

Space-temporal dynamics of coverage and use of agricultural settlement land in semi-arid region

Paulo R. M. Francisco*, Viviane F. Silva**, Igo M. S. Borges***, Dihego de S. Pessoa****

*Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.
paulomegna@gmail.com

**Dra. Profa. Associada, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG. viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

***Mestrando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.
igomarinho27@gmail.com

****Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.
dihegopessoa@gmail.com

Received 20 June 2022 ; accepted 13 december 2022

ABSTRACT

The temporal analysis of remote sensing images when performed through digital processing techniques provides the recognition of changes in agricultural and livestock activities as well as changes in native forest areas. The objective was to statistically evaluate spatio-temporal data on land cover and use of the Patativa do Assaré settlement located in a semi-arid region using the Mapbiomas series between 1985 and 2020. The statistical treatment was directed to the application of data analysis using the XLSTAT® Trial. Using the MapBiomas Web application as a tool to analyze the spatio-temporal behavior of land use and cover, it was observed that there were significant changes in the area in the Non-Forest and Agricultural Natural Formation class, where the largest amplitudes occurred. The largest deviations occurred in the variables Forest and Non-Forest Natural Formation, not being a symmetrical distribution. The highest regularity in the normality test occurred in the Forest class.

Keywords: descriptive statistics, multi-temporal avaliaton, semiarid.

Dinâmica espaço-temporal da cobertura e uso das terras de assentamento agrário em região semiárida

RESUMO

A análise temporal de imagens de sensoriamento remoto quando realizada através de técnicas de processamento digital propicia o reconhecimento de mudanças nas atividades agrícolas e pecuárias bem como mudanças nas áreas florestais nativas. Objetivou-se avaliar estatisticamente dados espaço-temporais da cobertura e uso da terra do assentamento Patativa do Assaré localizado em região semiárida utilizando série do Mapbiomas entre 1985 a 2020. O tratamento estatístico foi direcionado à aplicação das análises dos dados utilizando o XLSTAT® Trial. Na utilização da aplicação Web MapBiomas como ferramenta para analisar o comportamento espaço-temporal do uso e cobertura dos solos observou-se que houve alterações significativas de área na classe Formação Natural Não Florestal e Agropecuária onde ocorreram as maiores amplitudes. Os maiores desvios ocorreram nas variáveis Floresta e Formação Natural Não Florestal não se tratando de uma distribuição simétrica. A maior regularidade no teste de normalidade ocorreu na classe Floresta.

Palavras-chave: estatística descritiva, avaliação multi-temporal, semiárido.

Introdução

A concentração de extensões de terras no Brasil vem sendo ampliada com a expansão do setor agropecuário, valorização econômica das terras, e sua distribuição desproporcional evidencia

a importância da reforma agrária, assim como a sua implantação com alguns progressos e regressos, como afirmam Souza e Estevan (2021).

Inclusive na política de reforma agrária brasileira para a obtenção da sustentabilidade, existem algumas dificuldades relativas ao uso dos recursos naturais nos assentamentos rurais, sendo

constatada a necessidade de realizar um diagnóstico sobre as condições atuais de todos que fazem parte do assentamento e da área com objetivo de tornar a política eficiente (Peroni et al., 2021).

Nos projetos de assentamento agroextrativistas, a atividade econômica predominante é a agricultura que usa como limpeza da terra o corte e queima, para que ocorra o desenvolvimento rural sustentável é necessário que haja uma mudança nas características produtivas dos agricultores (Jakovac, 2017).

Os problemas ambientais são agravados com a intensificação da desertificação, principalmente na região semiárida brasileira, como relata Girão (2013), algumas ações antrópicas influenciam diretamente o meio ambiente, como o uso excessivo de espécies florestais para lenha, carvão, além do processo erosivo, salinização dos solos e exploração de essências florestais nativas.

Dessa maneira a análise temporal de imagens de Sensoriamento Remoto quando realizada através de técnicas de processamento digital propicia o reconhecimento de mudanças nas atividades agrícolas e pecuárias, principal fonte de renda da população rural, bem como mudanças nas áreas florestais nativas amparadas pela legislação ambiental (Facco et al., 2017).

Dada a repetitividade com que as imagens de satélite são adquiridas, é possível reconhecer alterações ocorridas na paisagem de uma região, num dado período de tempo, através da análise da extensão e do tipo de mudanças no uso, como o desmatamento, a expansão urbana e as variações sazonais da vegetação (Ridd & Liu, 1998).

Os estudos da cobertura florestal ou da cobertura e do uso da terra, sua dinâmica e seus impactos vêm sendo estudados nas últimas décadas como exemplo por Fernandes et al. (2015), quanto a região semiárida do Brasil por Silva et al. (2011; 2013; 2014), e por Cunha et al. (2012), tornando-se uma ferramenta aliada para análise do uso da terra, bem como uma alternativa de averiguar grandes extensões e observar os níveis de degradação.

Na avaliação da mudança espaço-temporal da vegetação semiárida da Paraíba, vários autores vêm estudando este comportamento como Francisco et al. (2012) na bacia do rio Taperoá, Patrício et al. (2013) em Cabaceiras, Gonçalves et al. (2013a; 2013b) em Soledade, Gonçalves et al. (2014a; 2014b) em Esperança e Sumé, Francisco et al. (2013) e Ribeiro et al. (2013; 2014) em Sumé, Barbosa et al. (2021) em bacia hidrográfica do Alto rio Sucuru.

Com o crescente desenvolvimento das aplicações Web destinadas à obtenção e visualização dos dados geospaciais, bem como a

disseminação de bases geográficas, o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil - MapBiomass[®] têm uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de uso e cobertura da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2021).

Gomes et al. (2017), Lima et al. (2017) e Almeida et al. (2018) descrevem as aplicações dessa ferramenta para analisar o uso e cobertura dos solos de Petrolândia, Brejinho e do Agreste Pernambuco, e no Estado de Alagoas, Silva et al. (2019) no município de Delmiro Gouveia.

Acresce que há quantidade significativa de testes de normalidade disponíveis na literatura. No entanto, os procedimentos mais comuns de normalidade disponíveis em programas de estatística são os testes Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefors, Jarque-Bera, Cramer-von Mises, D'Agostino Pearson, Kolmogorov-Smirnov, entre outros (Razali & Wah, 2011).

Assim a estatística descritiva que compreende técnicas que se utiliza para resumir e descrever dados, tem sido prática comum em diversas áreas e com variadas ferramentas, como Francisco et al. (2012) mapeamento a caatinga; Francisco et al. (2016a) na discriminação de cenários pluviométricos; Francisco et al. (2016b) no mapeamento da insolação; e Francisco et al. (2021) no estudo da dinâmica temporal da cobertura e uso da terra.

Nesse contexto, considerando a vegetação, um parâmetro indicador da qualidade ambiental, este trabalho pretende avaliar estatisticamente dados espaço-temporal da cobertura e uso da terra do assentamento Patativa do Assaré localizado no Sertão Paraibano em região semiárida utilizando série do Mapbiomas entre 1985 a 2020.

Material e métodos

A área de estudo compreende o Assentamento Rural Patativa do Assaré criado no ano de 2003, com uma extensão territorial de 2.620,52 ha, localizado entre os municípios de Patos e São José de Espinharas no Sertão do Estado da Paraíba (Figura 1). O ponto central encontra-se na coordenada 6°55'30" de latitude sul e 37°23'00" de longitude oeste. Está inserido na bacia hidrográfica do rio Espinharas. O assentamento dispõe dos açudes da Lama, Jacobina, dos Paus, da Linha, do Saquinho e do Contorno.

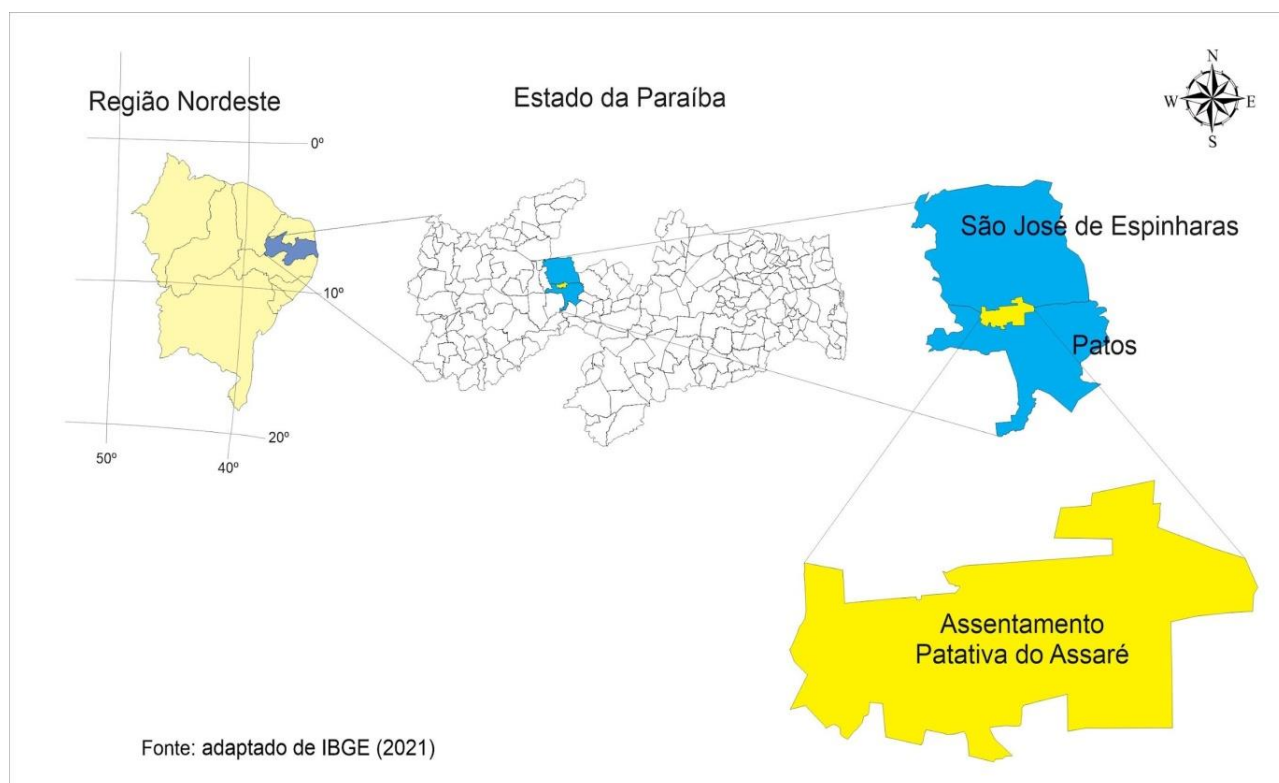


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2021); EMBRAPA (2021).

Conforme Francisco (2010), o Sertão – região que ocupa o terço oeste do Estado, formada pela depressão do rio Piranhas e seus contribuintes, com clima do tipo Bsh Semiárido quente, nas áreas mais baixas (<300 m). De acordo com o estudo elaborado por Francisco et al. (2018) o balanço hídrico climatológico, o qual representa média de 103 anos de dados a média total anual é de 721,8mm com temperatura média de 25°C, e conforme Francisco et al. (2016b) a região apresenta valores diários de 8 horas de insolação.

De acordo com os dados da Atlas do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PARAÍBA, 2006), a geologia predominante no assentamento em estudo está representada pelo Ortognaisse granodiorítico granítico (Apy) e também pelo Complexo Caicó (Pca) cuja constituição litológica é composta por Ortognaisse granodiorítico granítico e tonalítico graniodorítico migmatizado.

Conforme Francisco et al. (2013), o relevo apresenta-se distribuído em maior abrangência com declividade nula a ligeira em toda a área do assentamento. Francisco (2010) afirma que a região a altitude é inferior a 350 m, onde o solo predominante, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), é o Neossolo Litólico Eutrófico, fase pedregosa e rochosa relevo ondulado, que são solos jovens com

pouco desenvolvimento dos perfis devido a diversas causas (Francisco et al., 2013).

Em toda a área de estudo a vegetação é do tipo Caatinga hiperxerófila. De acordo com Barbosa et al. (2009), Paes-Silva et al. (2003) e Francisco (2013), as espécies mais encontradas na região são a Imburana (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett), Mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.), Xique-xique (*Pilosocereus gounellei* (F.A.C. Weber) Byles & G.D.Rowley), Mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.), Marmeleiro (*Croton sonderianus* Müll. Arg.), Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Engl.), e outras espécies nativas da região, como o Angico (*Anadenathera macrocarpa* (Benth.) Brenan) e a Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão).

Neste trabalho utilizando o MapBiomass[®] (2022) e o Google Earth Engine, sendo selecionado as áreas oficiais de assentamentos, foi obtido para os anos de 1985 e 2020, as imagens de cobertura e uso da terra da área de estudo com suas respectivas áreas classificadas como Floresta, Formação Natural Não florestal, Agropecuária, Área Não Vegetada, Corpos d'água. Também foi obtido os dados das áreas do uso e cobertura do solo.

No tratamento estatístico foi realizada a análise descritiva dos dados e o teste de normalidade utilizando o XLSTAT[®] Trial. Para avaliação temporal das áreas de cobertura e uso do

solo foi utilizado a regressão clássica, conforme o modelo de regressão (Equação 1).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i \text{ (Eq.1)}$$

Onde: Y_i é uma observação da variável dependente; $X_1, X_2, \dots, X_n$ são as variáveis independentes; $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ são referidos como coeficientes de regressão correspondentes, e ε_i é o erro associado às observações da variável dependente.

Para verificar se as amostras procediam de uma determinada distribuição de probabilidade, foram usados os testes de hipóteses não paramétricos como Shapiro-Wilk (1965) e Anderson-Darling (1954).

Resultados e discussão

Nas Figuras 2 e 3 pode-se observar a distribuição da cobertura e uso do solo da área de estudo para o ano de 1985 e de 2020 respectivamente. Na Tabela 1, observa-se os dados obtidos, os valores em área e percentagem de ocupação das classes de cobertura e uso da terra. Consta-se do total de 2.620,52 ha que ocorre alterações pouco significativas na classe Floresta, com perda de área de 4,78%. Observa-se que, no ano de 2020 ocorre uma maior distribuição da classe Floresta por toda a área de estudo.

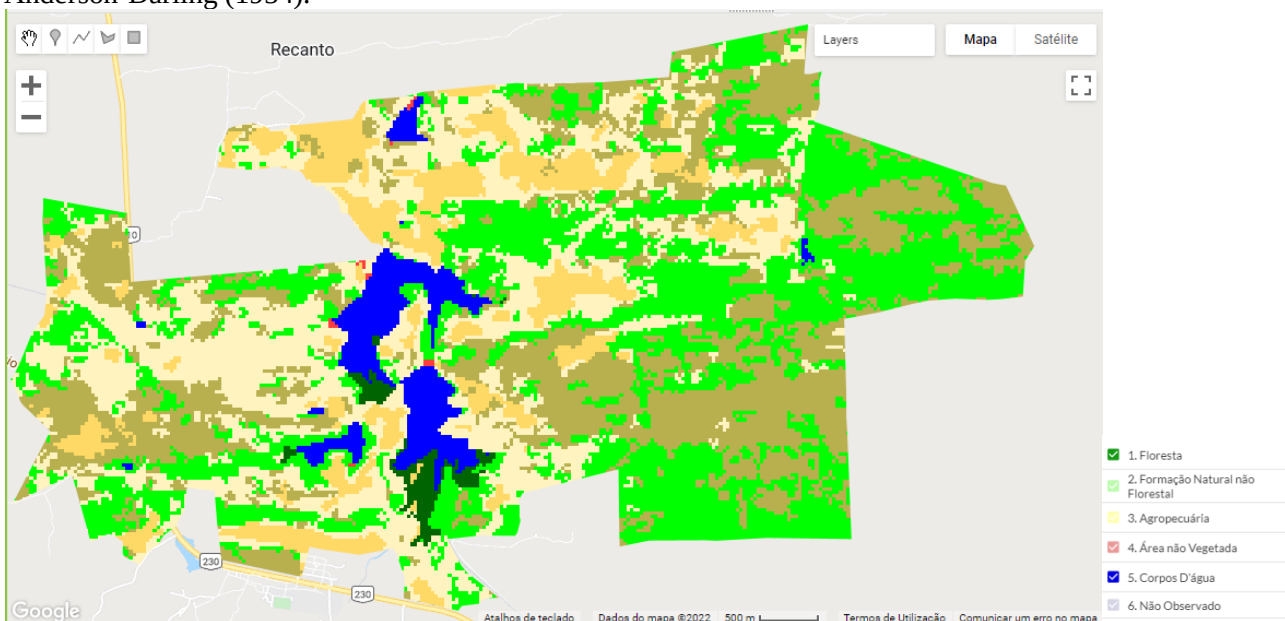


Figura 2. Cobertura e uso do solo do ano de 1985. Fonte: adaptado de Mapbiomas (2022).

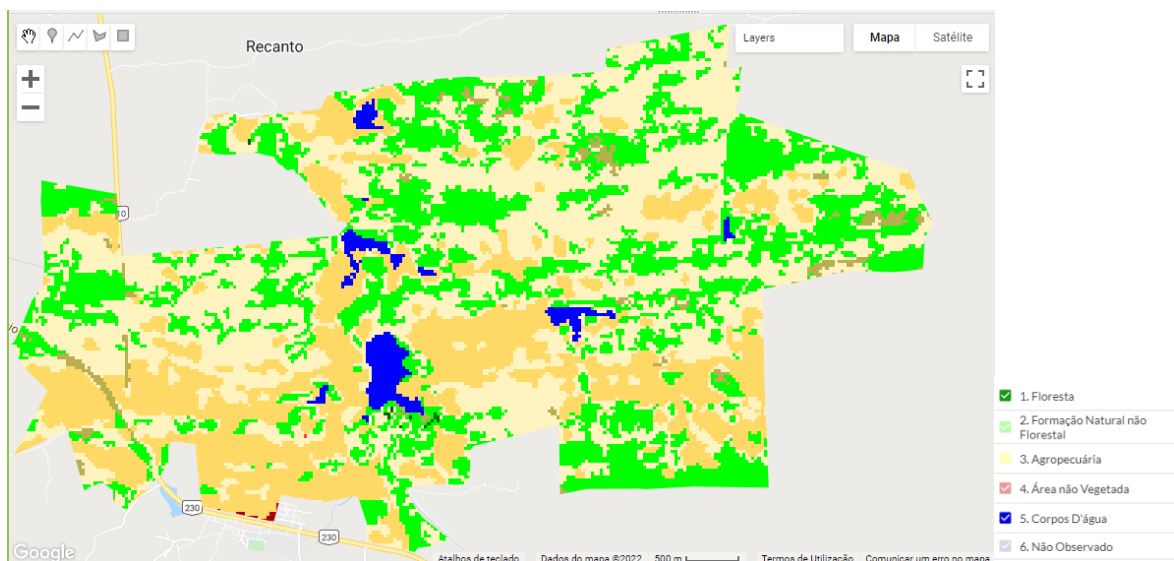


Figura 3. Cobertura e uso do solo do ano de 2020. Fonte: adaptado de Mapbiomas (2022).

Tabela 1. Variação espaço-temporal da cobertura e uso do solo

Classes	1985 (ha)	(%)	2020 (ha)	(%)
1. Floresta	865,60	33,03	740,37	28,25
2. Formação Natural não Florestal	699,44	26,69	41,81	1,60
3. Agropecuária	940,43	35,89	1.785,35	68,13
4. Área não Vegetada	2,49	0,09	1,33	0,05
5. Corpos D'água	112,55	4,29	51,66	1,97
Total	2.620,52	100,00	2.620,52	100,00

Santos e Negri (1997) afirmam que variáveis climáticas, tais como a precipitação e a temperatura da superfície terrestre, e que as oscilações entre as estações seca e úmida durante o ano e entre os diferentes anos, com condições de maior ou menor secura, influenciam de forma direta o comportamento fenológico das plantas.

Observa-se que ocorrem alterações significativas de mudança de área na classe Formação Natural Não Florestal de 699,44 ha (26,69%) em 1985 para 41,81 ha (1,60%) em 2020. Esta perda está relacionada com o aumento na classe Agropecuária de 940,43 ha para 1.785,35 ha, representando 32,24% de aumento neste período temporal. Aumento este relacionado ao processo de expansão ou conversão para áreas agrícolas.

Para a classe Não Vegetada observa-se que ocorre diminuição de 2,49 ha em 1985 para 1,33 ha em 2020, isto devido à incorporação de áreas produtivas ocorrida durante os 36 anos de avaliação. A classe Corpos d'água apresenta uma variação negativa em 2,32% durante o período de estudo, isto devido a variação pluviométrica nas últimas décadas. Fernandes et al. (2015) onde afirmam que essa classe pode variar de acordo com o volume de chuvas ocorridas a cada ano e, eventualmente, com novos represamentos de rios.

Antunes et al. (2019) afirmam que, o crescimento na produção agrícola normalmente

está associado à incorporação de áreas anteriormente destinadas a pecuária. Coelho et al. (2014), avaliando a dinâmica do uso do solo em Pernambuco, observaram que os resultados entre as classes de uso passaram por uma grande transição, com aumento do desmatamento pela retirada da vegetação da Caatinga e substituição rápida e progressiva por áreas com pastagem e agricultura.

Sousa et al. (2008) e Barbosa et al. (2009), avaliando a vegetação a evolução da cobertura vegetal e o uso agrícola do solo dos municípios de Boa Vista e Lagoa Seca, respectivamente, no Estado da Paraíba, observaram que a cobertura florestal sofreu redução também ao longo dos anos estudados, sendo relacionados com o elevado uso das terras para pecuária extensiva e a ocorrência significativa do aumento de áreas exploradas com a pecuária na região, respectivamente.

Na Figura 4, representando a mudança espaço-temporal da cobertura do solo, pode-se observar que a maior ocorrência entre os 36 anos de estudo apresenta-se na classe de transição de áreas naturais não florestal para agropecuária, seguida da classe de áreas sem transição. No entanto, não é possível afirmar que tais transições tenham ocorrido de forma direta entre uma classe temática para outra ao longo do tempo, conforme Antunes et al. (2019).

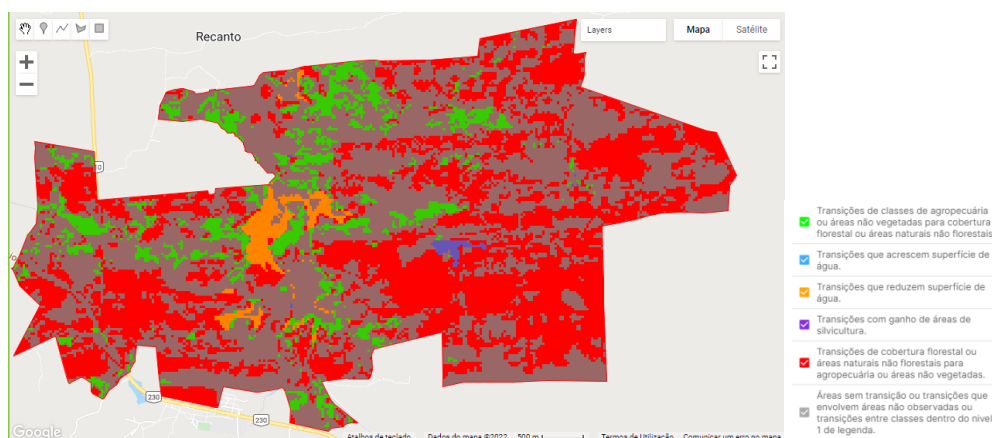


Figura 4. Mudança espaço-temporal da cobertura do solo. Fonte: adaptado de Mapbiomas (2022).

Observa-se que, em transições de classes de agropecuária ou áreas não vegetadas para cobertura florestal apresenta a menor ocorrência,

mas com valor significativo quanto ao ganho florestal e da conservação do solo distribuídas no terço central e a oeste da área do assentamento. De

acordo com Francisco (2010) e Francisco et al. (2012), esse comportamento temporal representa a capacidade de recuperação da vegetação de caatinga.



Figura 5. Área de reserva de vegetação (a); área vegetada degradada (b).

Na Tabela 2, da análise estatística descritiva da dinâmica temporal da cobertura e uso das terras, observam-se os valores mínimos e máximos encontradas na variável Agropecuária entre 555,11 e 1.908,46 com uma média 1.066,10. A variável Floresta é a que apresenta a maior média entre as demais, seguida da variável Formação Natural não Florestal.

Na Figura 5 pode-se observar a vegetação de caatinga da área de reserva do assentamento sob Neossolos Litólicos, em época de chuvas.

O desvio padrão apresenta menores valores para a variável Água e na Área Não Vegetada e os maiores desvios apresentam-se nas variáveis Floresta e Formação Natural Não Florestal. A média apresenta valores não muito próximos para ambos as variáveis, o que levar a deduzir que não se trata de uma distribuição simétrica.

Tabela 2. Análise descritiva da dinâmica da cobertura e uso das terras

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Floresta	642,19	1.874,83	1.258,60	398,59
Formação Natural Não Florestal	16,68	720,74	209,80	197,91
Agropecuário	555,11	1.908,46	1.066,10	379,73
Área Não Vegetada	0,35	2,48	0,79	0,43
Corpos d'água	24,49	134,65	85,29	36,28

Na Figura 6 do comportamento da cobertura e uso do solo entre 1985 a 2020, pode-se observar que na classe Floresta ocorre entre os anos de 1993 a 2000 um crescimento dos valores de área de cobertura, e até 2020 perca de cobertura. Conforme Medeiros et al. (2020), os

anos de 1985, 1994, 1996, 2008, 2009, registraram a ocorrência da La Niña classificados como muito chuvoso o que se pode verificar neste trabalho quanto ao comportamento dinâmico da vegetação. Observa-se que a classe Agropecuária apresenta o comportamento inverso.

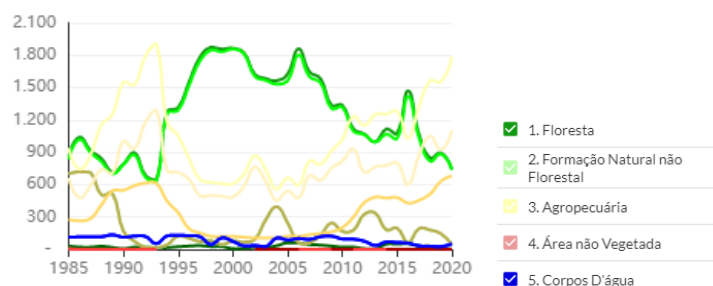


Figura 6. Comportamento temporal da cobertura e uso do solo entre 1985 a 2020.

Fonte: Mapbiomas (2022).

Pelos resultados estatísticos, observa-se pela Figura 7 que a maior variação de amplitude se apresenta na variável Formação Natural não

Florestal seguida da variável Agropecuária. Com relação à variabilidade entre as classes observadas por meio das caixas interquartis do gráfico

boxplot para cada classe, observa-se que a classe Floresta apresenta menor variabilidade. Resultado

similar encontrado por Francisco et al. (2021).

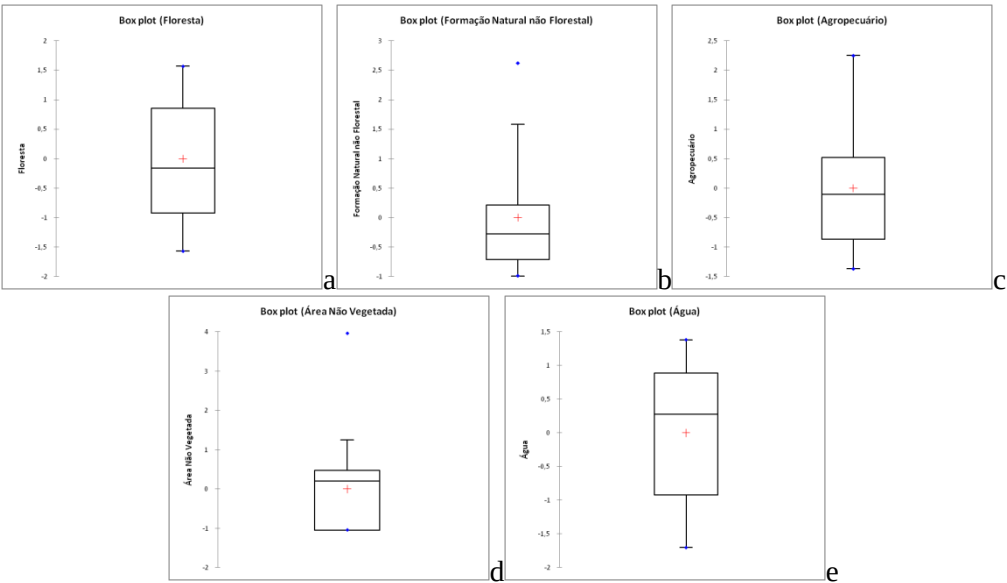


Figura 7. Boxplot das classes de cobertura e uso da terra. a) Floresta, b) Formação não natural, c) Agropecuária, d) Área não vegetada, e) corpos d'água.

No Teste de normalidade observa-se que a distribuição se apresenta irregularidades nas classes Formação Natural Não Florestal (Figura

8b), Área Não Vegetada (Figura 8d) e Água (Figura 8e). Observa-se que a maior regularidade se apresenta na classe Floresta.

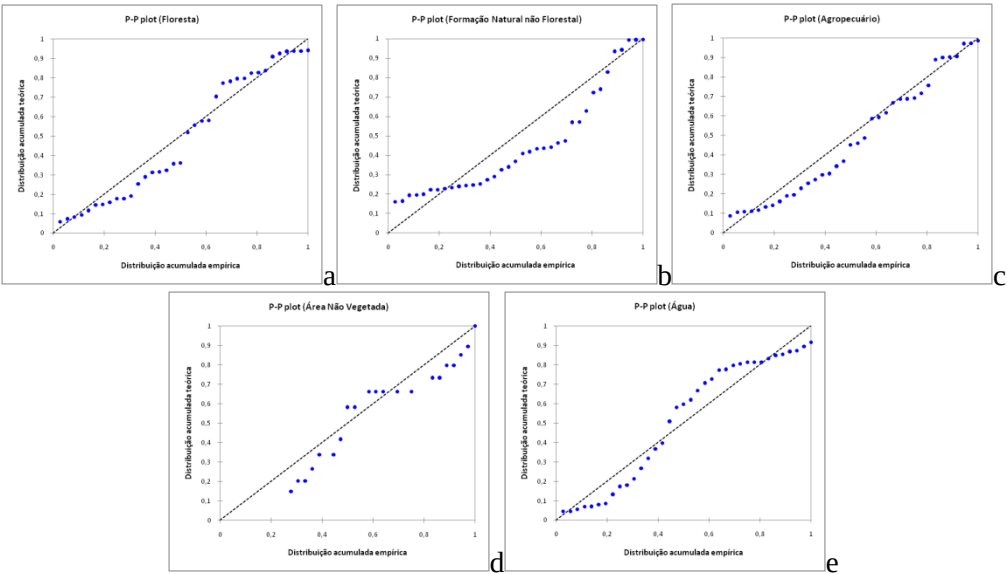


Figura 8. Boxplot das classes de cobertura e uso da terra. a) Floresta, b) Formação não natural, c) Agropecuária, d) Área não vegetada, e) corpos d'água.

Na Tabela 3 pode-se observar que os resultados dos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e Anderson-Darling foram semelhantes entre

si para as variáveis em estudo o que leva a aceitar a hipótese de normalidade nos dados.

Tabela 3. Testes de normalidade

Variável\Teste	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling
Floresta	0,0178	0,0252

Formação Natural Não Florestal	< 0,0001	< 0,0001
Agropecuário	0,0403	0,0826
Área Não Vegetada	< 0,0001	0,0004
Água	0,0025	0,0014

Carradori e Ramos (2014) afirmam que, o teste Shapiro-Wilk apresentou poderosos nas distribuições assimétricas sendo indicado para um número maior de que 30 amostras, caso similar a este estudo com 36 amostras em cada classe. Santos e Ferreira (2003) afirmam que o teste Shapiro-Wilk controla adequadamente o valor do erro para amostras de todos os tamanhos e, ainda,

os testes relacionados com assimetria apresentaram mais bem resultados para o controle do erro.

De acordo como Rosa et al. (2019), a plataforma permite apresentar os resultados da mudança de uso e ocupação da terra em gráficos configurados pelo usuário. É possível visualizar o histórico de uso da terra dos 36 anos em estudo através da Figura 9.

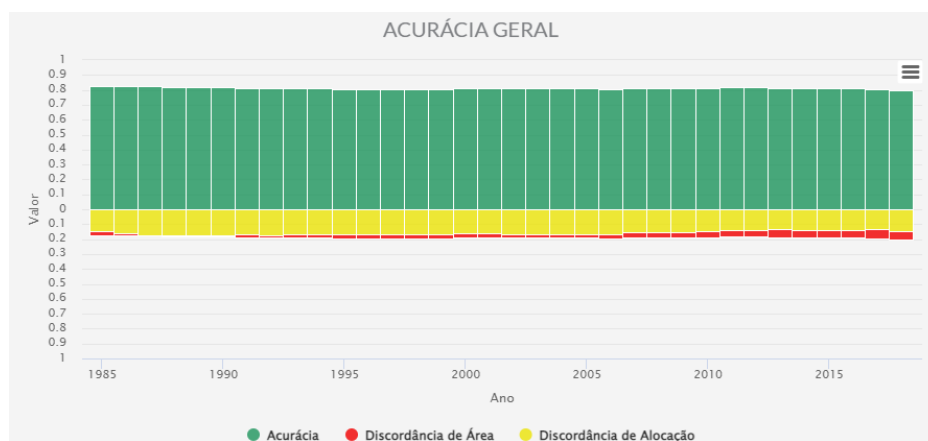


Figura 9. Acurácia geral das imagens entre 1985 a 2020. Fonte: Mapbiomas (2022).

A acurácia dos pontos comparados aos mapas na geração da matriz de confusão e o cálculo da acurácia global obtido pelas imagens analisadas pelo MapBiomas (Ganem et al., 2020), apresenta 81,1% de concordância por classe de cobertura e uso da terra, para cada ano estudado (Figura 9). Rosa et al. (2019) avaliando a acurácia de todos os biomas do Brasil pelo Mapbiomas observaram que foram perdidas vegetação nativa em 67% do território do país até 2018, enquanto a área de agricultura cresceu 250%, situação similar a este estudo em avaliação.

Conclusão

Na utilização da aplicação Web MapBiomas como ferramenta para analisar o comportamento espaço-temporal do uso e cobertura dos solos observou-se que houve alterações significativas de área na classe Formação Natural Não Florestal e Agropecuária onde ocorreram as maiores amplitudes.

Os maiores desvios ocorreram nas variáveis Floresta e Formação Natural Não Florestal, portanto não se tratando de uma distribuição simétrica. A maior regularidade no teste de normalidade ocorreu na classe Floresta.

Agradecimentos

Ao apoio do CNPq e da Fapesq-PB.

Referências

- Almeida, D.N.O. de; Oliveira, L.M.M. de; Candeias, A.L.B.; Bezerra, U.A.; Leite, A. C. de S. 2018. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meio Ambiente* 4(1) 58-68.
- Anderson, T.W.; Darling, D.A. 1954. A test of goodness of t. *Journal of American Statistical Association* 49 765-769.
- Antunes, J.F.G.; Esquerdo, J.C.D.M.; Coutinho, A.C.; Santos, J.L. dos; Parizzi, T.N.T.; Bertolo, L.S. 2019. Análise das mudanças do uso e cobertura da terra no Estado de Mato Grosso por meio do geoportal TerraClass. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 19, 2019, Santos. Anais...Santos.
- Barbosa, I.S.; Andrade, L.A.; Almeida, J.A.P. 2009. Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solo no município de Lagoa Seca, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13(5) 614-622.

- Barbosa, R.B.G.; Ribeiro, G. do N.; Francisco, P.R.M.; Arruda, D.A. de; Almeida, R. de S.; Leite, N.M.G. 2021. Geotecnologias aplicadas ao estudo da cobertura vegetal em bacia hidrográfica: uso do software “R”. *Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology* 7(1) 33-42.
- Carradori, R.G.; Ramos, P. de S. 2014. Avaliação de testes de normalidade implementados no programa R por simulação Monte Carlo. *Revista de Estatística UFOP* 3(2) 33-41.
- Coelho, V.H.R.; Montenegro, S.M.G.L.; Almeida, C.N.; Lima, V.E.R.; Ribeiro, A.N.; Moura, G.S.S. 2014. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 18(1) 64-72.
- Cunha, J.E.B.L.; Rufino, I.A.A.; Silva, B.B.; Chaves, I.B. 2012. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16(5) 539-548.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2015. Geoinfo. Áreas Urbanas no Brasil em 2015. Disponível em: http://geoinfo.cnpem.embrapa.br/layers/geonode/%3Aareas_urbanas_br_15. Acesso em: 11 de novembro de 2021.
- Facco, D.S.; Benedetti, A.C.; Kaiser, E.A.; Pereira Filho, W. 2017. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no Estado do Rio Grande do Sul. In: Congresso Nacional de Geografia Física, 1, 2017, Campinas. Anais...Campinas.
- Fernandes, M.R. de M.; Matricardi, E.A.T.; Almeida, A.Q. de; Fernandes, M.M. 2015. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. *Floresta Ambiental* 22(4) 472-482.
- Francisco, P.R.M. 2010. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Francisco, P.R.M. 2013. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- Francisco, P.R.M.; Ayres, G.D.J.; Silva, V.F.; Oliveira, F.P. de; Santos, D.; Pedroza, J.P. 2021. Dinâmica temporal da cobertura e uso da terra da região do médio curso do rio Paraíba. In: (Org). Francisco, P.R.M.; Silva, V.F.; Santos, D.; Ribeiro, G. do N. *Tecnologias aplicadas às pesquisas: GEO 21. EPTEC*, 2021.130p.
- Francisco, P.R.M.; Chaves, I. de B.; Chaves, L.H.G.; Lima, E.R.V. de. 2012. Detecção de mudança da vegetação de caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6 1473-1487.
- Francisco, P.R.M.; Chaves, I. de B.; Lima, E.R.V. de. 2012. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 5(2) 233-249.
- Francisco, P.R.M.; Pereira, F.C.; Silveira, T. de A.; Silva, A.B.M. da; Silva, S.L. da. 2013. Uso do geoprocessamento na detecção de mudança da cobertura vegetal do município de Parari-PB. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 1, 2013, Iguatu. Anais...Iguatu.
- Francisco, P.R.M.; Silva, J.V. do; Silva, J.V. do. 2013. Caracterização geográfica e mapeamento da cobertura do solo do assentamento rural Patativa do Assaré. In: Simpósio Internacional de Geografia Agrária, 6, Simpósio Nacional de Geografia Agrária, 7, Jornada de Geografia das Águas, 1, 2013, João Pessoa. Anais...João Pessoa.
- Francisco, P.R.M.; Chaves, I. de B.; Lima, E.R.V. de; Bandeira, M.M.; Silva, B.B. da. 2012. Mapeamento da caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. *Revista Brasileira de Geografia Física* 3 676-693.
- Francisco, P.R.M.; Mello, V. da S.; Bandeira, M.M.; Macedo, F.L. de; Santos, D. 2016a. Discriminação de cenários pluviométricos do estado da Paraíba utilizando distribuição Gama Incompleta e Teste Kolmogorov-Smirnov. *Revista Brasileira de Geografia física* 9(1) 47-61.
- Francisco, P.R.M.; Medeiros, R.M. de; Santos, D. 2018. Balanço Hídrico Climatológico para a Capacidade de Campo de 100mm – Estado da Paraíba. 1.a ed. Campina Grande: EDUEFG. 257p.
- Francisco, P.R.M.; Pedroza, J.P.; Bandeira, M.M.; Silva, L.L. da; Santos, D. 2016b. Mapeamento da insolação do estado da Paraíba utilizando krigagem. *Revista de Geografia* 33(1) 248-262.
- Ganem, K.A.; Dutra, A.C.; Oliveira, M.T. de; Freitas, R.M. de; Grecchi, R.C.; Vieira, R.M. da S.P.; Arai, E.; Silva, F.B.; Sampaio, C.B.V.; Duarte, V.; Shimabukuro, Y.E. 2020. Mapeamento da vegetação da caatinga a partir de dados ópticos de observação da terra –

- oportunidades e desafios. *Revista Brasileira de Cartografia* 72(esp) 829-854.
- Girão, K.T. 2013. Biometria de sementes, morfologia de plântulas e crescimento inicial de mudas de quimiotipos de *Myacrodruon urundeuva* Allemão. 78f. Dissertação (Mestre em Agronomia/Fitotecnia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.
- Gomes, S.O.; Lima, V.N.; Candeias, A.L.B.; Silva, R.R. 2017. Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando MAPBIOMAS. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 27, 2017, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro.
- Gonçalves, J.L.G.; Francisco, P.R.M.; Gonçalves, D.K.O.; Vieira, E.N. de L. 2014. Análise temporal do índice de vegetação no semiárido paraibano através do geoprocessamento. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 9, 2014, São Luis. Anais...São Luis.
- Gonçalves, J.L.G.; Francisco, P.R.M.; Moraes Neto, J.M. 2013. Identificação de áreas degradadas na região semiárida utilizando imagens multiespectral e NDVI. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza.
- Gonçalves, J.L.G.; Francisco, P.R.M.; Moraes Neto, J.M.; Aragão, K.P. 2014. Análise temporal da vegetação de caatinga utilizando NDVI. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 1, 2014, Teresina. Anais...Teresina.
- Gonçalves, J.L.G.; Francisco, P.R.M.; Vieira, E.N. de L. 2013. Identificação de áreas degradadas através de técnicas de detecção de mudanças. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 8, 2013, Salvador. Anais...Salvador.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de abril de 2022.
- Lima, V.N.; Gomes, S.O.; Candeias, A.L.B.; Silva, R.R. 2017. MAPBIOMAS e uso e cobertura dos solos do município de Brejinho, Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 27, 2017, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro.
- Mann, H.B. 1945. Non-parametric tests against trend. *Econometrica* 13(3) 245-259.
- Mantovani, W.; Rossi, L.; Romaniuc Neto, S. 1989. Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. *Simpósio sobre Mata Ciliar*. Campinas: Fundação Cargill, São Paulo. p.235-267.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass – Coleção 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.
- Medeiros, S.A. de; Nóbrega, R.A. da; Moraes Neto, J.M. de; Barreto, A.B.; Vasconcelos, G.N.; Diniz, R.R.S. 2020. Investigação da influência do El Niño e da La Niña sobre a variabilidade da precipitação na cidade de Patos, Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13(1) 336-349.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2007. Mapa das áreas susceptíveis a desertificação no Brasil. Secretaria de Recursos Hídricos. Universidade Federal da Paraíba. Brasília, 2007.
- Paes-Silva, A.P.; Chaves, I. de B.; Sampaio, E. V.S.B. 2003. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude Namorado no cariri oriental paraibano. *Agropecuária Técnica* 24(10) 47-59.
- Patrício, M. da C.M.; Francisco, P.R.M.; Dantas, R.T. 2013. Análise da degradação ambiental do município de Cabaceiras-PB. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza.
- Peroni, J.B.; Carvalho, L.H.; Lannes, L.S. 2021. Aspectos de qualidade da água e saneamento básico em um assentamento rural no interior de São Paulo: diagnóstico e perspectivas para a melhoria da qualidade sócio-ambiental. *Research, Society and Development* 10(2) e1010212293.
- Razali, N.M.; Wah, Y.B. 2011. Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics* 2(1) 21-33.
- Ribeiro, G. do N.; Francisco, P.R.M.; Moraes Neto, J.M. de. 2014. Detecção de mudança de vegetação de caatinga através de geotecnologias. *Revista Verde* 9(5) 84-94.
- Ribeiro, G. do N.; Francisco, P.R.M.; Moraes Neto, J.M. de. 2013. Uso do geoprocessamento na detecção de mudança de cobertura vegetal de região semiárida. In: Reunião Nordestina de Ciência do Solo, 1, 2013, Areia. Anais...Areia.
- Ridd, M.K.; Liu, J.A. 1998. Comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. *Remote Sensing of Environment* 63 95-100.
- Rosa, M.; Shimbo, J.Z.; Azevedo, T. 2019. MapBiomass - Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. In: Barbosa, L.M. (org). *Restauração Ecológica: Desafio do processo frente à crise ambiental*. São Paulo: Instituto de Botânica. 278p.

- Santos, A.C. dos; Ferreira, D.F. 2003. Definição do tamanho amostral usando simulação Monte Carlo para o teste de normalidade baseado em assimetria e curtose: I. Abordagem univariada. *Ciência e Agrotecnologia* 27(2) 432-437.
- Santos, M.A.G. dos; Pereira Filho, W.; Kuplich, T.M. 2019. Correlação entre índices de vegetação gerados a partir de dados de espectrorradiômetro. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19, 2019, Santos. Anais...Santos.
- Santos, P.; Negri, A.J. 1997. A comparasion of the normalized difference vegetation index and rainfall for the Amazon and northeastern Brazil. *Journal of Applied Meteorology* 36(7) 958-965.
- Shapiro, A.S.S.; Wilk, M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52(3/4) 591-611.
- Silva, E.A.; Ferreira, R.L.C.; Silva, J.A.A.; Sá, I.B.; Duarte, S.M.A. 2013. Dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE. *Floresta* 43(4) 611-620.
- Silva, R.M.P.; Lima, J.R.; Mendonça, I.F.C. 2014. Alteração da cobertura vegetal na sub-bacia do rio Espinharas de 2000 a 2010. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 18(2) 202-209.
- Silva, V.A.; Moreau, M.S.; Moreau, A.M.S. S.; Rego, N.A. C. 2011. Uso da terra e perda de solo na bacia hidrográfica do rio Colônia, Bahia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15(3) 310-315.
- Sousa, R.F.; Barbosa, M.P.; Sousa, S.P. Jr; Nery, A.R.; Lima, A.N. 2008. Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Boa Vista-PB, utilizando geoprocessamento. *Revista Caatinga* 21(3) 22-30.
- Souza, D.C.; Esteven, D.O. 2021. Panorama dos assentamentos rurais em Santa Catarina. *Revista Grifos* 30(54) 267-291.