

## Relações entre a dinâmica do uso solo e da dengue em Brasília-DF

Leandro da Silva Gregório<sup>1,2</sup>  
Helen da Costa Gurgel<sup>1</sup>  
Gustavo Mota de Sousa<sup>3</sup>  
Nadine Dessay<sup>4</sup>  
Anne Elisabeth Lacques<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - UnB / Laboratório de Geografia, Ambiente e Saúde – LAGAS  
Campus Darcy Ribeiro - CEP 70910-900 – Brasília-DF, Brasil  
helengurgel@unb.br

<sup>2</sup> Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal-IBRAM/DF SEP  
511 - Bloco C - Edifício Bittar - CEP: 70.750-543 Telefone: 3214-5682  
leandrogregorio.gemon.ibram@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Instituto de Agronomia – Departamento de  
Geociências – BR-465, Km 7 – CEP 23890-000 – Seropédica – RJ – Brasil  
gustavoms@ufrj.br

<sup>4</sup> Institut de Rechercher pour le Développement – IRD / UMR ESPACE-DEV  
Maison de la Télédétection, 500 Rue Breton, 34000 Montpellier - France

**Abstract.** Dengue control is a challenge today due to its complexity and involving the multiple variables and multiple scales. According to Medronho (2004), the multiple variables that contribute to its behavior and spatial component are fundamental for its comprehension, like climate, relief and land cover. The spatial analysis, focusing mainly on the landscape, can contribute to the development of strategies and better comprehension of the contexts in which the dengue is developed. Brasília, the capital of Brazil, inaugurated in 1960, has experienced a particularly rapid rate of urbanization. Its population in 1960 was of little more than 150 thousand, but has reached 2 million and 800 thousand in 2016 (IBGE, 2016). The increase of dengue cases has been identified during the last 5 years, with the largest dengue epidemic in 2010 (more than 15, 000 cases). In this context, this study aims to analyze the landscape changes through the change detection analysis, using Landsat images from 2007 to 2014 and hybrid detection technique and find the possible relationships between landscape dynamics and dengue incidence rates. Preliminary results show the correlations between urban expansion, landscape changes and dengue incidence rates.

**Palavras-chave:** dengue, uso do solo, sensoriamento remoto, detecção de mudanças,

### 1. Introdução

A questão da dengue é um tema importante e bastante complexo devido ao envolvimento de múltiplas variáveis em diferentes escalas, o que torna o controle da dengue um desafio nos dias atuais. Transmitida por dois mosquitos do gênero *Aedes* (*Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus*), os quais também transmitem a Febre Chikungunha e o Zika vírus, o crescimento na dengue no mundo coincide com o aumento da urbanização, precarização da infraestrutura urbana, inchaço populacional e o aumento de circulação de pessoas (TAUIL,2001); (GUBLER 2011).

Brasília, a capital federal, planejada e inaugurada em 1960, tem experimentado um rápido processo de expansão e intensificação urbana. A população do Distrito Federal que em 1960 era de pouco mais de 150 mil habitantes, em 2016, passou para 2 milhões e 800 mil habitantes (IBGE, 2016). Também se observa um crescimento nos casos de dengue nos últimos 5 anos, sendo 2010 o ano com a maior epidemia de dengue, com o registro demais de 15.000 casos.

De acordo com MEDRONHO (2004), a doença possui múltiplas variáveis que contribuem no seu comportamento e o componente espacial é fundamental para sua compreensão, com isto, a análise espacial, focando principalmente no estudo da paisagem, pode contribuir no desenvolvimento de estratégias e melhor compreensão dos contextos nos quais se desenvolvem a doença. Desta forma, as técnicas de detecção de mudanças por imagens de satélite, podem auxiliar na compreensão de como as mudanças na paisagem se relacionam com a dinâmica da dengue e auxiliar no desenvolvimento de estratégias mais eficazes.

Entre as diversas técnicas de detecção de mudanças encontradas na literatura, as técnicas pré-classificada e pós classificada, possuem vantagens e desvantagens no processo de detecção de mudanças. Em relação às técnicas de pré-classificação, a principal vantagem é a maior confiabilidade na detecção do que “mudou” entre duas imagens, podendo ser feito por diversos tipos de algoritmos, porém a principal desvantagem é o fato de não permitir a realização de análises de mudanças entre classes. Já as técnicas por pós-classificação têm como principal vantagem a simplicidade de execução e processamento, porém a principal desvantagem é a maior susceptibilidade a erros se as classificações não forem bem executadas e exige um controle maior para se obter uma boa acurácia dos resultados, como por exemplo em uma boa amostragem de verdade terrestre (KIEL, 2008).

A técnica híbrida, a qual foi aplicada por CARVALHO *et al.* (2016) e WECKMÜLLER e VICENS (2015), procura fazer uma junção das vantagens de ambas as técnicas, onde em um primeiro momento é feita a detecção de mudanças dos pixels das imagens, gerando uma imagem mudança, seguido da classificação da imagem, possibilitando verificar as mudanças entre classes. Isto de certa forma, proporciona uma confiabilidade maior do que realmente mudou na superfície ao passo que permite explorar as mudanças de classes, que no caso de estudos relacionados à dengue é muito importante.

Com isto, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise multi-temporal entre 2007 e 2014 utilizando imagens Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI, por meio da técnica de detecção híbrida visando identificar o grau de expansão e intensificação urbana e se há possíveis correlações entre esses processos e a incidência de Dengue no Distrito Federal.

## 2. Metodologia

Para realização desta análise, foi feita uma adaptação dos procedimentos utilizados por CARVALHO *et al.* (2016) e WECKMÜLLER e VICENS (2015), onde se optou por utilizar uma ferramenta diferente para a geração da imagem mudança, maior detalhamento de classes e tabulação cruzada das mudanças entre classes. A Tabela 1 mostra o roteiro utilizado e seu detalhamento.

Tabela 1 Roteiro das etapas para detecção de mudanças híbrida

<b>MÉTODOS</b>		
Fase 1 de detecção de Mudanças:  Uso <i>SPEAR TOOLS</i> •Correção geométrica •Normalização Radiométrica •Correção Atmosférica •Algoritmo de detecção de mudanças	Fase 2 de detecção de Mudanças: • Classificação de Imagens • Conversão em shape file • Correção e Validação das classificações • Conversão para formato.rst	Fase 3 de detecção de Mudanças:  • Detecção de mudanças entre classes, por tabulação cruzada no Software TERSSET
<b>RESULTADO: IMAGEM MUDANÇA</b>		<b>RESULTADO: GRÁFICO DE MUDANÇAS ENTRE CLASSES</b>

Foram adquiridas imagens Landsat 5 TM para o ano de 2007 e Landsat 8 OLI para o ano de 2014. A opção por esses anos é fato de corresponderem ao início e ao final da série de dados de dengue utilizados, os quais foram obtidos junto à Secretaria de Saúde do Distrito Federal. Foi utilizado o software *ENVI 4.8* para análise e a ferramenta *SPEAR TOOLS* para a execução da primeira etapa de detecção de mudanças. Através do módulo *change detection*, a ferramenta, realiza as etapas de correção geométrica, a normalização radiométrica e correção atmosférica entre as imagens. A correção geométrica foi gerada com base em nuvem automática de 600 pontos e RMS máximo de 0,1 e o método de correção atmosférica utilizado foi o *QUAC (Quick Atmospheric Correction)*. Para geração da imagem mudança se utilizou a principal componente (PCA) da banda do vermelho, pois é a mais utilizada para detecção de mudanças no que diz respeito ao urbano.

A geração da imagem mudança, tornou possível a classificação dos pixels que representam “mudança” (maior contraste) e “não mudança”, essas duas classes são os nós iniciais da árvore de decisão. As demais classes utilizadas são mostradas pela tabela 2. Foram criadas 13 classes, sendo organizadas por classes e sub-classes.

Tabela 2 Detalhamento das Classes utilizadas nas classificações

Classes	Sub-Classes			
Vegetação	Veg. Alta	Veg. Media	Veg. Baixa	Veg. mista
Água	-----	-----	-----	-----
Agricultura	Solo exposto agrícola	Plantio	-----	-----
A.Queimada	-----	-----	-----	-----
Solo Exposto	-----	-----	-----	-----
Urbano	Urb. Alta densidade	Urb. Média densidade	Urb. Baixa densidade	Urb.Vertical

Após a classificação dos dois anos de cada biênio, eles foram exportados para formato shape e para correção e validação. Para a validação foi utilizado o software AVACIM (PRINA et al 2013), imagens de alta resolução e foram coletados 1000 pontos em média para validação. O valor do índice kappa foi 0,75 para as classificações.

Após as correções, é feita a conversão para o formato *.rst* seguida da tabulação cruzada, a qual é realizada no software *TERRSET*.

Os dados de Dengue utilizados são da Secretaria de Saúde do Distrito Federal para os anos de 2007 a 2014. Os dados se referem ao total de casos por ano e por Região Administrativa, que é um tipo de divisão político-administrativa do Distrito Federal.

### 3 Resultados

Analisando as classificações de imagem para os anos apresentados (Figuras 1 e 2), as classes de vegetação são as majoritárias (cerca de 65% da superfície total) sendo a classe vegetação mista a que apresenta o maior percentual de área nos dois anos, variando entre 19% e 24% do total (Figura 3). Esta classe corresponde a vegetação rasteira, que já teve algum tipo de intervenção humana, sendo representada pelas pastagens e terrenos urbanos a espera de construção.



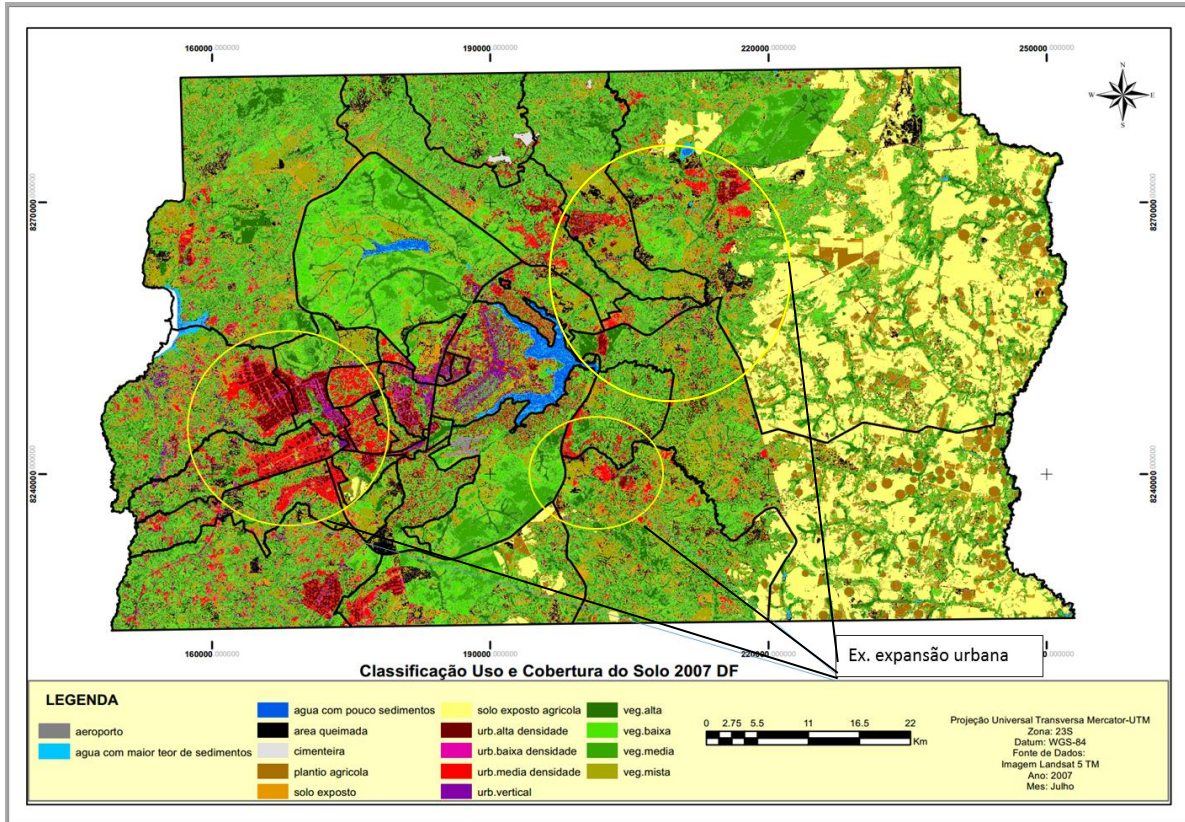


Figura 1 Mapa de Uso e Cobertura do solo em 2007

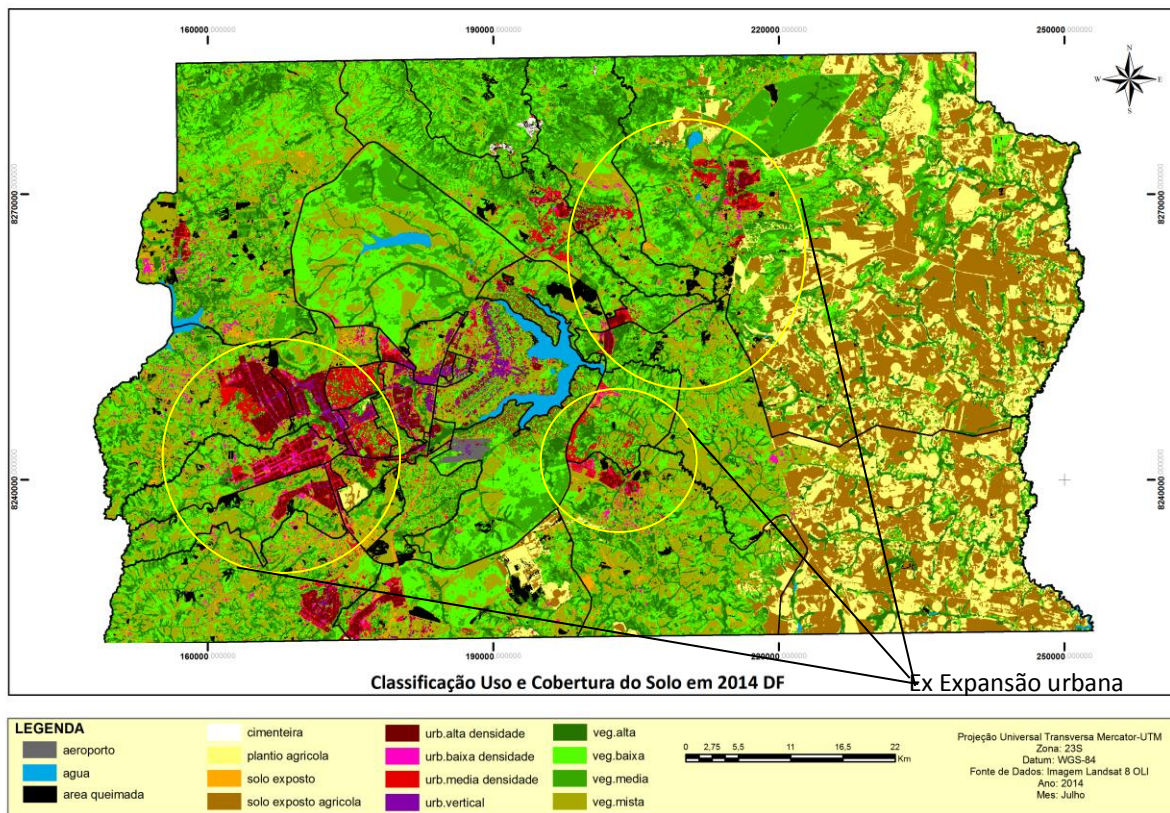


Figura 2 Mapa de Uso e Cobertura do solo em 2014

As classes urbanas agregadas representam em torno de 6% da área total. Embora em termos percentuais seja bem inferior ao total da área vegetada, a configuração urbana do DF é

concentrada ao longo da faixa SO-NE, trazendo os impactos inerentes à urbanização nesta zona. Dentre os tipos urbanos, a classe “urbano de alta densidade” é a predominante. As classes urbanas foram classificadas de acordo com o nível de densidade de construção, sendo consideradas áreas de alta densidade urbana, aquelas onde há pouca presença de vegetação e baixa densidade as áreas construção dispersa ou periurbana.

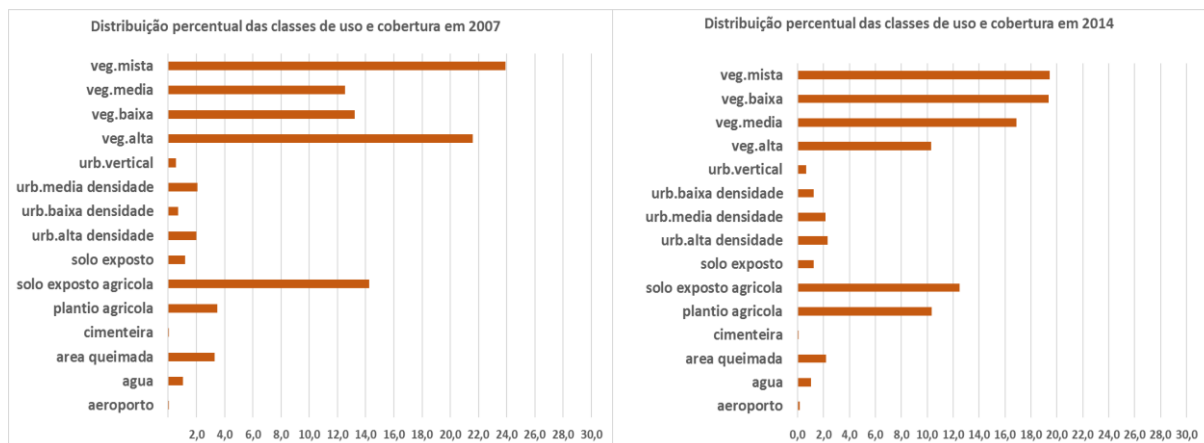


Figura 3 Percentual de classes de uso e cobertura do solo em 2007 e 2014

Considerando o percentual de mudanças no uso e cobertura do solo entre os anos de 2007 e 2014 (Figura 4) notou-se uma redução considerável da vegetação de grande porte (- 52%), observando-se também uma redução da vegetação mista e o aumento da vegetação média e vegetação baixa. Se pode inferir por este resultado que as áreas de vegetação de grande porte têm sido removidas ou desmatadas, dando lugar a núcleos urbanos ou a preparação de terrenos para especulação.

Em relação as áreas urbanas se observaram o aumento em todas as subclasses. Destaca-se o expressivo aumento das classes “urbana baixa densidade” (78%) e também um importante aumento da classe “urbano alta densidade” (17,8 %) e da classe “urbano vertical” (23%).

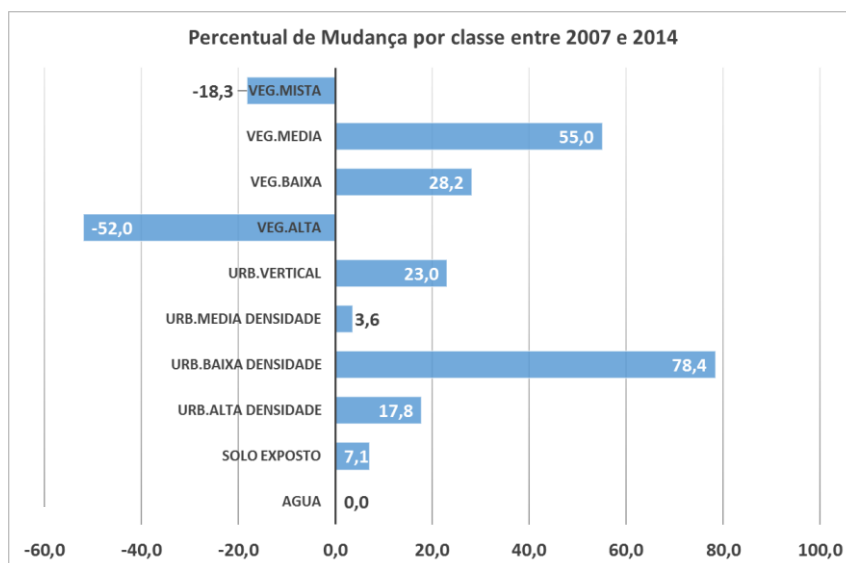


Figura 4 Percentual de Mudanças no período 2007 e 2014

Por meio destes resultados, nota-se que houve a expansão urbana, representada principalmente pelo aumento das áreas urbanas de baixa densidade e o adensamento urbano,



representado pelo aumento das classes alta, média densidade e verticalização. Alguns fenômenos pelo qual o Distrito Federal passa, podem ajudar a compreender este processo, como por exemplo o fracionamento de chácaras nos diversos núcleos rurais, dando origem a áreas urbanas não consolidadas; a criação de condomínios e seu adensamento, além da construção de diversos prédios principalmente na zona central do DF.

Vale ressaltar que vários núcleos urbanos e condomínios que surgiram espontaneamente, não possuem infraestrutura adequada, como rede de esgoto, águas pluviais e rede de água.

As áreas destacadas nas figuras 1 e 2 mostram as principais regiões no DF onde estes processos foram mais intensos. Chama-se atenção para os destaques localizados na parte leste, onde se observa um intenso processo de parcelamento de chácaras e a construção de diversos condomínios.

Os dados de dengue utilizados, correspondem ao total de casos anual para todo DF e também foram obtidos os dados individuais de dengue. Estes últimos foram agregados por zona de atendimento dos postos de saúde (ambos obtidos junto a Secretaria de Saúde do DF). Cada zona corresponde a um conjunto de setores, cujo os postos de saúde são responsáveis pelo atendimento da população.

Analisando a evolução do total de casos de dengue (Figura 5), nota-se ao longo da série uma tendência de aumento no número de casos. A partir de 2010, os casos de dengue tiveram um aumento significativo, onde ultrapassam mais de 10 mil casos, sendo 2010 o ano com a maior epidemia (em torno de 15 mil casos) e 2013-2014 também foram anos com alto número de casos, ultrapassando os 10 mil casos. Ao compararmos a evolução dos casos com as mudanças no uso do solo focando a questão urbana, nota-se que no intervalo de sete anos onde o adensamento e a expansão urbana são perceptíveis, coincide com um período de aumento expressivo no número de casos de dengue.

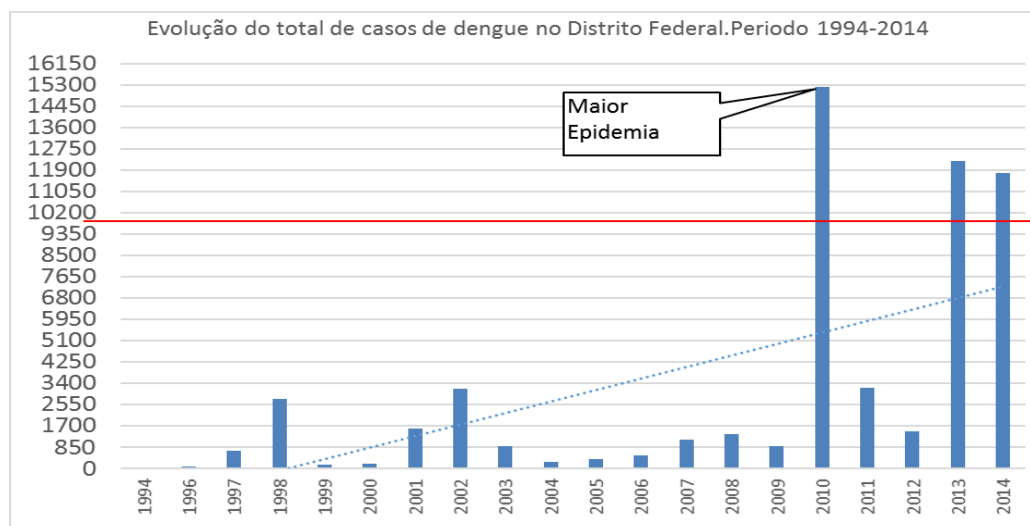


Figura 5 Evolução dos casos de dengue no Distrito Federal entre 1994 e 2014. Fonte SES-DF

Considerando a distribuição espacial dos casos de dengue por zona de atendimento dos postos de saúde, em 2007 e 2014 (figuras 6 e 7) também se observa o aumento do número de casos e também nas zonas marcadas, que correspondem as áreas de maior expansão e/ou adensamento urbano, estão localizadas as zonas de atendimento com os maiores números de casos. Destacam-se as zonas localizadas em São Sebastião e Planaltina, que apresentaram alto número de casos, tanto em ano não-epidêmico (2007) e em ano epidêmico (2014).

Estas localidades são dois exemplos de áreas onde tem ocorrido um intenso processo de mudança de uso do solo para urbano, porém não é acompanhado de um crescimento de qualidade dos serviços urbanos.

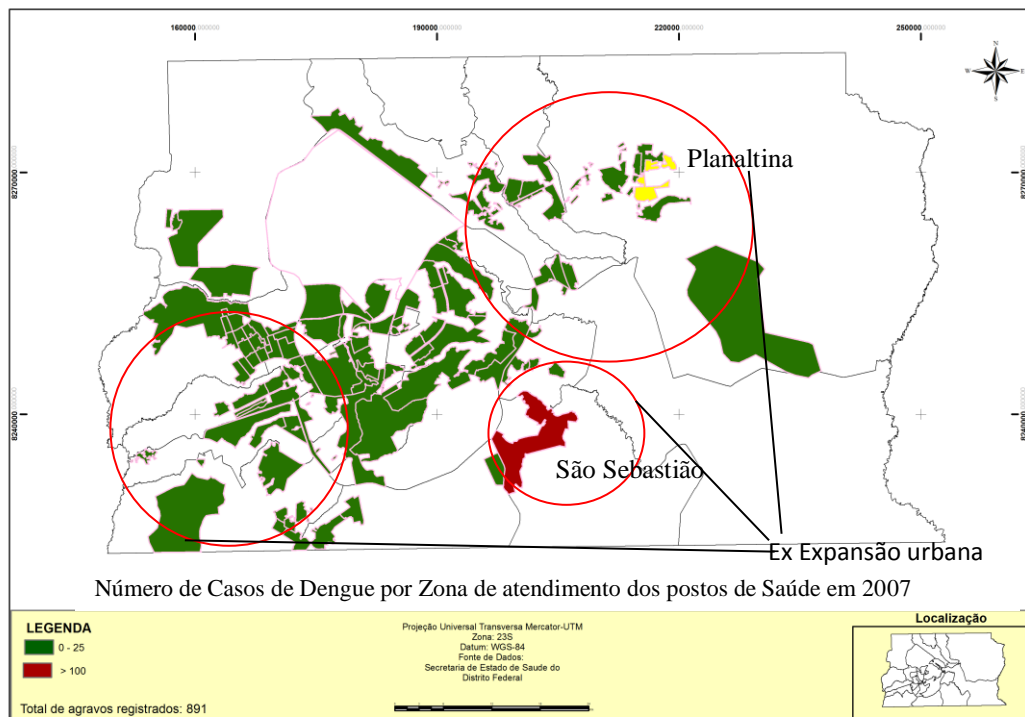


Figura 6 Número de Casos de Dengue por Zona de atendimento dos postos de Saúde em 2007. Elaboração Equipe LAGAS

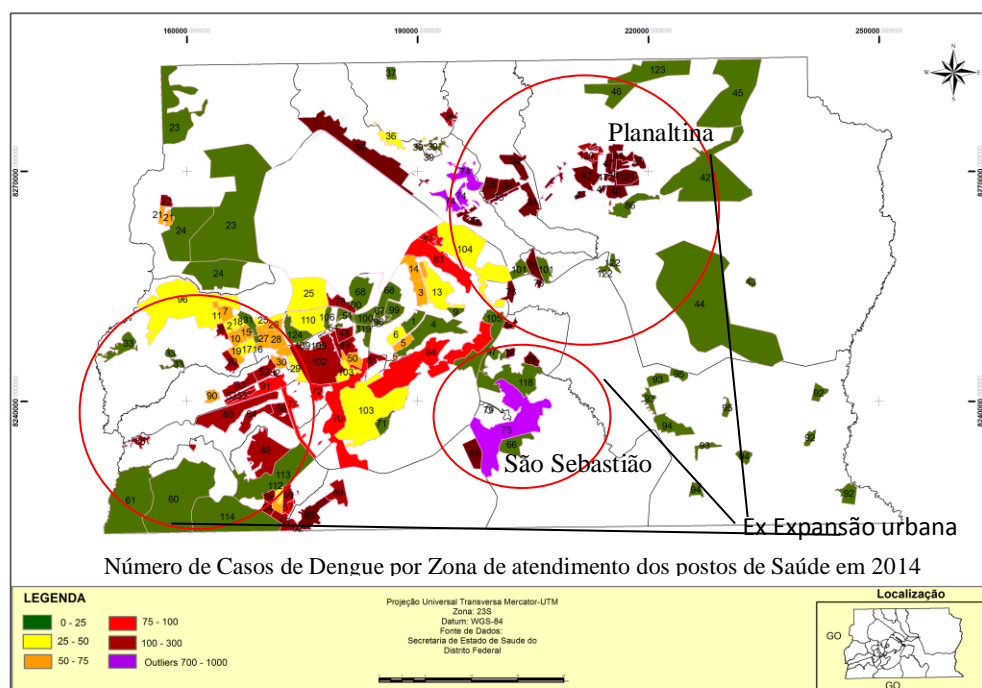


Figura 7 Número de Casos de Dengue por Zona de atendimento dos postos de Saúde em 2014. Elaboração Equipe LAGAS

#### 4. Considerações finais

Por meio deste estudo foi possível observar as vantagens do método híbrido na detecção de mudanças em imagens Landsat e as características destas imagens permitem a caracterização das áreas urbanas, principalmente quanto a densidade de construção, o que é importante nos estudos relacionados à dengue.

Também se observou um aumento significativo do adensamento e expansão urbana, principalmente na parte leste do Distrito Federal e uma considerável redução da vegetação de alto porte, o que pode se inferir que boa parte desta foi convertida em urbano.

Na relação entre o processo de expansão e adensamento urbano com o comportamento da dengue, não é possível ainda afirmar que este processo influenciou no aumento dos casos, sendo necessária a realização de mais testes e modelagens estatísticas para verificar o grau de correlação entre os “tipos de urbanização” e sua influência no comportamento de dengue no Distrito Federal, porém ao relacionarmos o percentual de aumento das áreas urbanas ao longo do tempo com o total anual dos casos de dengue se observa uma tendência de correlação positiva.

De igual forma se observou que nas áreas destacadas nos mapas, onde houve maior adensamento e/ou expansão urbana, coincidiu com as zonas de atendimento dos postos de saúde com maior registro de casos, principalmente em 2014 que foi um ano epidêmico.

#### Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq e o programa ciência sem fronteiras, pela bolsa para custeio durante as atividades desenvolvidas no doutorado sanduíche e ao *Institut de Recherche pour le Developpment/ UMR EspaceDev*-Montpellier França e ao laboratório LAGAS da Universidade de Brasília, pelo suporte e apoio para o desenvolvimento do projeto. Esse trabalho faz parte integrante dos projetos “Clima urbano e dengue nas cidades brasileiras” (CNPq), LMI-OCE (IRD/UnB) e JEAI-GITES (IRD/UnB).

#### Referências. Bibliográficas

Carvalho, M. V.; Ferreira, G.; Cruz, C. B. M. Análise da Expansão Urbana Na Cidade Do Rio De Janeiro - Área De Planejamento 4 : Ensaio Preliminares. **Revista Continentes** V. 972, P. 88–104, 2016.

Dantas, M. E. et al. Geodiversidade e Análise da Paisagem: Uma abordagem teórico-metodológica geodiversity and landscape analysis: a theoretical and methodological approach. **Terra e Didática**, v. 11, n. 11, p. 4–13, 2015

Da Silva, V. C. Diversidade de Criadouros e tipos de imóveis freqüentados por *Aedes Albopictus* e *Aedes Aegypti*. **Revista De Saúde Pública**, v. 40, n. 6, p. 1106–1111, 2006.

Gubler, D.J. Dengue, urbanization and globalization: The unholy trinity of the 21(st) century. **Tropical Medicine and health**, v. 39, n. 4 suppl, p. 3–11, 2011.

Kiel, R. **Deteção de mudanças no uso e na cobertura do solo em uma série temporal de imagens da região da campanha do Rio Grande do Sul.** 2008. p. 201 Dissertação (Doutorado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008.

Tauil, P. L. Urbanização e ecologia do Dengue. **Cadernos de Saúde Pública**, V. 17, P. S99–S102, 2001.

Weckmüller, R.; Vicens, R. S. Deteção de mudanças híbrida: uma associação entre classificação baseada em objetos e baseada em pixels. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**

Medronho, R.A Ewerneck, G.L. **Técnicas de Análise Espacial em Saúde.** In Medronho, Roberto Andrade