

Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Pajeú (Pernambuco) com o produto MODIS MCD12Q1

Luciana Mayla de Aquino França^{1*}, Rodrigo de Queiroga Miranda², Valéria Sandra de Oliveira Costa³, Josicléda Domiciano Galvínio⁴

¹ *Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFPE. Email: lucianamayla@hotmail.com*

² *Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFPE. Email: rodrigo.qmiranda@gmail.com*

³ *Professora colaboradora, CAPES/PNPD – Prodema – UFPE. Email: costavso@yahoo.com.br*

⁴ *Professora do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Email: josicleda@hotmail.com*

RESUMO

O semiárido pernambucano apresenta características dinâmicas com relação ao uso e ocupação do solo. Estudar as alterações que ocorrem é de extrema importância para a formulação de políticas públicas, principalmente as voltadas para o uso da água. Para isso, foram utilizadas todas as imagens MODIS do produto MCD12Q1 (referentes a classificação internacional de uso do solo IBGP) disponíveis no portal da NASA. Elas foram processadas utilizando os softwares Modis Reprojection Tool e o Arcgis. Também foram utilizados dados de precipitação de oito estações pluviométricas presentes na área e realizada a média mensal e anual da precipitação como forma de relacionar o uso do solo com os dados de chuva. Os resultados demonstraram que a densidade da cobertura vegetal não depende unicamente das chuvas ocorridas no próprio ano. A vegetação de maior destaque é a caatinga gramíneo lenhosa e a caatinga arbustiva foi a que se mostrou mais susceptível a alterações devido as condições climáticas.

Palavras-Chaves: Cobertura da terra; semiárido

Analysis of Land Use and Soil Occupation in the Pajeú River Basin (Brazil) with MODIS MCD12Q1

ABSTRACT

The Pernambuco semiarid region has dynamic characteristics in relation to land use and occupation. Studying the changes that occur is extremely important for the formulation of public policies, especially those aimed at the use of water. For that, all MODIS images of the product MCD12Q1 (referring to the international classification of land use IBGP) available on the NASA portal were used. They were processed using the Modis Reprojection Tool and Arcgis software. Precipitation data from eight pluviometric stations present in the area were also used, and the monthly and annual average precipitation was performed as a way of relating land use to rainfall data. The results showed that the density of the vegetation cover does not depend only on the rains that occurred in the same year. The most prominent vegetation is the woody grassy caatinga and the bush shrub was the one that was most susceptible to changes due to climatic conditions.

Keywords: land cover; semiarid.

França, L.M.A., Miranda, R.Q., Costa, V.S.O., Galvínio, J.D. (2020). Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Pajeú (Pernambuco) com o produto MODIS MCD12Q1. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.1, n.1, p.11-27.



Direitos do Autor. A Revista utiliza a licença *Creative Commons* - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC.

1. Introdução

A ocupação da espécie humana sob a Terra sempre esteve muito ligada a necessidade de água. Devido a isso, essa ocupação começou a ocorrer dentro das bacias hidrográficas, nas margens dos rios de maior volume de água para que esse recurso pudesse ser utilizado para suprir as necessidades básicas e irrigação de alimentos.

Frequentemente utilizado na literatura, o termo ‘uso e cobertura da terra’ pode ser dividido em: I) ‘Uso da terra’, que se refere às atividades antropogênicas ou ações imediatas de modificação e conversão de coberturas vegetais, englobando áreas urbanas e rurais, áreas agrícolas, áreas de preservação permanente (APP), unidades de conservação, entre outras e II) ‘Cobertura da terra’, que diz respeito aos tipos de cobertura vegetal natural de uma determinada área, como, por exemplo, floresta ombrófila, cerrado, caatinga, savanas, tundra, entre outros (DE-SHERBININ, 2002).

Mudanças no sistema de uso e ocupação do solo vêm ocorrendo com bastante frequência após a revolução industrial, afetando diretamente o comportamento do ciclo hidrológico de bacias hidrográficas e a disponibilidade de água para as necessidades básicas da humanidade.

Nesse contexto, entra a degradação ambiental no Semiárido brasileiro, tendo seu início com a redução da mata nativa, a Caatinga. Conforme Araújo (2010), a partir do ano de 1635, com o sistema de sesmaria, inicia-se a ocupação no Semiárido exercendo, fundamentalmente, as atividades de agricultura e pecuária extensiva, que fazem uso do desmatamento e queimada, e do sobrepastejo, dando início ao antropismo na região. As ações antrópicas têm gerado grandes impactos nas paisagens através do intenso processo de substituição das áreas naturais por diversos tipos de uso do solo e da fragmentação das áreas com cobertura florestal (MATSUSHITA; XU; FUKUSHIMA, 2006).

Nessa região a ocupação se deu num contexto de ocupação desordenada. Segundo Silva et al., (2004), a própria forma histórica de agricultura nômade, ou seja, itinerante, desenvolvida no Semiárido, já se constitui num fator de contribuição para a redução da biodiversidade da caatinga, pois os agricultores desmatam, queimam e plantam num período (em torno de dois ou três anos), e mudam para outras áreas repetindo a mesma prática. O processo histórico de ocupação da caatinga teve como principais atividades produtivas a pecuária e a agricultura de subsistência (ANDRADE, 1995; PRADO JÚNIOR, 1981). Com isso, o desmatamento e a degradação da caatinga estão tão avançados que é difícil encontrar áreas de mata nativa, ocasionando os processos degradativos que serão analisados ao longo dessa pesquisa.

Diversos autores vem estudando os impactos das alterações no uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas, como Chuerubim e Pavanin (2013) que estudaram as alterações no uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica de Minas Gerais, e Coelho et al. (2014) que estudaram as dinâmicas do uso e ocupação do solo em uma micro bacia hidrográfica do Semiárido pernambucano.

Dentro desse contexto, o uso de imagens de satélite vem se mostrando uma ferramenta eficaz para a análise das mudanças no uso e ocupação do solo, principalmente em áreas remotas. Segundo Rosa (2003), os sistemas de sensoriamento remoto hoje disponíveis, permitem a aquisição de dados de forma global, confiável, rápida e repetitiva, sendo estes dados de grande importância para o levantamento, mapeamento e utilização das informações de uso e ocupação do solo de uma dada região.

Um dos produtos utilizados para esse tipo de análise são os originários do sensor MODIS. Os produtos MODIS possibilitam a utilização de diversas composições como de 8 e 16 dias, porém o principal critério utilizado nestes produtos é a livre presença de nuvens, o que pode acarretar em imagens compostas por pixels com aquisições em retroespalhamento e espalhamento frontal em diferentes datas (Santana et al. 2019). O produto MCD12Q1 vem sendo bastante utilizado para análises de uso e ocupação do solo (ZHAO et. al, 2018; LIANG, 2015; DONG, 2012; ZHOU, 2019; ZENG, 2015) e obtendo sucesso quando usadas para esse objetivo.

Dessa forma, mostra-se de grande importância o estudo do uso do solo em bacias hidrográficas do Semiárido brasileiro, para que através da compreensão dos fatores que afetam essa dinâmica possam ser formulados meios de desacelerar esse processo.

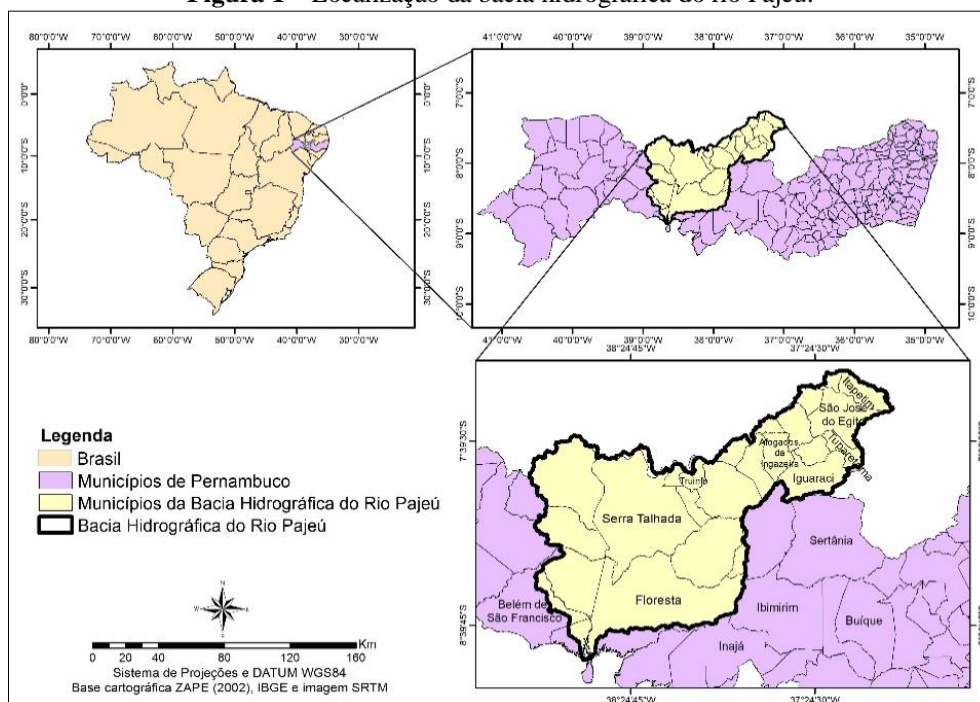
2. Material e Métodos

2.1 Caracterização e localização da área

A bacia hidrográfica do rio Pajeú (Figura 1) está localizada entre 07° 16' 20" e 08° 56' 01" de latitude sul e 36° 59' 00" e 38° 57' 45" de longitude oeste, formando a Unidade de Planejamento Hídrico UP9, sendo considerada a maior bacia do Estado de Pernambuco, com uma área de 16.726 km², correspondendo a 16,97% da área do Estado.

Limita-se ao norte com os estados do Ceará e Paraíba, ao sul com o grupo de bacias de pequenos rios interiores 3 - GI3 (UP22), a leste com a bacia do rio Moxotó (UP8) e o estado da Paraíba, e a oeste com a bacia do rio Terra Nova (UP10) e o grupo de bacias de pequenos rios interiores 4 - GI4 (UP23), tendo municípios que fazem parte da mesorregião do sertão pernambucano e da mesorregião do sertão do São Francisco.

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Pajeú.

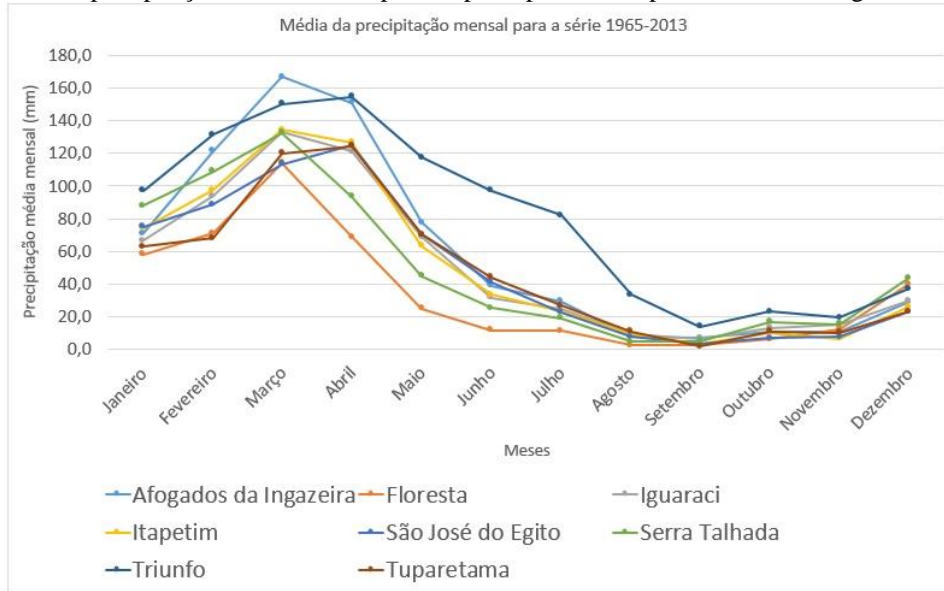


O rio Pajeú nasce no município de Brejinho e percorre uma extensão de aproximadamente 353 km. Inicialmente apresenta sentido nordeste-sudoeste, até desaguar no lago de Itaparica, no rio São Francisco. Seu regime fluvial é intermitente e, ao longo do seu curso, margeia as cidades de Itapetim, Tuparetama, Ingazeira, Afogados da Ingazeira, Carnaíba, Flores, Calumbi, Serra Talhada e Floresta. Seus afluentes principais são: pela margem direita, os riachos Tigre, Barreira, Brejo, São Cristóvão e Belém; e, pela margem esquerda, os riachos do Cedro, Quixabá, São Domingos, Poço Negro e do Navio (CBHSF, 2014).

A bacia hidrográfica do Rio Pajeú, em sua maior parte apresenta características de clima Semiárido (BSh, segundo a classificação climática de Köppen), com baixa precipitação (entre 600 e 800 mm anuais), mal distribuída ao longo do ano. As chuvas ocorrem geralmente no verão, combinadas com as altas temperaturas e radiação solar, ocasionando evaporação rápida e elevada evapotranspiração, ocasionando mesmo no período

chuvoso, secas severas (Figura 2).

Figura 2 – Média da precipitação média mensal para os principais municípios da bacia hidrográfica do rio Pajeú-PE.



Porém, devido a variação do relevo, nas áreas mais elevadas predominam os chamados “brejos de altitude” que são áreas em que, mesmo localizada em áreas semiáridas, devido a altitude, apresenta clima frio e maior quantidade de precipitação. Como exemplo podem ser citados os municípios de Triunfo, Flores, Santa Cruz da Baixa Verde. Nessas áreas a condensação do vapor d’água presente no ar aumenta a nebulosidade, diminuindo a insolação, conseqüentemente a temperatura também diminui em conjunto com a evapotranspiração potencial.

2.2 Mapas de uso e ocupação do solo

Os mapas de uso e ocupação do solo foram elaborados através da obtenção de imagens MODIS, referentes ao produto MCD12Q1 (Tabela 1) obtidas gratuitamente através do portal NASA Land Processes Distributed Active Archive Center utilizando o USGS EarthExplorer. Esse produto fornece dados caracterizando cinco sistemas de classificação de cobertura da terra. Além disso, fornece avaliações sobre a cobertura da terra e controle de qualidade. As imagens são anuais com resolução de 500 m.

As imagens foram obtidas no formato .hdf (*Hierarchical Data Format*), rota h14v09, para todos os anos com disponibilidade de dados (2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013) na projeção ISIN (*Integerized Sinusoidal*) sendo necessária a importação para extração das bandas Land_Cover_Type_1 (Tabela 2), Land_Cover_Assessment, Land_Cover_Secondary, e reprojeção utilizando o software Modis Reprojection Tool, obtido também gratuitamente através do site (https://lpdaac.usgs.gov/tools/modis_reprojection_tool).

Tabela 1- Descrição das camadas do produto MODIS Land Cover Type product (MCD12Q1).

Camadas	Unidade	Tipo de dado	Preenchimento	Faixa válida
Land Cover Type 1 (IGBP)*	Classe	8-bit unsigned	255	0 – 254

<i>Land Cover Type 2 (UMD)*</i>	Classe	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Type 3 (LAI/fPAR)*</i>	Classe	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Type 4 (NPP/BGC)*</i>	Classe	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Type 5 (PFT)</i>	Classe	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Type 1 Assessment</i>	Inteiro	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Type 2 Assessment</i>	Sem dado	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Type 3 Assessment</i>	Sem dado	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Type 4 Assessment</i>	Sem dado	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Type 5 Assessment</i>	Sem dado	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover QC</i>	Flags	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Type 1 Secondary</i>	Classe	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Type 1 Secondary %</i>	Sem dado	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Property 1</i>	Sem dado	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Property 2</i>	Sem dado	8-bit unsigned	255	0 – 254
<i>Land Cover Property 3</i>	Sem dado	8-bit unsigned	255	0 – 254

Fonte: adaptada do portal LP DAAC (2014).

Tabela 2- Descrição da banda Land Cover Type 1, IGBP.

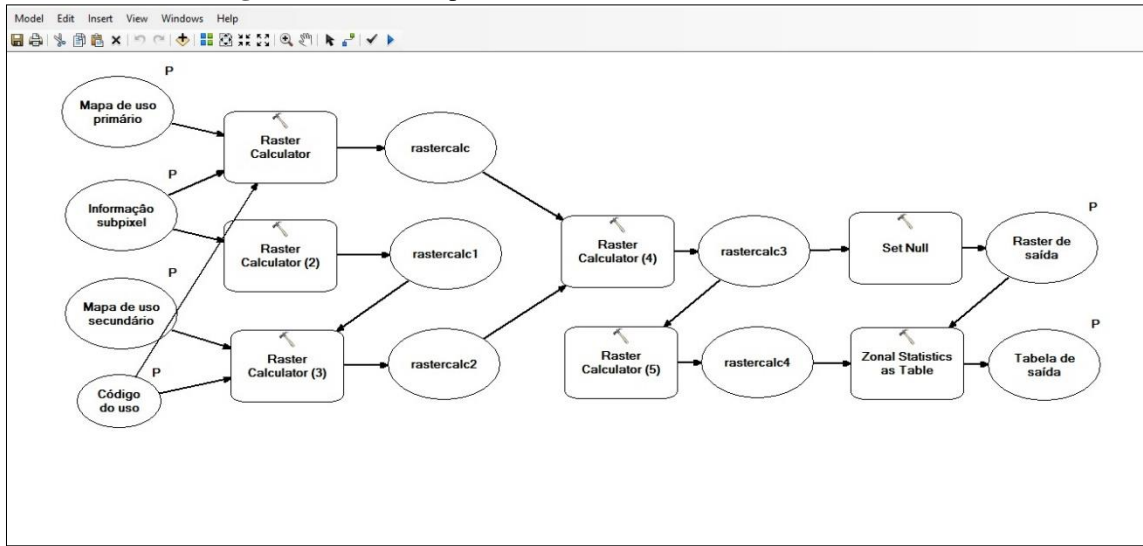
CLASSE	IGBP	CLASSE	IGBP*
0	Água	9	Caatinga gramíneo-lenhosa
1	Floresta perene	10	Pradarias
2	Floresta latifoliada	11	Vegetação permanente de zonas úmidas
3	Floresta decídua	12	Terra fértil
4	Floresta decídua de folhas largas	13	Área Urbana / construções
5	Floresta mista	14	Terra fértil e/ou mosaico de vegetação natural
6	Caatinga arbustiva fechada	15	Neve e gelo
7	Caatinga arbustiva aberta	16	Áreas estéreis ou com pouca vegetação
8	Caatinga arborizada		

* International Geosphere-Biosphere Programme.
 Fonte: adaptada do portal LP DAAC (2014).

O processamento das imagens para a extração das informações subpixel e identificação dos pixels de cada classe foi realizado no software ArcGis através da utilização da ferramenta ModelBuilder, onde foi

montado um modelo de processamento conforme a Figura 3.

Figura 3- Modelo de processamento elaborado no software ArcGis.



Fonte: elaborada pelo autor.

3. Resultados e Discussão

A análise do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas é extremamente importante para compreender os processos físicos que ocorrem nesse tipo de ambiente. Na bacia hidrográfica do rio Pajeú, com base na análise das imagens pixel a pixel, existe a predominância de alguns tipos de uso e ocupação do solo de acordo com a classificação IGBP presente nas imagens MODIS que correspondem a 98% da ocupação da área. Essas classes foram redefinidas e renomeadas de acordo com os conceitos presentes no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (2012) e visualizadas na Figura 4.

Figura 4 – Fisionomias predominantes de acordo com o International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) na bacia hidrográfica do rio Pajeú-PE.

Caatinga
arbustiva fechada
Coordenadas:
38°20'14.68"O/
8°21'4.17"S
Município:
Floresta



Closed shrublands

Caatinga
arbustiva aberta
Coordenadas:
38°40'59,36"O/
8°44'25,18"S
Município:
Itacuruba



Open shrublands

Caatinga
arborizada
Coordenadas:
38°32'23,08"O/
7°47'10,76"S
Município:
Serra Talhada



Woody savannas

Caatinga
gramíneo-lenhosa
Coordenadas:
37°18'33,51"O/
7°20'9,14"S
Município:
Brejinho



Savannas

Área urbana/
construções
Coordenadas:
38°17'51.87"O/
7°59'23"S
Município:
Serra Talhada



Urban and built-up

Agricultura /
terra fértil
Coordenadas:
Imagem 1 –
38°02'54,62" O/
7°50'26,84"S
Município:
Triunfo
Imagem 2 –
38°30'47,66"O /
8°35'7,51"S
Município:
Floresta

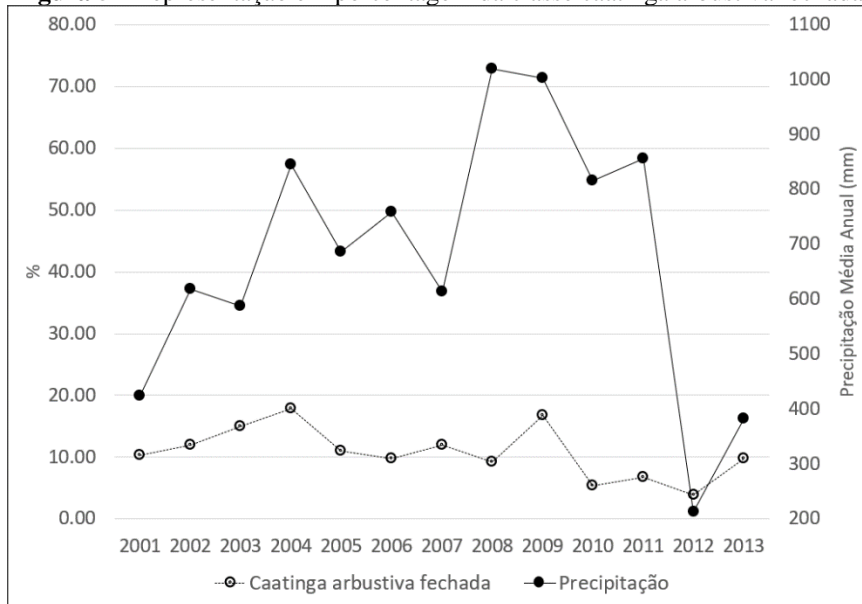


Croplands /
Natural vegetation mosaic

Fonte: Google Earth Pro.

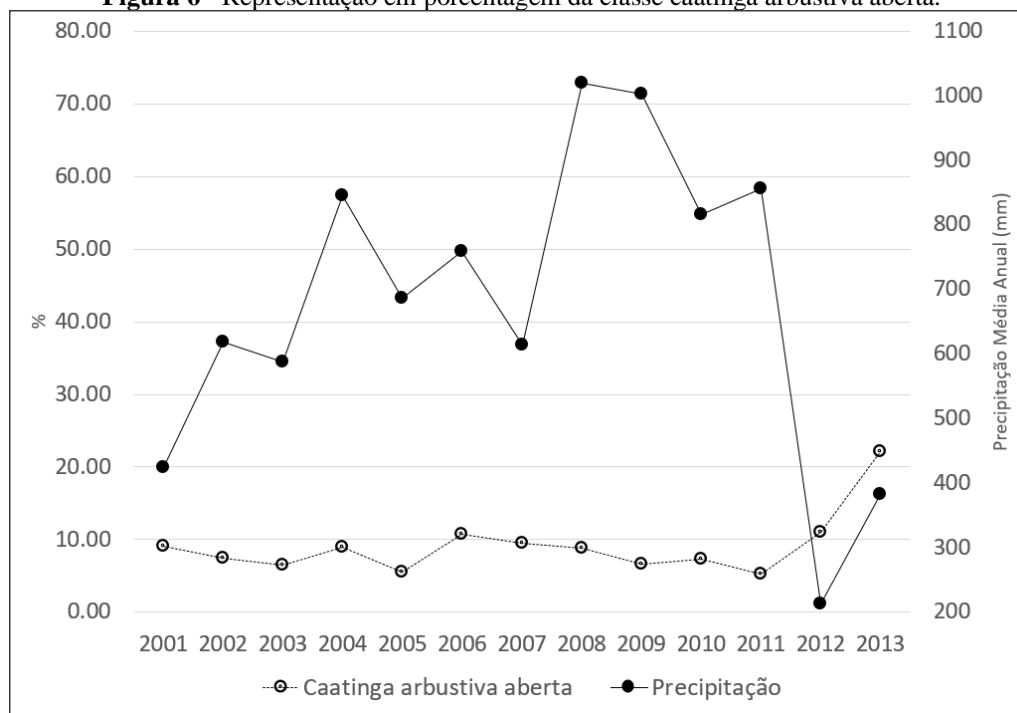
Durante o período estudado (2001-2013), o uso e ocupação do solo apresentou diferenças e oscilações ao longo do tempo. Assim, começou-se a investigar quais as variáveis que estavam influenciando nessas diferenças e oscilações do uso e ocupação do solo, com especial ênfase aos impactos do clima e das ações antrópicas. A primeira classe analisada é a caatinga arbustiva fechada (Figura 5), que pode ser considerada aquela em que a vegetação é predominantemente de arbustos, pouco espaçados entre si.

Figura 5 - Representação em porcentagem da classe caatinga arbustiva fechada.



No início do período de estudo essa classe representa aproximadamente 10% da bacia hidrográfica do rio Pajeú, atingindo o pico em 18% no ano de 2004 com oscilações até obter uma queda brusca após o ano de 2009, voltando a crescer no último ano analisado (2013), porém ainda não ultrapassou os 10%. Quando analisado em conjunto com a precipitação surge um padrão, principalmente após períodos com menos chuva, como em 2002 e 2003, fazendo com que a precipitação mais elevada em 2004 tenha impacto positivo nessa classe. A segunda classe foi denominada caatinga arbustiva aberta (Figura 6), por possuir vegetação arbustiva espaçada com grande presença de campos abertos com rala cobertura vegetal.

Figura 6 - Representação em porcentagem da classe caatinga arbustiva aberta.



Fonte: Dados da pesquisa.

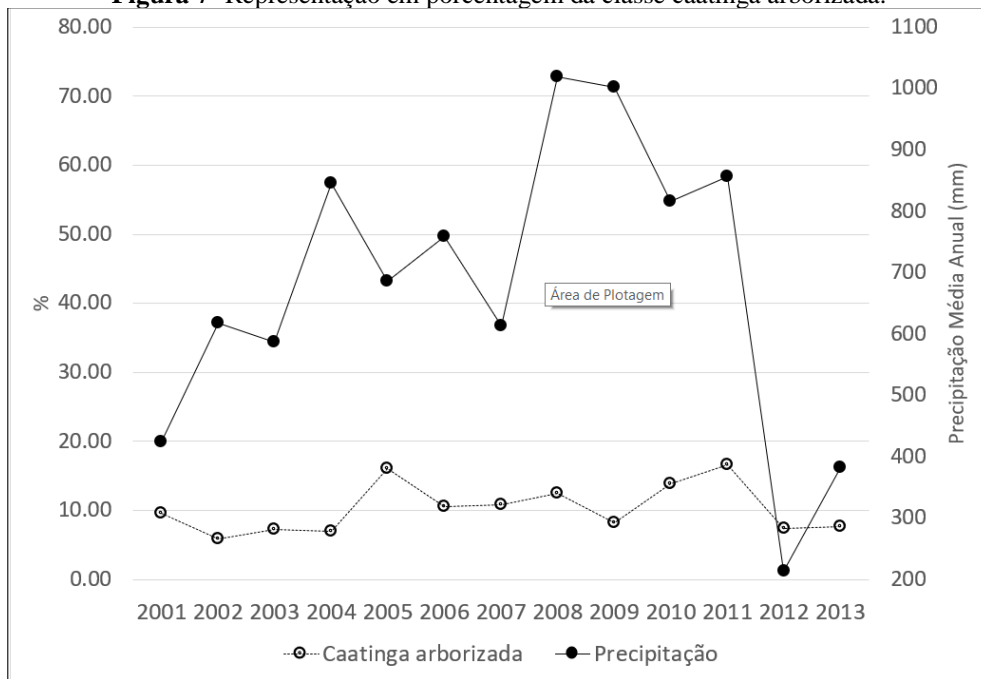
Essa classe é a que apresenta melhor regularidade ao longo do período em estudo, porém a partir do ano de 2011 ocorre um crescimento vertiginoso principalmente em áreas próximas a foz do rio Pajeú, que devido à queda acentuada da precipitação entre 2011 e 2012 houve diminuição do volume de água do rio, fazendo com que áreas que antes eram do leito do rio ficassem expostas, mostrando aumento de gramíneas na região e arbustos espaçados, fato corroborado por Coelho et al., (2014) em seu estudo na bacia do riacho São Paulo em Serra Talhada, onde ele comprovou que entre os anos de 2000 e 2010 ocorreu diminuição acentuada de mata ciliar e aumento de pastagens.

A terceira classe (Figura 7) foi denominada de caatinga arborizada, ou seja, aquela em que possui árvores de grande porte, bem como vegetação verde e saudável ao longo do ano. Esse tipo de vegetação é encontrado principalmente em áreas de altitude elevada onde a junção de clima mais ameno e precipitação distribuída auxiliam o crescimento da vegetação e faz com que ela permaneça sempre com o mesmo aspecto. É encontrada principalmente a leste e sudeste da área de estudo. No início do período de estudo, a cobertura é de quase 10% na bacia hidrográfica, chegando a 17% em 2005 e tendo algumas oscilações até o ano de 2013. É um tipo de vegetação que responde mais lentamente aos estímulos da precipitação, principalmente devido já possuir uma característica mais arbórea, mesmo em épocas mais secas.

A quarta classe (Figura 8) foi denominada de caatinga gramíneo-lenhosa, sendo a mais característica da

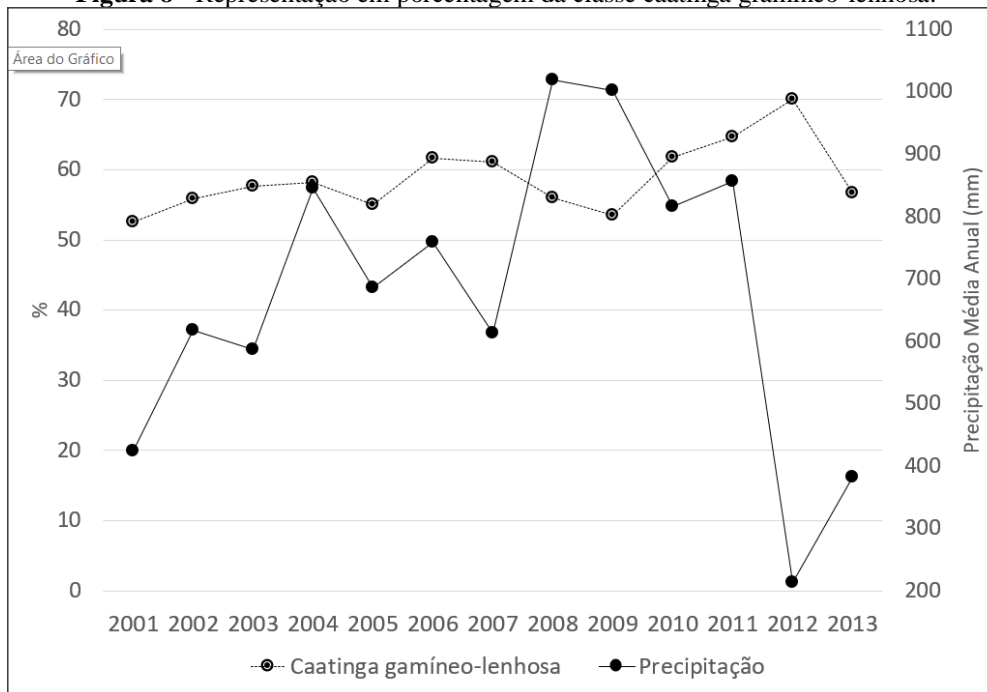
região e assim a mais representativa. Pode ser representada como a vegetação mais seca, onde a maior parte das plantas já perdeu as folhas devido a algum fator climático.

Figura 7- Representação em porcentagem da classe caatinga arborizada.



Fonte: Dados da pesquisa.

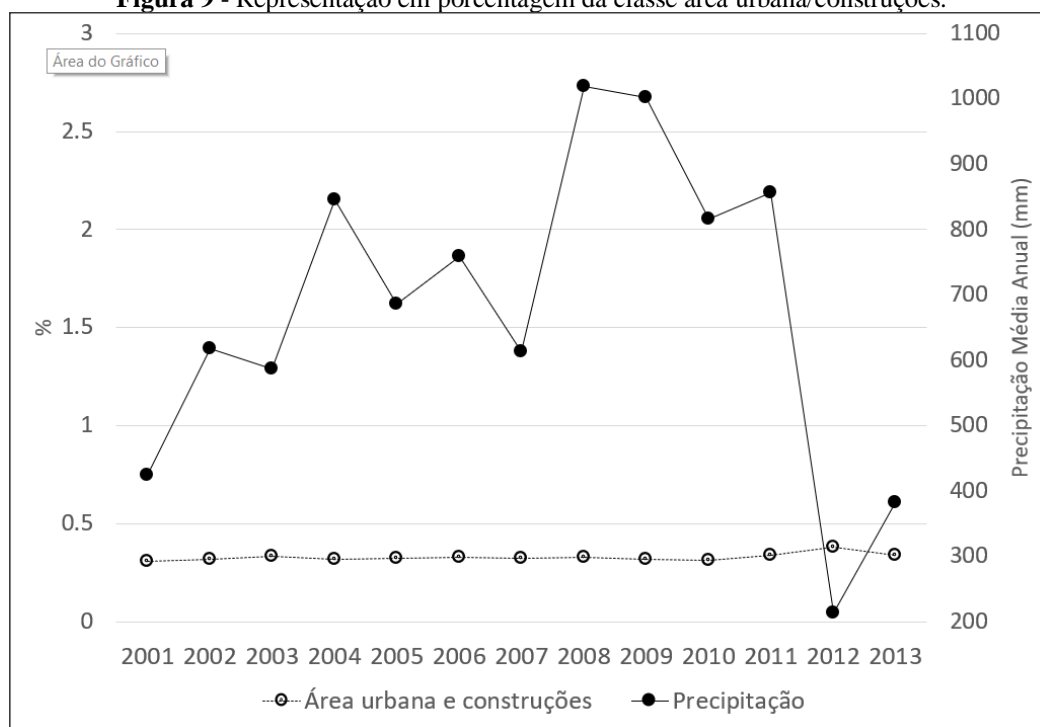
Figura 8 - Representação em porcentagem da classe caatinga gramíneo-lenhosa.



Ao longo do período estudado esse tipo de vegetação cobre mais de 50% da bacia hidrográfica do rio Pajeú comparada as demais, é bastante constante em sua representação, atingindo um pico de 70% em 2012, ano mais seco, e caindo abaixo de 60% no último ano. Com relação a precipitação é visto que essa classe mesmo em períodos mais chuvosos, sua extensão permanece crescente, o que pode significar áreas de desmatamento ou vegetação já morta que não responde mais aos efeitos da precipitação, conforme Coelho et al., (2014). Essa classe é a que mais se destaca quando se estuda o escoamento superficial, de acordo com Freier, Schneider e Finckh (2011), a utilização de pastagens em áreas semiáridas causa aumento de até 20% no escoamento superficial.

A quinta classe foi denominada de Área urbana/construções e é a menos representativa na área de estudo, devido, principalmente, ser uma região interiorana, onde a maioria das cidades são de pequeno/médio porte (Figura 9). É uma classe que se mantém constante ao longo dos anos, mesmo com o crescente crescimento de áreas interioranas, principalmente devido a implantação de polos industriais e descentralização de atividades de ensino e pesquisa. Representa cerca de 0,3 a 0,35% da área de estudo, sendo mais evidente no município de Serra Talhada, maior centro urbano da região. A bacia hidrográfica do rio Pajeú conta com mais de 400 mil habitantes distribuídos em seu território.

Figura 9 - Representação em porcentagem da classe área urbana/construções.

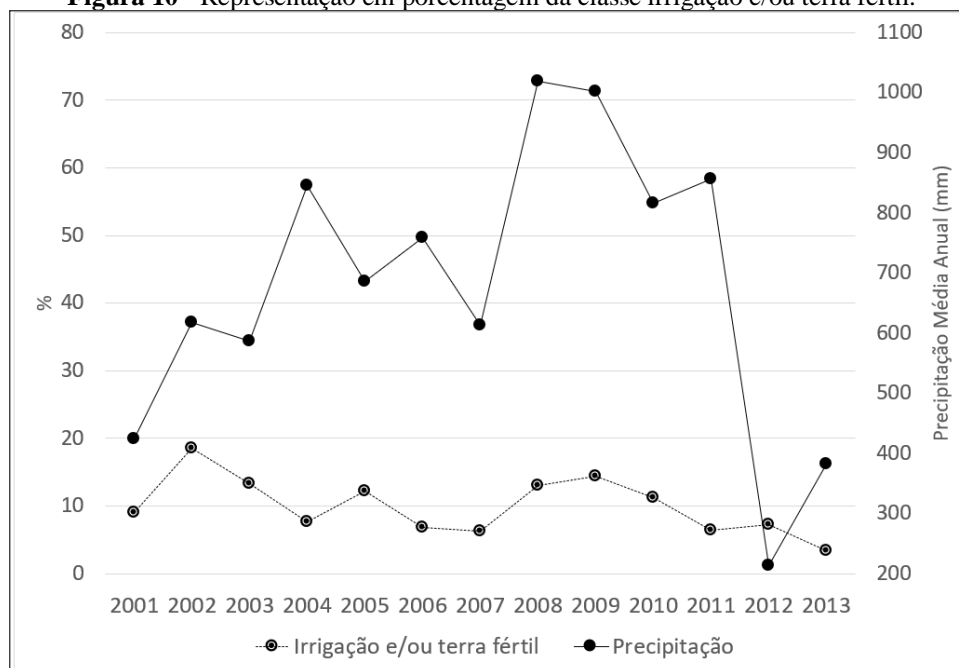


Fonte: Dados da pesquisa.

A sexta e última classe foi nomeada de irrigação e/ou terra fértil (Figura 10). A princípio seriam duas classes diferentes, porém, devido as semelhanças encontradas entre elas e a localização espacial serem próximas, foram comprimidas em uma única classe. Durante o período estudado foi a classe em que mais ocorreu a diminuição da porcentagem de cobertura, iniciando em cerca de 9% em 2001 e terminando com menos de 4%. É a classe que mais responde a precipitação, pois, nos anos em que ocorre aumento na média de chuva também aumenta a representatividade da classe na área analisada, isso se deve principalmente a

fatores como agricultura irrigada próxima a corpos hídricos, maior umidade presente no solo devido a água precipitada.

Figura 10 - Representação em porcentagem da classe irrigação e/ou terra fértil.

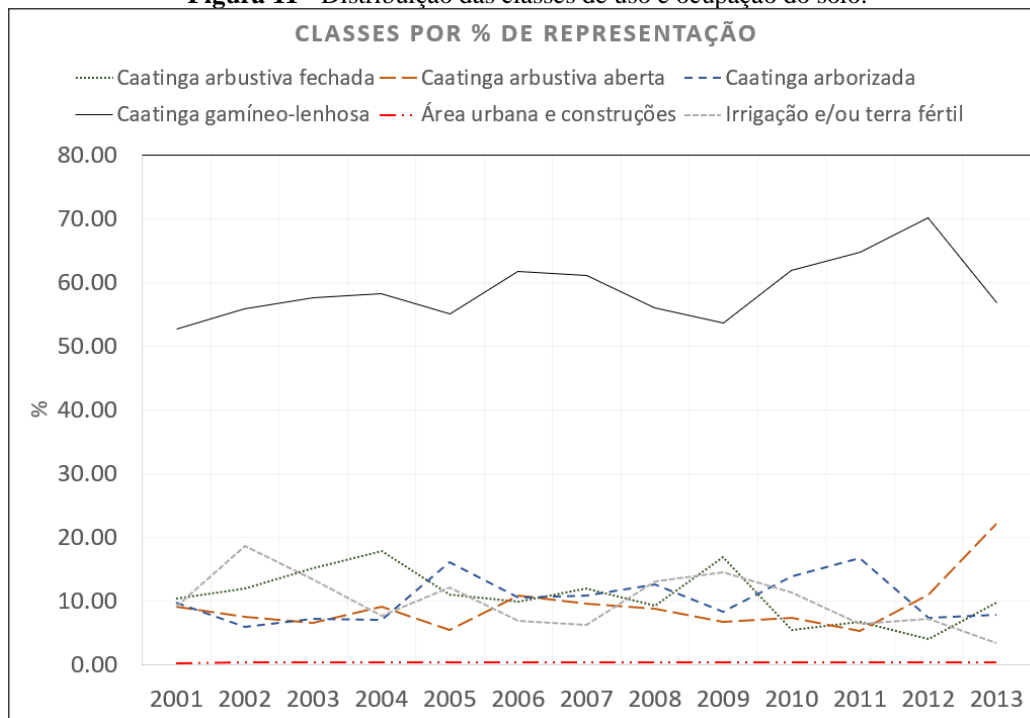


Fonte: Dados da pesquisa.

Na área de estudo, o município mais característico dessa classe é Triunfo, conhecido por sua altitude elevada e clima ameno, possui segundo o IBGE cerca de 20% da sua área territorial voltada para a agricultura, sendo em sua maior parte as que sobrevivem ao longo do ano e dão mais de uma safra como a banana, o tomate e o feijão. Como pode ser visto no gráfico, a partir de 2007, com o aumento da precipitação média há uma pequena recuperação no índice, porém a partir de 2009 com a queda acentuada das chuvas essa classe entra em declínio até atingir seu menor valor em 2013. Alves et al. (2016) comprovou em seu estudo de alguns municípios do estado de Pernambuco espalhados em diferentes mesorregiões que a irregularidade climática influencia de forma significativa a agricultura, caracterizando a região instável para a agricultura de sequeiro. Já Niedda et al. (2014), comprovaram um desmatamento de 18% em uma bacia hidrográfica do semiárido marroquino presente em uma área irrigada.

Como forma de representar a realidade da distribuição espacial, os resultados serão apresentados por Km². Verifica-se que no período compreendido entre 2001 e 2013 a área de estudo sofre alterações significativas no uso e ocupação do solo (Figura 11).

Figura 11 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo.



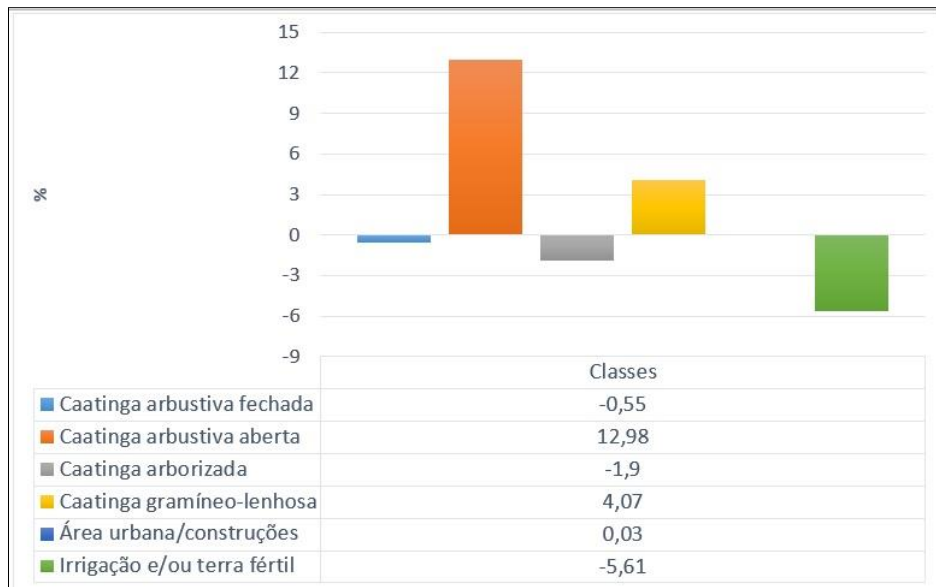
Fonte: Dados da pesquisa.

Entra em destaque a classe da caatinga gramíneo-lenhosa por ser a vegetação típica da região, apresentando sempre mais de 3500km² em sua distribuição e embora tenha alguns oscilações, se mantém constante em distribuição por área.

As demais classes se mantêm aproximadas entre 500 e 1500km², ressaltando a classe caatinga arbustiva aberta que se destaca pelo crescimento nos dois últimos anos de estudo devido principalmente a degradação ambiental na área visto que em sua maior parte, essa classe pode ser encontrada próxima as sedes urbanas, ocorrendo a constante retirada da vegetação para construção de novas moradias e comércio, transformando áreas de vegetação arbustiva fechada em campos abertos.

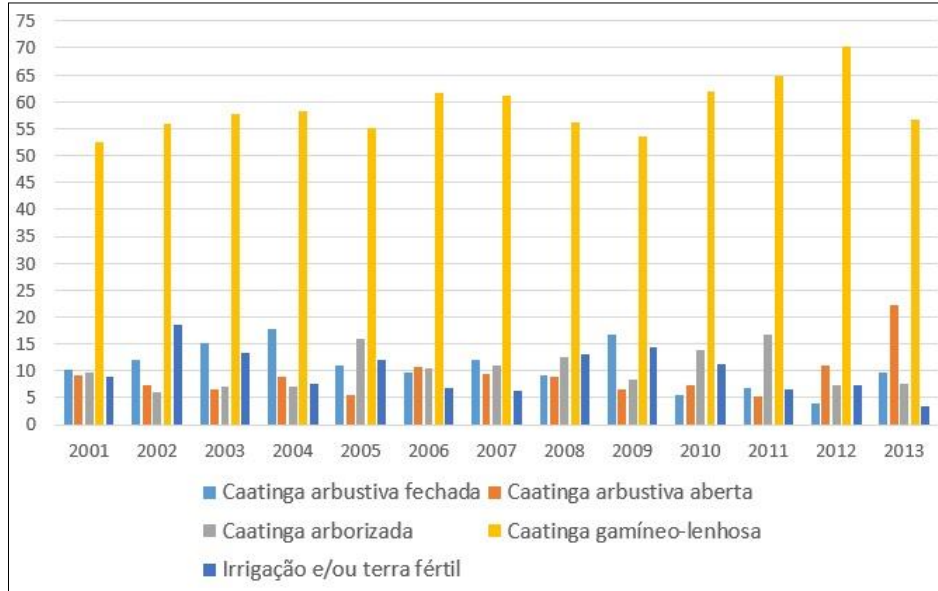
As Figuras 12 e 13 apresentam as porcentagens de aumento/diminuição por tipo de uso e ocupação do solo 2001-2013 e alterações ano a ano na porcentagem de cada classe de uso e ocupação do solo, respectivamente.

Figura 12 - Porcentagem de aumento/diminuição por tipo de uso e ocupação do solo 2001-2013.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 13 – Alterações ano a ano na porcentagem de cada classe de uso e ocupação do solo



Fonte: Dados da pesquisa

Analisando a Figura 12 em conjunto com a anterior (Figura 11), vemos o quanto cada classe aumentou e diminuiu ao longo dos anos em porcentagem. Deve-se dar destaque a classe “caatinga arbustiva aberta” que teve um aumento de quase 13% quando comparado os mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2001 e 2013, aumento em aproximadamente 1000km² sua área de extensão. Isso se deve, principalmente a degradação para implantação de maiores áreas destinadas as pastagens e ampliação das cidades.

Khanday, Khan e Javed (2016), comprovaram em seu estudo em uma área semiárida de uma bacia hidrográfica no norte da China que essa mesma classe teve aumento de 6,16%. Outra classe com aumento significativo é a de caatinga gramíneo-lenhosa com pouco mais de 4%, em sua maior parte nos últimos três anos analisados, que pode ser relacionada a constante seca que ocorre na região nos últimos anos visto que a classe de caatinga arborizada teve uma queda de aproximadamente 2% e diminuição brusca de cobertura entre os anos de 2011 e 2012.

A área urbana cresceu apenas 0,03%, em sua maior parte nos municípios de Serra Talhada e Triunfo, o primeiro, importante centro comercial e o segundo com força turística. Embora tenha ocorrido um aumento significativo de áreas irrigadas no sertão de Pernambuco, a classe irrigação/terra fértil apresentou uma diminuição de aproximadamente 5,61%, pois, com a crescente degradação, seca e irrigação inadequada, o quantitativo de terras férteis vem diminuindo.

Analisando em conjunto os mapas de uso e ocupação do solo e outras informações, vemos que as áreas ainda classificadas como terra fértil, estão localizadas em ambientes mais elevados, conseqüentemente mais úmidos e com maior cobertura vegetal ainda não explorada. Além disso, com a análise dessas informações nota-se que ano a ano as alterações são sempre significativas (Figura 13), principalmente nas classes de caatinga arbustiva aberta e fechada, como pode ser visto na tabela 4.

4. Conclusão

A densidade da cobertura vegetal não depende unicamente das chuvas ocorridas no próprio ano, é também consequência das condições climáticas de anos anteriores. Na área estudada o tipo de vegetação que mais se destaca é a de caatinga gramíneo lenhosa. A caatinga arbustiva aberta foi a que se mostrou mais susceptível a alterações devido as condições climáticas. A vegetação de caatinga pode assumir características distintas na mesma área de acordo com as condições climáticas, indo de caatinga arborizada em anos mais úmidos e chegando à caatinga gramíneo-lenhosa em anos mais secos.

5. Referências

ALVES, J. O. et al. Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, Manhauçu, v. 14, n. 1, p. 37-47, 2016.

ANDRADE, M. C. **Formação territorial do Brasil**. In: BECKER, B.; CHRISTOFOLETTI, A. (Org.). Geografia e meio ambiente no Brasil. São Paulo/Rio de Janeiro: Hucitec, 1995.

ARAÚJO, J. A. Caatinga, antropismo, impactos e mitigação. Seminário: Pacto pela convivência com o Semiárido. Fortaleza: Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos da Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, 2010.

CBHSF. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO. **O tal do rio Pajeú que despeja no São Francisco**. 2014. Disponível em: < <http://cbhsaofrancisco.org.br/o-tal-do-rio-pajeu-que-despeja-no-sao-francisco/>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

CHUERUBIM, M. L.; PAVANIN, E. V. Análise do uso e ocupação do solona bacia hidrográfica do córrego Barbosa no ano de 2011. **GEOUSP – espaço e tempo**, São Paulo, n. 33, p. 229-238, 2013.

COELHO, V. H. R. et al. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do Semiárido

brasileiro. **Revista Brasileira da Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 64-72, 2014

DE-SHERBININ, A. A CIESIN **thematic guides to land-use and land-cover change. Palisades: Center for International Earth Science Information Network of Columbia University**, 2002. Disponível em: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/binaries/web/sedac/thematic-guides/ciesin_lucc_tg.pdf >. Acesso em: 15 ago. 2016.

DONG, J.; XIAO, X.; SHELDON, S.; BIRADAR, C.; DUONG, N. D.; HAZARIKA, M. A comparison of forest cover maps in Mainland Southeast Asia from multiple sources: PALSAR, MERIS, MODIS and FRA. **Remote Sensing of Environment**. V. 127. 2012.

FREIER, K.P.; SCHNEIDER, U. A.; FINCKH, M. Dynamic interactions between vegetation and land use in semi-arid Morocco: Using a Markov process for modeling rangelands under climate change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.140, n.3-4, p.462-472, 2011.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p.

KHANDAY, M. Y.; KHAN, I.; JAVED, A. Watershed management on land use/land cover dynamics in semi-arid watershed, Central India. **Arabian Journal of Geosciences**, v.9, n.458 p.1-7, 2016.

LIANG, D.; ZUO, Y.; HUANG, L.; ZHAO, J.; TENG, L.; YANG, F. Evaluation of the Consistency of MODIS Land Cover Product (MCD12Q1) Based on Chinese 30 m GlobeLand30 Datasets: A Case Study in Anhui Province, China. **ISPRS Int. J. Geo-Inf.** n.4, 2015, p. 2519-2541.

LP DAAC Land Processes Distributed Active Archive Center. **Land cover type yearly L3 Global 500 m SIN Grid**. 2014. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mcd12q1>. Acesso em: 20 ago. 2015.

MATSUSHITA, B.; XU, M.; FUKUSHIMA, T. Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura, Japan using a high-quality GIS dataset. **Landscape and Urban Planning**, v. 78, p. 241-250, 2006.

NIEDDA, M.; PIRASTRU, M.; CASTELLINI, M.; GIADROSSICH, F. Simulating the hydrological response of a closed catchment-lake system to recent climate and land-use changes in semi-arid Mediterranean environment. **Journal of Hydrology**, v.517, p.732-745. 2014.

PRADO JÚNIOR, C. **História econômica do Brasil**. 26. ed. São Paulo: Brasiliense, 1981. 364 p.

Rosa, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 5 ed., Uberlândia: EDUFU, 2003, 228p.

SANTANA, Níckolas Castro et al. Análise do ângulo de visada no comportamento espectral de imagens modis em áreas de floresta amazônica e cerrado. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S.l.], p. e10, ago. 2019.

SILVA, J. M.; TABARELI, M., FONSECA, M. T & LINS, L V. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

ZENG, T.; ZHANG, Z.; ZHAO, X.; WANG, X.; ZUO, L. Evaluation of the 2010 MODIS Collection 5.1 Land Cover Type Product over China. **Remote Sensing**, v. 7, n.2. 2015.

ZHAO J, WANG J, JIN Y, FAN L, XU C, LIANG D, HUANG L. Land Cover Based Landscape Pattern Dynamics of Anhui Province Using GlobCover and MCD12Q1 Global Land Cover Products. **Sustainability**. 4. 2018.

ZHOU, L.; WANG, Y.; CHI, Y.; WANG, S.; WANG, Q. Contrasting post-fire dynamics between Africa and South America based on MODIS Observations. **Remote Sensing**. V. 11. N. 9. 2019.