

ESTIMATIVA DO SEQUESTRO DE CARBONO EM DIFERENTES USOS E COBERTURAS DO SOLO EM ÁREAS DO BIOMA CERRADO, NORTE DE MINAS GERAIS

Lucas Augusto Pereira da Silva¹
Gabriel Alves Veloso²
Marcos Esdras Leite³

Resumo: As emissões de carbono atreladas ao uso e cobertura do solo, vem chamando atenção na comunidade científico. O objetivo desse trabalho foi estimar o sequestro de carbono em diferentes usos e coberturas do solo em áreas do Bioma Cerrado, no Norte de Minas Gerais, em específico na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (APA-RP). Foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto orbital, sobretudo a combinação dos modelos de estimativa da Radiação Fotossinteticamente Ativa Absorvida, Eficiência de Uso da Luz e Fração Evaporativa. Para as áreas de Cerradão, Eucalipto, FED, Pastagens e Veredas no verão, foram estimados valores de 15,61, 21,03, 18,37, 15,28 e 19,99 g C/m⁻²/d⁻¹, e no inverno, 10,52, 15,97, 3,23, 2,05 e 7,50 g C/m⁻²/d⁻¹.

Palavras-Chave: Produtividade Primária Bruta. Sensoriamento Remoto. Parâmetros Biofísicos

ESTIMATION OF CARBON SEQUESTRATION IN DIFFERENT USES AND SOIL COVERAGE IN AREAS OF THE CERRADO BIOME, NORTHERN MINAS GERAIS

Abstract: The carbon emissions linked to land use and cover, has been drawing attention in the scientific community. The objective of this work was to estimate carbon sequestration in different uses and land cover in areas of the Cerrado Biome, in the North of Minas Gerais, specifically in the Environmental Protection Area of Rio Pandeiros (APA-RP). Orbital remote sensing techniques were used, especially the combination of the estimation models of Photosynthetically Active Absorbed Radiation, Light Use Efficiency and Evaporative Fraction. For the Cerradão, Eucalyptus, FED, Pastures and Veredas areas in the summer, values of 15.61, 21.03, 18.37, 15.28 and 19.99 g C / m⁻² / d⁻¹ were estimated, and in winter, 10.52, 15.97, 3.23, 2.05 and 7.50 g C / m⁻² / d⁻¹.

Keywords: Gross Primary Productivity. Remote Sensing. Biophysical Parameters

ESTIMACIÓN DEL CAMINATA DE CARBONO EN DIFERENTES USOS Y ÁREAS DE SUELO DE COBERTURA EN HACER BIOMA CERRADO, MINAS AL NORTE DE GERAIS

Resumen: Las emisiones de carbono relacionadas con el uso y la cobertura del suelo han llamado la atención en la comunidad científica. El objetivo de este trabajo fue estimar el secuestro de carbono en diferentes usos y cobertura del suelo en áreas del

¹ Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, <https://orcid.org/0000-0001-5504-9029>, lucaskaio1605@gmail.com

² Universidade Federal do Pará – UFPA, Altamira, Pará, Brasil, <https://orcid.org/0000-0002-3655-4166>, GabrielVeloso@gmail.com

³ Universidade Estadual de Montes Claros-UNIMONTES, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil, <https://orcid.org/0000-0002-9020-6445>, MarcosLeite@gmail.com

Bioma Cerrado, en el norte de Minas Gerais, específicamente en el Área de Protección Ambiental de Río Pandeiros (APA-RP). Se utilizaron técnicas de teledetección orbital, especialmente la combinación de los modelos de estimación de la radiación absorbida fotosintéticamente activa, la eficiencia del uso de la luz y la fracción evaporativa. Para las áreas de Cerradão, Eucalyptus, FED, Pasturas y Veredas en el verano, se estimaron valores de 15.61, 21.03, 18.37, 15.28 y 19.99 g C / m² / d⁻¹, y en invierno, 10.52, 15.97, 3.23, 2.05 y 7.50 g C / m² / d⁻¹.

Palabras clave: Productividad primaria bruta. Teledetección. Parámetros biofísicos

Introdução

As ações antropogênicas, no decorrer da história, vêm provocando significativas alterações no meio ambiente, sobretudo após o crescimento populacional, que vêm ocasionando um uso intenso dos recursos naturais, e como consequência destas ações, estas atividades provocaram alterações no clima, sendo este, tema amplamente debatido por centros de pesquisas internacionais e órgãos governamentais. Portanto, o uso intenso desses recursos, tais como: queima de combustíveis fósseis, exploração vegetal, etc, geralmente, ocasiona remoção de vastas extensões de vegetação nativa, leva a sucessão de ambientes naturais em usos antrópicos, sobretudo com finalidade econômica.

Nessa perspectiva, as alterações do uso do solo tem sido apontadas como fonte do aceleração das mudanças climáticas, principalmente tratando-se da emissão de dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera (AREVALO et al., 2002; DA SILVA DIAS, 2006; VELOSO, et al., 2020), que tende a elevar a temperatura da Terra, desencadeando diversos problemas que afetam de forma direta e indireta a humanidade.

No Brasil, tem se observado elevadas taxas de remoção da vegetação nativa, e conversão em sistemas agrícolas (SILVA et al., 2010), além disso, grande parte dessas culturas possuem ciclos relativamente curtos, o que conseqüentemente tende a elevar as taxas de emissão de CO₂ para a atmosfera. Em específico para o bioma Cerrado, observa-se alterações significativas no uso e cobertura do solo, com perdas

elevadas de sua composição original (SANO et al., 2019; BACANI et al., 2019), isso tem colocado o Brasil como um dos maiores emissores de gases de efeito estufa – GEE da atualidade (SEEG, 2017).

O entendimento e planejamento adequado do uso e cobertura do solo, tornam-se essenciais para a pauta das mudanças climáticas, haja vista, que os diferentes usos do solo podem tanto serem sumidouros ou fonte de emissão de carbono. Estudos realizados em áreas de Cerrado com intuito de analisar os níveis de carbono nos estoques naturais (como por exemplo o solo e/ou vegetação), constataram que em áreas com coberturas instáveis, principalmente do ponto de vista da estrutura vegetacional, tendem a manter menores taxas de carbono armazenado (COLENGO et al., 2012; SANO et al., 2013; JESUS et al., 2019).

Estes estudos, geralmente realizados em campanhas de campo, abrangem pequenas porções da paisagem, com equipamentos específicos (como a torre *Eddy Covariance*), e análises laboratoriais, que são onerosas. Essas condições, impossibilitam estudos em grandes áreas, além disso, estes métodos não são acessíveis para a maioria dos pesquisadores. Logo, uma opção atrativa é o uso de técnicas de sensoriamento orbital, que são gratuitas e abrangem extensas áreas, contemplando diversos contextos paisagísticos.

Diante disso, a comunidade científica vem desenvolvendo metodologias que buscam formas de entender a dinâmica do carbono atmosférico em diferentes tipos de uso do solo. Isso se dá, sobretudo, em função das combinações de modelos matemáticos que associam análise de eficiência de uso da luz, radiação fotossinteticamente ativa absorvida, e fração evaporativa, com intuito de estimar a Produtividade Primária Bruta (GPP) a qual representa o montante de matéria orgânica produzida pelos ecossistemas no processo de uso da luz (fotossíntese) (MONTEITH, 1972; FIELD et al., 1995; BASTIANSSEN e ALI, 2003; STAMENKOVIC e HALNET, 2017).

A estimativa precisa dessa variável tende a representar o sequestro de carbono em diferentes usos e coberturas do solo por unidade de área. Em ambientes de

Cerrado, estudos dispuseram da combinação desses modelos para estimativa da GPP (SOUZA et al., 2014; DANELICHEN et al., 2015; ARANTES et al., 2018). No entanto, não diminuindo a importância dos trabalhos supracitados, menciona-se que não há um detalhamento do comportamento do sequestro de carbono considerando o uso e cobertura da terra em específico, e isso pode ser fundamental para apontamentos mais diretos em escala local.

Assim, este trabalho tem objetivo de estimar o sequestro de carbono em diferentes usos e cobertura do solo, com técnicas de sensoriamento remoto orbital, em áreas do bioma Cerrado, no Norte de Minas Gerais, mais precisamente na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (APA-RP). A escolha dessa área de estudo, se deu devido a APA-RP ser a maior área de proteção ambiental de Minas Gerais, e apresentar paisagens geográficas diversificadas, sobretudo com mosaicos antropogênicos e naturais, com grande importância biológica e concentra biodiversidade ímpar.

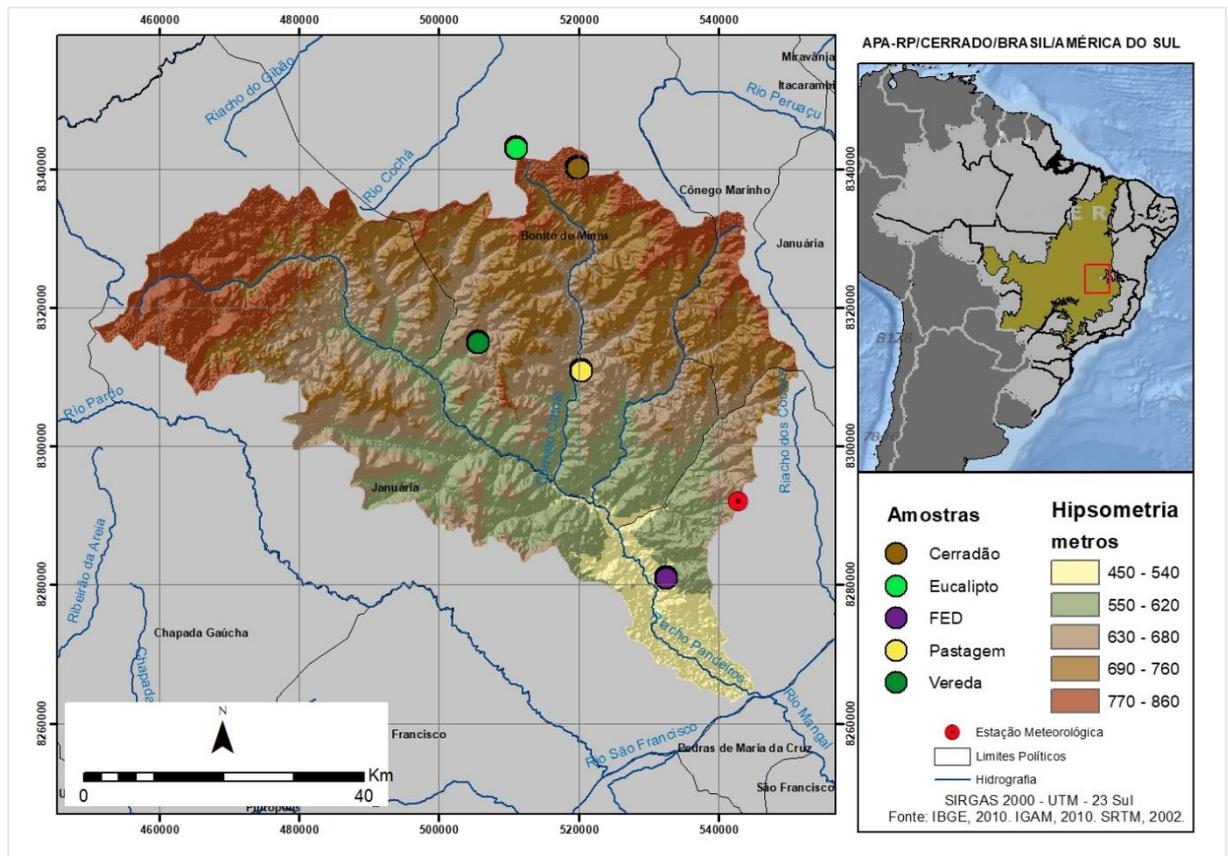
Este estudo se destaca, principalmente, por ser o pioneiro no uso de técnicas de sensoriamento remoto orbital à estimar o sequestro de carbono em diferentes usos e coberturas do solo na APA-RP, dessa forma, poderá apresentar norteamentos precisos para os tomadores de decisões, no que tange à gestão ambiental.

Materiais e Métodos

Caracterização da Área de Estudo

A AP-RP está localizada no Bioma Cerrado, especificamente na porção norte do estado de Minas Gerais. A APA-RP comporta os municípios de Januária, Cônego Marinho e Bonito de Minas (Figura 01). Para análise, foram selecionadas as seguintes classes: Cerradão, Eucalipto, FED, Pastagem e Vereda.

Figura 1 - Localização da Área de Estudo.

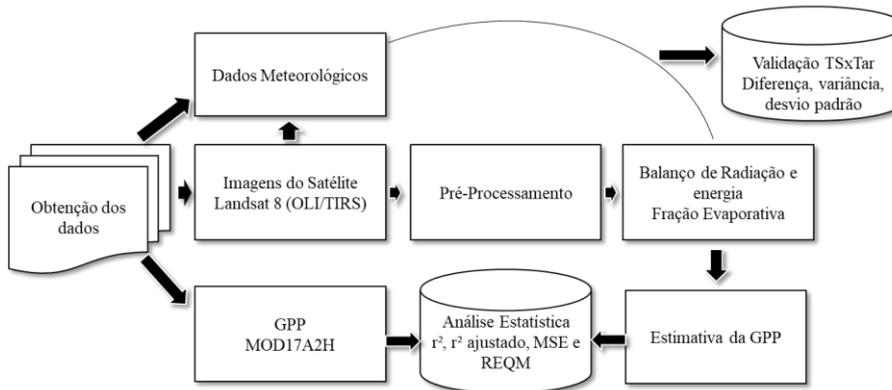


O clima da área de estudo é Tropical Semiúmido-Úmido, próximo ao Semiúmido-Seco (LEITE et al., 2018). Quanto à geologia, a área é marcada pela predominância do Grupo Urucua, do Cretáceo Superior (SILVA, 2018). O relevo, apresenta superfícies que variam de planas a montanhosas. Os solos são predominantemente Latossolos Vermelhos-Amarelos Distróficos, Gleissolos Melânicos e Neossolos Flúvicos. A vegetação da APA-RP, tem como destaque a predominância das Savanas (Cerrado Ralo e Veredas), com traços florestais (BORGES, 2018).

Procedimentos Técnicos e Operacionais

Para execução desse trabalho, foram elaboradas etapas operacionais (Figura 2), as quais variam desde à aquisição dos dados orbitais à análise estatística.

Figura 2 - Etapas Operacionais



Fonte: Os, autores, 2020.

Aquisição dos Dados

Para estimativa da GPP, foram selecionados produtos orbitais oriundos do satélite Landsat – 8 (sensores OLI e TIRS), referentes à órbita 219 e ponto 0,71, nos dias 21/01 e 30/06, para o ano de 2019. Utilizou-se os canais espectrais: 2 (0,45 a 0,51 μm), 3 (0,53 a 0,59 μm), 4 (0,64 a 0,67 μm), 5 (0,85 a 0,88 μm), 6 (1,57 a 1,65 μm), 7 (2,11 a 2,29 μm) e 10 (10,6 a 11,19 μm). As imagens do sensor OLI, sobretudo no visível, infravermelho próximo e médio, possuem 30 metros de resolução espacial (com área de 900m²), já as imagens do TIRS, possuem 100 metros, sendo reamostradas para 30 metros pela USGS. A resolução temporal do Landsat – 8 é de 16 dias, já a radiométrica, é 16 bits. Detalhes específicos para os produtos obtidos estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Características dos produtos orbitais obtidos. * Ângulo de Elevação do Sol; ** Cosseno de E; *** Distância Terra-Sol

Data	Horário	E*	CosZ**	dr***
21/01/2019	10:02:40	59.26	0.8595	0.984031
30/06/2019	10:02:15	41.03	0.6565	1.016694

Org. Os autores, 2020. Fonte: USGS, 2019.

Tendo como referência os mapas de GPP do Serviço Geológico dos EUA, foram adquiridos os produtos MOD17A2H, do sensor MODIS/Terra (*Moderate resolution Imaging Spectroradiometer*). Este produto possui resolução espacial de 500 metros, é um acumulado de 8 dias. Nesse sentido, para este estudo foram obtidos para os seguintes períodos: 25/01/2019 e 04/07/2019. Isso indica que o parâmetro de janeiro compreendeu os períodos no intervalo de 18/01 a 25/01, e o de Julho, entre 27/06 e 04/07. É oportuno mencionar que os dados satelitários foram obtidos pelo Serviço Geológico dos EUA (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

Os dados meteorológicos, foram utilizados como parâmetros de entrada na obtenção da GPP. Esses foram obtidos no sítio eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php>).

Pré-Processamento – Conversão Radiométrica

O pré-processamento das imagens do Landsat – 8, se deu com finalidade de reescaloná-las para valores físicos, os quais são necessários para modelagem de GPP. Nesse sentido, para os canais 2,3,4,5,6 e 7, foram obtidas as reflectâncias ($\rho_{\lambda,b}$) (Equação 01):

$$\rho_{\lambda, b} = \frac{H\rho_{QCAL} + A\rho}{ESUN(\lambda)\cos(\theta_{SE})} \quad (01)$$

Em que H_p , representa o fator multiplicativo (*Gain*), o qual compreende o ganho de radiância espectral, em função do espalhamento atmosférico. Q_{cal} , representa os pixels quantizados da imagem, A_p , é o fator aditivo, que compreende a compensação em relação à radiância absorvida pela atmosfera. $ESUN$, são as irradiâncias no topo da atmosfera (TOA) para cada banda, e $\cos(\theta_{SE})$ representa o aspecto angular do astro (Sol). Na sequência, foram obtidos os valores físicos no espectro do emissivo (Equação 02):

$$L_{\lambda} = MLQ_{cal} + AL \quad (02)$$

Em que L_{λ} é a radiância no campo emissivo, ML , é o fator multiplicativo específico ($3,342 \times 10^{-4}$), AL o valor aditivo para a banda termal (0,1).

Modelagem da GPP - Gross Primary Productivity

A GPP é obtida combinando modelos que estimam a radiação fotossinteticamente ativa absorvida (RFAA) pela vegetação, eficiência de uso da luz no processo fotossintético (ϵ) e a fração evaporativa (SILVA JÚNIOR et al., 2019) (Equação 03):

$$GPP = RFAA \cdot \epsilon = RFA \cdot FRFA \cdot \epsilon \quad (03)$$

Em que RFAA é a radiação fotossinteticamente absorvida pela vegetação ($MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$), ϵ é a eficiência de uso da luz pela vegetação ($g \cdot CMJ^{-1}$), e FRFA representa a fração da radiação entre 0,4 a 0,7 μm do espectro do visível, que é absorvida pela vegetação, a qual é representada por RFA. A RFA, geralmente é obtida por medições em campo, entretanto, essas são onerosas. Diante disso, uma opção interessante é

o uso da radiação solar global média diária, adotando um valor de 0,58, pois 58% de Q_g é destinada à RFA (SILVA et al., 2013; VELOSO, 2018) (Equação 04):

$$RFA = 0,58 * Q_{g24h} \quad (04)$$

A fração da RFA que é absorvida pela vegetação, pode ser obtida mantendo relação linear com o IVDN (Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada) (Equação 05), visto que este representa o status vegetacional. Essa relação é observada na literatura científica (RUNNING et al., 2004).

$$RFAA = RFA * (-0,161 + 1,257 * IVDN) \quad (05)$$

Na sequência, foi obtida a eficiência do uso da luz, a qual tende a variar em função das condições do ambiente, bem como aspectos termais e condições de umidade do dossel (Equação 06):

$$\varepsilon = \varepsilon' . T1 . T2 . FE \quad (06)$$

Em que ε' é a eficiência máxima de uso da luz pela vegetação, FE é o fator de umidade da vegetação, T1 e T2 são parâmetros que mostram a contribuição da temperatura na eficiência de uso da luz:

$$T1 = 0,8 + 0,2T_{opt} - 0,0005T_{opt}^2 \quad (07)$$

$$T2 = \frac{1}{1 + \exp(0,2T_{opt} - 10 - T_{dia})} \cdot \frac{1}{1 + \exp[0,3(-T_{opt} - 10 + T_{dia})]} \quad (08)$$

Em que T_{opt} é a temperatura média (°C) do mês de máximo IVDN, nesse caso, janeiro, e T_{dia} é a temperatura do ar média diária (°C). Para obtenção de FE, é necessário o cálculo do balanço de radiação e energia (com o modelo matemático SEBAL), sobretudo fluxo de calor no solo (G), Radiação Líquida (R_n) e calor latente (LE) (Equação 09), os quais são amplamente conhecidos na comunidade científica, podendo ser consultados com detalhamento em SILVA et al., (2011) e SILVA (2018).

$$FE = \frac{LE}{R_n - G} \quad (09)$$

Na sequência, foram selecionadas amostras de usos e coberturas do solo na área de estudo, sendo: Cerradão, Eucalipto, Floresta Estacional Decidual (FED), Pastagens e Vereda. Selecionou-se áreas homogêneas, as quais possibilitaram extração de 49 pixels por uso e cobertura do solo, totalizando uma área de 44.100m² por uso e cobertura do solo amostrado.

Validação dos dados do SEBAL

Dentre os parâmetros oriundos do SEBAL, a temperatura de superfície (°C) foi escolhida para validação, comparando-a com a temperatura do ar horária (°C), pois são os únicos dados de acesso gratuito na área de estudo. Essa etapa foi subsidiada pela estatística, com o desvio padrão, coeficiente de variação e diferença entre as variáveis.

Comparação Estatística entre GPP/MOD17A2H e GPP/Landsat 8

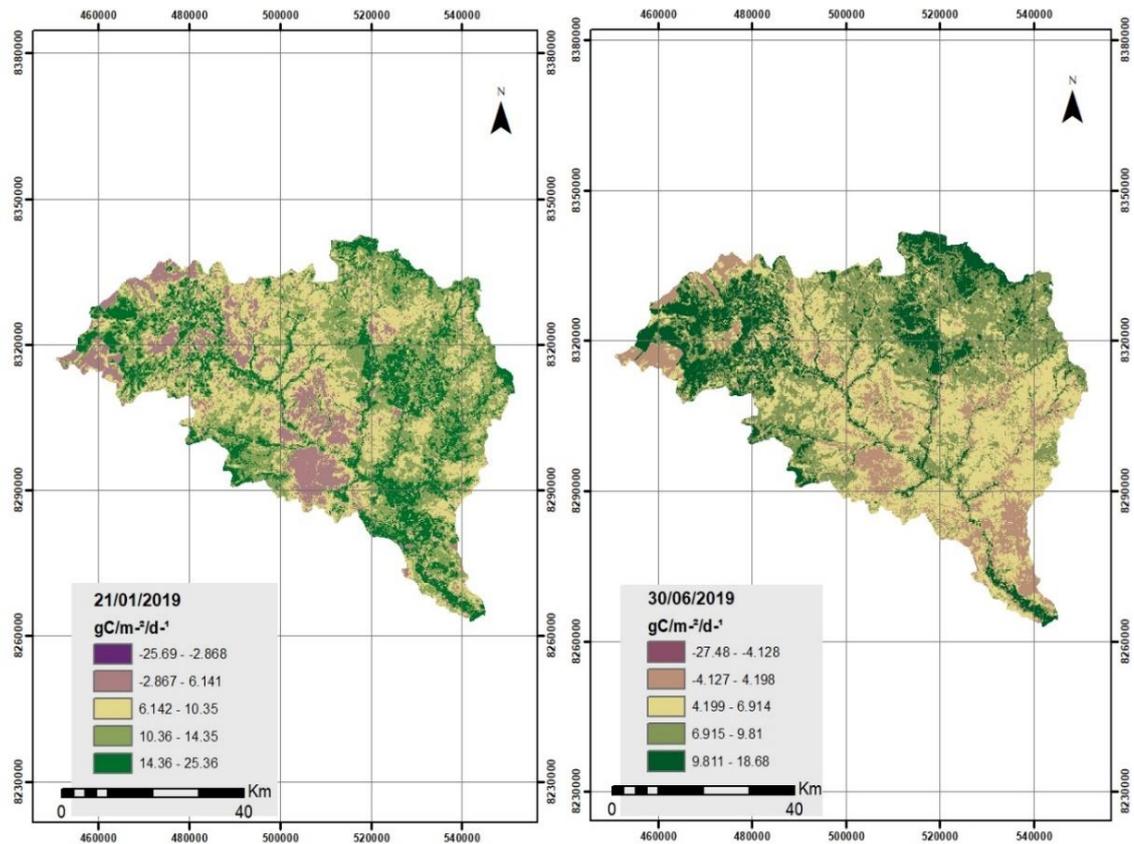
Para esta etapa, foram selecionados 16 pixels espaçados dentro da cena, de maneira aleatória, que compreendessem toda dinâmica de cobertura do solo, o que

consequentemente infere nos valores de GPP. Do ponto de vista estatístico, utilizou-se r^2 , r^2 ajustado, MSE (erro quadrático médio) e REQM (raiz do erro quadrático médio).

Resultados

Distribuição Espacial da GPP na APA-RP

No período úmido (21/01/2019), os valores médio, mínimo, máximo e desvio padrão foram na ordem de 10,74, 25,36, -25,69 e 4,14 g C/m⁻²/d⁻¹, respectivamente. Já para o período seco (30/06/2019), observou-se média de 6,97 g C/m⁻²/d⁻¹, valores mínimo e máximo de -27,48 e 18,68 g C/m⁻²/d⁻¹, respectivamente, com desvio padrão de 2,81 g C/m⁻²/d⁻¹ (Figura 3). Nota-se um decréscimo de 35,10% na média de GPP do período úmido para o seco.

Figura 3 - Mapas de GPP da APA-RP.

Fonte: Os autores, 2020.

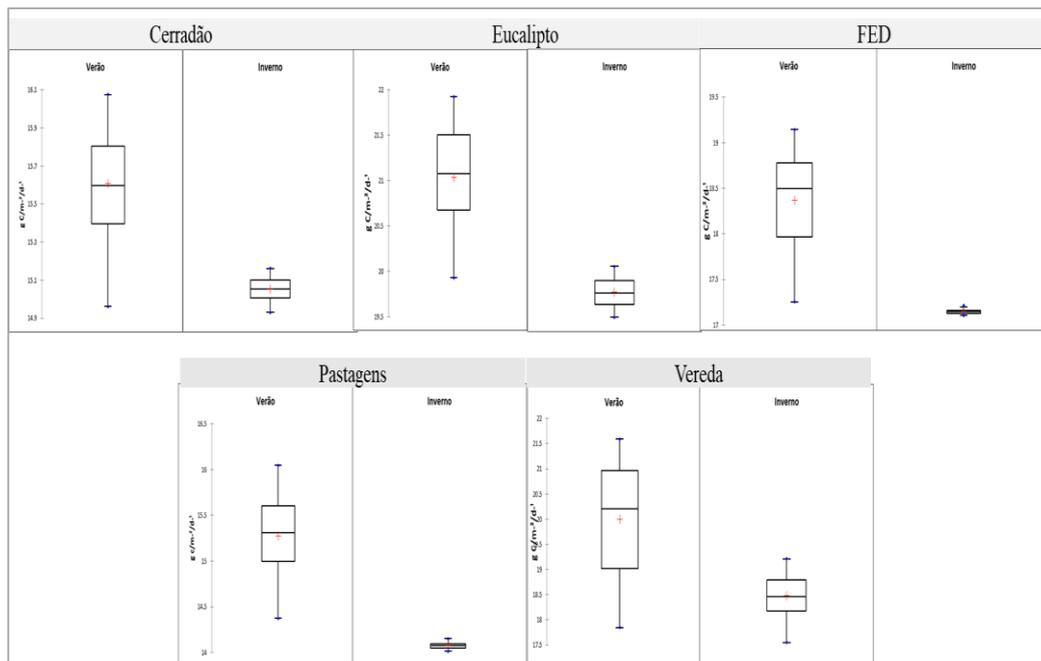
Em 21/01, o intervalo de valores máximos (14,36 e 25,36 g C/m²/d⁻¹) representou 18,70% da área de estudo, possuindo predominância a sudeste e leste. Os intervalos com maior expressão na área de estudo, variaram entre 6,142 e 14,35 g C/m²/d⁻¹, representando 67,04% da APA-RP. Os menores valores, sobretudo os negativos no primeiro range, representam pequena expressão espacial, com 0,006%. Entretanto, destaca-se os valores entre -2,867 e 6,141 g C/m²/d⁻¹, distribuídos a nordeste e com predominância na parte central entre as latitudes 8290000 e 8320000 (N) e longitudes 500000 e 520000 (L).

Para 30/06, os valores máximos (9,81 a 18,68 g C/m⁻²/d⁻¹) representaram 15,63% da área de estudo, possuindo representação espacial 3,07% inferior ao período úmido, com predominância a norte e noroeste. Os valores negativos (primeiro range) seguem o padrão do período seco, com menor representação espacial, sendo 0,008% da área de estudo. Ainda sobre a distribuição dos valores, notou-se que no quadrante formado entre 8290000 e 8320000 (N), com longitudes entre 520000 e 540000 (L), há predominância dos valores que variam de -4,127 a 6,914 g C/m⁻²/d⁻¹.

No extremo sul da APA-RP (no quadrante formado pelas latitudes 8260000 e 8290000 (N) e longitudes 520000 e 540000 (L)), notou-se decréscimo nos valores de GPP, representados para este período entre os ranges com -4, 127 e 6,914 g C/m⁻²/d⁻¹, sendo que para o período úmido esse quadrante possuía predominância dos valores máximos (14,36 e 25,36 g C/m⁻²/d⁻¹).

Distribuição da GPP por Uso e Cobertura do Solo

Para os Usos e Cobertura do Solo, foram organizados gráficos com a distribuição dos valores de GPP no verão e inverno, sendo selecionados 5 usos e coberturas do solo específicos, amostrados por grade de pontos, pois são áreas que apresentam extensões homogêneas, identificados em ambiente SIG e tendo conhecimento prévio da área (Figura 4).

Figura 4 - GPP por uso e cobertura do solo

Fonte: Os autores, 2020.

Para o Cerradão, no verão há maior concentração de GPP entre 15,39 e 15,80 g C/m²/d⁻¹, com variância de 0,070% e desvio padrão de 0,26 g C/m²/d⁻¹. No inverno, a concentração dos valores foi entre 10,27 e 10,77 g C/m²/d⁻¹, variância de 0,11% e desvio padrão com 0,33 g C/m²/d⁻¹. Do ponto de vista dos padrões médios, nota-se que no inverno, a GPP foi 32,63% inferior em relação ao verão. O valor mínimo para o inverno, foi 34,06% inferior ao valor mínimo no verão. Quanto aos padrões de valores máximos, do verão para o inverno, houve decréscimo de 30,96% na GPP.

Em Plantios de Eucalipto, no verão, os valores concentraram entre 20,68 e 21,50 g C/m²/d⁻¹, possuindo variância de 0,28%, e desvio padrão em 0,52 g C/m²/d⁻¹. No inverno, a concentração se deu entre 15,60 e 16,31 g C/m²/d⁻¹, com variância de 0,18% e desvio padrão de 0,42 g C/m²/d⁻¹. Do verão para o inverno, houve decréscimo de 24,09, 23,66 e 23,71% nos valores médio, mínimo e máximo, respectivamente.

Nas áreas de Florestas Estacionais Deciduais (FED), no verão, a distribuição dos valores se deu entre 17,96 e 18,77 g C/m²/d⁻¹, desvio padrão e variância com 0,50 g C/m²/d⁻¹ e 0,25%. No inverno, a distribuição da GPP foi concentrada entre 3,08 e 3,32 g C/m²/d⁻¹, com desvio padrão e variância de 0,19 g C/m²/d⁻¹ e 0,04%, respectivamente. Os valores médio, mínimo e máximo apresentaram decréscimos de 82,40, 80,57 e 83,10%, respectivamente, do verão para o inverno.

Em Pastagens, no verão a distribuição da GPP se concentrou entre 15 e 15,60 g C/m²/d⁻¹, com desvio padrão e variância em 0,40 g C/m²/d⁻¹ e 0,16%. No inverno a concentração dos valores foi entre 1,89 e 2,15 g C/m²/d⁻¹, possuindo desvio padrão e variância de 0,20 g C/m²/d⁻¹ e 0,4%, respectivamente. Houve decréscimos de 86,58, 88,19 e 84,30% nos valores médio, mínimo e máximo, na transição do verão para inverno.

Para as amostras de Vereda, no verão, a distribuição dos valores concentrou-se entre 19,02 e 20,96 g C/m²/d⁻¹, com desvio padrão e variância de 1,06 g C/m²/d⁻¹ e 1,12%, respectivamente. No inverno, essa distribuição foi entre 15,46 e 16,56 g C/m²/d⁻¹, com desvio padrão de 0,76 g C/m²/d⁻¹ e variância de 0,58%. Os valores médio, máximo e mínimo decresceram na ordem de 20,05, 19,92 e 19,53%, respectivamente.

Discussão

Validação TS x TAR e comparação da GPP/MOD17A2H e GPP/Landsat 8

Inicialmente, antes de adentrar na discussão dos comportamentos dos diferentes uso e cobertura do solo quanto à absorção de carbono, foi necessário à validação da variável do modelo SEBAL (temperatura de superfície), o qual fornece o indicador de umidade no processo de fotossíntese da planta (SILVA et al., 2013).

Essa validação é importante, pois a temperatura de superfície tende a influenciar sistematicamente a FE, haja vista que possuem comportamento

inversamente proporcional (COSTA JÚNIOR et al., 2017) em que, ambientes com menores taxas de FE, são representados por campo térmico elevado. Isso porque, elevadas temperaturas tendem a ressecar as camadas superficiais do solo e das folhas, decrescendo a umidade (SOUZA et al., 2019). Na Tabela 02 seguem os parâmetros de validação.

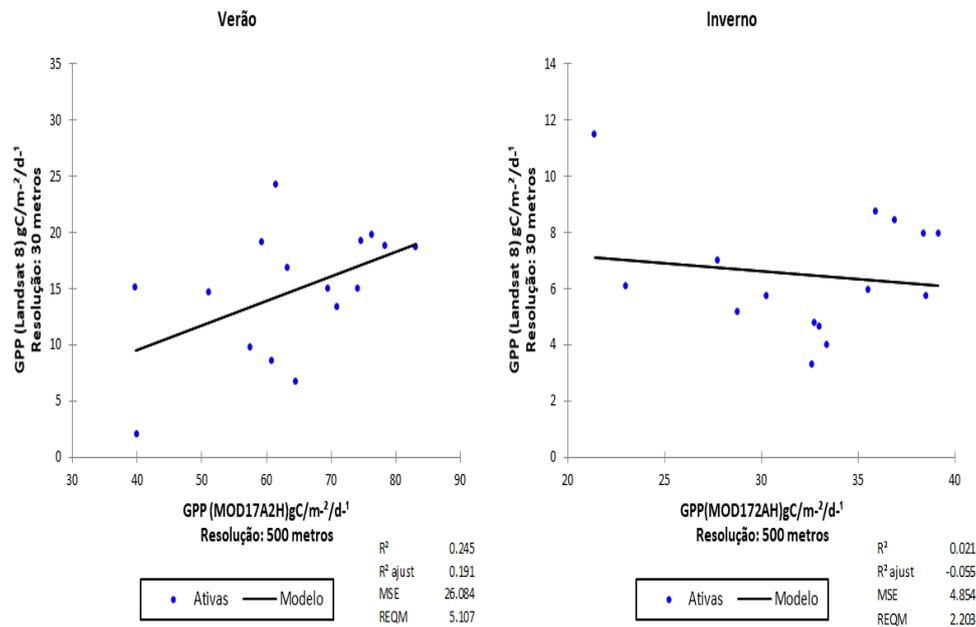
Tabela 2 - Parâmetros Estatísticos de Validação. (* temperatura de superfície; ** temperatura do ar)

Data	Ts (°C)*	Tar (°C)**	Variância (%)	Desvio Padrão (°C)	Diferença (°C)
21/01/2019	30.94	29.70	0.77	0.88	1.24
30/06/2019	25.42	24.00	1.01	1.00	1.42

Fonte: USGS, 2019. INMET, 2019. **Org.** Os autores, 2020.

Nota-se que há baixa variância em ambos os períodos, sendo 23,76% superior no inverno em relação ao verão. Na mesma lógica, observa-se que o desvio padrão no inverno foi superior ao verão, sendo 12% (0,12 °C). Diante disso, pode-se afirmar que os dados do SEBAL, apresentam-se com elevada confiabilidade em relação aos dados de referência em superfície, sobretudo ao mencionar que esses dados orbitais foram obtidos à uma altura de 705Km da superfície, e os de referência são medidos a 2 metros.

Com esses parâmetros validados, e a GPP/Landsat 8 estimada, realizou-se comparação estatística com os dados disponibilizados pelo Serviço Geológico dos EUA (GPP/MOD17H2A) (Figura 5), visto que são mapeamento de referência para o globo terrestre.

Figura 5 - Comparação entre GPP/Landsat 8 e GPP/MOD17A2H

Fonte: Os autores, 2020.

Os coeficientes de determinação (r^2 e r^2 ajustado) apresentaram valores baixos, mostrando uma correlação fraca em os dois parâmetros. Os MSE e REQM são superiores no verão. Esses valores destoantes, já eram esperados, sobretudo considerando as distintas resoluções espaciais.

Dentro de um pixel com 500 metros de resolução (250.000 metros quadrados) obviamente existem várias formas de uso e ocupação do solo, sendo mais variado do que em uma área de 900 metros quadrados (no caso do pixel Landsat 8), o que infere sistematicamente na resposta aos padrões de GPP, na literatura científica observou-se conclusões semelhantes a essas (CHAGAS et al., 2019).

Mesmo que do ponto de vista matemático não teve-se aproximações entre as variáveis, é oportuno mencionar que os valores seguem a dinâmica da sazonalidade

climática, com maiores valores de GPP para o verão e menores no inverno (TRENTIN et al., 2018), tanto para Landsat 8, quanto MOD17A2H.

Balanco Líquido da Distribuição Espacial da GPP Considerando a Sazonalidade Climática

Observou-se que os valores de GPP na área de estudo possui forte influência das disposições meteorológicas (ROSA e SANO, 2012), sobretudo entrada de pluviosidade no sistema e disponibilidade energética. Nos períodos analisados, notou-se forte influência desses aspectos para com a GPP (Tabela 3).

Tabela 3 - Dados Meteorológicos

Data	Pluviosidade Mensal (mm)	Qg diária (MJ/m²/d⁻¹)
21/01/2019	56.3	27
30/06/2019	0.1	19.08

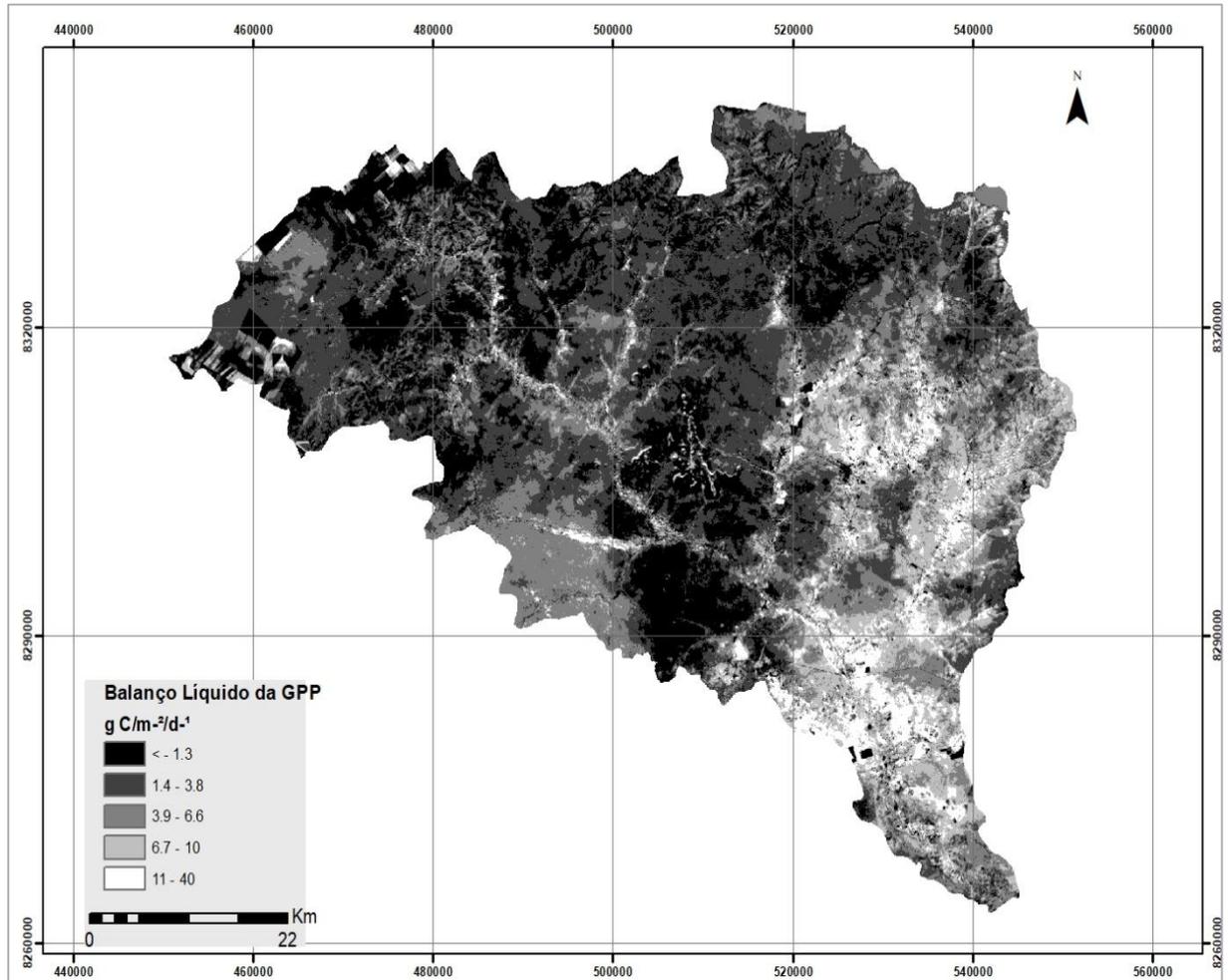
Fonte: INMET, 2019. **Org:** Os autores, 2020.

Nota-se que a pluviosidade mensal no período que representa a estação úmida (21/01) é 99,82% superior ao período que representa a estação seca (30/06). A radiação solar global, apresentou decréscimo de 29,33% do verão para o inverno. Maiores taxas de pluviosidade, fornecem à planta água disponível para seus processos metabólicos, sobretudo para manter a atividade fotossintética, assim como a incidência de Qg, a qual fornece energia à vegetação em superfície.

Dessa forma, para 21/01 dos 27 MJ/m²/d⁻¹, 15,66 MJ/m²/d⁻¹ foram destinados à RFA, enquanto que em 30/06, 11,07 MJ/m²/d⁻¹ dos 19.08 MJ/m²/d⁻¹, tiveram destino à RFAA, ou seja, houve maior disponibilidade de energia Fotossinteticamente Ativa para os ambientes da APA-RP no período úmido, o que certificou maiores valores de GPP. Essa argumentação, parte do princípio de que 58% de Qg é destinada à RFA (VELOSO, 2018). Nessa perspectiva, nessa etapa foram especializadas as diferenças entre GPP no verão e no inverno, a fim de observar a

inferência da sazonalidade climática nesse elemento do ponto de vista espacial (Figura 6).

Figura 6 - Balanço Líquido da GPP



Fonte: Os autores, 2020.

Os valores até $1,3 \text{ g C/m}^2/\text{d}^{-1}$ estão espaçados, com predominância na parte central e a noroeste da APA-RP. Essa classe representa 25,92% da área de estudo diante do balanço líquido de GPP. Esses valores estão associados aos ranges de

GPP com menores valores (positivos) e menores amplitudes nos períodos analisados. Valores esse que referem-se à áreas com baixa densidade vegetal, pois a absorção de carbono é mínima.

Chama-se atenção para o quadrante formado entre as latitudes 8290000 e 8320000 (N) e longitudes 500000 e 520000 (L), o qual foi enfatizado nos resultados com os menores valores de GPP. É oportuno mencionar que esses ambientes são dispostos de sedimentos (areia), com poucos indivíduos (fitofisionomia de Cerrado Stricto Sensu), favorecendo à baixa absorção de carbono, sobretudo considerando que não havendo aspectos vegetacionais no ambiente o processo de fotossíntese é nulo. Esse comportamento se assemelha ao do solo exposto, principalmente por não manter relação (positiva) com padrões de biomassa (BOLFE et al., 2012).

Nos resultados, mencionou-se que para o extremo Sul da APA-RP, no quadrante formado pelas latitudes 8260000 e 8290000 (N) e longitudes 520000 e 540000 (L), observou-se decréscimos de GPP no verão para o inverno. Nessa área localiza-se o pântano da APA-RP, uma área de refúgio da biodiversidade, com estrutura vegetal densa (NUNES et al., 2009), o que favoreceu de maneira ímpar a absorção de carbono, concentrando os ranges com valores máximos no verão, e ocasionando amplitude/diferença de valores entre 11 e 40 g C/m²/d⁻¹ na passagem para o inverno.

Análise do Carbono Fixado (GPP) por Uso e Cobertura do Solo

Nas áreas de Cerradão, observou-se elevada fixação de carbono, sobretudo no verão, em que a homogeneidade do dossel (representada por elevado valor de IVDN médio, 0,68) favoreceu a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (tendo absorção média de 9,41 MJ m⁻²/d⁻¹), principalmente considerando que essas condições elevam a taxa de evapotranspiração (FE, que nesse período apresentou média de 0,77 mm.h⁻¹).

A intensa troca de água com a atmosfera, é fator crucial para a absorção de carbono, pois possuem comportamentos proporcionais, quanto maior a taxa de perda

de água, maior o sequestro de carbono atmosférico (RIBEIRO et al., 2018). Houve decréscimo da fixação de carbono, do verão para o inverno, isso está associado, sobretudo, com o decréscimo de NDVI (0,60) e RFAA (6,09 MJ m⁻²/d⁻¹). Diante dos comportamentos supracitados, foi observado um balanço líquido médio (BLM) de 5,15 g C/m⁻²/d⁻¹ para as áreas de Cerradão, na comparação verão e inverno.

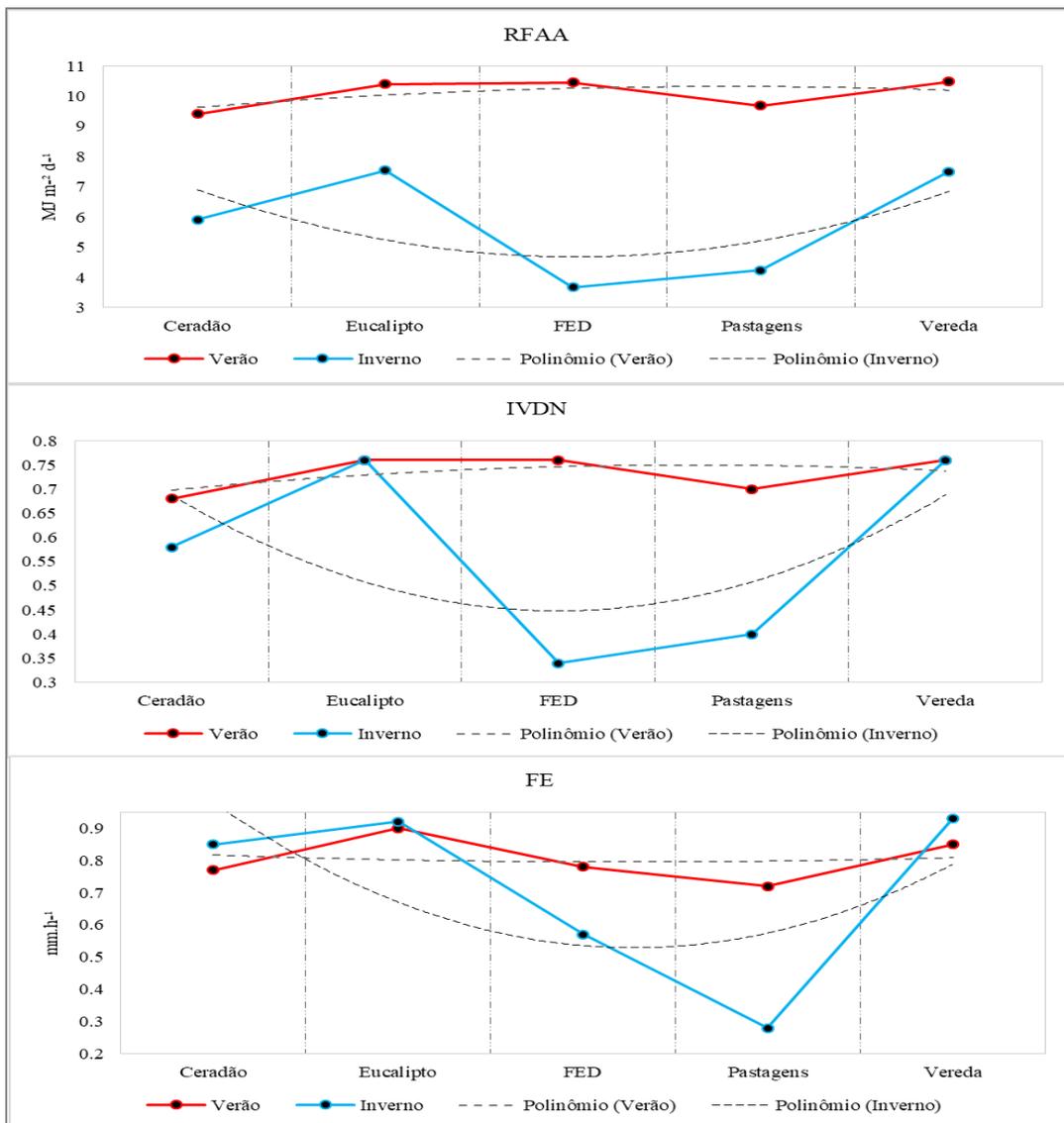
O Carbono fixado pelos plantios de Eucalipto, mostrou-se 24,75% superior do que em áreas de Cerradão no verão, e 34,14% no inverno. Esse comportamento, deve-se, sobretudo à perda de água por evapotranspiração dessa classe (Eucalipto), a qual foi superior na ordem de 14,01% e 6,76% no verão e inverno, em relação ao Cerradão. Ainda menciona-se os padrões médios de IVDN, com 0,76, RFAA com 10,40 e 7,55 MJ m⁻²/d⁻¹, no verão e inverno, respectivamente.

O BLM para os plantios de Eucalipto foi de 5,07 g C/m⁻²/d⁻¹, 1,63% inferior em relação ao Cerradão, mostrando menor variância diante da sazonalidade climática.

Observou-se relação intrínseca da GPP com a sazonalidade climática, em outros estudos, como em Trentin et al., (2018), que para Eucalipto, usando MODIS, notaram comportamento linear entre as estações do ano e GPP. Bertan et al., (2015), compararam a Produtividade Primária de Pinus, Mata e Eucalipto no estado do Rio Grande do Sul, mostrando maiores porções para Plantios de Eucalipto.

É preciso salientar, que mesmo o Eucalipto apresentando elevado sequestro de Carbono, não é aconselhado apontar argumentos generalizados. Por exemplo, recentemente Bastin et al., (2019) defenderam o reflorestamento e florestamento de 900 milhões de hectares em partes do globo, com finalidade de massivo sequestro de carbono, entretanto, Veldman et al., (2019) argumentaram que essa aglomeração de espécies reflorestadas no globo podem inferir na dinâmica do balanço de energia, sobretudo ao manter elevada absorção de energia, podendo acelerar as mudanças climáticas.

Nessa perspectiva, ainda acrescenta-se que, o Eucalipto, é uma espécie de rápido crescimento, com retiradas (desmates) planejadas, sobretudo para atender o mercado, e, essas remoções, tendem a liberar o carbono agregado no solo.

Figura 7 - Médias de IVDN, FE e RFAA para os Usos e Coberturas do Solo

Fonte: Os autores, 2020.

Nas áreas de Matas Secas, o BLM foi elevado, com $15,13\ g\ C/m^{-2}/d^{-1}$, sendo 66,50 e 65,97% superior ao Eucalipto e Cerradão, respectivamente. Isso é reflexo da variação dos parâmetros biofísicos analisados, visto que do verão para o inverno, teve-se um decréscimo significativo de IVDN (55,91%), RFAA (64,83%) e FE

(27,16%). Este comportamento possui sinergia com as características fenológicas das florestas secas, perdem as folhas no período de inverno, consequentemente há decréscimo da fixação do carbono (RAGUSA-NETTO e SILVA, 2007; NUNES et al., 2008; LOPES DOS SANTOS et al., 2019; VERES et al., 2020). As Matas Secas, apresentam assim, comportamentos elementares nas discussões da fixação do carbono, pois, mesmo não apresentando valores elevados no período seco, essa característica é essencial para a economia hídrica, pois decresce a taxa de evapotranspiração.

As Pastagens, apresentaram comportamento semelhante às Matas Secas, sobretudo quanto à amplitude, do verão para o inverno. Nesse sentido, o BLM de carbono foi de 13,27 g C/m²/d⁻¹. Isso está estritamente aliado com os parâmetros biofísicos, pois há um decréscimo sistemático (assim como nas Matas Secas) do IVDN (43,17%), RFAA (54,35%) e FE (61,36%) do verão para o inverno.

Esse decréscimo generalizado está relacionado com a escassez hídrica na zona de acesso direto à água no solo, pois, visto que o sistema radicular das pastagens é relativamente curto (em relação às formações florestais) (RODRIGO e PRUSKI, 2019); este fato também é influenciador dos elevados valores no verão, pois esse aspecto fenológico favorece o acesso rápido e direto à água.

Esse estudo apresentou comportamento semelhante ao encontrado por outros trabalhos em diferentes regiões do Brasil, com maiores valores de carbono fixado pelas Pastagens em estação úmida e menores na estação seca (SANTOS e FERREIRA, 2017; ARANTES et al., 2019; VELOSO et al., 2020). Observa-se a importância da manutenção da qualidade das Pastagens, principalmente considerando que cobrem cerca de 164 milhões de hectares no território (rígido) brasileiro, representando 3/4 das áreas agrícolas, e que funcionam como eficientes estoques de carbono (ROSA et al., 2014).

Nas Veredas, observou-se o melhor BLM de carbono dentre as classes estudadas, sendo 4,30 g C/m²/d⁻¹. Isso representa a baixa variabilidade dos valores de carbono fixado do verão para o inverno, bem como do IVDN (0,94%) e RFAA

(28,28%). A FE mostrou-se relativamente mais elevada (8,84%) no inverno do que no verão. A disponibilidade hídrica dessas áreas favorece a efetividade fotossintética para os indivíduos distribuídos nas suas extensões, bem como os padrões evapotranspirativos elevados, e, conseqüentemente a absorção de carbono atmosférico.

Outro fator a se destacar, são os solos das veredas, visto que possuem aspecto "Gleí" (DA SILVA e ROSA, 2019), em que a drenagem é dificultada devido à estrutura pastosa do solo, o que infere ambientes encharcados, com baixa atividade anaeróbica, elevando a matéria orgânica, em associação do *input* de detritos vegetais, mantendo bons estoques de carbono. Essa argumentação corrobora com resultados apresentados em outros estudos, com elevado estoque de carbono nos solos dos ambientes de vereda (PEREIRA et al., 2018; PAULA DE OLIVEIRA et al., 2019). É salutar mencionar que, diferentemente dos outros usos e coberturas do solo, para ambientes de veredas, aplicações de sensoriamento remoto orbital para estimativa do sequestro de carbono são extremamente escassas, o que eleva a relevância do presente estudo, sobretudo considerando que as terras úmidas, apresentam-se como drenos de carbono atmosférico.

Considerações Finais

Nesse trabalho, observou-se que a GPP no contexto generalizado (especialização na APA-RP) apresentou comportamento sinérgico com as nuances da sazonalidade climática, e possuindo padrões bem definidos no que diz respeito à fixação de carbono atmosférico, o que ficou bem evidente com o balanço líquido médio de carbono entre verão e inverno.

Diante da análise mais restrita por uso e cobertura do solo, ficou nítido que a fixação de carbono foi regida pela fenologia, dinâmica sazonal dos aspectos climáticos e características dos ambientes.

Para o Cerradão, a fixação de carbono apresentou-se com distribuição homogênea, principalmente considerando suas características fenológicas, com dossel bem estruturado e contínuo, aspecto intrínseco para a absorção de carbono.

A Matas Secas apresentam amplitude elevada no balanço líquido de carbono, principalmente devido às características da fenologia, com perda da folhagem no inverno, mostrando potencial à economia hídrica no inverno e eficiente no sequestro de carbono no período úmido.

As Veredas comportaram como exímio dreno de carbono, com valores elevados tanto no verão, quanto no inverno. O balanço de Carbono mostrou-se baixo, ao comparar com as demais fitofisionomias e usos do solo, sobretudo em função da baixa variabilidade dos parâmetros biofísicos inseridos à discussão (IVDN, RFAA e FE).

Quanto aos usos antrópicos, o Eucalipto apresentou-se como bom absorvedor de carbono, entretanto, sua dinâmica comercial (corte para vendas) pode inferir na emissão demasiada de carbono para a atmosfera. As Pastagens, apresentaram a maior amplitude do balanço líquido de carbono dentre as classes analisadas, sendo influenciada pela fenologia dessa classe, sobretudo o sistema radicular. Mostrou-se eficiente quanto à absorção de carbono, no entanto, menciona-se necessidade da manutenção nos aspectos de qualidade, sobretudo à recuperação de áreas degradadas.

Diante dos resultados encontrados, menciona-se a importância desse estudo, principalmente por dotar de técnicas de sensoriamento remoto orbital (as quais apresentaram bons resultados ao comparar com os parâmetros de referência em superfície) e serem de baixo custo e fácil operacionalidade, o que pode impulsionar o uso dessas ferramentas como auxílio na tomada de decisões.

Referências

- ARANTES, Arielle Elias et al. Potencial de intensificação da pecuária no Brasil baseado na análise de dados censitários e de satélite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 9, p. 1053-1060, 2018.
- ARANTES, Arielle Elias; FERREIRA, Laerte G.; COE, Michael T. The seasonal carbon and water balances of the Cerrado environment of Brazil: Past, present, and future influences of land cover and land use. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 117, p. 66-78, 2016.
- AREVALO, Luis Alberto; ALEGRE, Julio Cesar; VILCAHUAMAN, Luciano Javier Montoya. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. 2002.
- BACANI, Vitor Matheus; VICK, Erivelton Pereira. FUTURE SCENARIO PREDICTION USING CELLULAR AUTOMATA AND MARKOV CHAIN IN EXPANSION AREA OF FORESTRY OVER BRAZILIAN CERRADO. **Mercator**, v. 18, 2019.
- BASTIN, Jean-Francois et al. The global tree restoration potential. **Science**, v. 365, n. 6448, p. 76-79, 2019.
- BOLFE, Édson Luis; BATISTELLA, Mateus; FERREIRA, Marcos César. Correlação de variáveis espectrais e estoque de carbono da biomassa aérea de sistemas agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1261-1269, 2012.
- CHAGAS, Mariana C. et al. Gross primary productivity in areas of different land cover in the western Brazilian Amazon. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 16, p. 100259, 2019.
- COSTA, Marcos Heil et al. Estado-da-arte da simulação da taxa de fixação de carbono de ecossistemas tropicais. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 179-187, June 2009.
- DANELICHEN, Victor HM et al. Estimating of gross primary production in an Amazon-Cerrado transitional forest using MODIS and Landsat imagery. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 3, p. 1545-1564, 2015.
- DA SILVA, Bernardo Barbosa; DA SILVA, Saulo Tasso Araújo; GOMES, Heliofábio Barros. Alterações climáticas decorrentes de mudanças no uso da terra mediante sensoriamento remoto. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 9, n. 1, p. 91-106, 2010.
- DA SILVA JUNIOR, Carlos Antonio et al. Remote sensing for updating the boundaries between the Brazilian Cerrado-Amazonia biomes. **Environmental Science & Policy**, v. 101, p. 383-392, 2019.

DA SILVA, Antonio Santiago; ROSA, Roberto. Mapa de capacidade e potencial do uso da terra do município de Catalão (GO). **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 59, p. 954-977, 2019.

DA SILVA DIAS, Maria Assunção Faus. Efeito estufa e mudanças climáticas regionais. **Revista USP**, n. 71, p. 44-51, 2006.

DE OLIVEIRA, Gabriel et al. Dados de sensoriamento remoto para o estudo das interações biosfera-atmosfera em ecossistemas amazônicos: uma revisão. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, 2017.

DE SOUZA, José Carlos et al. Dinâmica Espacial e Sazonal da Temperatura, Umidade e Estresse Hídrico em Diferentes Tipos de Cobertura Vegetal. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 37, p. 80-94, 2019.

BORGES, M. G. 2018. **Fitofisionomias do Cerrado e as áreas potenciais de ocorrência pequizeiro e Buritizeiro no Norte de Minas Gerais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Montes Claros.

JESUS, Kennedy Nascimento et al. Estoques de carbono em solos de Pernambuco, Brasil (Carbon stocks in soil of Pernambuco state, Brazil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 3, p. 714-721, 2019.

LOPES DOS SANTOS, Gilsonley et al. Ciclagem de nutrientes em diferentes condições topográficas em Floresta Estacional Semidecidual, Pinheiral-RJ. **Ciência Florestal (01039954)**, v. 29, n. 4, 2019.

MOREIRA, Andreise. Caracterização fenológica de tipologias campestres do Rio Grande do Sul a partir de produtos MODIS (NDVI, EVI e GPP). 2018.

NUNES, Yule Roberta Ferreira et al. Pandeiros: o pantanal mineiro. **MG. Biota**, v. 2, n. 2, p. 4-17, 2009.

OLIVEIRA, Camila Paula de et al. Comparação de modelos estatísticos para estimativa da biomassa de árvores, e estimativa do estoque de carbono acima do solo em Cerrado. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 255-269, 2019.

PAIVA, Célia Maria; FERNANDES, Fernanda Rafaela. Estudo da Produtividade Primária do Bioma Mata Atlântica via Sensoriamento Remoto. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 38, n. 2, p. 05-14, 2016.

PARRON, Lucilia Maria et al. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. **Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE)**, 2015.

PEREIRA, Thiago Torres Costa et al. Veredas do Triângulo Mineiro: estudos de solos e significância socioambiental. **Revista Geografica Acadêmica**, v. 12, n. 2, p. 138-152, 2018.

RAGUSA-NETTO, J.; SILVA, R. R. Canopy phenology of a dry forest in western Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 3, p. 569-575, 2007.

RIBEIRO, Apolo Alves et al. FLUXOS DE CARBONO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE FEIJÃO COMUM SOB CONDIÇÕES DE SEQUEIRO. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 3, p. 229-239, 2018.

RODRIGUES, Lineu Neiva; PRUSKI, Fernando Falco. Fundamentos e benefícios do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta para os recursos hídricos. **Embrapa Cerrados- Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2019.

ROSA, Roberto; SANO, Edson Eyji; ROSENDO, Jussara dos Santos. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. **Sociedade & Natureza**, v. 26, n. 2, p. 333-351, 2014.

SANO, Edson Eyi et al. Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019.

SANTOS, Pablo Santana; FERREIRA, Laerte Guimarães. Análise descritiva dos aspectos biofísicos associados aos padrões de cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Vermelho, bioma cerrado. **Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 20, p. 3-28, 2017.

SOUZA, Maísa Caldas et al. Estimation of gross primary production of the Amazon-Cerrado transitional forest by remote sensing techniques. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 01-12, 2014.

TRENTIN, Aline Biasoli et al. ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS MODIS EM PLANTIOS DE EUCALIPTO. **Mercator (Fortaleza)**, v. 17, 2018.

VELDMAN, Joseph W. et al. Comment on "The global tree restoration potential". **Science**, v. 366, n. 6463, p. eaay7976, 2019.

VELOSO, Gabriel Alves et al. Modelling gross primary productivity in tropical savanna pasturelands for livestock intensification in Brazil. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, p. 100288, 2020.

VERES, Qohélet José Ianiski; WATZLAWICK, Luciano Farinha; SILVA, Richeliel Albert Rodrigues. ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO OESTE DO PARANÁ. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 23-31, 2019.

NOTAS DE AUTOR

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Lucas Augusto Pereira da Silva - Concepção. Coleta de dados, Análise de dados, Elaboração do manuscrito, revisão e aprovação da versão final do trabalho

Gabriel Alves Veloso – Concepção e elaboração do manuscrito. Coleta de dados Participação ativa da discussão dos resultados; Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

Marcos Esdras Leite – Concepção e elaboração do manuscrito. Coleta de dados Participação ativa da discussão dos resultados; Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

LICENÇA DE USO

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.

HISTÓRICO

Recebido em: 31-01-2020

Aprovado em: 09-06-2020