



ISSN: 24473359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 7, n° 1 (2021)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v7n1ID19704>



BALANÇO DE RADIAÇÃO EM ÁREAS DE EXPANSÃO AGRÍCOLA NO SUDOESTE DO PIAUÍ

Gabriel Siqueira Tavares Fernandes¹; Pabrcio Marcos Oliveira Lopes²; Camila Gomes Bezerra de Melo³; Renato Luiz Farias Lima⁴; Anderson dos Santos⁵; Douglas Alberto de Oliveira Silva⁶

¹Mestre em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife/PE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0781-1696>

Email: agrogabrielt@gmail.com

²Doutor em Sensoriamento Remoto, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife/PE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6632-4062>

Email: pabrciope@gmail.com

³Mestranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife/PE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9557-9788>

Email: camilagbm22@gmail.com

⁴Mestrando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife/PE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7562-960X>

Email: renato-luiz18@live.com

⁵Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife/PE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7195-4520>

Email: agryanderson@gmail.com

⁶Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife/PE, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3286-0112>

Email: douglasalbertosilva@hotmail.com

Resumo

Áreas agrícolas vêm se intensificando no Estado do Piauí, esse desenvolvimento resulta em danos à vegetação nativa, causando impactos ambientais. Estudos que avaliem esses impactos, são de extrema relevância para quantificar as modificações causadas na superfície. Assim, objetivou-se identificar mudanças da cobertura do solo e avaliar seus impactos no balanço de radiação, índices de vegetação e temperatura da superfície em área de expansão agrícola no sudoeste do Piauí. A área avaliada está inserida no município de Baixa Grande do Ribeiro, utilizou-se imagens dos satélites Landsat 5 TM e Landsat 8, obtidas entre os anos de 1990 e 2018. Avaliou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), Albedo (α), Saldo de Radiação, Radiação de Ondas Longas (ROLs) e Temperatura da Superfície (Ts). Identificou-se a redução de 32,25% vegetação nativa e crescimento de 1.219,1% da exploração agropecuária. A vegetação natural do Cerrado apresentou menor temperatura, albedo e ROLs e maior saldo de radiação, quando comparada às áreas de solo exposto. A exploração agrícola no Sudoeste do Piauí, vem promovendo modificações na vegetação natural da região, causando impactos ambientais, promovendo o aumento da temperatura da superfície e diminuindo a disponibilidade de energia. Faz-se necessário a realização de mais trabalhos que forneçam mais informações sobre essas modificações e ainda da atuação de políticas públicas para fins de planejamento agrícola e ambiental.

Palavras-chave: Radiação solar; Desmatamento; Cerrado.

RADIATION BALANCE IN AGRICULTURAL EXPANSION AREAS IN SOUTHEAST OF PIAUÍ

Abstract

Agricultural areas have been intensifying in the State of Piauí, this development results in damage to native vegetation, causing environmental impacts. Studies that evaluate these impacts are extremely important to quantify the changes caused on the surface. Thus, the objective was to identify changes in soil cover and evaluate its impacts on the radiation balance, vegetation indices and surface temperature in an agricultural expansion area in southwest Piauí. The evaluated area is located in the municipality of Baixa Grande do Ribeiro, using images from the Landsat 5 TM and Landsat 8 satellites, obtained between the years 1990 and 2018. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Albedo (α),

Radiation Balance, Long Wave Radiation (ROLs) and Surface Temperature (Ts) were evaluated. A reduction of 32.25% in native vegetation and a growth of 1,219.1% in agricultural exploitation were identified. The natural vegetation of the Cerrado showed lower temperature, albedo and ROLs and a higher radiation balance, when compared to exposed soil areas. Agricultural exploration in the southwest of Piauí has been promoting changes in the region's natural vegetation, causing environmental impacts, promoting an increase in surface temperature and decreasing the availability of energy. It is necessary to carry out more work that provides more information on these changes and also on the performance of public policies for agricultural and environmental planning purposes.

Keywords: Solar radiation; Deforestation; Cerrado.

BALANCE DE RADIACIÓN EN ZONAS DE EXPANSIÓN AGRÍCOLA DEL SUROESTE DE PIAUÍ

Resumen

Las áreas agrícolas se han ido intensificando en el Estado de Piauí, este desarrollo da como resultado daños a la vegetación nativa, provocando impactos ambientales. Los estudios que evalúan estos impactos son de suma importancia para cuantificar los cambios provocados en la superficie. Así, el objetivo fue identificar cambios en la cobertura del suelo y evaluar sus impactos en el balance de radiación, índices de vegetación y temperatura superficial en un área de expansión agrícola en el suroeste de Piauí. El área evaluada se ubica en el municipio de Baixa Grande do Ribeiro, utilizando imágenes de los satélites Landsat 5 TM y Landsat 8, obtenidas entre los años 1990 y 2018. Se evaluaron el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), el índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI), el albedo (α), el balance de radiación, la radiación de onda larga (ROL) y la temperatura de superficie (Ts). Se identificó una reducción del 32,25% en la vegetación nativa y un crecimiento del 1,219,1% en la explotación agrícola. La vegetación natural del Cerrado mostró menor temperatura, albedo y ROL y un mayor balance de radiación, en comparación con las áreas de suelo expuestas. La exploración agrícola en el suroeste de Piauí viene promoviendo cambios en la vegetación natural de la región, provocando impactos ambientales, promoviendo un aumento de la temperatura superficial y disminuyendo la disponibilidad de energía. Es necesario realizar más trabajos que brinden más información sobre estos cambios y también sobre el desempeño de las políticas públicas con fines de planificación agrícola y ambiental.

Palabras-clave: Radiación solar; Deforestación; Cerrado.

1. INTRODUÇÃO

A exploração agrícola foi introduzida no bioma Cerrado na década de 70 através do crédito rural subsidiado pelo Governo Federal, apresentando considerável expansão nas décadas seguintes (LEMES *et al.*, 2008). A região agrícola de maior expressividade neste bioma é o MATOPIBA, composta pelos Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, cujas iniciais geram o a sigla, por possuir solos profundos, topografia plana e clima favorável, destaca-se no cenário agropecuário brasileiro

como uma grande fronteira agrícola, sobretudo no cultivo de grãos e fibras (BORGHI *et al.*, 2014).

O Estado do Piauí em favor da sua extensa área de vegetação natural de 18.723.318 ha (MAPBIOMAS, 2019), possui grande potencial de expansão da agricultura, principalmente na mesorregião sudoeste, onde há maior expressividade agrícola em municípios como Bom Jesus, Uruçuí, Santa Filomena e Baixa Grande do Ribeiro. O município de Baixa Grande do Ribeiro distingue-se na região por dispor da maior área plantada da cultura da soja (180.661 ha) no Estado (SIDRA, 2019).

A contribuição da produção agrícola da região no desenvolvimento do agronegócio brasileiro é evidente, além da geração de empregos e renda para a população local e do crescimento da indústria e comércio (LOPES, 2014). Entretanto, a degradação ocasionada no Cerrado por essa atividade tem realizado mudanças relevantes no bioma, resultando em desmatamento demasiado, compactação do solo, erosão, assoreamento de rios, contaminação de água subterrânea e perda de biodiversidade, causando desequilíbrio no ecossistema (CUNHA, 2008).

A conversão da vegetação nativa em extensas áreas desmatadas para o monocultivo proporciona alterações na dinâmica entre a vegetação e a atmosfera, das quais pode-se citar a modificação no balanço de radiação e de energia à superfície e, consequentemente na temperatura da superfície, umidade do ar, evapotranspiração, albedo e processos de trocas gasosas, devido a constante modificação da arquitetura foliar da vegetação (DUBREUIL e DELAHAYE, 2010; SOUZA *et al.*, 2013).

A identificação dessa modificação e de seus impactos pode ser realizada via sensoriamento remoto, que através da sua capacidade de identificar e avaliar mudanças na estrutura, fisionomia e dinâmica da cobertura vegetal, além de seu caráter multiespectral, possibilita a análise de componentes agrometeorológicos como o albedo, saldo de radiação, índices de vegetação e evapotranspiração (MARQUES *et al.*, 2017; ANDRADE *et al.*, 2018).

Nesse sentido, evidencia-se a importância de trabalhos desta natureza na região do MATOPIBA, tendo em vista a escassez de estudos que visem quantificar impactos ambientais dessa exploração agrícola na região (OLIVEIRA e AQUINO, 2020; 2020), sobretudo em processos radiativos da superfície. Assim, buscou-se com o presente estudo, identificar as mudanças da cobertura do solo e avaliar seus impactos nos componentes do balanço de radiação, índices de vegetação e temperatura da superfície em área de expansão agrícola no sudoeste do Estado do Piauí.

2. METODOLOGIA

A área de estudo está localizada na porção norte do município de Baixa Grande do Ribeiro, inserida na mesorregião sudoeste do estado do Piauí (Figura 01). O município possui clima quente e úmido, classificado por Köppen como Awa (Tropical chuvoso com estação seca no inverno e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C) (ALVARES *et al.*, 2013), situado em área com vegetação de transição entre os biomas Cerrado e Caatinga. Este município está localizado a 08°20'0,7''S e a 45°5'40''W com altitude média de 519 m, climatologicamente a

região apresenta precipitação e temperatura médias de 986,7 mm ano⁻¹ e 27,7 °C, respectivamente (INMET, 2019).

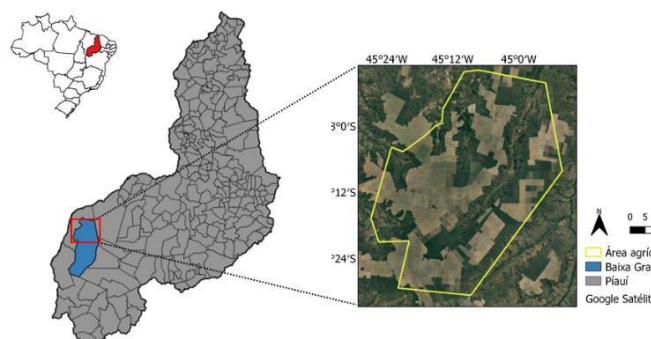


Figura 01- Localização da área agrícola no município de Baixa Grande do Ribeiro – PI. Fonte: Própria (2019).

O município de Baixa Grande do Ribeiro possui população estimada de 11.586 habitantes e PIB per capita de R\$ 21.051,99. No contexto agrícola, destaca-se na no Estado do Piauí por possuir a segunda maior produtividade (3518 kg ha⁻¹) e a maior área plantada (180.661 ha) para a cultura da soja (SIDRA, 2019).

Utilizou-se imagens oriundas dos sensores TM (*Thematic Mapper*) do Landsat 5 e OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) do Landsat 8. As imagens do Landsat 5 são compostas por sete bandas espectrais, têm resolução espacial de 30 m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 e de 120 m na banda 6 (termal). As obtidas pelo Landsat 8 possuem resolução espacial de 30 m para as bandas refletivas 1 a 7 e 100 m nas bandas termal 10 e 11, e a banda pancromática 8 com resolução de 15 m. O Global Digital Elevation Model Versão 2 (ASTER GDEM V2) obtido pelo sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*, ambos com resolução espacial de 30 m, e

arquivos vetoriais da divisão de bairros e uso do solo. (NASA, 2019).

As imagens dos satélites e do ASTER GDEM V2 da região foram obtidas no *United States Geological Survey* (USGS, 2019) e selecionadas considerando a ausência ou pouca cobertura de nuvens (menor que 10%) e obtidas no período seco (INMET, 2019). Dessa forma, foram selecionadas na órbita 220 e no ponto 66, com horário de passagem do satélite em torno das 13:00 (UTC) (Tabela 01).

Tabela 01 – Imagens obtidas nos satélites Landsat 5 e Landsat 8. Fonte: USGS (2019)

Satélite	Data	Horário (UTC)
Landsat 5	09/09/1990	12:26
	20/09/2000	12:44
	12/08/2003	12:43
	02/09/2005	12:54
	09/08/2008	12:52
	15/08/2010	12:56
Landsat 8	08/09/2013	13:08
	26/08/2014	13:06
	30/09/2015	13:06
	15/08/2016	13:06
	18/08/2017	13:06
	21/08/2018	13:06

As imagens obtidas foram limitadas a uma área que apresenta maior expressividade agrícola no município (Figura 01) e o processamento dessas foi realizado no Software QGIS 3.8.3 (QGIS *Development Team*, 2019), convertendo-se os dados de números digitais para radiância e reflectância espectral. A partir destes produtos, obteve-se os índices de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e Ajustado ao Solo (SAVI); Albedo (α); Temperatura da superfície (T_s) e, os componentes do balanço de radiação (Radiação de Ondas Longas emitida pela superfície – ROLs e Saldo de Radiação – R_n), essas variáveis foram obtidas uma vez ao ano na data correspondente à obtenção da imagem,

consistindo em 12 imagens (Tabela 01); através do processamento do algoritmo SEBAL (BASTIAANSEN *et al.*, 2005), cujas etapas estão descritas detalhadamente em Gomes *et al.* (2013).

A evolução das áreas florestadas e para fins agropecuários, em hectares, para o período de 1985 a 2018, foi obtida na plataforma MapBiomias (MAPBIOMAS, 2019). Nesta mesma plataforma, foram adquiridos os mapas de cobertura e uso do solo provenientes da coleção 2 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil, disponível entre os anos de 2000 e 2016.

Os dados meteorológicos observados utilizados no processamento do SEBAL foram provenientes da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de Bom Jesus – PI, os quais foram coletados no mesmo horário da passagem do satélite (10:00 – Horário de Brasília). A estação está instalada nas dependências da Universidade Federal do Piauí (UFPI/CPCE).

A identificação do impacto da expansão agrícola nos índices vegetativos e nas variáveis meteorológicas foi realizada através de regressão linear utilizando o Software R versão 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019), relacionando a expansão anual das áreas de uso do solo (agropecuária e floresta nativa) com a variação anual média variáveis ambientais e radiativas obtidas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A agropecuária vem sofrendo expansão na região nas últimas décadas, onde a vegetação natural está sendo substituída por áreas agrícolas, sobretudo de cultivo de soja, como exposto na Figura 02. A vegetação natural presente no território correspondente ao município apresentou redução de 32,25%. Em contrapartida, a exploração agropecuária manifestou crescimento de 1.219,1% de 1985 a 2018. A cultura da soja teve um crescimento de 16.275,8% de 1993 a 2018.

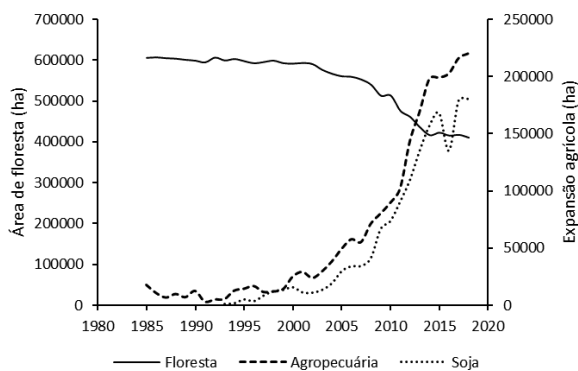


Figura 02 – Evolução de áreas florestadas, de uso agropecuário e de cultivo de soja no município de Baixa Grande do Ribeiro – PI. Fonte: MAPBIOMAS (2019); SIDRA (2019).

O uso e cobertura do solo para a área agrícola avaliada, pertencente ao município de Baixa Grande do Ribeiro – PI, pode ser visualizado na Figura 03. No ano de 2000, a cobertura do solo predominante na região era de vegetação natural (floresta aberta, floresta densa e vegetação campestre) com a ocorrência de poucos locais explorados com agricultura e pastagem. Ao decorrer dos anos, é perceptível a abertura de novas áreas agrícolas, o estabelecimento da agricultura e a conseqüente redução da vegetação natural, sobretudo para a inserção do monocultivo de soja, como exposto na Figura 02, o crescimento áreas destinadas a esse cultivo é proporcional à expansão agrícola.

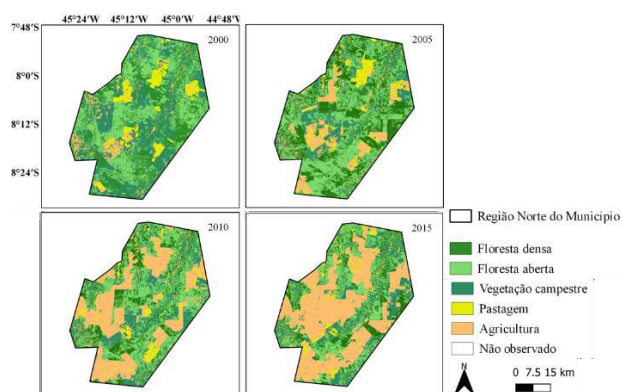


Figura 03 – Mapa de cobertura do solo da área agrícola pertencente ao município de Baixa Grande do Ribeiro – PI. Fonte: Própria (2019).

Na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto, a qual contém parte da extensão territorial de Baixa Grande do Ribeiro, Silva et al. (2014) encontraram uma expansão agrícola de 539% e redução de área natural do Cerrado de 44,45%, entre os anos de 1984 e 2010. Santos et al. (2017) identificaram a diminuição de 54,81% da vegetação nativa, o aumento de 297,98% de solo exposto, em toda região do Sudoeste piauiense.

De acordo com Silva et al. (2014), o início do aumento do desmatamento do Cerrado e a ampliação exacerbada de áreas de solo exposto (talhão agrícola) no Sul do Estado do Piauí, é conseqüente da chegada de inúmeros produtores de soja na região na década de 90, provenientes do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso. A produção de soja, iniciou-se no ano de 1990, principalmente nos municípios de Bom Jesus, Gilbués e Uruçuí (REIS et al. 2009).

Apesar da evidente alteração no uso e cobertura da terra da área analisada, não foi possível verificar uma associação significativa deste avanço da agricultura em todas as variáveis estudadas. Encontrou-se associação tanto da expansão agropecuária quanto a redução da floresta nativa apenas para o SAVI e α (Figura 04).

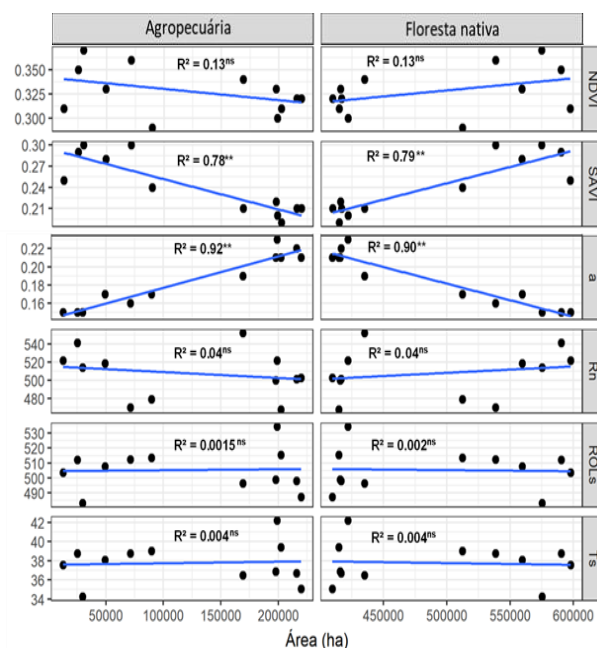


Figura 04 – Regressão linear entre os valores médios de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), Albedo (a), Saldo de Radiação (R_n), Radiação da Onda Longa da Superfície (ROLS), Temperatura da Superfície (T_s) e; área de expansão agropecuária (ha) e de redução de floresta nativa (ha), no município de Baixa Grande do Ribeiro – PI. R^2 – Coeficiente de determinação. Fonte: Própria (2019).

Na Figura 04, pode-se verificar que o SAVI é inversamente proporcional ao aumento da expansão agrícola ao nível de $p < 0,01$ de probabilidade, situação esperada, tendo em vista que o desmatamento causa uma diminuição drástica nesse índice. Em

contrapartida, quando relacionados à área florestada, há incremento no SAVI. Enfatiza-se que no período no qual obteve-se as imagens, não há presença de culturas agrícolas na região, justamente para que análise do impacto da remoção da vegetação nativa fosse possível.

Não houve ajuste significativo ($p = 0,24$) na relação entre as áreas agrícolas e florestadas e o NDVI (Figura 04), possivelmente porque esse índice não é tão sensível à influência do solo exposto quanto o SAVI (RÊGO *et al.*, 2012). No que se refere ao albedo, obteve-se ajustes significativos para ambas as variações de cobertura do solo, em que com a expansão agrícola tem-se um aumento do albedo ocasionado pela exposição do solo. O albedo é reduzido de acordo com a presença de vegetação na superfície uma vez que as plantas, sobretudo as de grande porte, possuem alta capacidade de absorção da radiação solar por consequência das reflexões múltiplas no interior do dossel (MONTEIRO *et al.*, 2014)

Quanto aos componentes do balanço de radiação (Rn e ROLs) e temperatura da superfície, não houve ajuste dos dados ao modelo utilizado em relação à redução do Cerrado e implantação da agricultura (Figura 04). No entanto, nota-se que há uma tendência na dispersão dos dados, indicando que à proporção que se aumenta a área de floresta nativa e se diminui a área de agropecuária há um acréscimo no Rn e decréscimo da Ts e ROLs. Sabe-se que solos expostos possuem maior temperatura superficial quando comparados à superfícies vegetadas, como relatado por Fausto *et al.* (2016) que encontraram a diferença de $6,7^{\circ}\text{C}$ na temperatura superficial entre áreas de Cerrado e solo exposto, maiores temperaturas indicam maior quantidade de radiação de ondas longas emitida pela superfície.

As variáveis foram espacializadas para melhor visualização e identificação das discrepâncias. Em relação ao albedo (Figura 05), observa-se que no ano de 1990, a maior parte da área tinha uma configuração de albedo variando de 0,10 a 0,17, faixa típica de reflectância de vegetação natural do Cerrado (FAUSTO *et al.*, 2014). Com o passar do tempo, nota-se o aumento dessa variável, a qual atinge as faixas de 0,22 – 0,36 e 0,36 – 0,475, predominantemente, no ano de 2018. Essa progressão temporal do albedo, como já mencionado anteriormente, está relacionada à remoção da vegetação, uma vez que o desmatamento aumenta a reflectância da superfície.

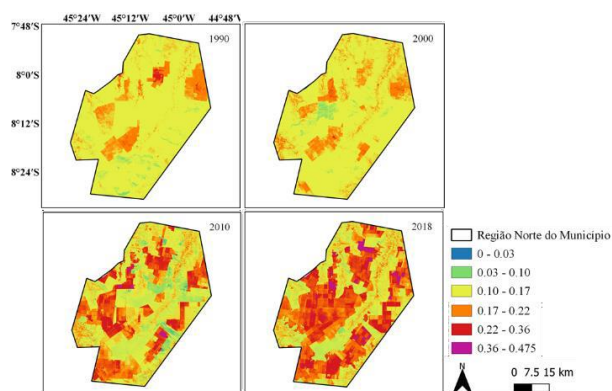


Figura 05 – Evolução temporal do albedo da superfície em área de expansão agrícola no município de Baixa Grande do Ribeiro – PI. Fonte: Própria (2019).

Como pode-se perceber na Figura 05, a constituição de talhões agrícolas leva a região a ter um albedo predominante variando de 0,22 a 0,475. Correia *et al.* (2002) mencionam que os valores elevados de α indicam superfícies suaves, secas e de coloração clara, todavia menores magnitudes dessa variável são associadas a superfícies rugosas, úmidas e de coloração escura. Resultados semelhantes foram encontrados em regiões de solo exposto no Cerrado mato-grossense (albedo de 23%) por Fausto *et al.* (2016) e por Silva *et al.* (2017) que identificaram valores de albedo entre 0,23 a 0,55 em solos expostos em Minas Gerais.

Em relação ao SAVI, nota-se na Figuras 06 que nos anos de 1990 e 2000 havia um predomínio de SAVI na faixa de 0,22 – 0,42, indicando a presença de vegetação na maior parte região. Atualmente, tem-se a presença do SAVI variando de 0,04 – 0,22 na maior porção da área, destacando a redução da cobertura do solo por vegetação nativa e aumento de solo exposto. Silva e Cruz (2016) descrevem que valores de SAVI de 0 a 0,19 está atrelada presença do solo exposto.

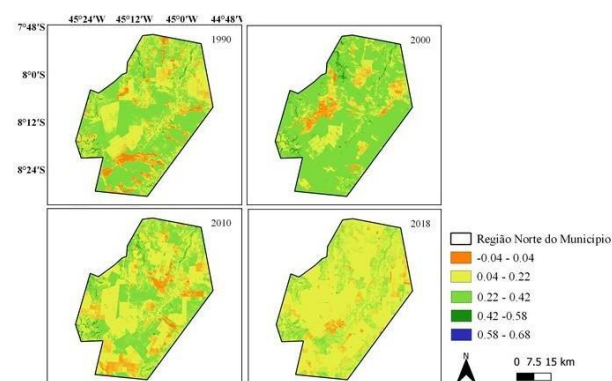


Figura 06 – Evolução temporal do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) em área de expansão agrícola no município de Baixa Grande do Ribeiro – PI. Fonte: Própria (2019).

Leite *et al.* (2017) encontraram SAVI de 0,24 para área de solo exposto em São Paulo. Silva *et al.* (2016) relatam que SAVI variando entre 0 e 0,25 são encontrados no perímetro urbano e em áreas com solo exposto.

Nota-se que as áreas utilizadas para fins agropecuários em todas os anos, apresentaram entre 300 e 500 W m^{-2} , enquanto as áreas florestadas possuíam Rn entre 500 e 700 W m^{-2} (Figura 07). Essa distribuição de Rn é devido ao fato de que as superfícies vegetadas, por terem menor albedo (Figura 05) e menor temperatura superficial (Figura 08), têm a emissão de calor na forma de ondas longas reduzidas (Figura 09), resultando em um maior saldo de radiação e disponibilidade de energia.

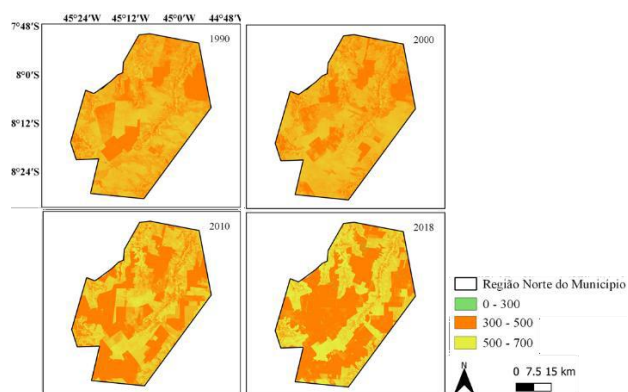


Figura 07 – Evolução temporal do Saldo de Radiação ($W m^{-2}$) em área de expansão agrícola no município de Baixa Grande do Ribeiro – PI. Fonte: Própria (2019).

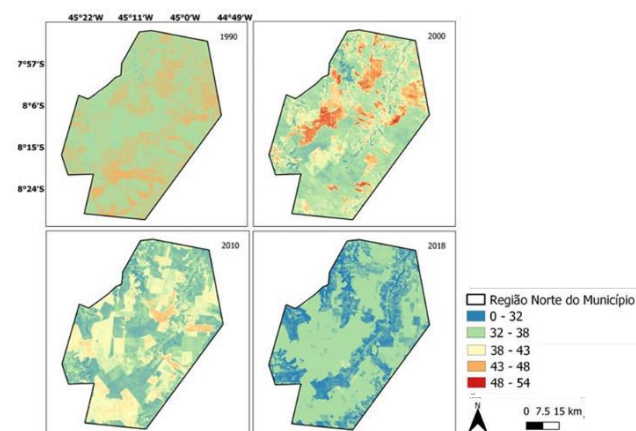


Figura 08 – Evolução temporal da Temperatura da Superfície ($^{\circ}C$) em área de expansão agrícola no município de Baixa Grande do Ribeiro – PI. Fonte: Própria (2019).

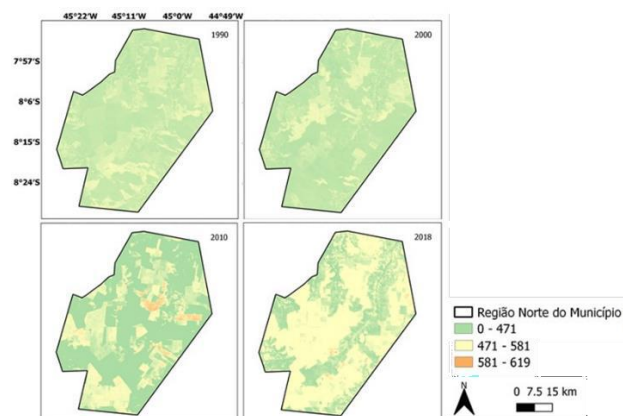


Figura 09 – Evolução temporal da Radiação de Ondas Longas da superfície (Wm^{-2}) em área de expansão agrícola no município de Baixa Grande do Ribeiro – PI. Fonte: Própria (2019).

Saldo de radiação diário em áreas de solo exposto ($160 W m^{-2}$) inferior a áreas com vegetação de Cerrado ($200 W m^{-2}$) foram identificados por Fausto et al. (2016), resultados associados também ao albedo e temperatura da superfície, conforme os dados apresentados neste estudo. A tendência de se ter maior R_n no Cerrado em relação ao solo exposto também foi descrito por Silva et al. (2017), tendo em vista que obtiveram menores valores de α em áreas de vegetação mais densa e menores valores em áreas de vegetação rala e de solo exposto.

A remoção da vegetação nativa da região, implicou em um aumento da T_s e do α , que diminuem a disponibilidade de energia na superfície. A elevação da T_s pode causar desconforto térmico, devido ao fato de que a ausência de vegetação origina uma menor absorção de radiação de ondas curtas e maior direcionamento dessa energia para a forma de calor sensível, responsável pelo aquecimento do ar/superfície (BIUDES et al., 2009; 2015). Adicionalmente, essa alteração na quantidade de energia disponível à superfície na forma de saldo de radiação, provoca uma modificação nos componentes biofísicos do balanço de energia, desordenando o equilíbrio uma vez estabelecido no ecossistema, acarretando perturbações no sistema solo-planta-atmosfera (BIUDES et al., 2012). Oliveira e Aquino (2020) registraram impactos do desmatamento nos recursos hídricos e na conservação do solo da região incluindo alteração do comportamento hidrológico, na exposição do solo e desencadeamento de processos erosivos e no assoreamento dos corpos hídricos.

Dessa forma, nota-se que a introdução de agricultores e a ampliação da exploração agrícola na região têm promovido uma intensa modificação no espaço natural do Cerrado e alterações na paisagem para a implantação da monocultura de grãos, que acarretam o desenvolvimento tanto de problemas ecológicos como em transformações socioeconômicas dos cidadãos locais (SILVA et al., 2014).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento agrícola no Sudoeste do Piauí tem garantido intensas modificações na vegetação nativa do Cerrado. Identificou-se a redução de 32,25% vegetação nativa e crescimento de 1.219,1% da exploração agropecuária, essa substituição do bioma por áreas agrícolas possui impacto nos componentes radiativos que atuam na superfície acarretando um aumento da T_s e do α , que diminuem a disponibilidade de energia na superfície, e consequentemente altera o balanço de energia e toda a dinâmica na interação vegetação-atmosfera.

De acordo com os dados exibidos, evidencia-se que o presente trabalho traz resultados inéditos para a região e enfatiza a relevância de trabalhos que visem avaliar o impacto dessas modificações no ecossistema nos processos radiativos da superfície, tendo em vista a expansão agrícola desordenada nessas regiões. Necessitando, principalmente, de estudos que avaliem o balanço de energia e seus impactos no aquecimento da superfície, evapotranspiração, dinâmica de chuvas, conservação do solo e da biodiversidade local considerando também a presença de vegetação agrícola nas lavouras. Além disso, faz-se necessário da atuação de políticas públicas para fins de planejamento agrícola e ambiental objetivando se obter uma agricultura sustentável que permita a atenuação dos impactos a médio e longo prazo e seus

efeitos para o ambiente e a sociedade, permitindo manutenção dos aspectos bióticos e abióticos existentes para as atividades futuras.

5. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P. Estimativa da evapotranspiração em áreas de pastagens usando algoritmo SEBAL e imagens Landsat 5- TM. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 1, n. 2, p. 362-372, 2018.
- BASTIAANSSEN, W. G. M.; NOORDMAN, E. J. M.; PELGRUM, H.; DAVIDS, G. SEBAL model with remotely sensed data to improve water-resources management under actual field conditions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.131, p.85-93, 2005.
- BIUDES, M. S.; CAMPELO JUNIOR, J. H.; NOGUEIRA, J. S.; SANCHES, L. Estimativa do balanço de energia em Cambarazal e pastagem no Norte do Pantanal pelo Método da Razão de Bowen. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, p. 135-143, 2009.
- BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; DALMAGRO, H. J.; MACHADO, N. G.; DANELICHEN, V. H. M.; SOUZA, M. C. Mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no Norte do Pantanal. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v. 10, p. 61-68, 2012.
- BIUDES, M. S.; VOURLITIS, G. L.; MACHADO, N. G.; ARRUDA, P. H. Z.; NEVES, G. A. R.; LOBO, F. A. et al. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 202, p. 112–124, 2015.
- BORGHI, E.; BORTOLON, L.; AVANZI, J. C.; BORTOLON, E. S. O.; UMMUS, M. E.; GONTIJO NETO, M. M.; COSTA, R. V. Desafios das novas fronteiras agrícolas de produção de milho e sorgo no Brasil: desafios da região do MATOPIBA. In: KARAM, D.; MAGALHAES, P. C. (Org.). *Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global*. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. p. 263-278.
- CORREIA, F. W. S.; ALVALÁ, R. C. S.; GIELOW, R. *Albedo do Pantanal Sul Mato-grossense durante o período de transição seco-úmido de 2001-2002*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasil, 12, 2002, Foz de Iguaçu – PR, Anais... Paraná: CBMET, 2002.
- CUNHA, N. R. S.; LIMA, J. E.; GOMES, M. F. M.; BRAGA, M. J. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados. *Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural*. v.46, n.2, p.291-323, 2008.
- DUBREUIL, V.; DELAHAYE, C. Changements d'occupation du sol et leurs impacts climatiques au Mato Grosso, Brésil. França. *Confins*, n. 10, 2010.
- FAUSTO, M. A.; ANGELINI, L. P.; MARQUES, H. O.; SILVA FILHO, A.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Impacto da alteração do uso do solo no saldo de radiação no Cerrado do sul de Mato Grosso. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 11, n. 2, p. 350-361, 2016.
- FAUSTO, M. A.; MACHADO, N. G.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S. Net radiation estimated by remote sensing in Cerrado areas in the Upper Paraguay River Basin. *Journal of Applied Remote Sensing*, v. 8, p. 1-17, 2014.
- GOMES, L. C. F.; SANTOS, C. A. C.; ALMEIDA, H. A. Balanço de energia à superfície para a cidade de Patos-PB usando técnicas de sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 6, n. 1, p. 015-028, 2013.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia: Normal climatológica. In *Normal Climatológica*. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normais> Climatológicas. Acesso em: 10/11/2019.
- LEITE, A. P.; SANTOS, G. R.; SANTOS, J. É. O. Análise temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI na Estação Experimental de Itatinga utilizando imagens Landsat 8. *Revista brasileira de energias renováveis*, v. 6, n. 4, p. 606-623, 2017.
- LEMES, K. C.; LEMES, C. C.; FERREIRA, F. R.; PAULA, J. S.; MATOS, P. F.; A Modernização da Agricultura e os Impactos Socioespaciais. *Revista Mirante*, v.1, n.2, p.1-18, 2008.
- LOPES, M. A. Embrapa. In *Matopiba, a nova ousadia da agricultura brasileira*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/-/noticia/1705609/matopiba-a-nova-ousadia-daagricultura-brasileira>. Acesso em: 04/11/2019.
- MAPBIOMAS. MAPBIOMAS. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 10/11/2019.
- MARQUES, H. O.; BIUDES, M. S.; PAVÃO, V. M.; MACHADO, N. G.; QUERINO, C. A. S.; DANELICHEN, V. H. M. Estimated net radiation in an Amazon–Cerrado transition forest by Landsat 5 TM. *Journal of Applied Remote Sensing*, v. 11, n. 4, p. 046020, 2017.
- MONTEIRO, P. F. C.; FONTANA, D. C.; SANTOS, T. V. D.; ROBERTI, D. R. Estimativa dos componentes do balanço de energia e da evapotranspiração para áreas de cultivo de soja no sul do Brasil utilizando imagens do sensor TM Landsat 5. *Bragantia*, Campinas. v. 73, n. 1, p. 72-80, 2014.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. In *Landsat Science*. Disponível em:

<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/mission-details/>.
Acesso em: 05/11/2019.

OLIVEIRA, L. N.; AQUINO, C. M. S. Dinâmica Temporal do uso e cobertura da terra na fronteira agrícola do MATOPIBA: Análise na sub-bacia hidrográfica do rio Gurguéia-Piauí. *Revista Equador*, v. 9, n. 1, p. 317-333, 2020.

OLIVEIRA, L. N.; AQUINO, C. M. S. Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) na sub-bacia hidrográfica do rio Gurguéia, Piauí-Brasil: análise do efeito da expansão agrícola. *Revista Georaguaiá*, v. 10, n. 2, p. 126-143, 2020.

QGIS Development Team. Quantum GIS Software, Version 3.8.3. Disponível em: <<https://qgis.osgeo.org>>. 2019.

RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S. 2012. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri- PB. *Revista Geonorte*, ed. Especial, v. 2, n. 4 p. 1217-1229.

REIS, L.; CUNHA, P.; VERAS, D. *O agronegócio e o comportamento do espaço urbano do município de Bom Jesus, Piauí*. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 4, 2009, Belém-PA. Anais... Belém: CONNEPI, 2009.

SANTOS, J. C.; LISBOA, G.; FRANÇA, L. C. J.; STEPKA, T. F.; SILVA, J. B. L.; MIRANDA, D. L. C.; CERQUEIRA, C. L. Relação entre variáveis meteorológicas e o uso e ocupação do solo no Sudoeste do Piauí, Brasil. *Nativa*, v. 5, n. 6, p. 414-420, 2017.

SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. *In Produção Agrícola Municipal – PAM, 2010*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. Acesso em: 12/11/2019.

SILVA, F. C.; CRUZ, M. L. B. Análise da fisionomia da cobertura vegetal em ambientes semiáridos: caso do município de Jaguaretama, estado Ceará. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 2, n. especial, p. 801- 809. 2016.

SILVA, J. B. L.; FERREIRA, W. L.; ALMEIDA, K. N. S.; CORREIO, K. B. S.; CORREIO, J. C. A. N. Evolução temporal do desmatamento e expansão agrícola entre 1984 a 2010 na sub-bacia do Rio Uruçuí-Preto, Piauí. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 22, n. 3, p. 254, 2014.

SILVA, L. A.; LEITE, M. R.; VELOSO, G. A. NDVI como indicador de alterações nos sistemas de usos da terra e no albedo de superfície no município de Várzea da Palma (Minas Gerais). *Revista GeoNordeste*, n. 2, p. 76-94, 2017.

SOUZA, P. J. O. P.; ROCHA, E. J. P.; RIBEIRO, A. Impactos do avanço da soja no balanço de radiação no leste da Amazônia. *Acta Amazônica*, v. 43, n. 2, p. 169-178, 2013.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing,

Vienna, Austria. 2019. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 15/11/2019.

USGS. United States Geological Survey. *In Earth Explorer*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 05/11/2019.

Recebido em: 17/01/2020

Aceito para publicação em: 05/03/2021