

Estimativa da eficiência do sequestro de carbono em vegetação natural de uma Unidade de Conservação, usando dados de imagens Cbers-4 em Jardim – MS

Adelson Soares Filho¹
Maycon Jorge Ulisses Saraiva Farinha¹
Luciana Virginia Mario Bernardo²
Clandio Favarini Ruviano¹

1Universidade Federal da Grande Dourados
Rodovia Dourados – Itahum, Km 12 – Cidade Universitária,
Cx. Postal 364 – CEP: 79804-970, Dourados-MS/Brasil
adelsonfilho@ufgd.edu.br
mayconddds@hotmail.com
clandioruviano@ufgd.edu.br

2Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Rua da Faculdade, 645 - Jardim La Salle, CEP: 85903-000,
Toledo-PR/Brasil
lucianamario@yahoo.com.br

Resumo. A emissão de dióxido de carbono a partir de ações antropocêntricas é considerada a maior contribuição para as mudanças climáticas. Os serviços ecossistêmicos contribuem com a redução da presença deste componente na atmosfera, a partir de seu sequestro, realizado no processo de fotossíntese da vegetação. Considerando que as Unidades de Conservação são porções territoriais que mantêm a vegetação natural, buscou-se estimar suas contribuições em relação a este contexto. Assim, o objetivo desta pesquisa é estimar o potencial de sequestro de carbono existente na vegetação conservada em Reserva Privada do Patrimônio Natural, no município de Jardim, Mato Grosso do Sul, a partir do uso de dados de imagens orbitais de sensoriamento remoto. Salienta-se que a Reserva Privada do Patrimônio Natural é uma categoria de Unidade de Conservação que tem como especificação o domínio privado da área. Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado o índice CO2Flux, a partir da análise da imagem do sensor Cbers – 4 (MUX) de 14 de abril de 2018. Como resultado, foi identificado que a área de estudo obteve um índice médio de CO2Flux de 0,39 micro-mol/sq.m/s e valor máximo de 0,50 micro-mol/sq.m/s.

Palavras-chave: estimativas de sequestro de carbono, meio ambiente, índice CO2Flux.

Abstract. Carbon dioxide emission from anthropocentric actions is regarded as the greatest contribution to climate change. Ecosystem services contribute to reducing the presence of this component in the atmosphere, from its sequestration, which is carried out in the process vegetation photosynthesis. Considering that the Conservation Units are territorial portions that maintain the natural vegetation, we sought to estimate their contributions concerning the context. Thus, the aim of this research is to evaluate the carbon sequestration potential in the conserved vegetation in Natural Heritage Private Reserve, in the city of Jardim, Mato Grosso do Sul, from the use of remote sensing orbital image data. It should be noted that Natural Heritage Private Reserve is one category of the Conservation Units, whose specification is the private domain of the area. CO2Flux index was used for this research development from the image analysis of the Cebers sensor – 4 (MUX) of April 14, 2018. As a result, it was identified that the study area obtained an average CO2 index of 0,39 micro-mol/sq.m/s and maximum value of 0,50 micro-mol/sq.m/s.

Keywords: carbon sequestration estimative, environment, CO2Flux index

1. Introdução

As mudanças climáticas são a principal ameaça à biodiversidade e aos ecossistemas na atualidade (Hughes, 2000; Hansen et al., 2001; Travis, 2003; Parmesan; Yohe, 2003) devido as elevadas concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera que contribuem para a ocorrência dessas alterações (Wang et al., 2013). O aumento dessas concentrações está relacionado em sua maior parte a gases como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) oriundos, principalmente, da mudança no uso da terra e pelo consumo de combustíveis fósseis (IPCC, 2013). Ademais, dentre os efeitos, a elevação da temperatura tem influenciado no processo de fotossíntese das plantas (Wang et al., 2013), suscitando desta forma, ações inovadoras a fim de auxiliar a adaptação vegetal e animal frente às mudanças climáticas. Além disso, esforços têm sido realizados para se reduzir as emissões destes gases, tanto por meio da pesquisa científica como mediante a criação de políticas públicas para as diferentes localidades (Keskitalo, 2012; National Research Council, 2010).

Neste contexto, o CO₂ é o elemento basilar desta discussão, já que suas emissões antropocêntricas representam a maior contribuição para as mudanças climáticas (Canadell et al., 2007). Além disso, os meios pelos quais é possível reduzi-lo ou sequestrá-lo da atmosfera estão relacionados aos serviços ambientais (Ninan; Inoue, 2013). No Brasil, estes serviços são realizados pela vegetação encontrada nos diferentes biomas existentes, principalmente em áreas com maiores densidades e capacidade para preservação ambiental, como as Unidades de Conservação e as terras indígenas (SEEG Brasil, 2017). As Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPNs são uma das categorias de unidades de conservação previstas na legislação brasileira e que, comumente, são caracterizadas pela biodiversidade e pela beleza cênica. Seu diferencial em relação a outras categorias está em seus atributos de propriedade privada, ou seja, dentre os critérios para a criação da unidade está a decisão do proprietário em conservar. Além disso, são caracterizadas como perpétuas, ou seja, quando o proprietário destina uma fração ou a totalidade de sua área para a conservação dos aspectos naturais, mesmo que a propriedade seja comercializada ou herdada ela continuará sendo uma unidade de conservação (Brasil, 2000). Observa-se que a importância das áreas protegidas privadas, está na complementação da proteção da biodiversidade realizada pelas áreas públicas (Rodrigues et al., 2014) já que muitas espécies ameaçadas estão localizadas apenas em terras privadas (Krug, 2001; Figgis; Humann; Looker, 2005; Fisher; Dills, 2012).

Dentre os objetivos da criação de uma RPPN está a restauração da vegetação natural (Brasil, 2000). Esta restauração é considerada uma medida importante para a remediação ambiental em ecossistemas degradados. Dentre as contribuições existentes nesta medida está o sequestro de carbono (Piao et al., 2009; Huang et al., 2012). Contudo, a restauração da

vegetação natural para contribuir com as funções relacionadas a um ecossistema necessita de longo prazo (Watson et al., 2000). Desta forma, a característica de perpetuidade das RPPNs tende a contribuir com essa restauração ambiental.

2. Objetivo

Esta pesquisa tem como objetivo estimar a eficiência do sequestro de carbono existente na vegetação conservada em Reserva Privada do Patrimônio Natural no município de Jardim, Mato Grosso do Sul, a partir do uso de dados oriundos de imagens do satélite sino-brasileiro de recursos terrestres Cbers-4.

3. Material e Métodos

3.1. Caracterização da área de estudo e seleção de cena

A área da pesquisa localiza-se no Município de Jardim, Estado de Mato Grosso do Sul, distante 34 quilômetros da área urbana da cidade, inserida no Planalto da Bodoquena, a 90 quilômetros da fronteira com o Paraguai. Localizada no corredor de biodiversidade Miranda – Serra da Bodoquena (Manso; Pivatto, 2007), a Unidade de Conservação possui uma área de 307,53 hectares (**Figura 1**).

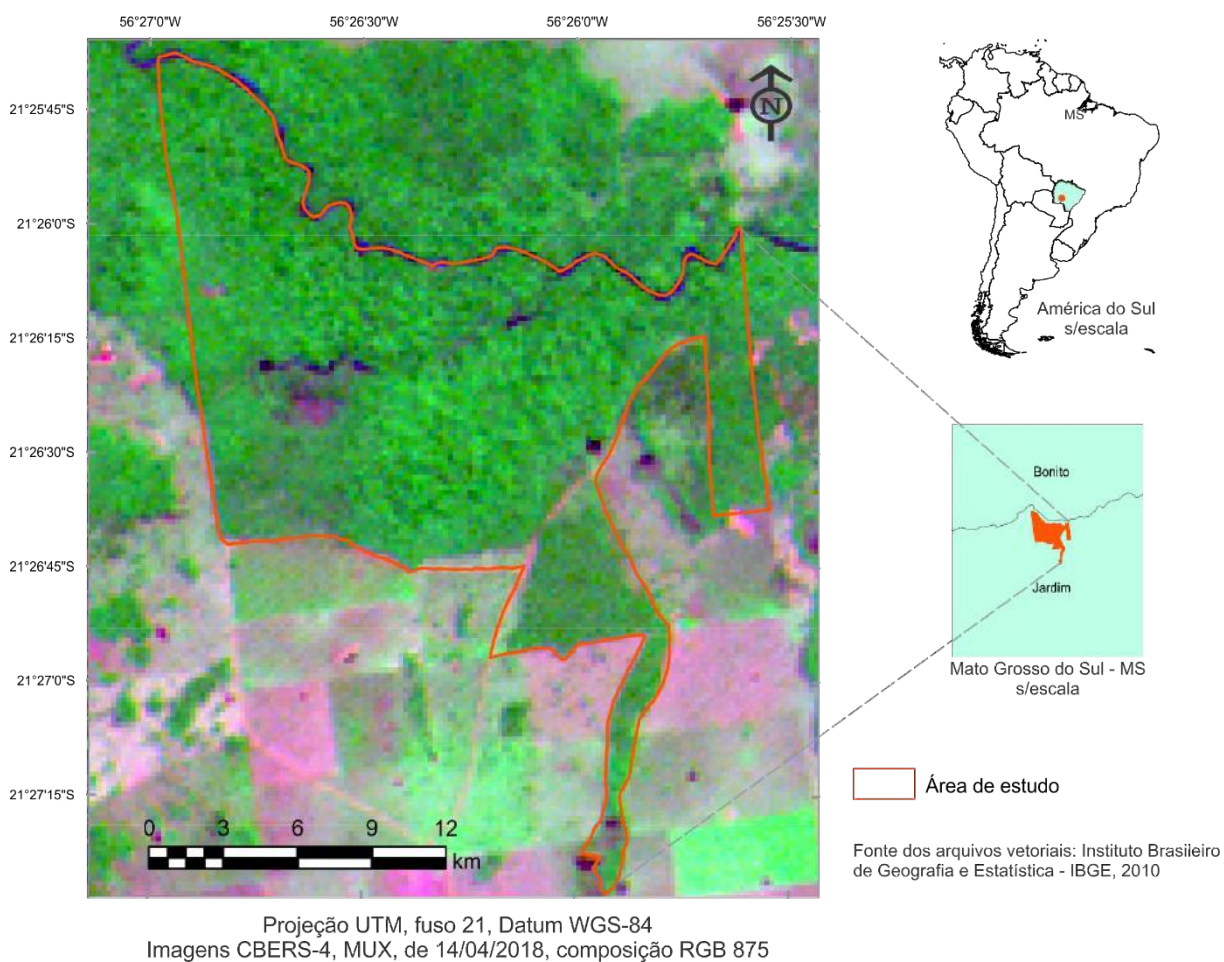


Figura 1: Localização da Unidade de Conservação

Utilizou-se as cenas do satélite Cebers – 4 sensor multiespectral MUX, órbita/ponto 165-124, com resoluções espacial de 20 metros e radiométrica de 8 bits. O arquivo contendo as bandas 5 (0.45 a 0.52 μm), 6 (0.52 a 0.59 μm), 7 (0.63 a 0.69 μm) e 8 (0.77 a 0.89 μm), na faixa espectral do visível ao infravermelho próximo, foi obtido no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (INPE). Utilizou-se como critério de seleção o período com menor cobertura de nuvens, bem como a atualidade da informação gerada com a cena que se data em 14 de abril de 2018. Cabe ressaltar que a cena cobre toda unidade de conservação estudada em um único dia, evitando assim que haja variações sazonais e fenológicas.

3.2. Processamento dos Dados

Após a seleção da cena foi realizada a correção atmosférica de reflectância aparente para reflectância de superfície. A atividade é realizada com o intuito de corrigir distorções nas cenas que podem ocorrer por diferentes motivos, como a curvatura da Terra ou sua rotação no momento em que a cena foi confeccionada (Meneses; Almeida, 2011). A correção atmosférica tem por objetivo minimizar as distorções espectrais. Para isso, foi utilizado o *software* Envi 5.5 e o método *Quick Atmospheric Correction – QUAC*, disponível no *software*. Este método utiliza os parâmetros obtidos diretamente da cena sem informações auxiliares.

O primeiro índice utilizado é o NDVI (1) (Rouse et al., 1973). As bandas 7 e 8 foram utilizadas para o cálculo do Índice de Vegetação por diferença Normalizada – NDVI. A opção pelo uso do NDVI é devido ao fato deste índice tender a uma proporcionalidade linear em relação à quantia da biomassa contida na área de estudo (Almeida et al., 2012).

$$NDVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + \rho_{RED})} \quad (1)$$

ρ_{NIR} = Reflectância no infravermelho próximo (0.84 μm);

ρ_{RED} = Reflectância no vermelho (0.66 μm).

O índice tem resultados que estão no intervalo de [-1;1], sendo considerado maior densidade de cobertura vegetal resultados próximos ou igual a 1 e, resultado zero indicando a ausência de vegetação e presença de recursos hídricos (Rouse et al., 1973). Utilizando o NDVI é possível mapear a vegetação fotossinteticamente ativa da área de estudo, o que permite estimar a biomassa da vegetação e relacioná-la ao estoque de carbono (Coltri et al., 2009), tendo em vista que o NDVI está relacionado às características estruturais da vegetação (Rouse et al., 1973; Meneses et al., 2011; Galvão et al., 2016).

O segundo índice utilizado é o CO₂Flux, que tem a finalidade de medir a eficiência do processo de sequestro de carbono pela vegetação, ou seja, a taxa de fotossíntese no processo de fotossíntese (Rahman et al., 2000). Para que isto seja identificado é necessário o cálculo do Índice de Vegetação Fotossintético – PRI (2) (Gamon, et al., 1979). Para a elaboração deste índice, foram utilizadas as bandas 5 e 6, calibradas para reflectância do sensor MUX. O PRI estima os pigmentos de carotenóides da folhagem. Estes pigmentos, por sua vez, indicam a taxa de armazenagem de dióxido de carbono nas folhagens (Rahman et al., 2000; Folharini; Oliveira, 2017).

$$PRI = \frac{A - Ve}{A + Ve} \quad (2)$$

A= Reflectância na banda azul (0.485 μm);

Ve= Reflectância na banda verde (0.555 μm).

Contudo, os resultados do PRI precisam ser reescalados, resultando em valores positivos. Para isso é necessário gerar o sPRI (3) (Baptista, 2003; Baptista, 2004; Martins; Baptista, 2013).

$$sPRI = \frac{(PRI+1)}{2} \quad (3)$$

Desta forma o índice CO₂Flux é o resultado da multiplicação entre o NDVI e o sPRI, em que há uma relação entre o índice PRI, que indica a eficiência do uso da luz na fotossíntese, com o NDVI que demonstra o vigor da vegetação fotossinteticamente ativa, em que este pode ser capaz de captar absorções oriundas do sequestro de carbono (Rahman et al., 2000).

Em síntese os procedimentos metodológicos podem ser representados na **Figura 2**.

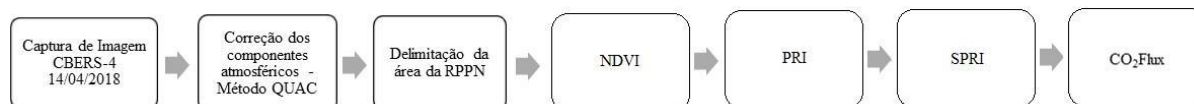


Figura 2: Etapas do processamento metodológico da pesquisa

Denota-se que as técnicas de sensoriamento remoto possibilitam caracterizar e monitorar os recursos naturais, tendo em vista que a extração de informações das imagens orbitais permite a realização de análises regionais em escalas temporais e espaciais. Os avanços tecnológicos referentes aos sensores e suas resoluções espacial, espectral e temporal, ampliaram a qualidade das análises realizadas.

4. Resultados e Discussão

Os resultados identificados com o índice CO₂Flux foram representados na **Figura 3**. Depreende-se que a maioria da área da Unidade de Conservação (aproximadamente 267 hectares) obteve resultado entre o intervalo de 0,35 a 0,50 micro-mol/sq.m/s do índice. Em relação à média do fluxo identificado na RPPN, o valor corresponde a 0,39 micro-mol/sq.m/s, com desvio padrão de 0,04. Além disso, seu valor de mínimo foi de -0,08 micro-mol/sq.m/s, que se refere à áreas úmidas presentes na unidade de conservação, tendo em vista que a RPPN tem em seu limite norte o Rio da Prata e seu valor máximo de 0,50 micro-mol/sq.m/s, como representado na figura. O transecto A-B demonstra a existência de variação nos valores do CO₂Flux na área, o que representa valores menores e maiores do mesmo. Isto pode estar relacionado tanto à diversidade vegetativa existente na Unidade de Conservação, como às áreas úmidas, em que há presença de recursos hídricos.

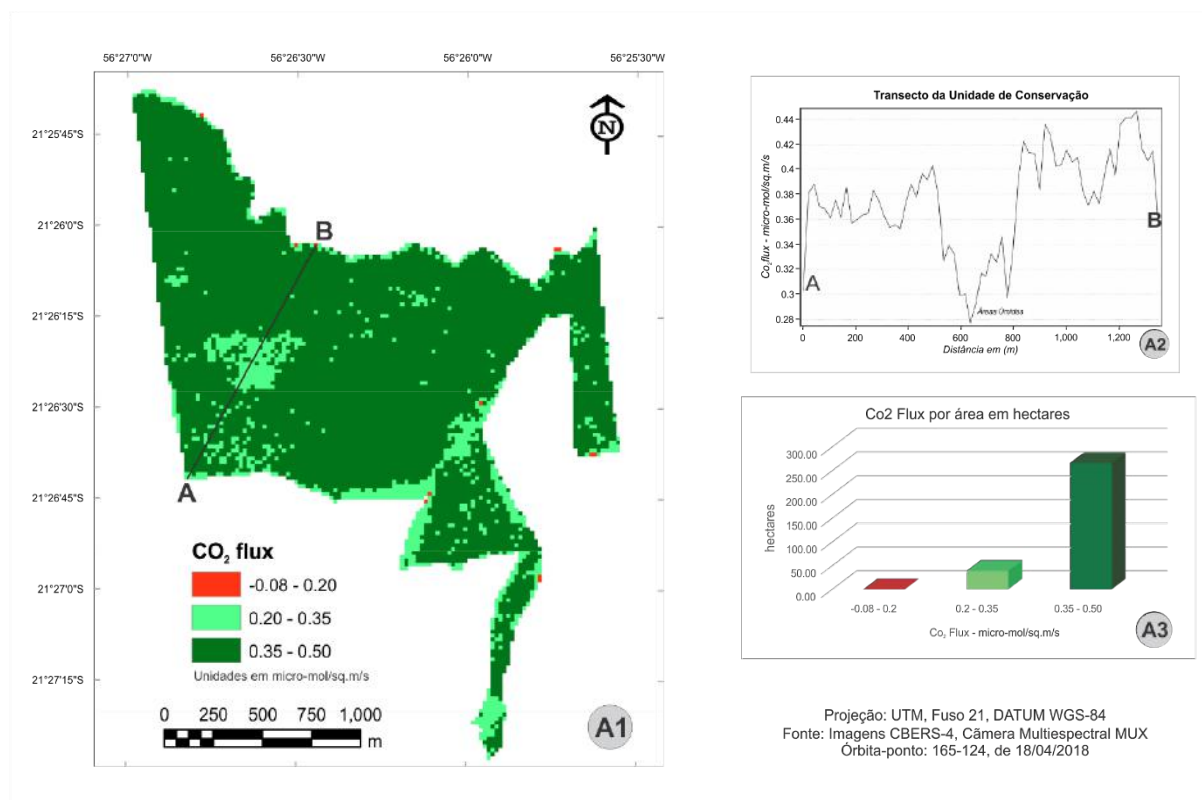


Figura 3: Mapeamento do índice CO₂Flux 2018, em RPPN de Jardim - Mato Grosso do Sul

Depreende-se que a vegetação que compõe a RPPN pode ser caracterizada como áreas de justaposição e interpenetração de Savana/Floresta Estacional, sendo composta por: (I) Floresta Estacional Semidecidual Aluvial; (II) Floresta Estacional Semidecidual Submontana; (III) Floresta Paludosa; (IV) Campo Úmido; (V) Savana Lenhosa Florestada e Arborizada; (VI) Savana Gramíneo-Lenhosa e Arborizada; (VII) Savana Arborizada e (VIII) Savana Florestada. Desta forma, na justaposição ou encraves há mosaicos de vegetação com nítida caracterização da identidade florística e fisionômica. No caso da interpenetração, não se pode identificar a vegetação dominante na área. Além disso, há espécies vegetais que ocorrem exclusivamente em áreas específicas da RPPN. Áreas residuais de matas existentes possibilitam a manutenção do ecossistema local, incluindo a conservação da biodiversidade dos recursos naturais. Foram identificadas 406 espécies de vegetação inclusas em 78 famílias de angiospermas de porte arbóreo, arbustivo, herbácea e lianas (Manço; Pivatto, 2007).

Em relação à vegetação natural que está conservada devido à existência da RPPN, percebe-se a importância da área para a biodiversidade, considerando que a conversão da vegetação natural para paisagem modificada pelo homem é um fator exponencial para sua redução (Gardner et al., 2009). Outro fator benéfico relacionado à conservação da área refere-se à absorção de CO₂, realizada no processo de fotossíntese pela vegetação natural existente e identificada com o índice CO₂Flux ao apresentar valores positivos como resultado. Assim, há o indicativo de que a unidade de conservação reduz o volume de CO₂ da atmosfera. Cabe ressaltar que o dióxido de carbono é considerado o principal elemento contribuidor para as mudanças climáticas (Canadell et al., 2007). Outro aspecto que deve ser considerado como benéfico para a conservação da área é o fato desta fazer fronteira com o Rio da Prata e possuir, interna a ela, um afluente: o Rio Olho D'água. Depreende-se que estes recursos hídricos são considerados por legislação estadual - Lei 1.871/1998, espaços com necessidades especiais para proteção de suas margens (Mato Grosso do Sul, 1998). E ainda, que águas doces são os ecossistemas mais ameaçados do mundo, por conta da necessidade do homem de

consumir este recurso ambiental (Vörösmarty et al., 2010). Além disso, a tendência do homem em habitar e desenvolver atividades produtivas próximas a essas áreas resulta em mudanças na vegetação natural. Assim, os benefícios da existência de uma Unidade de Conservação, estão vinculados a diferentes serviços ecossistêmicos que beneficiam a existência humana.

Miller (1997) reforça estes benefícios ambientais ao ressaltar que os usos atuais e futuros de diferentes recursos naturais como água, plantas medicinais, entre outras matérias-primas, justificam a criação e manutenção de áreas de conservação. Além destes atributos, acredita-se que a preservação destes espaços contribui também para a conservação cultural e histórica relacionada ao mesmo. Em algumas situações os mecanismos sociais e comunitários auxiliam a regular o acesso e uso destas áreas.

Ao ser considerado o viés econômico e social relacionado à classificação da RPPN em uso sustentável, ou seja, a disponibilidade de uso dos recursos naturais para atividades turísticas, de forma a causar baixos impactos ambientais na área, há contribuições com a geração de emprego e renda para os municípios e regiões em que a RPPN está localizada. O turismo, de forma geral, é considerado uma possibilidade de ampliar o desenvolvimento de uma localidade ou região, uma vez que atrai recursos econômicos a partir das atividades que se realizam no atrativo turístico disponível e em outras atividades que são oferecidas no local ou na região que não estão relacionadas ao setor (Pereira; Almeida, 2009; Araújo, 2014). Principalmente se for considerado que em Mato Grosso do Sul 40% dos atrativos turísticos são naturais e ecológicos (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, 2015).

Por fim, ressalta-se que Silva e Baptista (2015) consideram que a possibilidade de serem realizadas estimativas do fluxo de CO₂ por meio de medidas indiretas como o uso de sensoriamento remoto é um avanço que beneficia os estudos realizados sobre o assunto. Estes autores consideram ser eficiente o índice CO₂Flux para análises pontuais, como esta análise realizada.

5. Conclusão

O estado de Mato Grosso do Sul pode ser considerado biodiverso, pois tem suas áreas distribuídas em três biomas: Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal. Esta diversificação ambiental torna o estado interessante para os estudos relacionados ao meio ambiente. Dessa forma, pode ser considerado um estado com diferentes demandas ambientais, tendo em vista as diferentes características existentes em cada bioma. Acredita-se que a conservação ambiental neste contexto possibilita a continuidade da existência desta biodiversidade, bem como o cumprimento do direito presente na Constituição Federal em relação ao acesso das futuras gerações ao meio ambiente.

Estudos direcionados às unidades de conservação contribuem para divulgar a importância da existência destas áreas. Além disso, podem gerar informações que possam ser utilizadas no processo de tomada de decisão para criação de novas áreas a partir da identificação dos benefícios que estas proporcionam, ainda mais considerando as mudanças climáticas que estão ocorrendo no globo e que poderão trazer diferentes alterações aos serviços ecossistêmicos. As discussões referentes ao meio ambiente e às unidades de conservação precisam ser aproximadas das pessoas, para que estas compreendam sua relação com as mesmas.

Depreende-se que o uso de geotecnologias nos estudos ambientais possibilita a reaplicação dos estudos propostos em espaços com menor, maior ou igual área e com período de análise igual ou distinto. Tendo em vista que o uso das geotecnologias promove o acesso a informações em diferentes escalas e temporalidades, pode-se dizer que também contribuem na

redução do tempo e do custo das análises realizadas sobre determinado espaço. As imagens Cbers-4 demonstraram grande potencial para tal aplicação, com resultados robustos e confiáveis.

Dentre as potencialidades produtivas do estado de Mato Grosso do Sul com relação ao ambiente rural está a produção de alimentos e as atividades de turismo. As RPPNs podem contribuir com ambas as atividades, isso sendo viabilizável mediante a criação de microclimas que auxiliam na produção alimentar e no desenvolvimento do turismo sustentável (Lopes et al., 2011). Depreende-se que, em ambos os casos, são possibilitados fatores positivos para que os indivíduos residentes no espaço rural ali possam permanecer com boa qualidade de vida. Assim, além de características ambientais, podem ser atribuídas às unidades de conservação características econômicas e sociais que auxiliam no desenvolvimento local.

6. Referências

- Almeida, T.; Baptista, G. M. M.; Brites, R. S.; Meneses, P. R.; Rosa, A. N. C. S.; Sano, E. E.; Souza, E. B. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**, UnB, Brasília, 2012.
- Araújo, L. L. B. A aplicação do conceito de região no Plano de Desenvolvimento Sustentável da Região Turística (PDSRT) do Meio-Norte (Brasil). **Geografia Ensino & Pesquisa**, 18(2), p. 25-38, 2014.
- Baptista, G.M.M. Validação da Modelagem de Sequestro de Carbono para Ambientes Tropicais de Cerrado, por meio de Dados AVIRIS e HYPERION. **Anais...**, XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte. p.1037-1044, 2003.
- _____. Mapeamento do sequestro de carbono e de domos urbanos de CO₂ em ambientes tropicais, por meio de sensoriamento remoto hiperespectral. **Geografia** (Rio Claro), v.29, p.189-202, 2004.
- Brasil. **Lei nº 9.985/2000** - Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: dez. 2016.
- Coltri, P.P.; Ramirez, G.M.; Walter, M.K.C.; Junior, J.Z.; Pinto, H.S.; Nascimento, C.R.; Gonçalves, R.R.V. Utilização de índices de Vegetação para Estimativas não Destrutivas da Biomassa, Estoque e Sequestro de Carbono no Cafeeiro Arábica. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal. p.121-128, 2009.
- Figgis, P.; Humann, D.; Looker, M. Conservation on private land in Australia. **Parks**, v.15, n.2, p.19-29, 2005.
- Fisher, J.R.B.; Dills, B. Do private conservation activities match science-based conservation priorities? **PLoS ONE**, v.7, n.9, 2012.
- Folharini, S. O.; De Oliveira, R. C. Cálculo do índice espectral CO₂Flux em área de mata atlântica e sua relação com processos gravitacionais no Município de Cubatão. **Anais...** XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Campinas, p. 4642-4653, 2017.
- Galvão, L. S.; Epiphanyo, J. C. N.; Breunig, F. M.; Formaggio, A. R. Crop Type Discrimination Using Hyperspectral Data. In: Lyon, J. G.; Thenkabail, P. S. (org.), **Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation**. Boca Raton: CRC Press, 2016.
- Gamon, J.A.; Serrano, L.; Surfus, J.S. The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. **Oecologia**, 112(4), 492-501, 1997.
- Gardner, T.A., Barlow, J., Chazdon, R., Ewers, R.M., Harvey, C.A., Peres, C.A., Sodhi, N.S. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Ecology Letters**, v.12, p. 561–582, 2009.
- Hansen, A.J.; Neilson, R.P.; Dale, V.H.; Flather, C.H.; Iverson, L.R.; Currie, D.J.; et al. Global change in forests: responses of species, communities, and biomes. **Bioscience**, v.51, p.765–779, 2001.
- Huang, L.; Liu, J.; Shao, Q.; Xu, X. Carbon sequestration by forestation across China: past, present, and future. **Renewable Sustainable Energy Reviews**, v.16, p.1291-1299, 2012.
- Hughes, L. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? **Trends in Ecology Evolution**, v.15, p.56-61, 2000.

- IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2013.
- Krug, W. Private supply of protected land in southern Africa: a review of markets, approaches, barriers and issues. World Bank/OECD International Workshop on Market Creation for Biodiversity Products and Services. Paris, France: **World Bank**. 42 p., 2001.
- Lopes, R. M.; Mariano, Z. F.; Cabral, J. B. P.; Rocha, J. R. R. Análise microclimática da Reserva Particular do Patrimônio Natural Pousada das Araras Serranópolis – GO. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47 E, p. 1-16, 2011.
- Manso, D. G.; Pivatto, M. A. C. **Diagnóstico e plano de manejo da reserva privada do patrimônio natural Cabeceira do Prata** – Jardim/MS. Imasul, 358p., 2007.
- Martins, L. N.; Baptista, G. M. M. Análise multitemporal do sequestro florestal de carbono no projeto de assentamento Carão, Acre. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.6, p.1648-1657, 2013.
- Mato Grosso do Sul. **Lei nº 1.871/2008** - Estabelece a forma de conservação da natureza, proteção do meio ambiente e defesa das margens nas áreas contíguas aos Rios da Prata e Formoso, e dá outras providências. Available from: file:///C:/Users/Maycon/Downloads/LEI%20N%C2%BA%201871%20Faixa%20de%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20especial%20do%20rio%20Formoso%20e%20Prata.pdf.
- Meneses, P.R.; Almeida, T. (Org). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. UNB e CNPQ. Brasília, 2011.
- MILLER, K. R. Evolução do conceito de áreas de proteção — oportunidades para o século XXI. In: **Anais do I Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**, v. 1, p. 3-21, 1997.
- National Research Council. Adapting to the impacts of climate change. **International Journal of Health Geographics**, 7, Washington D.C., 2010.
- Ninan, K. N.; Inoue, M. Valuing forest ecosystem services: What we know and what we don't. **Ecological Economics**, v.93, p.137-149, 2013.
- Parmesan, C.; Yohe, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. **Nature**, v.421, p.37-42, 2003.
- Pereira, C. H.; Martins, P. C. S.; Lunas, J. R. S.; Aquino, J. M. Efeito multiplicador do turismo na fronteira entre Brasil e Paraguai. **Turismo & Sociedade**. Curitiba, v. 7, n. 4, p. 792-814, 2014.
- Piao, S.L.; Fang, J.Y.; Ciais, P.; Peylin, P.; Huang, Y.; Sitch, S.; Wang, T. The carbon balance of terrestrial ecosystems in China. **Nature**, v.458, p.1009-1013, 2009.
- Rahman, A.F.; Gamon, J.A.; Fuentes, D.A.; Roberts, D.; Prentiss, D.; Qiu, H. Modeling CO₂ flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS imagery. In: AVIRIS Workshop. Proceedings. **Anais...**, p.1-8, 2000.
- Rodrigues, A. S. L.; Andelman, S. J.; Bakarr, M. I.; Boitani L.; Brooks, T. M. et al. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. **Nature**, v.428, p.640-643, 2004.
- Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In **3rd ERTS Symposium**, NASA, 1973.
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico – SEMADE. **Diagnóstico Socioeconômico de Mato Grosso do Sul – 2015**. Disponível em: < http://www.semagro.ms.gov.br/wp-content/uploads/sites/157/2017/06/Diagnostico_Socioeconomico_de_MS_20151.pdf>. Acesso em: fev. 2018.
- SEEG Brasil. **Emissões do setor de mudanças de uso da terra: período de 1990 a 2015**. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, p.1-43, 2017.
- Silva, S.C.P.; Baptista, G.M.M. Análises espectrais da vegetação com dados Hyperion e sua relação com a concentração e o fluxo de CO₂ em diferentes ambientes na Amazônia brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.21, n.2, p.354-370, 2015.
- Takatori, M. M. O.; Gamarra, R. M.; Faggioni, G. P.; Dalmas, F. B.; Paranhos Filho, A. C. Uso de geotecnologias na análise da estrutura e dinâmica da paisagem na região do Nabileque. **Revista UNG Geociências**, v.16, n.1, p. 87-101, 2017.

Travis, J.M. Climate change and habitat destruction: a deadly anthropogenic cocktail. **Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences**, v.270, p.467–473, 2003.

Vörösmarty, C.J.; McIntyre, P.B.; Gessner, M.O.; Dudgeon, D.; Prusevich, A.; Green, P.; Glidden, S.; Bunn, S.E.; Sullivan, C.A.; Reidy Liermann, C.; Davies, P.M. Global threats to human water security and river biodiversity. **Nature**, v. 467, p. 555–561, 2010.

Wang, J.; Li, L.; Lam, S. K.; Zhang, X.; Liu, X.; Pan, G. Changes in nutrient uptake and utilization by rice under simulated climate change conditions: A 2-year experiment in a paddy field. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.250-251, p. 202-208, 2018.

Watson, R.T.; Noble, I.R.; Bolin, B.; Ravindranath, N.H.; Verardo, D.J.; Dokken, D.J. **A special report of the intergovernmental panel on climate change: land use, land-use change and forestry**. Cambridge University Press. 377p., 2000.