da altitude ortométrica nas dependências do *campus* Ministro Petrônio Portella, da Universidade Federal do Piauí (UFPI). A altitude ortométrica vincula-se a linha da vertical tomada pelo vetor da gravidade a uma superfície física (geóide). Porém, a altura elipsoidal é referenciada pela linha normal a uma superfície geométrica (elipsoide). Em tais casos o conhecimento da ondulação geoidal torna-se desejável. Nesse sentido a pesquisa faz uso de instrumentos de medição, métodos de aquisição e processamento de dados, no que se refere a análise de discrepância de informações verticais no *campus* de estudo. Os resultados sugerem que o uso da altura elipsoidal é uma alternativa promissora para atividades de engenharia, quando não há variações significativas do modelo geoidal na área em questão.

**Palavras-chave:** Altitude ortométrica. Altura elipsoidal. Posicionamento GNSS. Nivelamento.

**Abstract** - The use of geotechnologies in the development of society played a relevant role over the years, what has simplified the execution of tasks and improved the quality of life of its individuals. In engineering, its involvement has been required in civil construction activities, especially in reducing execution time and increasing positional quality. Therefore, it is explored the possibility of applying ellipsoidal height in stead of the orthometric height in the surroundings of the campus Petrônio Portella, Federal University of Piauí (UFPI). The orthometric altitude is linked to the vertical line taken by the gravity vector to a physical surface (geoid). However, the ellipsoidal height is referenced by the normal line to a geometric surface (ellipsoid). In such cases, the knowledge of the geoidal undulation becomes desirable. In this sense, the study makes use of measurement instruments, data gathering and processing methods, regarding the analysis of vertical information discrepancy in the studied University campus. The results suggest that the use of ellipsoidal height is a promising alternative for engineering activities when there are no significant variations of the geoidal model in the studied area.

**Key-words:** Orthometric Altitude. Ellipsoidal height. Geoid undulation. GNSS positioning. Levelling.

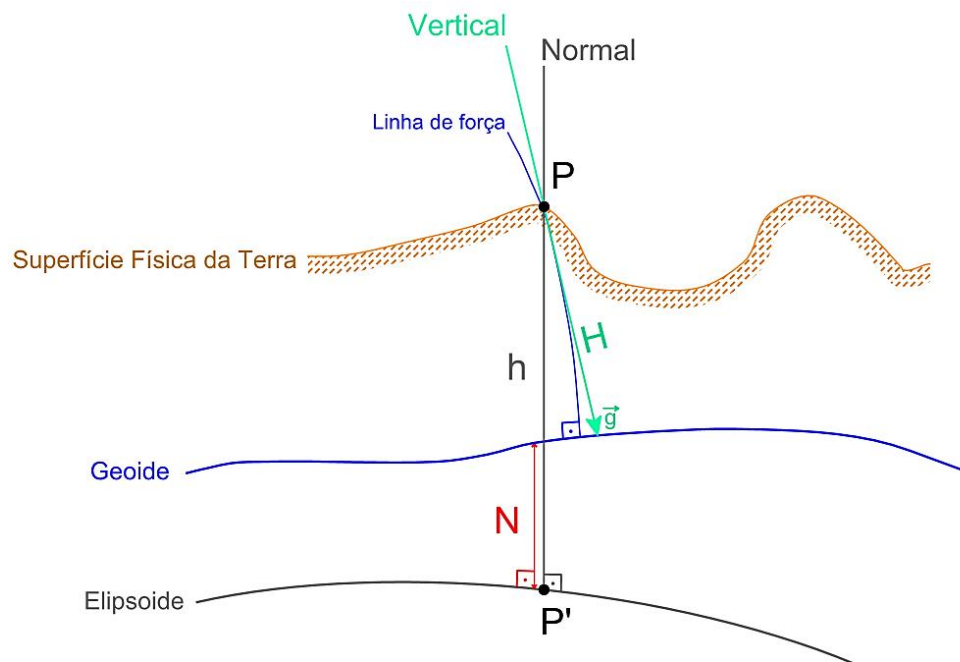
### 1 INTRODUÇÃO

A realização de uma obra de engenharia requer projeto previamente elaborado e conhecimento prévio da área onde o empreendimento será construído. Para a locação da obra é necessário conhecer a posição de pontos sobre a superfície terrestre. Sendo obtido a partir de coordenadas geodésicas cartesianas e/ou elipsoidais ( $\phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ). As duas primeiras são coloquialmente denominadas de “coordenadas planimétricas”, mesmo sem se referir a um

plano propriamente dito. A última é uma componente vertical e tem função de considerações e conceitos mais requintados (BLITZKOW; CAMPOS; FREITAS 2007).

Mediante as diversas superfícies de referências, varias são as possíveis componentes verticais existentes que é possível utilizar para a determinação da localidade do ponto, tais como, altitude nivelada, altura elipsoidal, altitude ortométrica, altitude normal, altitude científica, altitude de Helmert e altitude dinâmica (SILVA, 2012). Dentre as diversas possibilidades de informações verticais, duas se destacam por serem mais conhecidas e utilizadas, a altitude ortométrica ( $H$ ) e altura elipsoidal ( $h$ ), Figura 1.

Figura 1. Superfícies de referencia.



Fonte: Adaptada de Jekeli (2002).

Cada informação vertical possui método diferente de determinação, a altitude ortométrica obtida por meio de nivelamento com uma realidade física relacionada ao geoide e a altura elipsoidal obtida por meio de posicionamento pelo GNSS relacionado a um elipsoide de referência.

O nivelamento (geométrica, trigonométrica ou barométrica) depende de condições climáticas adequadas, custo elevado e longo tempo para sua execução. Uma alternativa na determinação de altitude ortométrica a um custo acessível e de maneira mais ágil se apresenta na utilização de tecnologia GNSS na obtenção de altura elipsoidal em conjunto com informação da ondulação geoidal, na compatibilização da altitude ortométrica.

Nesse sentido, a pesquisa tem por finalidade investigar o uso de altura elipsoidal em substituição da altitude ortométrica em atividades da construção civil tendo como referência o *campus* UFPI, em Teresina.

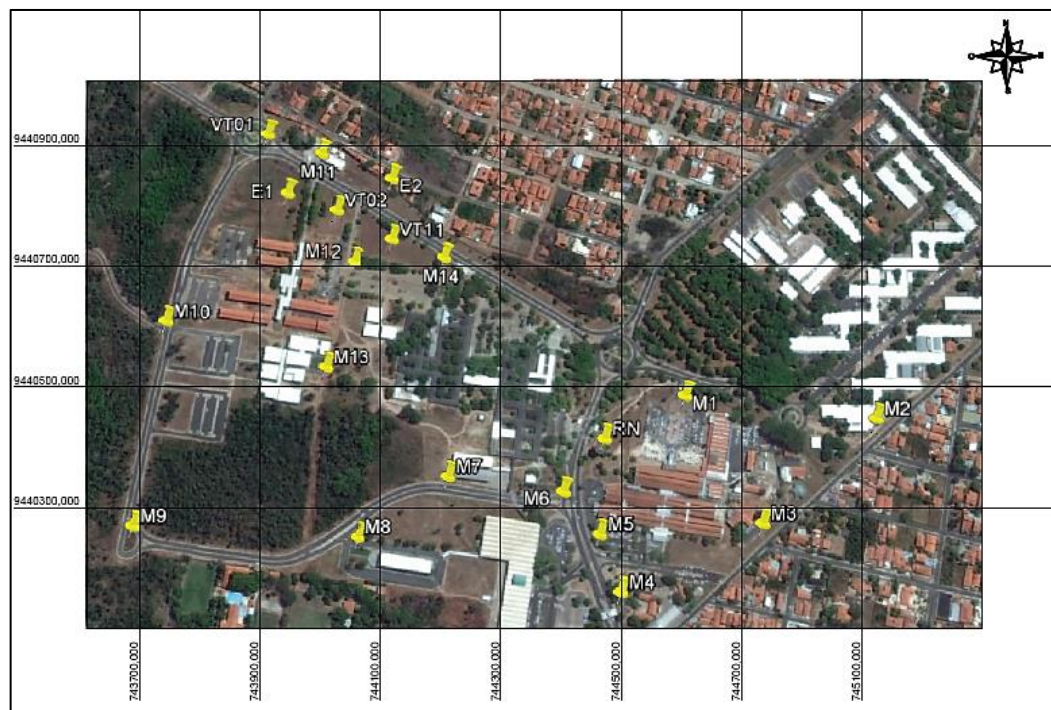
## 2 METODOLOGIA

Nesta seção apresenta-se o local de estudo, os marcos utilizados com base de estudo para coleta de dados; os equipamentos utilizados e recursos computacionais; métodos utilizados e formas de comparação dos dados.

## 2.1 Área de Estudo

Adotou-se como área de estudo o *campus* Ministro Petrônio Portella, localizado no município de Teresina-PI, pertencente à Universidade Federal do Piauí (UFPI), que compreende uma área aproximada de 1300 m x 800 m, para a investigação comparativa de referencial vertical de concepção física (do geóide) e matemática (do elipsoide). A escolha da área de estudo deu-se em função da materialização de Referência de Nível do IBGE (RN1660P) densificado ao longo do *campus* universitário, conforme a Figura 2.

Figura 2. Localização de marcos no *campus* da UFPI.



Fonte: Autor (2016).

## 2.2 Materiais Utilizados

Foram empregados os seguintes equipamentos e recursos computacionais:

- 01 (um) nível eletrônico DL-201 Ruide (Classe 4);
- 01 (uma) mira de código de barras;
- 01 (um) par receptor ProMark™ 220 GNSS L<sub>1</sub>/L<sub>2</sub>;
- 01 (um) bastão de suporte para antena do receptor;
- 01 (uma) licença do programa GNSS Solution Asthec-Magellan;
- 01 (uma) licença do programa MAPGEO2015;
- 01 (uma) licença de programa AutoCAD2015;
- 01 (uma) licença do programa ProGrid.

## 2.3 Aquisição de dados

A fase inicial de levantamento dos marcos geodésicos na área de estudo envolveu a etapa de planejamento (vistoria em campo), campanhas de medição (observação), processamento e ajuste de dados provenientes de nivelamento (desnível) e de rastreamento por satélites (código e fase da onda portadora), e, bem como, outros procedimentos a respeito da configuração de equipamentos e métodos utilizados.

As coordenadas geodésicas elipsoidais foram adquiridas em método de posicionamento relativo estático via receptor ProMark™ 220 GNSS L<sub>1</sub>/L<sub>2</sub>, referentes às constelações GPS e GLONASS. O levantamento por GNSS teve como características: antena com altura de 2 m (vertical); tempo médio de rastreamento de 30 minutos; taxa de coleta de dados de 5 segundos; ângulo de elevação de 15°; sistema geodésico de referência SIRGAS2000. Na etapa de processamento e ajustamento de observações foi empregado o programa comercial GNSS Solution Asthec-Magellan.

O levantamento topográfico foi desenvolvido a partir de nivelamento geométrico em método das visadas iguais, conforme com as recomendações da ABNT NBR 13133 (execução de levantamento topográfico). O instrumento empregado foi o nível eletrônico DL-201 Ruide (Classe 4), que permite precisão de 1 mm/km por duplo nivelamento.

Em seguida, as coordenadas dos marcos foram utilizadas na determinação da ondulação geoidal pelo uso do programa MAPGEO2015; tais como as coordenadas resultantes do posicionamento pelo GNSS e do nivelamento, Tabela 1.

Tabela 1. Tabela do posicionamento pelo GNSS e do nivelamento.

Marcos	SIRGAS2000			Referente à
	Latitude $\phi$	Longitude $\lambda$	Altura elipsoidal h (m)	Altitude ortométrica H (m)
M1	5°03'30,43262"S	42°47'37,49925"W	53,296	74,941
M2	5°03'31,59955"S	42°47'27,26773"W	56,235	77,890
M3	5°03'37,19935"S	42°47'33,45877"W	56,991	78,654
M4	5°03'40,82161"S	42°47'40,94608"W	55,679	77,368
M5	5°03'37,85908"S	42°47'42,04032"W	54,380	76,071
M6	5°03'35,64406"S	42°47'43,96490"W	53,123	74,837
M7	5°03'34,91248"S	42°47'50,11115"W	49,391	71,116
M8	5°03'38,15533"S	42°47'54,85015"W	49,473	71,168
M9	5°03'37,71992"S	42°48'06,88550"W	42,712	64,436
M10	5°03'26,64014"S	42°48'05,81175"W	42,600	64,345
M11	5°03'16,93566"S	42°47'57,69554"W	42,511	65,243
M12	5°03'23,18940"S	42°47'55,62763"W	46,481	68,200
M13	5°03'29,04733"S	42°47'56,94521"W	46,438	68,100
M14	5°03'22,86532"S	42°47'50,59774"W	45,983	67,696
E1	5°03'19,31982"S	42°47'59,49293"W	42,724	65,308
E2	5°03'18,40244"S	42°47'53,61716"W	43,650	66,365
VT-01	5°03'15,87048"S	42°48'00,77808"W	41,485	64,166
VT-02	5°03'20,22653"S	42°47'56,71633"W	44,551	66,283
VT-11	5°03'21,89370"S	42°47'53,50883"W	45,384	67,069

Fonte: Autor (2016).



A partir do programa ProGrid foi possível transformar as coordenadas geodésicas elipsoidais em coordenadas UTM, isto é, na construção de perfis via programa AutoCAD2015. Tais ações visam comparações foram entre:

- Altitudes ortométricas obtidas por nivelamento geométrico e alturas elipsoidais adquiridas pelo GNSS;
- Alturas elipsoidais pelo GNSS e altitudes ortométricas calculadas pelo uso da ondulação geoidal;
- Altitudes ortométricas por nivelamento e por ondulação geoidal.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ondulação geoidal foi obtida a partir da Equação 1 de forma aproximada e pelo uso do MAPGEO 2015. Posteriormente a isso, foi utilizado para determinar a altitude ortométrica calculada ( $H'$ ) a partir da altura elipsoidal ( $h$ ) e da ondulação geoidal ( $N$ ), Tabela 2.

$$N = h - H \quad (1)$$

Tabela 2. Tabela altitude ortométrica calculada ( $H'$ ), com base na ondulação geoidal.

Marcos	Altura Elipsoidal $h$ (m)	Ondulação Geoidal $N$ (m)	Altitude Ortométrica (m) $H' = h - N$
M1	53,296	-21,460	74,756
M2	56,235	-21,450	77,685
M3	56,991	-21,450	78,441
M4	55,679	-21,460	77,139
M5	54,380	-21,460	75,840
M6	53,123	-21,460	74,583
M7	49,391	-21,460	70,851
M8	49,473	-21,470	70,943
M9	42,712	-21,470	64,182
M10	42,600	-21,470	64,070
M11	42,511	-21,470	63,981
M12	46,481	-21,470	67,951
M13	46,438	-21,470	67,908
M14	45,983	-21,470	67,453
E1	42,724	-21,470	64,194
E2	43,650	-21,470	65,120
VT-01	41,485	-21,470	62,955
VT-02	44,551	-21,470	66,021
VT-11	45,384	-21,470	66,854

Fonte: Autor (2016).

Com estes dados, foi possível estimar os valores da discrepância entre a altitude ortométrica encontrada pelo nivelamento e a calculada a partir de altura elipsoidal em conjunto com a ondulação geoidal, expresso na Tabela 3, a qual é empregada para construção e análise dos perfis verticais.

Tabela 3. Tabela com discrepância entre altitudes ortométricas ( $\Delta$ ).

Marcos	Discrepância entre altitudes (m)
	$\Delta = H - H'$
M1	0,185
M2	0,205
M3	0,213
M4	0,229
M5	0,231
M6	0,254
M7	0,265
M8	0,225
M9	0,254
M10	0,275
M11	1,262
M12	0,249
M13	0,192
M14	0,243
E1	1,114
E2	1,245
VT-01	1,211
VT-02	0,262
VT-11	0,215

Fonte: Autor (2016).

Por meio dos perfis é possível visualizar a diferença entre a altitude ortométrica do nivelamento, a altura elipsoidal do posicionamento pelo GNSS e a altitude ortométrica calculada com a ondulação geoidal. Sendo três perfis:

- A Figura 3, que consiste no perfil comparativo entre a altitude ortométrica do nivelamento e altura elipsoidal do posicionamento GNSS;
- A Figura 4 que é o perfil da altitude ortométrica calculada pela ondulação geoidal com base na altura elipsoidal do posicionamento pelo GNSS;
- A Figura 5 que se expressa no perfil comparativo entre a altitude ortométrica do nivelamento e a altitude ortométrica calculada.

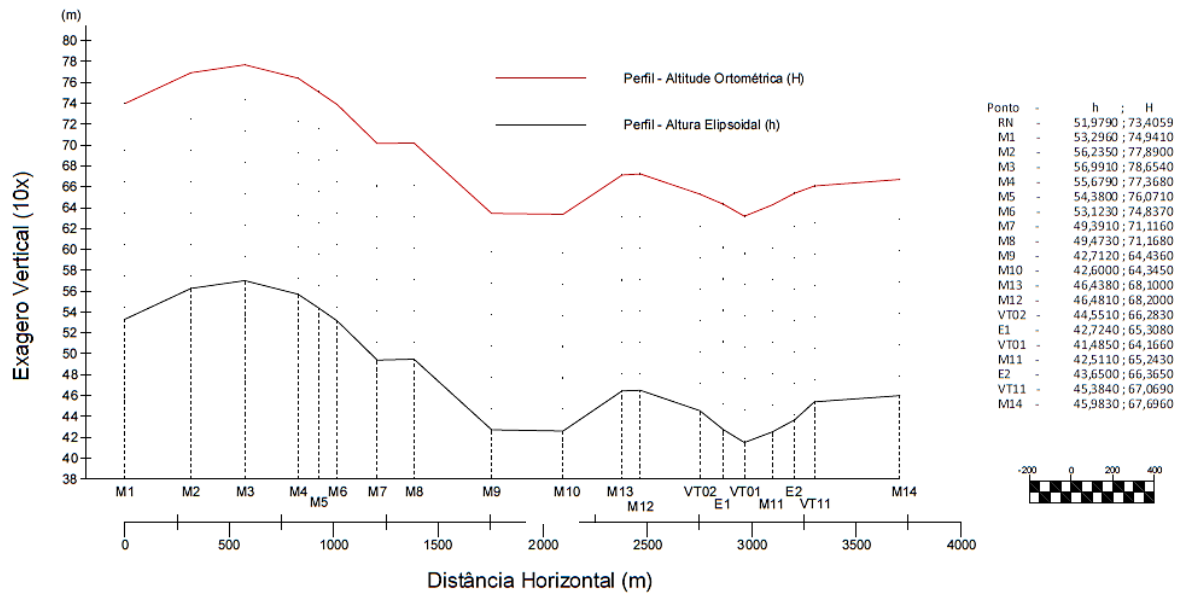
Analisando a Figura 3 fica evidenciada alta semelhança entre os perfis da altura elipsoidal e da altitude ortométrica nivelada, os quais têm uma constância visual ao longo do seu percurso, podendo ser visualmente identificado apenas uma mínima variação no traçado entre os marcos M11, E1, E2 e VT01.

O perfil da Figura 4 foi gerado como um auxiliar para o perfil da Figura 5. No qual consiste na utilização de altura elipsoidal juntamente com a ondulação geoidal na obtenção do perfil de altitude ortométrica calculada que será utilizado na Figura 5.

A respeito da Figura 5, é possível analisar tanto pelos perfis e suas tabelas, que as duas altitudes se mantêm bem próximas em todo o percurso, havendo apenas algumas poucas discrepâncias significativas (M11, E1, E2 e VT01), sendo a máxima de 1,2624 metros, no marco M11.

Figura 3. Perfil da altitude ortométrica e da altura elipsoidal.

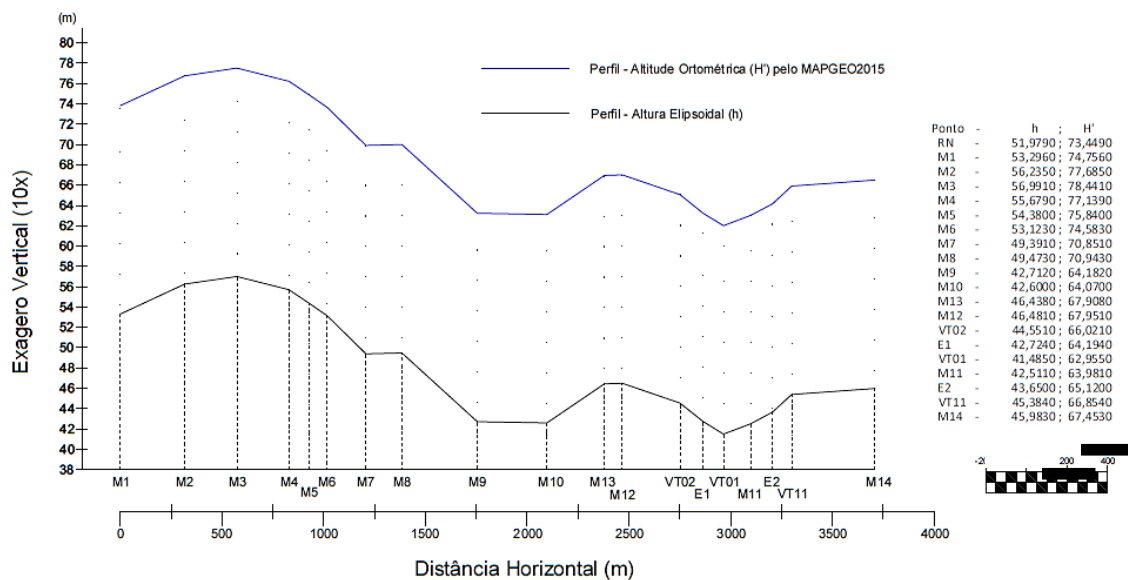
Perfil Comparativo entre  
Altitude Ortométrica (H) e Altura Elipsoidal (h)



Fonte: Autor (2016).

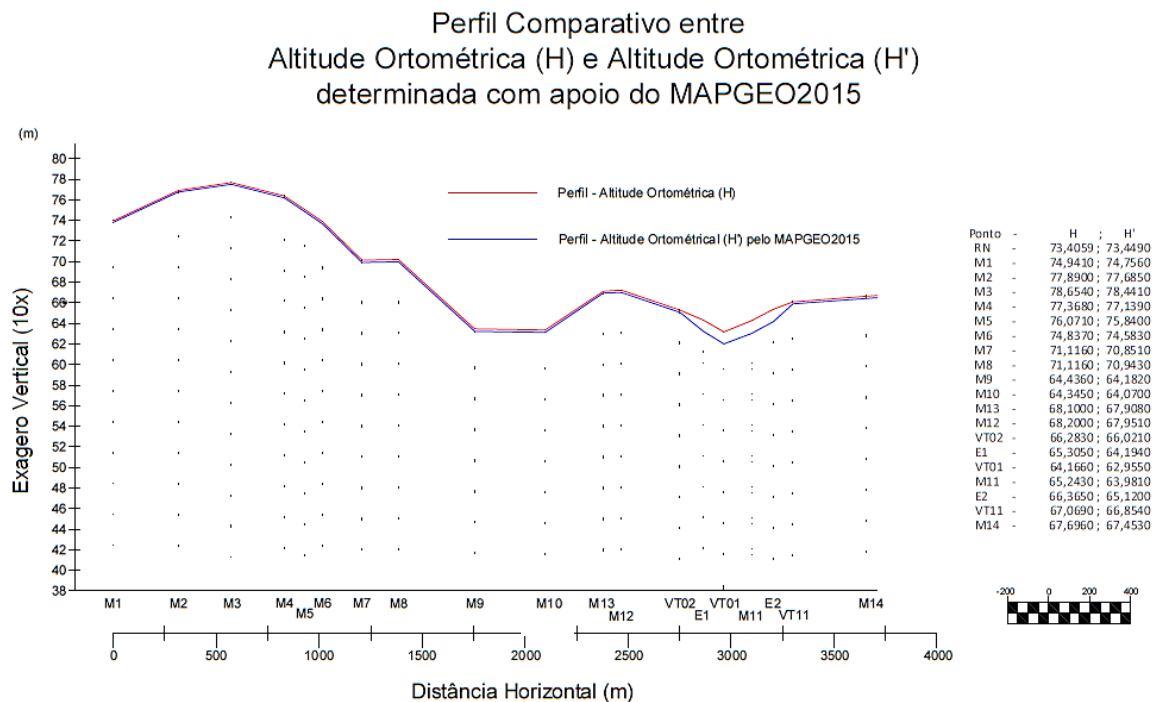
Figura 4. Perfil da altitude ortométrica calculada e da altura elipsoidal

Perfil Comparativo entre  
Altura Elipsoidal (h) e Altitude Ortométrica (H')  
determinada com apoio do MAPGEO2015.



Fonte: Autor (2016).

Figura 5. Perfil da altitude ortométrica e da altitude ortométrica calculada.



Fonte: Autor (2016).

Os marcos: M11, E1, E2 e VT01, apresentaram discrepância acima dos demais. É passível atribuir tais erros ao rastreamento por GNSS. Bem como, pode ter causa relacionada na ocupação dos marcos em dias diferentes, ou seja, com margem de possibilidade na alteração de constelação de satélites, nas condições atmosféricas e até mesmo na centragem da antena do receptor (SILVA, 2012).

Ao verificar os demais marcos há uma variação de até 0,28 m localizado no marco M10; de modo que o desvio-padrão médio dois marcos apresenta valor  $\pm 0,022$  m.

#### 4 CONCLUSÕES

A utilização de altura elipsoidal em substituição a altitude ortométrica para atividades da construção civil fica limitada a precisão instrumental exigida em obras de engenharia, e bem como, da extensão da área construtiva em questão e da variação significativa da ondulação geoidal. Em todo caso, ainda assim, é possível empregar tal substituição em levantamentos topográficos destinados a projetos básicos que exigem precisão da classe IIIN e IVN ou inferior, segundo a NBR 13133, e em atividades de cálculo de volume do terreno.

Porém os resultados encontrados não permitem a utilização de altura elipsoidal via posicionamento GNSS relativo estático de forma direta em obras de saneamento básico com exigência milimétrica, e para obras de pavimentação.

Como sugestão o uso da tecnologia GNSS RTK para a determinação da altura elipsoidal em substituição a altitude ortométrica é uma possibilidade mais confiável que outros métodos como o cinemático e o *Stop and Go*; uma vez que possui precisão mais acurada entre esses métodos, e com solução de ambiguidade simultaneamente ao levantamento.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133: **Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

BLITZKOW, D., CAMPOS, I. de O, FREITAS, S. R. C. – **Altitude: O Que Interessa e Como Equacionar Informações Espaciais II** – Notas de aula, Laboratório de Topografia e Geodésia – Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2007.

JEKELI, C. Geometric Reference System in Geodesy. Ohio State University, Lecture Note. 2002.

SILVA, Claudia Vergetti de A. - **Estudos das Discrepâncias Relativas entre as Altitudes Ortométricas e Geométricas e suas Implicações em Trabalhos de Engenharia**. Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, Recife, PE, Brasil, 2012..

# MAPEAMENTO DO CRESCIMENTO DA ÁREA URBANA E ÁREA DE PLANTIO EM URUCUÍ COM O USO DE IMAGENS DO LANDSAT 5 E 8

Eduarda e Silva da Cunha

Engenheira Cartografa e Agrimensora

Rua Antônio Rodrigues, N ° 2957, Bairro São Benedito, Timon - MA, Brasil

eduardasilva01@hotmail.com

Francisco Rannyell de Abreu Nunes

Engenheiro Cartografo e Agrimensor

the\_rannyel@hotmail.com

**Resumo** – O mapeamento de uso e ocupação do solo permite observar e analisar o comportamento da cobertura do solo de uma determinada região, as geotecnologias tornam possível este tipo de mapeamento pois a partir de dados adquiridos remotamente proporcionam uma vasta gama de dados que são usados nos mais diversos fins. Neste sentido o presente estudo tem como foco o mapeamento da expansão da área de plantio na cidade de Uruçuí-PI em relação ao crescimento físico da cidade entre os anos de 2006 e 2016. Para realização desta pesquisa foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e 8 adquiridas no site do INPE, e o limite municipal do IBGE. Todos os procedimentos realizados foram executados no software SPRING e QGIS. A presente pesquisa é relevante pois auxilia no conhecimento da atual situação da ocupação do solo. Com o presente estudo foi evidenciando que o município de Uruçuí perdeu bastante da sua vegetação nativa abrindo espaço para área de plantio, sendo que a produção destas áreas são as grandes responsáveis pelo crescimento econômico e físico da cidade.

**Palavra-chave:** Área de Plantio. Área Urbana. Mapeamento. Uruçuí.

**Abstract** - The mapping of land use and occupation allows to observe and analyze the soil cover behavior of a given region, geotechnologies make this type of mapping possible because from remotely acquired data they provide a wide range of data that is used in the most diverse Purposes. In this sense, the present study focuses on the mapping of the expansion of the area of planting in the city of Uruçuí-PI in relation to the physical growth of the city between the years of 2006 and 2016. For the accomplishment of this research, images of the satellites Landsat 5 and 8 Acquired on the INPE website, and the municipal boundary of IBGE. All the procedures performed were executed in SPRING and QGIS software. The present research is relevant because it assists in the knowledge of the current situation of land occupation. With the present study it was evidenced that the municipality of Uruçuí lost a lot of its native vegetation opening space for planting area, and the production of these areas are the major responsible for the economic and physical growth of the city.

**Key-words :** Planting Area . Urban area . Mapping. Uruçuí.

## 1 INTRODUÇÃO

O território brasileiro por sua grande área e diversidade climática sempre possuiu o cultivo de diversas culturas, assim, o desenvolvimento econômico do país constantemente esteve relacionado a atividade agrícola. Dentre os mais diversos plantios nacionais se destacam o cultivo de soja, milho, café, trigo, dentre outros. Entretanto, apesar da ampla área propícia ao cultivo, a mesma começou a se tornar improdutivo para a gama de necessidade do país, assim sendo, foi iniciada a exploração de uma nova região, a última fronteira agrícola do país, conhecida como MATOPIBA, uma região que nos últimos anos vem crescendo bastante quanto a área plantada; o MATOPIBA é composto pela região dos cerrados dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. O cerrado brasileiro corresponde a 22% da cobertura do solo nacional, e é composto por vários estados. Nos últimos anos com a expansão da última fronteira agrícola do país esse bioma sofreu bastante as consequências, visto que, o mesmo foi degradado para a produção de grãos. O crescimento da produção agrícola desta área deu-se por suas terras serem relativamente baratas, além de seu relevo plano, a característica do seu solo propícia ao cultivo, regime de chuvas, e o baixo valor da mão de obra, sendo tudo isso atrativo para os investidores.

O crescimento da área de plantio de uma região impacta de diversas formas o município, pois o mesmo além de atrair o interesse de investidores também proporciona maior circulação de capital gerando vários empregos diretos e indiretos, além de obter destaque a nível nacional. Isso foi exatamente o que aconteceu com o município de Uruçuí-PI, a cidade nos últimos anos cresceu bastante quanto a produção agrícola e vários impactos foram observados. Portanto, o objetivo do presente trabalho é mapear, analisar e discutir na faixa temporal de 2006 a 2016 a expansão da área de plantio em Uruçuí aliando-se ao crescimento físico da cidade.

O mapeamento da cobertura solo se torna importante para o conhecimento da ocupação do solo em momentos diferentes, conscientizando a população da ação do ser humano em locais antes inexplorado pelo homem. A escolha da área de estudo ocorreu pelo fato da cidade estar se destacando no cenário piauiense, sendo no ano de 2014 a quarta cidade de maior PIB-Produto Interno Bruto do estado, e, a primeira em PIB per capita.

Para investigar o crescimento no que tange a área de plantio e área urbana surge a necessidade de conhecer as dimensões dessa expansão, imagens de satélite auxiliam nessas descobertas, pois permitem observar e explorar a superfície terrestre de uma posição privilegiada CUNHA (2016). O presente estudo foi viabilizado com a utilização de imagens dos satélites Landsat 5 e 8 datadas dos anos 2006 e 2016. Ao longo do presente trabalho será apresentado os mapas de uso e cobertura do solo com as variações ocorridas ao longo da faixa temporal pré-estabelecida, os mesmos dados também serão transformados em gráficos para uma melhor visualização dos resultados encontrados.

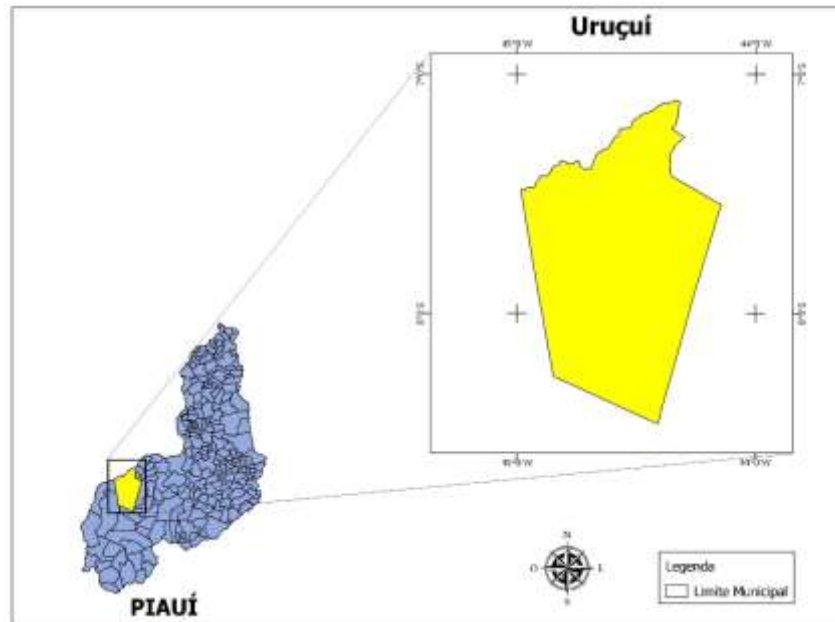
## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A cidade de Uruçuí está localizada no estado do Piauí, sendo a mesma situada nas coordenadas geográficas 07° 13' de latitude sul e 44° 33' de longitude oeste; limitando-se ao

leste com Sebastião Leal, Landri Sales e Manoel Emídio, ao Sul com Palmeira do Piauí e Alvorada do Gurguéia, ao norte com o estado do Maranhão e ao oeste com Ribeiro Gonçalves, Baixa Grande do Ribeiro e o estado do Maranhão. A cidade se encontra na microrregião do Alto Parnaíba Piauiense, e, também se localiza no MATOPIBA. A Figura 01 destaca a localização do município em estudo.

Figura 01. Localização de Uruçuí-PI.



Fonte: Adaptado de IBGE.

Uruçuí foi elevado à categoria de município em 1902, após o desmembramento de Aparecida IBGE (2016). A cidade se destaca quanto a produção de soja principalmente, como também milho, algodão; além da produção de óleo vegetal. Uruçuí possui um clima tropical subúmido quente com variações de temperatura entre 20°C e 31°C; a vegetação é tipicamente de campo cerrado, o que a torna propícia aos grandes plantios. O município segundo o CEPRO (2016) foi o quarto município no ranking dos dez maiores municípios piauiense quanto ao Produto interno Bruto-PIB, esse crescimento do município ocorreu devido aos serviços, indústria e agropecuária. Ainda de acordo com o CEPRO (2016) o município em 2013 e 2014 se manteve como o primeiro do ranking quanto ao PIB per capita.

## 2.2 Procedimentos

A averiguação do comportamento da expansão da área de plantio e crescimento da área urbana na cidade de Uruçuí iniciou-se com a aquisição das imagens Landsat 5 e 8, as mesmas foram obtidas no site do INPE (2017) gratuitamente. Essas imagens são referentes ao ano de 2006 e 2016 e já são entregues ortorretificadas e possuem resolução espacial de 30 m; ambas as imagens recobrem a cidade objeto de estudo.

Em seguida no site do IBGE foi feita a aquisição do limite municipal, para delimitar a área de estudo. Posteriormente a aquisição de ambos os dados mencionados, deu-se início a



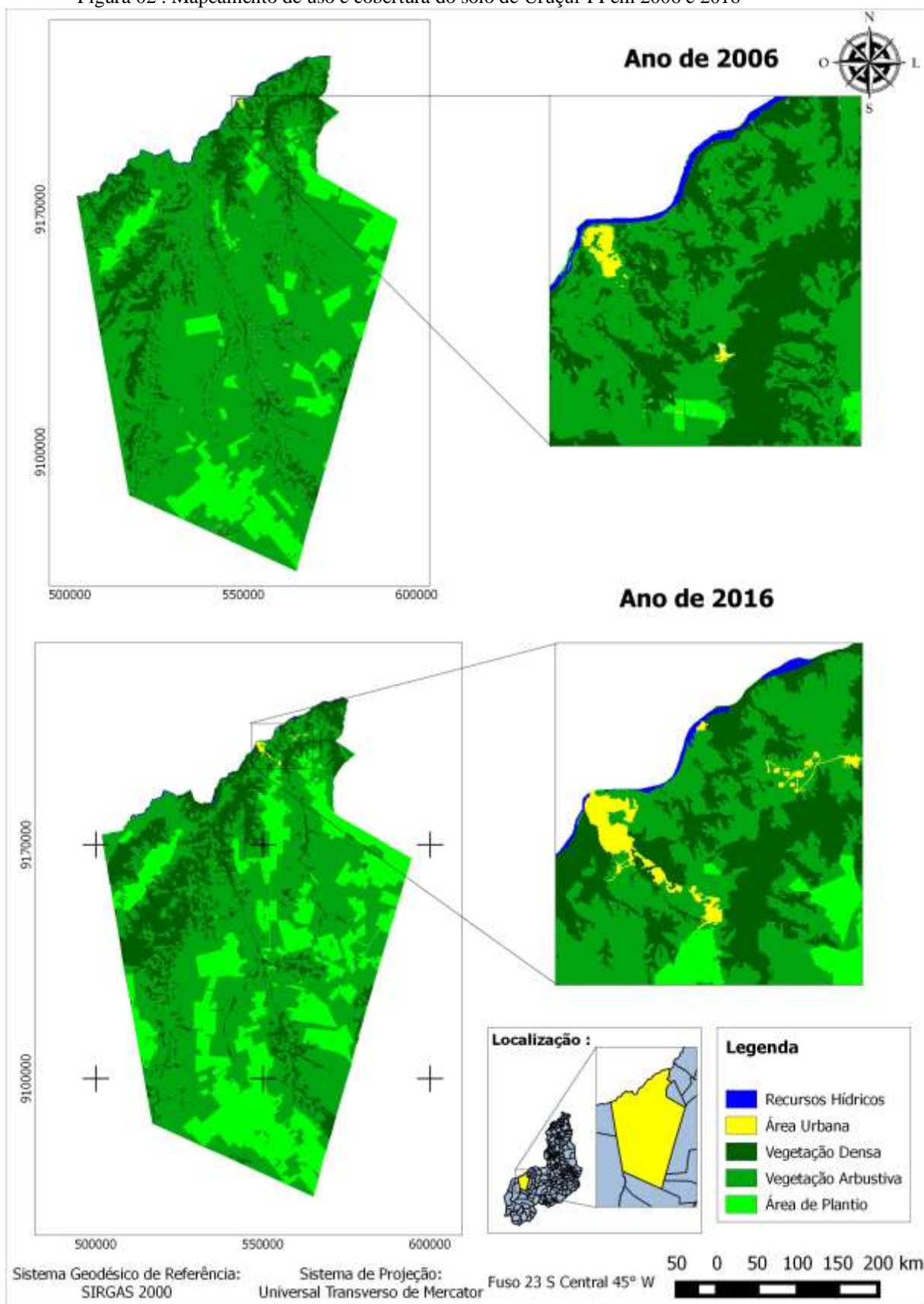
etapa processamento que foi realizada no software SPRING, nesta etapa foram feitos mosaico e recorte das imagens, respectivamente com os objetivos de associar imagens para um recobrimento total da área de estudo, e, restringi os procedimentos apenas a área de interesse. Posteriormente foram definidos os alvos de interesse para a presente pesquisa, sendo eles: recursos hídricos, área de plantio, área urbana, vegetação arbustiva e vegetação densa.

Com a distinção entre os alvos de interesse prossegue-se para a utilização da técnica de contraste, a mesma visa realçar e tornar de fácil distinção os alvos de interesse. Logo após, foi realizada a segmentação das imagens, essa técnica constitui-se de separar a imagem em regiões ou alvos de interesse. Posteriormente foi dado início a coleta de amostra para cada classe de interesse, a etapa do treinamento deve ser executada minuciosamente pois a partir dela será gerada a classificação, a boa coleta de dados refletirá no mapeamento o mais próximo do real possível. Em seguida foi realizada a classificação supervisionada ao qual utilizou como algoritmo Bhattacharya com limiar de 99% de aceitação, este algoritmo mede a “a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais” MENESES; ALMEIDA (2012p.216). Por fim, a última etapa realizada no presente trabalho foi a edição matricial, esse procedimento auxilia na edição de pixels que foram classificados erroneamente, e é realizado manualmente pelo analista. Todos estes procedimentos descritos foram executados no SPRING e ao final da edição matricial tornou possível a importação dos dados para o software QGIS, para que assim fosse elaborado o mapa final temático com as classes de interesse do trabalho.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O mapeamento do uso do solo nos anos de 2006 e 2016 com uso de imagens do satélite *Landsat 5* e *8* na cidade de Uruçuí viabilizou observar o quanto a zona urbana e a área de plantio se desenvolveu na última década. A seguir é apresentado o resultado do mapeamento temático na cidade de Uruçuí, a Figura 02 evidencia a ocupação do solo uruçuiense com os respectivos alvos de interesse: recursos hídricos, área de plantio, área urbana, vegetação arbustiva e vegetação densa

Figura 02 . Mapeamento de uso e cobertura do solo de Uruçuí-PI em 2006 e 2016

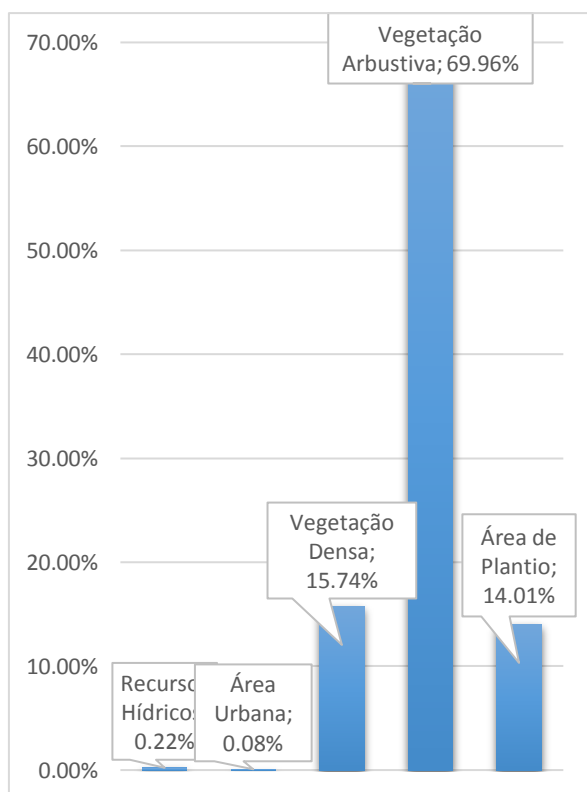


Fonte: elaborado pelo autor (2017)

O mapeamento temático (Figura 02) evidencia detalhadamente o quanto Uruçuí cresceu bastante nos últimos dez anos. Ainda há no município predominância de vegetação densa e arbustiva, entretanto, é notório o quanto em apenas uma década o município expandiu sua área de plantio; é possível observar que as regiões que há uma década estavam sendo utilizadas para área de plantio ainda continuam sendo utilizadas com o mesmo objetivo, e, o mais nítido é o aumento desta área; entre os anos de 2006 a 2016 a área de plantio no município teve um aumento de 96%, algo bastante expressivo.

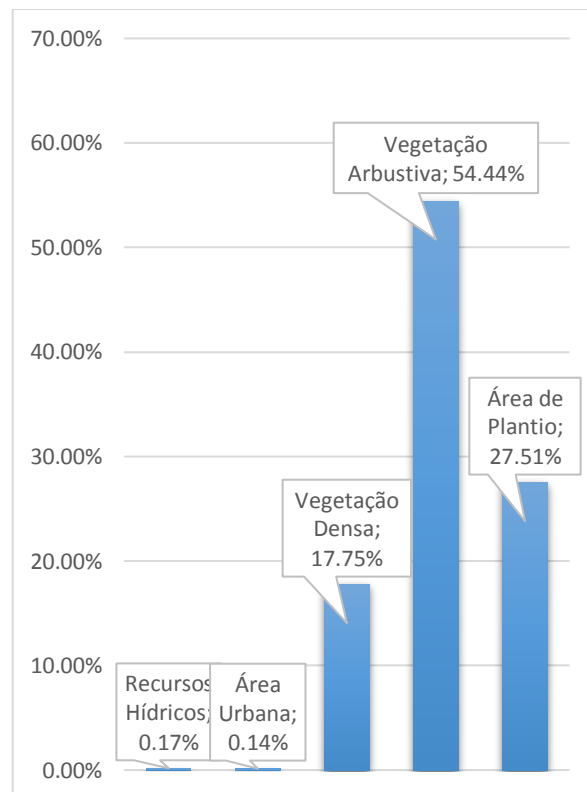
Ainda com base no mapeamento temático de uso e cobertura do solo uruçuiense foi possível transformar estes dados em gráficos, facilitando a visualização das áreas de interesse presentes nos mapas. Como pode ser constatado no ano de 2006 a cidade possuía apenas um total de 14,01%(Gráfico 01) do seu solo coberto por área de plantio, e, em apenas uma década este percentual foi para 27,51%(Gráfico 02),este crescimento na área de plantio da cidade ocorreu em consequência da expansão agrícola ocorrido nos últimos dez anos no cerrado piauiense.

Gráfico 01. Cobertura do solo de Uruçuí-PI em 2006



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Gráfico 02. Cobertura do solo de Uruçuí-PI em 2016



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Quanto a área urbana na última década o desenvolvimento físico da cidade foi de 75% em relação ao ano de 2006, passando a cidade de 0,08 % para 0,14%; é notável o crescimento da cidade mais nos sentidos sul e leste. Como apresentado no mapeamento e nos gráficos o município de Uruçuí entre 2006 e 2016 cresceu mais quanto ao seu espaço físico em sua área de plantio do que na sua área urbana. Pode-se dizer que nos últimos dez anos a cidade de Uruçuí duplicou sua área de plantio, e, conseqüentemente isto impulsionou a sua produção agrícola, e este mesmo crescimento influenciou no crescimento expressivo da cidade.

## 4 CONCLUSOES

A disponibilidade de aquisição das imagens gratuitamente do INPE facilitou bastante a realização do presente trabalho, pois permitiu toda a execução do mesmo, assim como também os dados disponibilizados pelo IBGE; permitindo alcançar ao objetivo do trabalho.

O presente trabalho possibilitou uma análise temporal do crescimento da área de plantio e urbana do município de Uruçuí entre os anos de 2006 e 2016, faixa temporal essa que abrange os anos de destaque quanto ao PIB da cidade. O comportamento da cidade tanto quanto ao crescimento da área urbana como área de plantio no presente trabalho foi apresentado por meio de mapa de uso e ocupação do solo e gráficos. Os resultados alcançados neste estudo foram atingidos com base em técnicas de processamento digital de imagens e dados de Sensoriamento Remoto.

Analisando os resultados obtidos na presente pesquisa é possível afirmar que nos últimos dez anos o município de Uruçuí perdeu bastante da sua vegetação nativa abrindo espaço para área de plantio, sendo que a produção destas áreas de cultivo são as grandes responsáveis pelo crescimento econômico e físico desta cidade essencialmente agrícola, e, ainda é possível observar que o crescimento físico da área de plantio de Uruçuí foi superior ao crescimento da área urbana da cidade. Tornando importante para a população o conhecimento das mudanças ocorridas na ocupação do solo em Uruçuí, conscientizando a mesma das consequências da ação humana em locais antes inexplorado pelo homem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA, Eduarda Silva da. Expansão urbana em Teresina, Campo Maior, Caxias e Timon: comparativo de concentração populacionais e asfálticas nas áreas periféricas da cidade. Teresina. 2016. Dissertação (Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) Universidade Federal do Piauí.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. Ampl. E atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. **PIB dos municípios**: Piauí 2014. 2016. Disponível em: <[http://www.cepro.pi.gov.br/download/201612/CEPRO14\\_6c37138d48.pdf](http://www.cepro.pi.gov.br/download/201612/CEPRO14_6c37138d48.pdf)>. Acesso em: 02 maio 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=221120&search=piau|urucui|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>>. Acesso em: 01 maio 2017.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **SPRING: Tutorial de Geoprocessamento**. 2006. Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>. Acesso em: 25 abril 2017.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2012. 276 p.

## MAPEAMENTO DO USO DA TERRA COM IMAGENS LANDSAT: A EXPANSÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO SUDOESTE PIAUIENSE

Elayne de Silva Figueredo  
Graduanda em Eng. Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
l.a.nha@hotmail.com

Giovana Mira de Espindola  
Dr<sup>a</sup> em Sensoriamento Remoto  
Coordenadora PRODEMA - UFPI  
giovanamira@ufpi.edu.br

**Resumo** - Este estudo objetivou identificar e analisar o avanço da ocupação agrícola na mesorregião Sudoeste Piauiense por meio do comparativo entre o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) da área de estudo e a quantidade de imóveis rurais certificados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), por meio do Sistema Nacional de Certificação de Imóveis (SNCI). Na metodologia foram utilizadas imagens de satélites disponibilizadas pelo site GLOVIS USGS, em seguida foi elaborado o mosaico das imagens no software SPRING 5.2.7 e confeccionado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) no software QGIS versão 2.8.1. Analisando – se o produto final confeccionado é possível discutir o modelo de ocupação e potencial agrícola da região. Os resultados demonstram um crescente avanço de áreas agrícolas principalmente nas porções noroeste e sudoeste da área estudada.

**Palavras-chave:** Expansão Agrícola, Uso da Terra, Índice de Vegetação.

**Abstract** - The objective of this study was to identify and analyze the advance of agricultural occupation in the Southwest Piauiense mesoregion by comparing the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of the study area with the number of rural properties certified by the National Institute of Colonization and Agrarian Reform INCRA), through the National System of Certification of Real Estate (SNCI). In the methodology, satellite images made available by GLOVIS USGS were used, then the images mosaic was elaborated in SPRING 5.2.7 software and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was created in QGIS software version 2.8.1. By analyzing the finished product, it is possible to discuss the model of occupation and agricultural potential of the region. The results demonstrate a growing advance of agricultural areas mainly in the northwest and southwest portions of the studied area.

**Key-words:** Agricultural Expansion, Land use, Vegetation Index.

### 1 INTRODUÇÃO

A expansão da fronteira agrícola em direção aos Cerrados Piauiense, também conhecida como “Era dos Projeteiros” (MORAES, 2000), foi iniciada ainda nos anos 70, e a partir desta década, a mesorregião Sudoeste Piauiense passou a enfrentar um processo acelerado de ocupação e uso da terra. Produtores sulistas<sup>1</sup>, usufruindo das boas características do terreno (topografia plana e de fácil correção química), e dos avanços tecnológicos fazem desta região uma importante fronteira agrícola (AGUIAR & MONTEIRO, 2005).

Fatores como o baixo valor comercial de terra e mão de obra de valor abaixo de mercado, extensas áreas territoriais não utilizadas, terrenos de fácil correção química e manuseio de maquinário, regime chuvoso bem estabilizado, propiciando um período de plantio e colheita bem estáveis (RUFO, 2013), associado à justificativa de que as outras

---

<sup>1</sup> Produtores agrícolas advindos da região Sul do Brasil em maioria do Rio Grande do Sul, localmente são conhecidos como produtores sulistas.

regiões apresentam um esgotamento superficial, fazem do Sudeste Piauiense uma região com potencial e importância para o novo cenário agrícola do país.

Nesse sentido, a Secretaria de Planejamento do Estado do Piauí (SEPLAN), através da Lei Complementar nº 87, de 22 de Agosto de 2007, consolida o Planejamento Participativo Territorial, com o intuito de implantar estratégias de desenvolvimento transformando regiões administrativas em territórios de desenvolvimento sustentável, os Territórios de Desenvolvimento são caracterizados como unidades de planejamento nas quais ações governamentais planejam incentivos para o desenvolvimento sustentável do estado (SENPLAN, 2007).

Nesse sentido o presente artigo tem por objetivo analisar o avanço da ocupação agrícola na mesorregião Sudoeste Piauiense por meio do comparativo entre o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) da área de estudo e a quantidade de imóveis rurais certificados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) por meio do Sistema Nacional de Certificação de Imóveis (SNCI).

## 2 METODOLOGIA

A área de estudo compreende a Mesorregião Sudoeste Piauiense que possui 74 municípios, com uma área de 128007,5 km<sup>2</sup>. Seu posicionamento é compreendido entre os meridianos -40° e -46° a Oeste do meridiano de Greenwich, e entre os paralelos -7° e -11° ao Sul da linha do Equador (IBGE,2002). Região de Bioma predominante Cerrado, também com incidência do bioma Caatinga. O clima é do tipo tropical subúmido e úmido (ALVES,2003), havendo também tropical semiárido quente, com estações chuvosas que variam entre o mês de novembro, quando começa a incidência das primeiras chuvas e vão até o mês de março. De dezembro a fevereiro as chuvas são mais intensas e frequentes (RUFO,2013), dessa maneira, as estações de chuva e seca são bastante distintas. A umidade relativa do ar é relativamente baixa, com valores pluviométricos anuais de 1100mm em média. O Sudoeste Piauiense possui altitudes que variam entre 176 a 871m. Segundo Rufo (2013), o relevo dessa área é caracterizado por dois tipos: as terras baixas e os platôs (Chapadas). Nas terras baixas a densidade demográfica é maior, devido a localização das cidades, relacionadas a proximidade aos cursos d'água. Os platôs também conhecidos como chapadas possuem características uniformes, apresentam altitudes médias de 400 a 600m, atualmente utilizados para espaçosos projetos de agricultura moderna. A tipologia dos solos de maior expressão na área é em maioria Latossolos, correspondendo a 46% da área, com variações de coloração vermelho a amarelo, incidência de solos pedregosos, rasos e arenosos na classe do Neossolos (BRASIL,2017). Os tipos de vegetação características são mata ciliares, com ocorrência em margens de curso d'água, matas secas localmente conhecida como "Carrasco" vegetações em rochas e florestas estacionais em período chuvoso.(BRASIL, 2017)

A base principal de dados desse artigo foi o portal GLOVIS USGS para aquisição das imagens do Satélite Landsat – 8, sensor OLI. O software SPRING 5.2.7 foi utilizado para a elaboração do mosaico das bandas espectrais da área de estudo e o programa QGIS versão 2.8.1, utilizado para a confecção do NDVI e manipulação dos dados no formato vetorial dos imóveis rurais certificados no INCRA por meio do Sistema Nacional de Certificação de Imóveis rurais, disponibilizadas no portal INCRA.

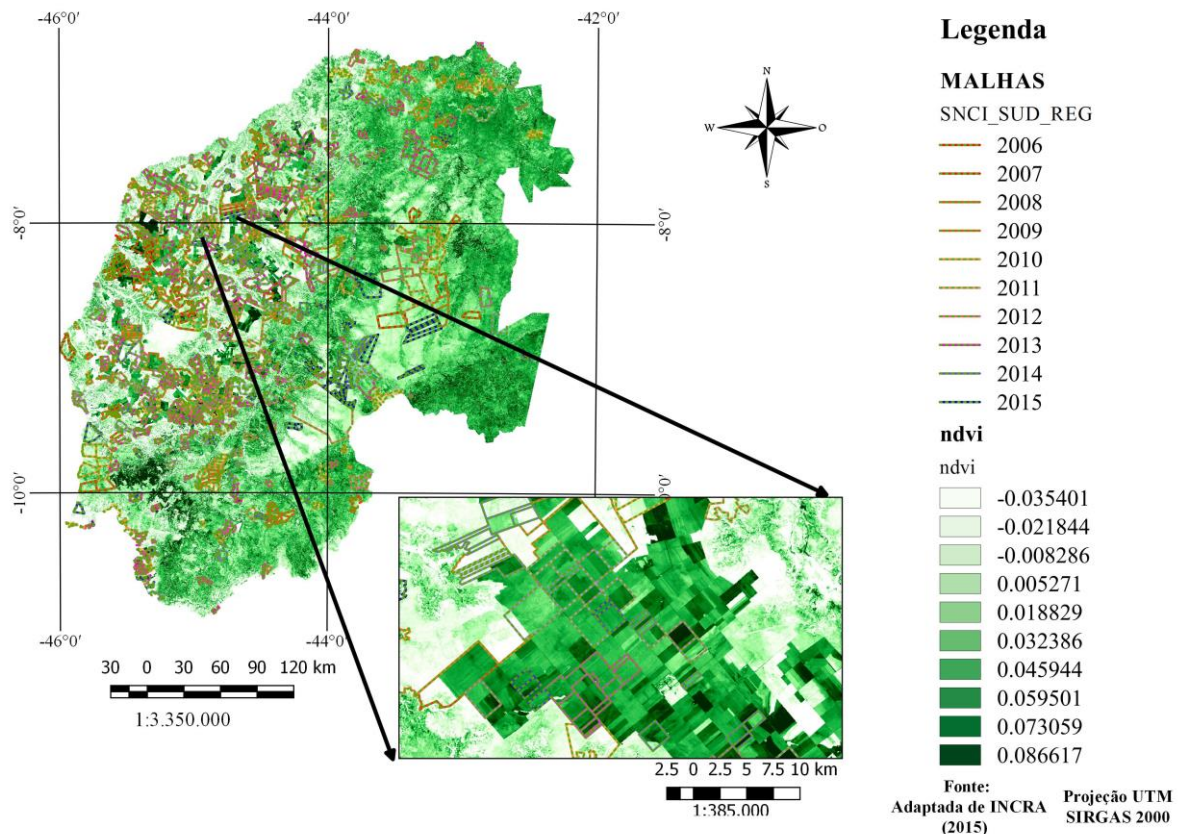
Visando-se uma melhor representação do uso da terra, optou – se pela análise da cobertura vegetal através da confecção de um mapa de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), (Figura 1) essa técnica baseia - se na diferença entre as reflectâncias da banda 4 ( infravermelho) e 3 (visível – vermelho) dividido pela soma das reflectâncias das mesmas.

Assim, através do resultado apresentado no NDVI, foi possível definir os níveis de vegetação existentes, além da identificação de áreas agrícolas devido às características homogêneas que essas áreas apresentam dentro das classes encontradas associando esse resultado ao comparativo de áreas certificadas nos órgãos responsáveis, proporcionando a análise do avanço na produção agrícola e ocupação da terra.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no mapa do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada sobreposto a malha de data de certificação dos imóveis rurais (figura 1), identificou – se que na região oeste, principalmente nas porções noroeste e sudoeste, encontra – se maior ocupação para fins agrícolas, visto que á uma maior proporção de certificação rural na região, além do enquadramento das áreas de NDVI e malha de dados do SNCI, apresentarem um tipo único de classe dentro de cada imóvel, isso é resultado de áreas utilizadas no plantio onde toda vegetação situada dentro do imóvel encontrar – se no mesmo estágio de desenvolvimento.

Figura 1. Mapa de NDVI da Mesorregião Sudoeste Piauiense, com sobreposição dos dados do SNCI.



Fonte: Autor

De acordo com o mapa do NDVI, classes entre os valores de -0,035401 e -0,08286 representam regiões onde o solo é exposto ou coberto por uma leve camada vegetativa e pequeno grau de refletância nas bandas espectrais 3 e 4, já classes com valores entre 0,005271 e 0,032386, a vegetação está iniciando o seu desenvolvimento e por isso o NDVI começa a aumentar, nas demais classes o solo já encontra – se com vegetações de tamanho significativo. Assim quanto mais escuro o tom de verde nas regiões do mapa, maior é o grau de cobertura vegetativa nessa região e quanto mais claro for o tom de verde, menor o grau significando uma área com solo exposto.



A identificação das áreas agrícolas foi feita por meio de regiões com características homogêneas de NDVI, o que leva essas áreas estarem dentro de um mesmo padrão de coloração devido á vegetação está no mesmo padrão de desenvolvimento e possuir áreas bem delimitadas.

Tabela 1. Distribuição de imóveis rurais certificados

<b>Evolução na Certificação de Imóveis Rurais</b>		
<b>Ano</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>2006</b>	2	0,2
<b>2007</b>	16	1,5
<b>2008</b>	66	6,4
<b>2009</b>	117	11,3
<b>2010</b>	116	11,2
<b>2011</b>	139	13,4
<b>2012</b>	163	15,7
<b>2013</b>	316	30,5
<b>2014</b>	78	7,5
<b>2015</b>	23	2,2

Fonte: INCRA adaptada pelo Autor

As propriedades de Imóveis Rurais certificadas no período de tempo analisado perfazem um total de 1036 imóveis (tabela 1), e estão distribuídos em todo o território correspondente a mesorregião Sudoeste Piauiense.

A partir do ano 2006, ano que iniciou – se a certificação dos imóveis rurais, é observado um avanço na quantidade de números de imóveis rurais certificados, esse crescimento é prolongado até o ano de 2013 o qual registrou o maior fluxo de registros com 316 correspondendo a 30,5 % do total cadastrado. Após o ano de 2013, houve uma queda na quantidade de registro.

As regiões noroeste e sudoeste do mapa apresentaram maior quantidade de imóveis cadastrados e maior disposição de regiões com classes homogêneas.

#### **4 CONCLUSÕES**

A mesorregião Sudoeste Piauiense apresenta grande ocupação de imóveis rurais em sua porção oeste, área essa de maior potencial agrícola, devido a sua localização dentro do bioma Cerrado.

Apesar do avanço na certificação dos imóveis rurais no Brasil, é possível observar que dentro da área estudada ainda encontra – se áreas que possuem utilização social porém não foram certificadas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) por meio do Sistema Nacional de Certificação de Imóveis (SNCI).

Levando-se em consideração as características locais que são favoráveis para a produção agrícola, e observar os locais de imóveis já certificados assim como as regiões de classes do NDVI com características bem homogêneas, conclui – se áreas utilizadas para a produção agrícola seja ela em grande ou pequena escala.

#### **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq/Capes pela concessão de bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

MORAES M. D. C., **Memórias de um sertão desencantado: (modernização agrícola, narrativas e atores sociais nos cerrados do sudoeste piauiense)**, 2000. Disponível

em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000210235&fd=y> . Acesso 05 de abril 2017.

FREITAS, R. E.& MACIENTE, A. N., **Mesorregiões Brasileiras com Expansão de área Agrícola**, IPEA, 2014. Disponível em: [ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/radar/151106\\_radar\\_41\\_cap2.pdf](http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/radar/151106_radar_41_cap2.pdf). Acesso 05 de abril 2017.

RUFO, T. F., **Modernização Agrícola no Sudoeste Piauiense: Impactos na rede urbana regional, no meio ambiente e nas comunidades**. Disponível em: [http://bdm.unb.br/bitstream/10483/7074/1/2013\\_TiagoFernandesRufo.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/7074/1/2013_TiagoFernandesRufo.pdf).. Acesso dia 05 de Abril 2017.

Portal Embrapa, **Desenvolvimento Territorial Estratégico para a região do MATOPIBA – Parceria INCRA e EMBRAPA (MDA e MAPA)**, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/index.html>. Acesso 05 de abril 2017.

EMBRAPA, **Tipos de solo no bioma cerrado**. 2016. Disponível em : [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_14\\_911200585231.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_14_911200585231.html). Acesso em 02 abril de 2017.

ALVES, V. E. L. , **Mobilização e modernização nos cerrados piauienses: formação territorial no império do agronegócio**. Dissertação (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 2006.

AGUIAR & MONTEIRO, **Modelo agrícola e desenvolvimento sustentável a ocupação do cerrado piauiense**,2005. Disponível: [www.scielo.br/pdf/asoc/v8n2/28610.pdf](http://www.scielo.br/pdf/asoc/v8n2/28610.pdf). Acesso em 08 de maio de 2017.

SEPLAN, **Planejamento Participativo**, 2007. Disponível : <http://www.antigoseplan.pi.gov.br/planejamento.php>. Acesso 09 de maio de 2017.

## APLICAÇÃO DA GEOESTATÍSTICA COMO FERRAMENTA DE ECONOMIA EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS

Leandro Italo Barbosa de Medeiros  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
Avenida Universitária, 915.  
leandro.medeiros@hotmail.com

Leonardo Guedes Neves  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
leoguedes\_eng@hotmail.com

Vicente de Paula Sousa Junior  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
vicentepsj@outlook.com

**Resumo** – Este artigo tem como objetivo demonstrar uma das aplicabilidades das ciências geodésicas aliadas a ferramentas de sistemas de informações geográficas (SIG). Neste caso, para o ramo da agricultura. Para este trabalho, buscou-se unir os dados de um levantamento topográfico a características físicas do solo, em especial, a resistência à penetração (RP), com uso da krigagem, realizada via *software* SIG. O intuito era encontrar um meio de reduzir os esforços aos funcionários e animais responsáveis pela parte do manejo do solo em uma pequena propriedade rural situada no município de Piripiri-PI, assim como o tempo necessário para desenvolver a atividade de preparo da terra. Os resultados demonstraram um grande poder da união das ferramentas SIG às ciências geodésicas, demonstrando grande eficácia para o desenvolver da atividade.

**Palavras-chave:** SIG. Geodésia. Krigagem. Resistência

**Abstract** - This article aims to demonstrate one of the applicability of the geodetic sciences and the geographic information systems (GIS) tools. In this case it was used for agriculture. In this work, it was managed the data of a topographic survey in addition to physical soil characteristics, in particular, the penetration resistance (PR), using the kriging method, performed through GIS software. The goal was to find a way to reduce human and animal efforts caused by the management of the soil in a small rural property in Piripiri-PI, as well as the time needed to develop a Soil preparation activity. The results demonstrated a great power of GIS tools and geodesic sciences, demonstrating great efficiency for the development of the activity.

**Key-words:** GIS. Geodesy. Kriging. Resistance.

### 1 INTRODUÇÃO

O ministério do meio ambiente, em concomitância ao Estatuto da Terra (1964), define o imóvel rural como sendo uma área contínua, independente da localização, a qual se destine, ou possa vir a se destinar, à exploração agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial. Estas áreas são classificadas em 4 conjuntos, de acordo com seu tamanho: minifúndio, pequenas propriedades, médias propriedades e grandes propriedades. Os minifúndios são os imóveis rurais com a área inferior a um módulo fiscal; as pequenas propriedades são as áreas entre um e quatro módulos fiscais; as propriedades médias têm entre quatro e quinze módulos fiscais; e as grandes propriedades possuem áreas superiores a 15 módulos fiscais. O módulo fiscal varia de acordo com o tipo de atividade predominante em cada município (INCRA, 2015).

Os minifúndios e as pequenas propriedades são as áreas responsáveis pelo abastecimento interno de alimentos e demais subsídios rurais no Brasil, haja vista que as

médias e grandes propriedades, em quase sua totalidade, desenvolvem atividades direcionadas à exportação de produtos. E em sua grande maioria, as menores propriedades ainda fazem uso de métodos rústicos de aproveitamento do solo, como por exemplo a capina e a colheita de forma manual, assim como o arado das terras com o uso de animais, o que torna o serviço um tanto moroso.

Um das principais atividades no preparo do solo para o cultivo é o arado das terras, que visa a diminuição da resistência do solo à penetração (RP), em linguagem local, “deixar a terra fofa”. A RP é tida como um dos fatores responsáveis pela limitação e desenvolvimento das culturas, pois esta é responsável por expressar o quão compactado se encontra o terreno. Para Richart *et al.* (2005), conhecer a RP, responsável pela redução dos macroporos do solo, é fundamental à tomada de decisões a respeito das ferramentas e técnicas utilizadas à prevenção do impedimento mecânico do desenvolvimento das partes imersas das plantas, as raízes. Haja vista que áreas cuja RP é superior a 2 MPa são tidas como críticas para o plantio de culturas.

No entanto, o arado das terras é um trabalho que implica em um grande esforço, principalmente para os pequenos proprietários, cujas atividades agrícolas são realizadas, em grande parte, de forma manual. Assim, necessita-se que novas ferramentas sejam utilizadas com a finalidade de melhorar o aproveitamento dos serviços desenvolvidos nestas propriedades, como o caso da geoestatística.

A Geoestatística possui como enfoque o estudo estatístico de um certo fenômeno natural que, por sua vez, é caracterizado pela distribuição no espaço de uma ou mais variáveis, as quais são nomeadas de "variáveis regionalizadas" (JOURNEL & HUIJBREGTS, 1978). Segundo Matheron (1963), a Geoestatística desenvolveu-se devido à inabilidade da estatística clássica em considerar o aspecto espacial de um fenômeno, o que constitui a feição mais importante de estudo geológico. Esta ciência é aplicada nas mais diversas áreas de estudos que envolvem a ocorrência de um certo evento natural relacionado à posição geográfica (coordenadas) deste evento, tendo como exemplo a cartografia, a hidrologia e a geotecnia.

Segundo Journel e Huijbregts (1978), a geoestatística possui como elemento fundamental a variável regionalizada, em que a variação espacial é a responsável por caracterizar o fenômeno que a originou, sendo estas possuidoras de características casuais e estruturadas, podendo assumir pontualmente qualquer que seja o valor, de acordo com uma função de probabilidade espacial. A esta função designasse o nome de função casual.

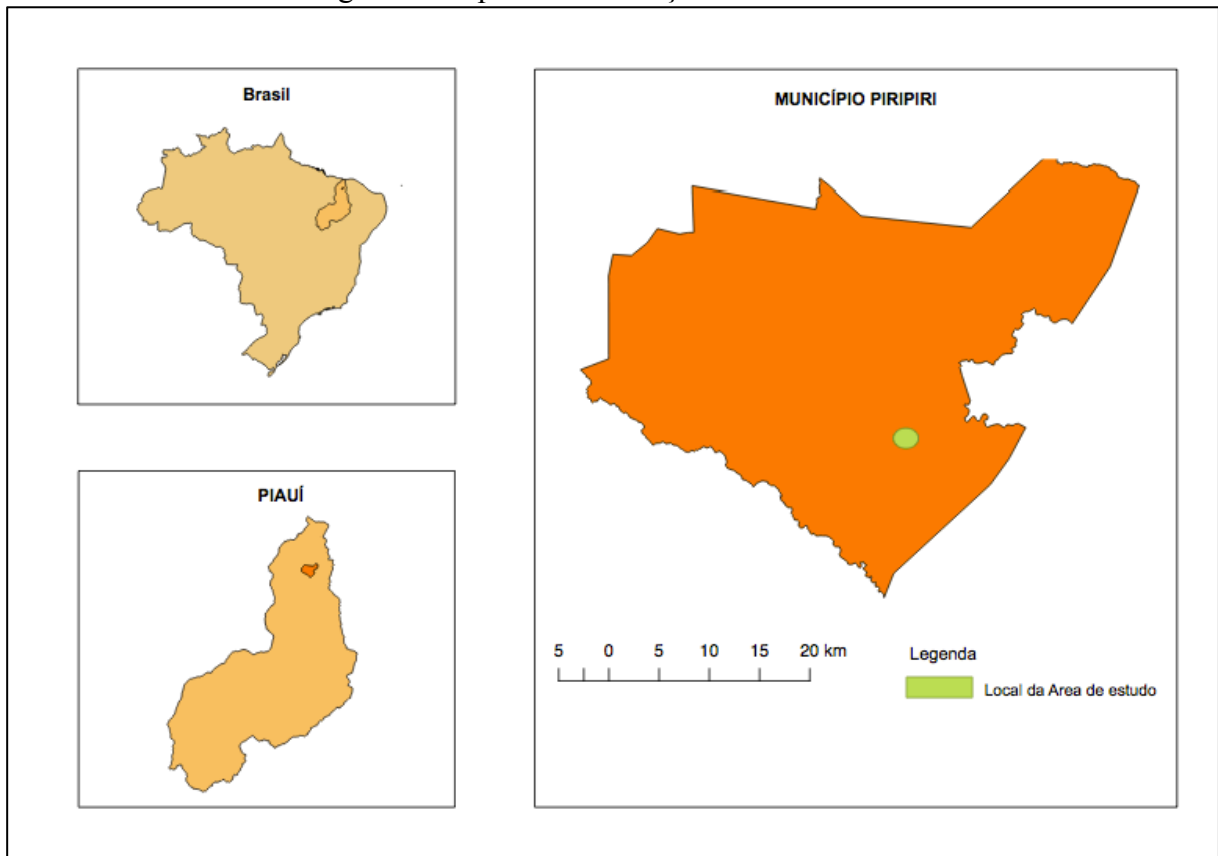
Assim, dentre os métodos utilizados em geoestatística, um dos mais utilizados é a Krigagem, que é constituído de um método de estimação linear, e é efetuado dentro de vizinhanças estacionárias, o qual visa minimizar o erro de estimação, sem a ocorrência de vies. Para tal, a krigagem faz o uso de um variograma, que é a descrição matemática do relacionamento entre a variância de pares de observações, e a distância entre estas observações. Contudo, as características dos demais pontos são determinadas por meio da inferência. Os principais modelos de variograma são: o esférico, o linear, e o exponencial. Ou seja, para um conjunto de dados, deve-se fazer a análise do seu variograma e adequar a função a um dos modelos.

Logo, este artigo tem como objetivo demonstrar a aplicação do método de estimação linear denominado Krigagem, com a finalidade de minimizar a necessidade do arado de terras em pequenas propriedades, em busca da redução dos esforços e do tempo de serviço necessário à esta atividade, tendo como base uma propriedade situada em um terreno pertencente ao DENOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), no município Piripiri, Piauí, utilizando como ponto crítico as áreas de RP superiores a 2 MPa.

## 2 ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA

A área de estudo está situada no perímetro irrigado do Açude Caldeirão, no município de Piriipiri - PI, distante cerca de 180 Km da cidade de Teresina. Esta é uma área cedida pelo DNOCS a agricultores residentes às margens do açude, os chamados colonos. O Açude Caldeirão tem como finalidade básica a regularização do Rio Caldeirão, garantindo a irrigação da fértil várzea da região, que se tornava inabitável nos períodos de seca (DNOCS, 1988). A Figura 1, a seguir mostra o mapa de localização da área de estudo.

Figura 1. Mapa de Localização da área de estudos



Fonte: Autores (2017)

O tipo de solo da área é o latossolo amarelo, que segundo a EMBRAPA, apresenta boas condições físicas de retenção de umidade, assim como boa permeabilidade, sendo intensivamente utilizados para culturas de cana-de-açúcar e pastagens, além de outras culturas, como o eucalipto. No caso estudado, o solo é utilizado para a cultura de melancia, milho e feijão, alternando entre estas no decorrer do ano. O município tem um clima tropical, com pluviosidade muito superior no verão do que no inverno. O clima é do tipo Aw de acordo com a classificação de Köppen e Geiger, com uma temperatura média de 26.6 °C, e pluviosidade média anual igual a 1520 mm. Usou-se deste calendário meteorológico para realizar-se o levantamento do terreno em período de poucas chuvas.

Por não se tratar de trabalho que exigisse uma alta precisão posicional, utilizou-se para o levantamento dos pontos internos um gps de mão, modelo Etrex 30 X, da marca Garmin, com erro médio RMS de 3,6 m, segundo o fabricante. Os vértices da poligonal em estudo já haviam sido levantadas anteriormente, e as suas coordenadas foram cedidas pelo arrendatário do terreno. A Tabela 1, a seguir, traz as coordenadas dos vértices da poligonal, no sistema

UTM, e segundo memorial mostrado pelo arrendatário do terreno, foram levantadas com o uso de um par GNSS modelo PROMARK 220, no modo relativo estático, em 2009.

Tabela 1. Lista de coordenadas UTM dos vértices da área de estudo

ID do Ponto	E (m)	N (m)
1	195128.70	9523306.21
2	195528.04	9524041.96
3	195729.55	9523839.86
4	194924.80	9523503.35

Fonte: Memorial descritivo do Terreno (2009)

Inicialmente, fez-se a introdução das coordenadas dos vértices da área no *software* Autocad civil 3d 2015, onde gerou-se o polígono referente a área, e um arquivo do tipo shapefile. Fez-se então a divisão desta área em lotes de 40 por 40 metros, ainda no mesmo programa. As coordenadas internas foram obtidas das intersecções das linhas internas, sendo estas em seguida utilizadas para o posicionamento da área interna do polígono, ou seja, para os pontos dos quais foram realizadas as sondagens.

Para a medição da RP em cada um dos pontos, utilizou-se um penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar, da marca Stolf. Onde mediu-se a quantidade de impactos necessários para que a haste graduada ultrapassasse quatro camadas do terreno, sendo cada uma destas com profundidade de dez centímetros, ou seja, a primeira camada encontra-se entre 0 e 10 centímetros, a segunda entre 10 e 20 centímetros, a terceira de 20 a 30 centímetros, e a quarta de 0,3 a 0,4 metros. Os valores foram em seguida convertidos para a unidade MPa (mega pascal), com o objetivo de adquirir a resistência de cada camada à penetração.

O passo seguinte foi a criação de um arquivo shapefile do tipo ponto, contendo todos os pontos internos à poligonal. A tabela de atributos destes pontos contém seu ID, a localização (E, N), e uma quarta coluna, a qual contém a resistência à penetração em cada um destes pontos. Para tal, fez-se uso do *software* Arcgis 10.2, versão inglês, estudantil, da desenvolvedora americana ESRI. Os pontos foram submetidos à análise para a verificação de qual modelo de variograma os dados se encaixavam.

O tratamento geoestatístico dos dados foi feito através da ferramenta *ordinary kriging*, da aba *geostatistical analyst*, do ArcGis, onde escolheu-se os dados referentes à RP de cada camada para as chaves interpolação dos dados, e em seguida gerou-se o mapa de predição dos dados, onde adequou-se o modelo linear de semivariograma. Gerou-se então o mapa temático referente a krigagem de cada camada, correspondendo à intensidade da RP para cada uma destas.

Os mapas temáticos foram recortados utilizando-se como base o polígono gerado pelos vértices da poligonal, através da ferramenta clip. O que adaptou os mapas gerados à área da poligonal em questão.

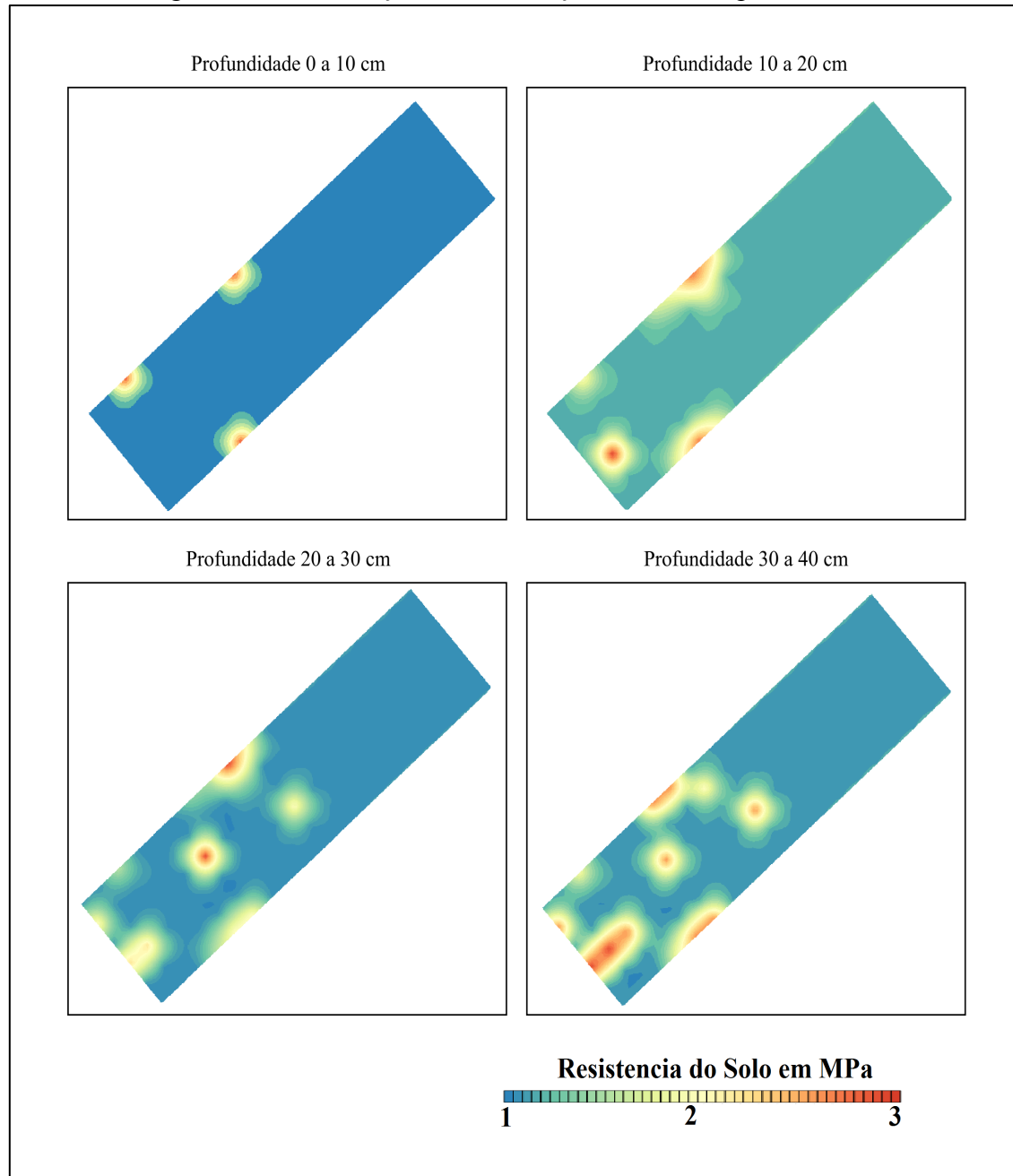
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas temáticos gerados, Figura 2, originados pela krigagem dos pontos levantados, demonstram a RP do solo para cada região, em cada camada. A partir da análise destes mapas é possível determinar em quais regiões o arado das terras se faz realmente necessário.

Observou-se que a RP incrementa-se de acordo com a profundidade, mas que nem todo o terreno teve igual incremento. As partes vermelhas e avermelhadas dos mapas representam em quais partes, a técnica é realmente necessária, já as partes verdes representam as regiões onde a terra já está praticamente pronta para o plantio.

A partir da análise dos mapas, nota-se que somente um terço das terras serão aradas para o plantio das culturas, o que implica em uma grande redução de tempo e esforço, haja vista que o arado do terreno em questão é realizado com o uso de animais. A redução de dois terços na parte a ser trabalhada implica também na redução de dois terços do tempo de serviço dos animais e pessoas.

Figura 2. Demonstração da distribuição da área RP por camadas



Fonte: Autores (2017)

Da Figura 2 pode-se verificar que a ocorrência de áreas com RP superior a 2 MPa, o que foi determinado como ponto crítico para este trabalho, predomina nas camadas que vão da profundidade de 10 cm a 40 cm. De maneira análoga, a camada de 0 a 10 cm de profundidade apresenta poucas áreas com resistência superior a 2 MPa.

A evidência de menores valores de RP na camada superficial pode ser justificada pela forma de manejo do solo para a área, o qual não é realizado com a presença de grandes

máquinas, como as colheitadeiras. Assim, a compactação das camadas inferiores podem ser justificadas pela pressão exercida pelas camadas superiores.

#### 4 CONCLUSÕES

Os sistemas de informações geográficas (SIG) demonstram cada dia mais sua abrangência, sendo usados nas mais diversas aplicações, incluindo a agricultura, como aqui demonstrado. A ferramenta escolhida mostrou-se eficaz, garantindo uma redução nos esforços e no tempo necessário para o desenvolver da atividade proposta. A análise dos mapas mostram como o solo tende a se comportar de acordo com o ajuste de krigagem, auxiliando na tomada de decisões sobre quais atividades desenvolver para o melhoramento das áreas. Recomenda-se o acompanhamento temporal dos atributos do solo, a fim de reduzir a variação da produtividade da área agrícola. Uma nova maneira de analisar o comportamento do solo poderia ser a redução do espaço entre pontos levantados.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. ESTATUTO DA TERRA. 1964. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4504.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4504.htm)> Acesso em: Abr. 2017.

DNOCS/SIRAC. Açude Público Caldeirão; projeto executivo de ampliação, estudos básicos. Fortaleza, 1988. v. 2. t. 1.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária-INCRA. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/tamanho-propriedades-rurais>> Acesso em: Abr. 2017.

JOURNEL, A. G. & HUIJBREGTS, J.C.H. (1978) - **Mining Geostatistics**. Academic Press, 600p.

GARMIM. Manual do GPS Etrex 30 X. Disponível em: <[http://static.wmobjects.com.br/mailmkt/manuais/379497\\_1.pdf](http://static.wmobjects.com.br/mailmkt/manuais/379497_1.pdf)> Acesso em: Abr. 2017.

MATHERON, G. (1963) - **Traité de Géostatistique Appliquée**, Tome II: Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières: Editions Technip, vol. 24., 172 p.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. SENE, M.; VEPRASKAS, M.J.; NADERMAN, G.C.; DENTON, H.P. **Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling**. Soil. Sci. Soc. Am. J., v. 49, p.422- 427, 1985.



## TECNOLOGIA BIM NA PRODUTIVIDADE DE TRABALHOS PROFISSIONAIS E ACADÊMICOS

Carlos Henrique Viana de Andrade  
Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
Endereço para contato. E-mail:  
carlos.andrade0@outlook.com

Jarlianderson da Silva Pereira  
Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
Endereço para contato. E-mail:  
jarliandersonpereira@hotmail.com

**Resumo** - Este artigo tem como finalidade demonstrar o uso da tecnologia BIM na elaboração de um projeto de loteamento urbano, tanto para estudantes de engenharia que estão começando se familiarizar com projetos quanto profissionais que já atuam no mercado de trabalho, produzindo ao final uma excelente apresentação do mesmo, sendo possível o diálogo entre engenheiro, responsável pela obra e encarregados, por se tratar de um conteúdo de fácil entendimento.

**Palavras-chave:** AutoCAD, BIM, loteamento, tecnologia.

**Abstract** - This article aims to demonstrate the use of BIM technology in the development of a project of urban allotment for engineering students that are beginning to get to grips with projects as professionals already working in the labour market, producing the end an excellent presentation, and the dialogue between an engineer, responsible for the work and in charge, because it is an easy to understand content.

**Key-words:** AutoCAD, BIM, allotment, technology.

### 1 INTRODUÇÃO

Diante do atual crescimento tecnológico nas várias áreas da engenharia, surgem diversos métodos e *softwares* para otimizar o trabalho dos profissionais e estudantes que trabalham e pesquisam os vários segmentos existentes em busca de soluções ágeis e com apresentação de excelente qualidade.

Teresina, capital do estado do Piauí, é uma cidade que atualmente vem enfrentando diversos problemas, e dentre eles, encontramos a gestão do uso e ocupação do solo urbano. De acordo com dados do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, a cidade possuía 222.154 domicílios no total, sendo 94,6% destes construídos em zona urbana (IBGE, 2010).

Para solução desta situação, muitas vezes é gasto uma enorme quantidade de tempo para avaliar as condições de determinado local como, por exemplo, um breve estudo de mobilidade urbana em certo bairro levando em consideração o tráfego, acessos, rotas alternativas, transporte público, entre outros.

Com o intuito de resolver problemas que ocorriam ao longo dos projetos de engenharia e arquitetura já existentes, muitas vezes de forma manual, duradoura e com auxílio de *softwares* pouco acessíveis, surgem as plataformas de Modelagem de Informação da Construção ou BIM (*Building Information Modeling*, em inglês).

De acordo com o site da Autodesk (2017), uma das várias empresas no ramo de programas de Desenho Auxiliado por Computador (CAD – Computer Aided Design, em inglês) para arquitetura e engenharia, os softwares que integram a plataforma BIM promovem um método avançado de trabalho colaborativo usando um modelo criado a partir de informações coordenadas e consistentes. O processo viabiliza a tomada de decisões nas etapas iniciais do projeto, o desenvolvimento de documentação de melhor qualidade e a avaliação de alternativas para o projeto sustentável ou melhorias, usando a análise antes do início da construção.

Neste artigo, iremos demonstrar o uso da tecnologia BIM para execução de um projeto básico de loteamento na cidade de Teresina (PI) tomando como base as leis (municipais e estaduais) vigentes para construção do empreendimento e ao final a modelagem 3D deste apontando as diversas formas de trabalha-lo sem realizar um novo projeto para cada etapa.

Dessa forma, pretendemos mostrar o quão importante vem se tornando essa plataforma de trabalho no mercado atual, tanto brasileiro como mundial, para profissionais da engenharia bem como os estudantes da área, integrando a teoria com as normas vigentes para elaboração de um trabalho de maneira prática e que possa ser usada nas várias situações do dia a dia.

## 2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os *softwares* AutoCAD Civil 3D e o InfraWorks (ambos na versão estudantil, ano 2016) que trabalham com a metodologia BIM para os projetos de infraestrutura; ambos são comerciais, mas a empresa responsável, Autodesk, disponibiliza as versões educacionais e foram essas utilizadas no nosso estudo. E também, foi feito a escolha desses dois por serem mais acessíveis.

De início será utilizado o AutoCAD Civil 3D para criação de um loteamento urbano em uma área localizada na cidade de Teresina (PI), atendendo a todos os requisitos dispostos na Lei Complementar nº 4.851/2015 que estabelece as normas e procedimentos para o parcelamento do solo para fins urbanos e a Lei Complementar nº 3.561/2006 que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano do Município de Teresina, disponibilizadas no site da Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEMPPLAN)

Não levaremos em consideração o Plano Diretor de Transporte e Mobilidade Urbana de Teresina, Lei das Calçadas, entre outras, pois além desse artigo se tornar muito extenso para detalhar todas as etapas do projeto, cada município possui leis próprias para criação de novos loteamentos.

Em seguida será importado o projeto para o InfraWorks. Este programa permite gerenciar um modelo de infraestrutura urbana partindo de dados conhecidos sobre a região para apresentação de um projeto inicial, de forma preliminar, dentro do seu próprio ambiente, onde é possível a análise de diferentes alternativas levando em consideração todo o projeto de engenharia a ser criado em 3D.

### 2.1 Síntese da Área Selecionada

Para definição da área em estudo utilizamos como referência o mapa anexado a Lei Complementar nº 4.851/2015 disponibilizado pelo site da SEMPLAN. Neste mapa se encontra a localização das áreas de expansão do perímetro urbano da cidade de Teresina-PI.

As áreas disponíveis se localizam na zona norte, leste e sul da cidade. Para definição aproximada da localização dessas foi anexado ao mapa os memoriais descritivos do perímetro de cada poligonal nas suas respectivas zonas. A área de expansão urbana da zona sul foi a selecionada para o desenvolvimento do trabalho, sendo feito um recorte do mapa em seguida no próprio AutoCAD Civil 3D onde o mesmo tem incorporado em sua base de dados o Bing Map, conforme mostrado na Figura 1.

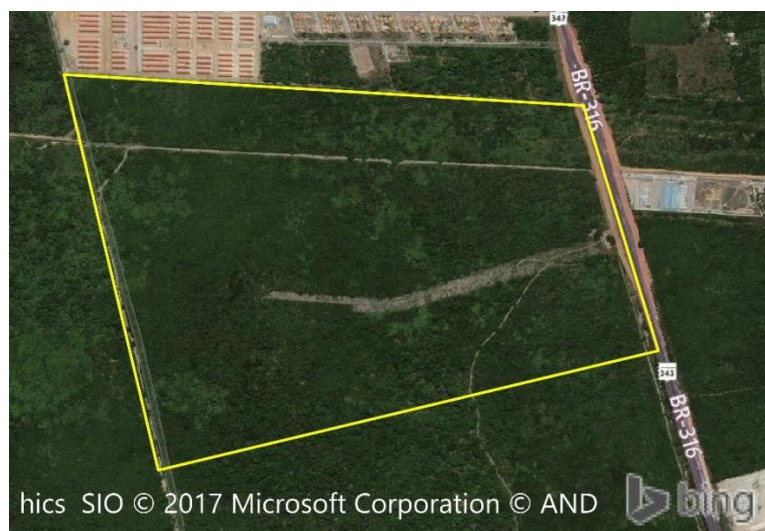
Figura 1. Área de Expansão Urbana da Zona Sul de Teresina-PI



Fonte: Bing Map georreferenciado ao AutoCAD Civil 3D, adaptada pelos autores (2017)

A poligonal possui um perímetro de comprimento 13.481,71 metros e uma área de 640,30 hectares ou 6.403.057,57 m<sup>2</sup>. As coordenadas descritas no memorial descritivo estão georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), e encontram-se representadas no Sistema de Projeção UTM, referenciadas ao Meridiano Central 45° WGr, tendo como *datum* o SIRGAS2000. Da poligonal de referência (Figura 2), foi retirada uma área de 120,8328 hectares ou 120.8328,027 m<sup>2</sup> e perímetro de 4.565,877 m.

Figura 2. Área destinada ao projeto de parcelamento



Fonte: Bing Map georreferenciado ao AutoCAD Civil 3D, adaptada pelos autores (2017)

De posse das coordenadas e das referências geográficas, inserimos as coordenadas dos vértices no AutoCAD Civil 3D. Utilizando o comando *Polyline*, ligamos os vértices para a criação da área descrita no memorial. Para identificar e melhorar a definição da área a ser loteada, utilizamos o comando *Mapwspace*, que ativa a função *Geolocation* que permite a visualização do mapa aéreo na própria área de trabalho do AutoCAD Civil 3D e com a opção de recorte da imagem georreferenciada (GeoTIFF).

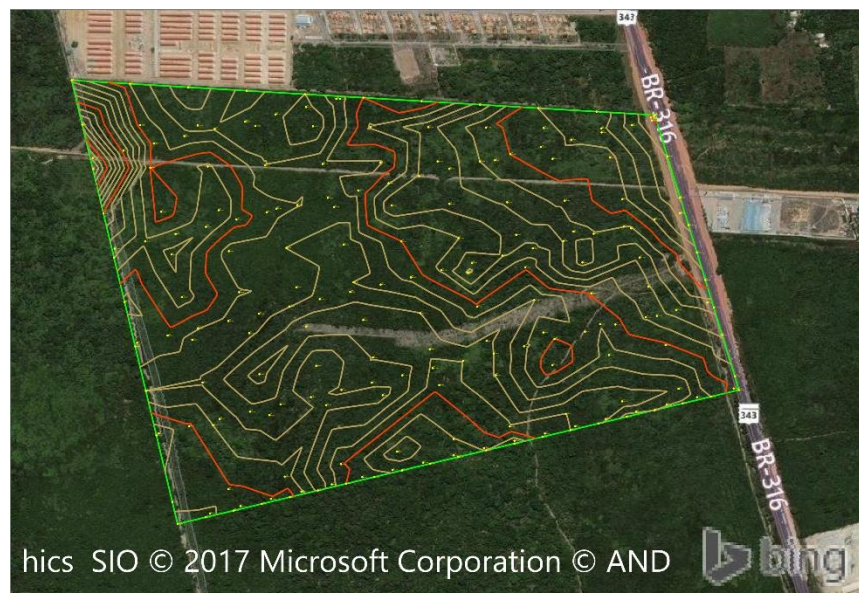
## 2.2 Delimitação da Superfície Topográfica

Embora os dados topográficos coletados em campo seja a forma mais correta de se criar modelos de superfícies de terrenos, foi utilizada uma forma alternativa de obtenção das curvas de nível. A superfície topográfica utilizada para o projeto foi o Modelo Digital de Elevação (MDE) *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), que é disponibilizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, em português). O modelo digital apresenta as seguintes características: possui resolução espacial de 30m, datum WGS84 e vem no formato GeoTIFF.

Para a obtenção das curvas de nível, a imagem foi importada primeiramente para o AutoCAD Civil 3D. Antes desse processo, as coordenadas da poligonal, que estavam no datum SIRGAS2000, foram transformadas em coordenadas no datum WGS84, para não alterar a compatibilidade de arquivos. O processo de importação se dá pelo comando nuvem de pontos (*point clouds*), localizado na *Toolspace*, aba *Prospector* do AutoCAD Civil 3D.

A área coberta pela imagem SRTM é muito grande comparado com a poligonal da área do loteamento, dessa forma foi utilizado o comando *Boundary*, que teve a função de recortar e limitar as curvas de nível apenas dentro da área da poligonal.

Figura 3. Área Com as Curvas de Nível



Fonte: Bing Map georreferenciado ao AutoCAD Civil 3D, adaptada pelos autores (2017)

Os vértices da poligonal se encontram na altitude igual a zero. Para acontecer a interação com as curvas de nível, conforme a Figura 3 acima, foi selecionado todos os pontos que formam a poligonal e através do comando “*Elevations from Surface*”, deslocamos os pontos para a superfície, gerando assim pontos de altitude nos vértices. Com a definição da superfície do

terreno, o AutoCAD Civil 3D entende que existe um modelo tridimensional e não apenas linhas 2D. Só a partir dessas informações foi possível a continuidade ao projeto de parcelamento.

### 2.3 Definição dos Parâmetros Urbanísticos

A determinação das diretrizes para o projeto de parcelamento, foram seguidas de acordo com os padrões estabelecidos pela Lei Complementar nº 4.851, do município de Teresina-PI.

Dos critérios para o parcelamento, o Art. 33 estabelece que da área total do parcelamento deve ser destinado no mínimo: 20% (vinte por cento) para vias de circulação; 12% (doze por cento) para áreas verdes; 5% para áreas de uso institucional e 3% (três por cento) para cota de solidariedade.

As vias de circulação de veículos e pedestres foram definidas com as seguintes características (Tabela 1):

Tabela 1. Características das vias de circulação

CARACTERÍSTICAS	TIPO DE VIAS		
	Coletora Principal	Coletora Secundária	Local
Largura (m)	30	22	13
Caixa Carroçável (m)	20	18	8
Passeio Lateral (m)	3	3	2,5
Canteiro Central (m)	4	1	-
Declividade das Vias (m)	-2%	-2%	-2%

De acordo com o zoneamento urbano do município de Teresina, a área se enquadra na ZR2 (Lei Complementar nº 4.851/2015), portanto os lotes ficaram com áreas de 310 m<sup>2</sup>, com testadas de 10 m e profundidade de 31m, e os lotes de esquinas foram acrescentados 1 m em relação a sua largura mínima.

Diante das definições e características técnicas definidas, foi utilizado as ferramentas *line* e *offset* do AutoCAD para a locação das vias, das quadras e das áreas de institucional e áreas verde.

### 2.4 Procedimentos de Construção do Loteamento

Depois de ter estabelecido as condições do projeto de acordo com os parâmetros definidos na Legislação. Inicialmente foi feito todo o anteprojeto no layout 2D do AutoCAD, com a definição de todas as vias e consequentemente as quadras e as áreas verdes, institucionais, comércio, entre outras. Essa é a forma mais prática para se introduzir no ambiente dinâmico do AutoCAD Civil 3D.

A próxima etapa foi a conversão das linhas feitas a partir da geometria básica do AutoCAD, em um alinhamento (*alignments*) do AutoCAD Civil 3D, a transformação das linhas que estão representando os eixos das vias foi através do comando *Alignments from Objects*. Todos os alinhamentos do loteamento foram criados com o estaqueamento a cada 20 metros.

Com os alinhamentos definidos seguimos com a construção do perfil longitudinal de todas as vias. Com a criação dos perfis podemos exibir um corte no terreno ao longo do alinhamento definido e, só assim, podemos avaliar as condições do terreno natural para podermos implantar o perfil vertical da pista. A construção do perfil no AutoCAD Civil 3D é

feita através da ferramenta *Create Surface Profile*. Esta etapa foi criada para todos os alinhamentos.

Depois de criado o perfil de superfície de todos os alinhamentos, percebemos que o terreno natural não é adequado para a condução de veículos e pedestre, dessa maneira criamos um perfil (greide) de projeto ou *layout profile*. Os alinhamentos, os greides de projeto são constituídos por segmentos de linhas retas, chamadas tangentes, e curvas que fazem as conexões. Para a criação dos greides utilizamos o comando *Profile Creation Tools*.

Com o alinhamento horizontal e o perfil vertical definido, criaremos as *assemblies* (seção tipo), que é a representação geométrica da seção transversal das vias. Para criar uma *assembly* é criado uma linha de base (*assembly baseline*), que é representada por uma linha vertical simples em seu desenho com um único marcador de ponto base no seu ponto médio. A partir disso, procede-se com a inserção de *subassemblies* individuais que representam os elementos, como faixas de rolamento, calçadas, meios-fios e assim por diante.

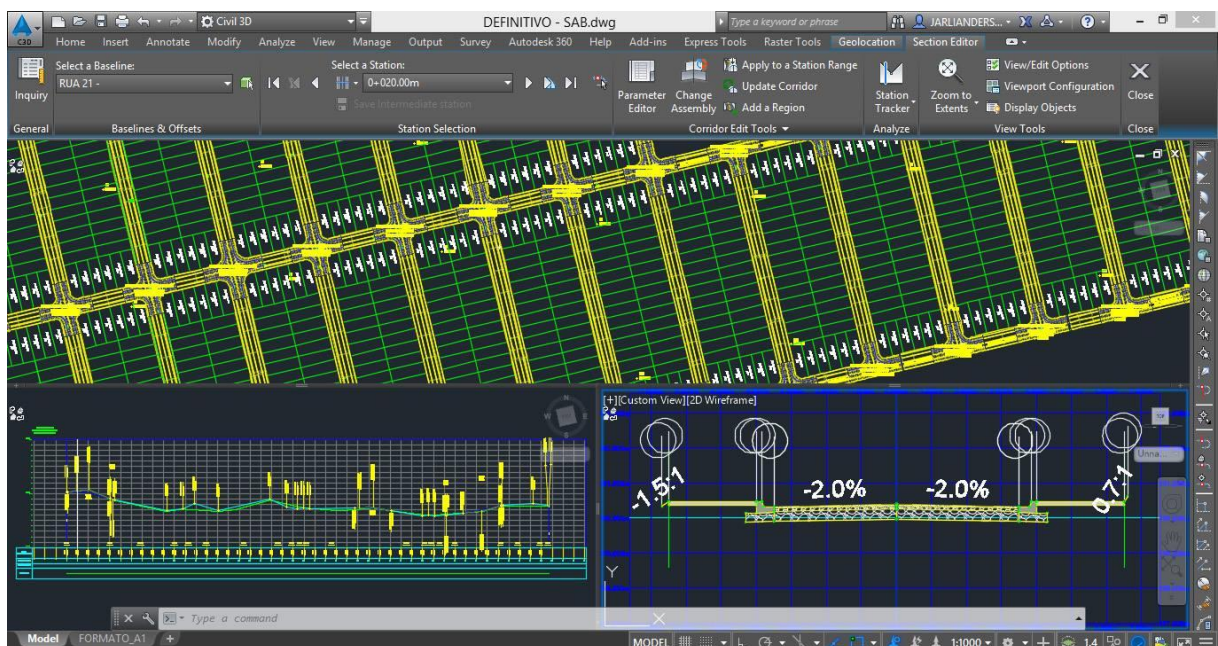
Combinando o alinhamento o perfil e seção transversal, nesta etapa criaremos um modelo tridimensional completo das ruas. A criação dos corredores tridimensionais é através do comando *Create Corridor*. Este processo é feito para todas as vias e, dessa forma, relacionadas as demais projetadas. Com o projeto das vias definido, partimos para o *layout* dos lotes imobiliários, projetado de acordo com as definições dos parâmetros urbanísticos definidos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a confecção de todo o projeto no AutoCAD Civil 3D vale destacar algumas observações relevantes ao longo do desenho que fazem do uso desse programa apropriado para melhorar a produtividade e a eficiência na criação de um loteamento.

Na Figura 4, podemos observar o quanto o ambiente do AutoCAD Civil 3D é dinâmico, pois conseguimos verificar o comportamento das seções transversais em todo o trecho da via, com a visualização da planta baixa das vias e seu perfil longitudinal, simultaneamente.

Figura 4. Planta baixa das vias, perfil longitudinal e seção transversal



Fonte: AutoCAD Civil 3D (Dos autores, 2017)

O anteprojeto feito através dos comandos no AutoCAD Civil 3D, foi de grande importância para a criação dos eixos da via, pois dessa agilizamos a criação dos alinhamentos que são a fase inicial para o projeto 3D das vias.

Na Tabela 2 apresentamos a natureza do loteamento através da distribuição quantitativa das áreas, fundamental para se ter uma ideia de quanto irá realmente ser

Tabela 2: Quadro de quantitativo de área

<b>Especificação</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Vias de Circulação (Sistema Viário + Calçadas e Canteiros Central)	325.632,16 m <sup>2</sup>	26,95%
Áreas Verdes	145.830,77 m <sup>2</sup>	12,07%
Área Institucional	73.093,10 m <sup>2</sup>	6,05%
Cota de Solidariedade	37.572,00 m <sup>2</sup>	3,11%
Quadras (Lotes Residenciais)	626.200,00 m <sup>2</sup>	51,82%
<b>TOTAL</b>	<b>1.208.328,03 m<sup>2</sup></b>	<b>100%</b>

Na Figura 5 apresentamos o layout completo do loteamento sobreposto a imagem georreferenciada no próprio AutoCAD Civil 3D, usando o mapa integrado ao próprio programa.

Figura 5. Layout do Loteamento

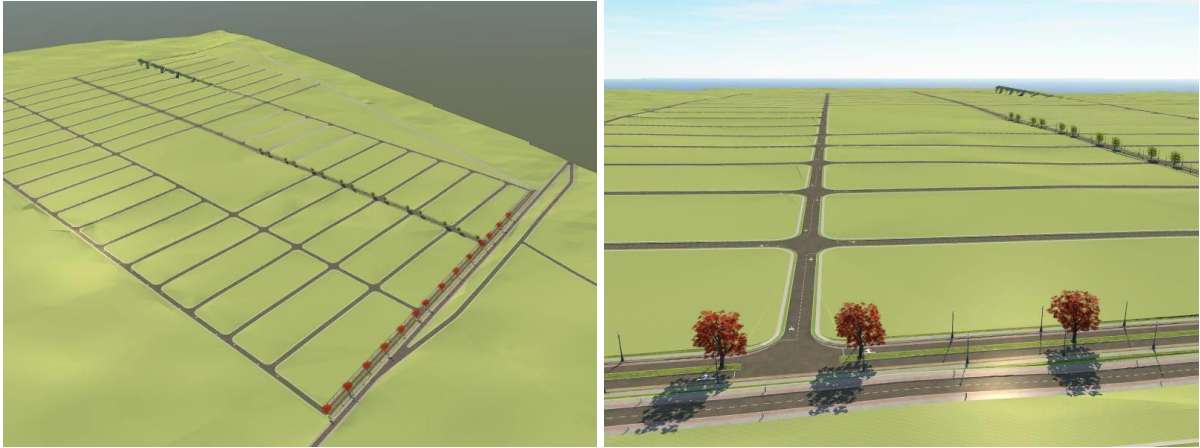


Fonte: AutoCAD Civil 3D (Dos autores, 2017)

E por fim, temos a importação deste layout para o InfraWorks através do próprio programa e gerando um modelo 3D, onde é possível a utilização de diversas ferramentas para

construção das vias urbanas, canteiros centrais, casas, empreendimentos em geral, entre outros. A Figura 6 é um modelo básico de como pode ser trabalho no ambiente do programa.

Figura 6. Ambiente do InfraWorks



Fonte: InfraWorks 2016 (Dos autores, 2017)

#### 4 CONCLUSÕES

Em busca de agilidade no trabalho, como dito no início deste artigo, é de se esperar que a utilização de ferramentas de desenho auxiliado por computador (CAD) seja um ganho de produtividade para o profissional e estudante de engenharia.

Mesmo em si tratando de um anteprojeto para a análise de viabilidade da construção de tal empreendimento, é notável perceber o quanto o produto final gerado pode ser debatido entre o profissional da engenharia, o responsável pela construção e os encarregados da mesma buscando uma rapidez nas soluções dos problemas que futuramente podem ocorrer.

Portanto, integrar vários programas em um mesmo trabalho se torna cada vez mais comum desde a elaboração do projeto básico ao executivo, onde o estudante pode, em um contato inicial com tais ferramentas, ir se familiarizando com trabalhos de loteamentos onde envolve locação da obra, projeto de estradas e vias públicas, projetos de drenagem urbana, por exemplo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em 26/04/2017.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO – SEMPLAN. **Lei complementar nº 4.851, de 21 de dezembro de 2015**. Prefeitura de Teresina, 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei complementar nº 4.851, de 21 de dezembro de 2015 – Anexo II (Mapas)**. Prefeitura de Teresina, 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei complementar nº 3.561, de 20 de outubro de 2006**. Prefeitura de Teresina, 2017.



**AUTODESK. BIM - Modelagem de Informações da Construção.** Autodesk, Inc. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/adsk/servlet/index?siteID=1003425&id=16162653>>. Acesso em 23/04/2017.

## BELO MONTE E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

Matias Ribeiro Cabral Junior  
Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí  
E-mail: matias.c.j@hotmail.com

Lucas Mateus Fontenele de Oliveira  
Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
Universidade Federal do Piauí.  
E-mail: englucasfontenele@gmail.com

Dinameres Aparecida Antunes  
Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Geografia  
Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Professora do Departamento de Transportes  
Universidade Federal do Piauí  
E-mail: dinameres@hotmail.com

**Resumo** - Projetada para ter a capacidade de atender a demanda energética de 60 milhões de brasileiros, a Usina Hidrelétrica Belo Monte custa caro para outros milhares que sofrerão as consequências diretas da sua construção. Perca da fauna e da flora, dificuldade de pesca, realocação de quase dez mil famílias ribeirinhas, morte de uma gigantesca quantidade de peixes, redução da vazão de trechos do rio necessários à sobrevivência de comunidades indígenas, são alguns dos impactos causados pela hidrelétrica. Imagens de satélites e técnicas de sensoriamento remoto foram utilizadas para estudar os impactos ambientais e sociais, detectando uma grande transformação da paisagem que modificou fortemente a vida dos moradores locais.

**Palavras-chave:** Geotecnologias, Sensoriamento Remoto, Análise Temporal, Território Indígena.

**Abstract** - Designed to have the capacity to meet the energy demands of 60 million Brazilians, the Belo Monte Hydroelectric Power Plant is expensive for thousands who will suffer the direct consequences of its construction. Loss of fauna and flora, fishing difficulties, relocation of almost ten thousand riverine families, death of a huge amount of fish, reduction of the river flow necessary for the survival of indians communities, are some of the impacts caused by the hydroelectric dam. Satellite images and remote sensing techniques were used to study environmental and social impacts, detecting a major transformation of the landscape that strongly modified the lives of local residents.

**Key-words:** Geotechnology, Remote Sensing, Temporal Analysis, Indigenous Territory.

## 1 INTRODUÇÃO

Concebida para ser a segunda maior hidrelétrica do país e ter carga o suficiente para atender 60 milhões de pessoas, Belo Monte teve sua construção autorizada após obter todas as licenças necessárias em 2010 e desde abril do ano 2016 opera a cinco por cento de sua capacidade devendo estar em pleno funcionamento em 2019. Contudo, as críticas a usina permanecem como no passado, quando teve sua construção suspensa devido a uma forte resistência indígena. Os fatores negativos apontados questionam desde a produtividade aos impactos ambientais e sociais causados.

Especialistas em energia elétrica destacam que Belo Monte é importante para atender ao crescimento da demanda de consumo prevista para os próximos anos, mas concordam que a produtividade da hidrelétrica é baixa (OLIVEIRA; JUSTE, 2010). Felício Pontes, promotor público, afirma em entrevista ao documentário “Belo Monte, anúncio de uma guerra” (2012) que o estudo de impacto ambiental apresentado não contém todos os elementos que precisam

ser analisados e cita o trecho de 100km da Volta Grande do Rio Xingu, que é motivo de preocupação também para vários outros especialistas, onde a vazão será extremamente reduzida, e segundo ele, inviabilizará a vida de populações indígenas tradicionais da região como Paquicambá, Juruna e Araras. Renata Pinheiro do Movimento Xingu vivo aponta em entrevista ao mesmo documentário que a mudança na dinâmica do rio afetará negativamente os peixes e a fauna, assim como as comunidades que dependem da pesca e da fauna para sobreviver.

A construção da usina implicou para Altamira, cidade em que se localiza, na duplicação de sua população, realocação de mais de dez mil famílias e alagamento de bairros não previsto no projeto (ESTADÃO, 2016).

O IBAMA constatou a morte de 16 toneladas de peixes no trecho da Volta Grande do Xingu no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016, a redução do oxigênio disponível da água é um dos motivos apontados (ESTADÃO, 2016).

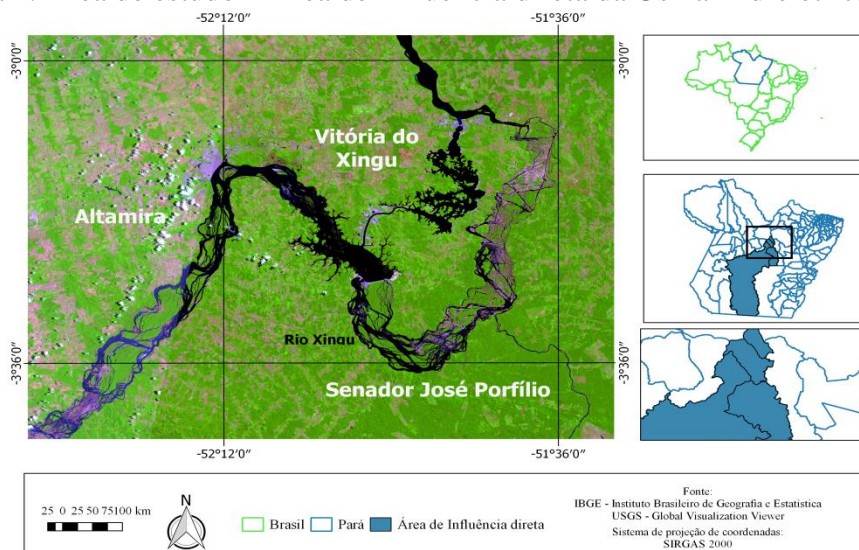
Diante de todos os problemas expostos, a necessidade de estudos sobre esses impactos ambientais e sociais faz-se evidente e, nesse contexto, o sensoriamento remoto mostra-se como um conjunto de técnicas que “proporciona uma maior facilidade de compreensão da dimensão dos impactos ambientais, principalmente quando comparado com as imagens de satélites de tempos anteriores, criando subsídios para elaboração de soluções possíveis de recuperação e/ou ações para impedir a degradação da cobertura espacial de uma determinada área” (SILVA; BARBOSA, 2012)

Este trabalho tem como objetivo analisar as mudanças ocorridas na Área de Influência Direta da construção da Usina Belo Monte, por meio de imagens de satélites, técnicas de Processamento Digital de imagens (PDI) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), de modo a evidenciar via mapas os problemas relatados pela comunidade indígena e a população da cidade.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende os municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio situados no do estado do Pará e que sofreram influência direta da construção de Belo monte. A área é rica em biodiversidade, belezas cênicas, espécies endêmicas de fauna e flora e é considerada como de importância extremamente alta pelo Ministério do Meio Ambiente.

Figura 1. Área de estudo – Área de Influência direta da Usina Hidrelétrica Belo Monte



Fonte: os autores

Seis imagens orbitais, registradas e ortorretificadas foram adquiridas gratuitamente no site da *United States Geological Survey* (USGS) a fim de se analisar os impactos da construção da hidrelétrica. Três são do sensor TM-LANDSAT5, do ano de 2011 e três imagens do sensor OLI-LANDSAT8, correspondentes ao ano de 2016. As imagens possuem resolução espacial de 30 metros, resolução radiométrica de 8 bits no Landsat5, 16bits no Landsat8, são multiespectrais e correspondem as orbita-ponto: órbita 225, ponto 062; órbita 225, ponto 063; órbita 226, ponto 062. Procurou-se fazer o *download* de imagens que possuíssem a menor cobertura de nuvens possível, o que se mostrou dificultoso por se tratar de uma região amazônica com chuvas quase diárias.

Os *softwares* Spring, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e QGIS foram utilizados para o tratamento das imagens e para aplicação das técnicas de Geoprocessamento. Devido à área de estudo ser recoberta por mais de uma imagem, foi realizado um mosaico contendo as imagens de orbitas-ponto já citadas e um posterior recorte com ênfase na Área de Influência Direta da Usina, assim como a ampliação linear de contraste foi aplicada por ser uma técnica simples e eficiente para destacar objetos e feições (FLORENZANO, 2011). A composição colorida escolhida para a apresentação das imagens e análise dos pontos de interesse combina as bandas do infravermelho médio, infravermelho próximo e vermelho correspondentes as bandas 5,4 e 3 no Landsat5 e 6,5,4 no Landsat8, respectivamente. A escolha dessa composição se deu por esta mostrar mais claramente os limites entre solo, água e vegetação.

Para a análise da dinâmica da cobertura do solo da Área de Influência Direta da usina, técnicas de classificação de imagens que por definição “agrupam em classes os objetos que apresentam similaridade em suas respostas espectrais” (FLORENZANO,2011) foram utilizadas. O tipo de classificação mais adequada ao contexto deste estudo foi a do tipo supervisionada, em que se deve fornecer amostras das classes espectralmente representativas buscando o máximo de homogeneidade possível. Essa classificação foi realizada mediante algoritmo Maxver, que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos, e que requer um número razoavelmente elevado de *pixels* para cada conjunto de amostras para que apresente bons resultados (INPE, 2010).

As classificações foram realizadas nas imagens de 2011 e 2016 a fim de estudar o uso e a ocupação do solo para que fosse possível “acompanhar a evolução do processo de ocupação antrópica, podendo criar simulações dos efeitos desta expansão urbana sobre o meio ambiente” (CONCEIÇÃO, 2004), o que possibilitou a percepção das alterações ocorridas na região da hidrelétrica durante esse período de cinco anos. As classes ficaram divididas em água, vegetação, área urbana e solo exposto.

Os limites das terras indígenas localizados dentro da Área de Influência Direta foram obtidos no site da Fundação Nacional do Índio (FUNAI) em um arquivo vetorial de formato *shapefile*.

Uma análise espectral de três pontos do Rio Xingu foi realizada com intuito de verificar a redução da quantidade de oxigênio disponível na água. Esta relação se torna possível por meio da relação inversamente proporcional existente entre a quantidade de sólidos em suspensão no rio e seu oxigênio disponível. Para estudar o aumento da quantidade de sólidos em suspensão em um rio observa-se o valor da reflectância desse rio, que aumenta com a presença desses sólidos e que é próxima do zero quando os mesmos não estão presentes.

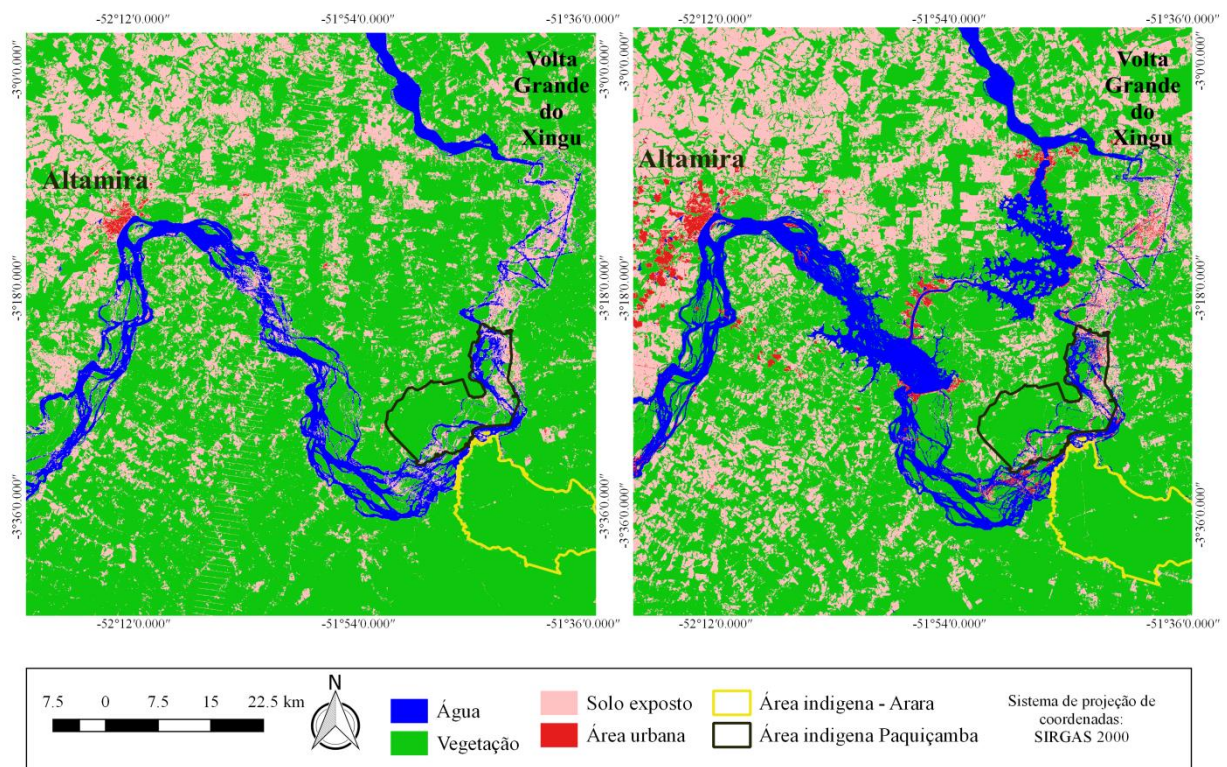
Para realizar a quantificação da área da cidade de Altamira inundada pelo rio Xingu após o início das operações de Belo Monte adquiriu-se os limites da zona urbana da cidade no site do IBGE, referentes ao ano de 2010, e vetorizou-se, com auxílio da imagem orbital da

área de 2016, o trecho do rio Xingu que se limita com a zona urbana de Altamira. O conhecimento da área inundada se deu através do cruzamento entre os vetores que representam os limites do rio Xingu em 2016 e a área urbana do município em 2010 após colocá-los no mesmo sistema de referência – SIRGAS 2000, por meio de um recorte que resultou na interseção entre os mesmos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da comparação entre os mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2011 e 2016 e que representam o antes e depois da construção de Belo Monte, ficou evidente o aumento da mancha urbana principalmente na cidade de Altamira. As áreas de água e solo exposto ocuparam uma porcentagem maior em relação à área total e a área de vegetação diminuiu.

Figura 2. Mapa de uso e ocupação do solo da Área de Influência Direta 2011 x 2016.



Fonte: os autores

Tabela 1. Percentual das classes sobre a área total

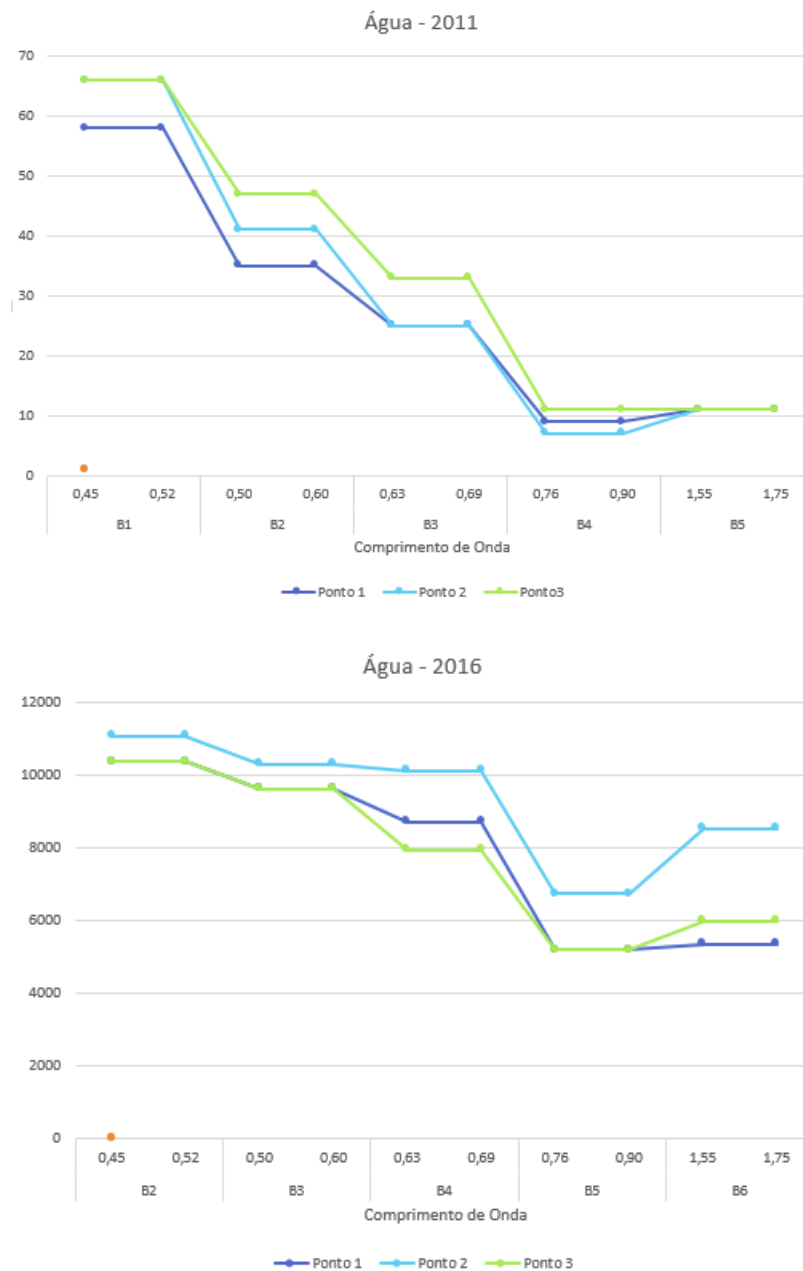
Classe	2011	2016
Água	5,20%	7,11%
Vegetação	69,35%	58,87%
Área Urbana	0,38%	1,01%
Solo exposto	25%	32,91%

Fonte: os autores

Apesar de a água ocupar um percentual maior sobre a área total em 2016 e Belo Monte estar trabalhando com apenas cinco por cento da sua capacidade, já é evidente a grande redução da vazão no trecho de 100km da Volta Grande do Xingu que perpassa as comunidades indígenas Paquiçamba e Arara, assim como o alarmante desmatamento nestas terras indígenas.

Os resultados da análise espectral indicam um aumento dos sólidos em suspensão no rio e a conseqüente diminuição do oxigênio disponível no rio Xingu, já que houve um aumento da reflexão da água em quase todas as bandas do espectro eletromagnético.

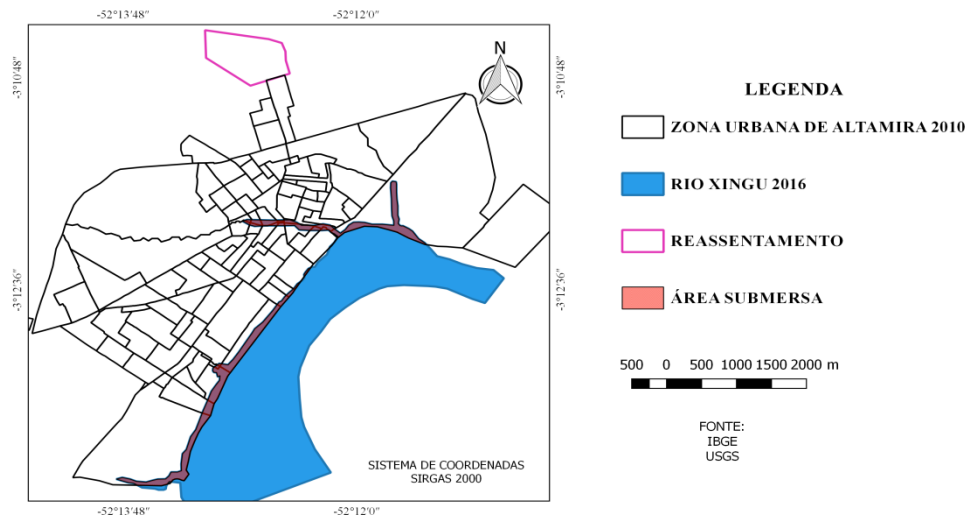
Figura 3. Assinatura espectral do rio Xingu nos anos de 2011 e 2016 – Reflectância x comprimento de onda.



Fonte: os autores

Do cruzamento entre as informações geográficas do rio Xingu no ano de 2016 e da área urbana de Altamira no ano de 2010, percebeu-se um avanço de 660.000m<sup>2</sup> do rio sobre a zona urbana da cidade após o início das operações da usina, como mostra a figura 4, e que provocou a realocação de mais de dez mil ribeirinhos que tiveram suas residências alagadas.

Figura 4. Área submersa pelo rio Xingu na cidade de Altamira.



Fonte: os autores

Alguns bairros inundados não tinham alagamento previsto no projeto executivo da hidrelétrica. O reassentamento a que os moradores atingidos foram destinados não corresponde às características de vida dos mesmos que, em sua maioria, tinham atividades geradoras de renda que necessitavam do rio como a pesca, lavagem de roupas e cultivo de plantas próprias de região ribeirinhas. Assim como houve a perda de atividades culturais próprias de quem mora na beira do rio (BELO MONTE DEPOIS DA INUNDAÇÃO, 2016).

#### 4 CONCLUSÕES

As imagens dos satélites Landsat5 e Landsat8 mostraram-se eficazes na detecção dos impactos ambientais e nos consequentes impactos sociais, embora com algumas limitações, como por exemplo, a resolução espacial de 30m que não permitiu a detecção das comunidades indígenas por estas mesmas imagens, todavia isso tenha sido possível por meio de informações de Sistemas de Informação Geográfica. O estudo detectou fortes impactos causados pela construção de Belo Monte assim como se percebeu que não seria possível contemplar toda a problemática, o que pretende-se explorar em trabalhos futuros. Apesar dos benefícios prometidos pela usina vários quesitos ambientais e sociais vêm sendo ignorados, e uma parcela da população paraense tem pagado caro por esta lógica de desenvolvimento a qualquer custo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELO Monte, anúncio de uma guerra. Direção de André D'elia. Produção de Beatriz Vilela, Francisco D'elia. 2011. Son., color.

BELO Monte: Depois da inundação. Direção de Todd Southgate. Produção de International Rivers, Amazon Watch. 2016. Son., color.

CONCEIÇÃO, Luciane Amantina Barcellos da Silva. Diagnóstico ambiental através do uso de técnicas de sensoriamento remoto como apoio para o planejamento de unidades administrativas: o caso de Osório, RS. 2004.

DE ALMEIDA SILVA, Cáion Christian Oliveira; BARBOSA, João Batista Machado. Utilização da ferramenta sensoriamento remoto para diagnóstico de impactos ambientais. TECNOLOGIA & INFORMAÇÃO-ISSN 2318-9622, v. 1, n. 1, p. 21-32, 2013.

ESTADÃO. Depois de matar 16 toneladas de peixes, Belo Monte é multada em R\$ 8 milhões. 2016. Disponível em: <http://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2016/02/depois-de-matar-16-toneladas-de-peixes-belo-monte-e-multada-em-r-8-milhoes.html>. Acesso em: 08 de janeiro de 2017.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Iniciação em sensoriamento remoto. 3 ed. São Paulo. Oficina de Textos, 2011.

FUNAI. Fundação Nacional do Índio. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/#>. Acesso em: 10 de janeiro de 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de janeiro de 2017

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2010. Disponível em: <http://www.inpe.br/>. Acesso em 12 de janeiro de 2017.

OLIVEIRA, Mariana; JUSTE, Marília. Belo Monte será hidrelétrica menos produtiva e mais cara, dizem técnicos. 2010. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia-e-negocios/noticia/2010/04/belo-monte-sera-hidreletrica-menos-produtiva-e-mais-cara-dizem-tecnicos.html/>. Acesso em 10 de janeiro de 2017.

USGS. *United States Geological Survey*. Disponível em: <http://glovis.usgs.gov/next/>. Acesso em: 05 de janeiro de 2017.