

Análise do Sequestro Florestal de Carbono no Campus Darcy Ribeiro por meio de dados WorldView2

Khalil Ali Ganem*¹

Gustavo Macedo de Mello Baptista¹

¹Universidade de Brasília – UnB/IG

Caixa Postal 4465 - 70910-90 - Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte -
Brasília - DF, Brasil

khalilganem@hotmail.com/gmbaptista@unb.br

Abstract. The present study aims to analyze the interference of seasonal variability in forest carbon sequestration at Darcy Ribeiro campus, the main one of the University of Brasilia, using data from WorldView 2 sensor, whose efficiency of its new bands (coastal blue, yellow, red edge and near-infrared 2) was also tested by means of correlation between the conventional composition of CO₂flux index, proposed by Rahman (2000), with different index variations involving the combination of these bands. In this sense, three scenes, from May, August and September of the year 2010, which, by means of the pre-processing and image processing, had its carbon flux analysed. The results showed a high rate in carbon sequestration by vegetation in the image of May and a decay in the images of August and September. This behavior proved the interference of seasonality in the process, since the rainy season in the region ends up in May while the months of August and September represent the pinnacle of drought. Regarding the new bands of the sensor, all provided satisfactory results when they were used to replace the conventional bands used in the composition of CO₂flux index, except band 6 – Red Edge, which showed very low correlation compared to the conventional composition.

Palavras-chave: NDVI; PRI; CO₂flux; multispectral.

1.Introdução

O dióxido de carbono (CO₂) pode ser considerado um dos principais responsáveis pela retenção da radiação emitida pela superfície terrestre, o que faz desse e outros gases, incluindo o vapor d'água, importantes agentes na manutenção da temperatura do planeta. Entretanto, as concentrações de CO₂ na atmosfera tem se elevado a um ritmo bastante acelerado, principalmente em função da queima de combustíveis fósseis. Neste contexto, a vegetação possui um importante papel na tentativa de reverter este processo, pois por meio da fotossíntese, as plantas absorvem o CO₂, armazenando o carbono em sua biomassa e liberando oxigênio. Este processo faz com que a vegetação seja considerada um importante reservatório de carbono.

De acordo com Carvalho *et al.* (2008), o sensoriamento remoto constitui-se numa importante técnica para o monitoramento sistemático da dinâmica da vegetação. Dentro desse contexto, é possível mencionar os índices de vegetação, os quais permitem que sejam feitas análises comparativas, tanto em âmbito espacial quanto temporal, da atividade fotossintética na superfície terrestre, permitindo, dessa forma, que seja feito um monitoramento sazonal da vegetação.

Alguns autores, com destaque para Rouse *et al.* (1973) e Gamon *et al.* (1979), contribuíram bastante para o estudo do comportamento da vegetação por meio do sensoriamento remoto, com a criação, respectivamente, do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) e do índice de refletância fotoquímica (PRI - *Photochemical Reflectance Index*). O primeiro representa o vigor da vegetação fotossinteticamente ativa enquanto o segundo avalia a eficiência do uso da luz na fotossíntese.

Assim, o presente trabalho visa verificar a interferência da variabilidade sazonal no fluxo de carbono no campus Darcy Ribeiro, da Universidade de Brasília, por meio do uso de imagens do sensor WorldView 2 (WV 2) e por meio da integração, proposta por

* Estudante de Iniciação Científica da Universidade de Brasília.

Rahman et al. (2000), entre os índices NDVI e PRI, chamado de CO₂flux. Este trabalho também visa identificar a eficiência das novas bandas do WV 2 na análise do sequestro florestal de carbono.

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A Universidade de Brasília (UnB) foi inaugurada no ano de 1962 e conta com quatro campi localizados em diferentes regiões do Distrito Federal: Darcy Ribeiro, Ceilândia, Planaltina e Gama. O campus Darcy Ribeiro é a principal unidade da Universidade, inserido em uma área de cerca de quatro mil km² na região do Plano Piloto, mais precisamente na Asa Norte. O campus possui 505 mil m² de área construída, nos quais estão inseridos diversos institutos, faculdades e centros de pesquisa. Os polígonos exibidos na figura 1 delimitam as principais áreas do campus Darcy Ribeiro. É importante destacar que a imagem não mostra todas as áreas construídas pertencentes ao campus.

A área central do campus localiza-se entre as latitudes - 15.758326 e - 47.875607 e longitudes -47.875607 e -47.853227, e a região está integralmente inserida no bioma Cerrado, que de acordo com o Departamento de Ecologia da USP, caracteriza-se pela existência de uma fitofisionomia bastante diversificada, variando desde formas campestres bem abertas (campos limpos de cerrado) até formas relativamente densas, florestais (cerradões).



Figura 1 – Delimitação das principais áreas do campus Darcy Ribeiro

O clima na região caracteriza-se pela presença de inverno seco e verão chuvoso. De acordo com a classificação de Köppen, o clima pode ser classificado como predominantemente Tropical Chuvoso (Aw). A temperatura média anual gira em torno de 20°C e a umidade relativa do ar é 70%, podendo chegar a 15% no inverno. A média anual de precipitação é da ordem de 1.500 mm, sendo que, de modo geral, as chuvas concentram-se entre outubro e março.

2.2 Características do Sensor

O WorldView 2 foi lançado em 08 de outubro de 2009 e é considerado o primeiro sensor orbital de alta resolução espacial que possui oito bandas multiespectrais. São 0,46 m de resolução espacial na banda pancromática e 1,84 m nas bandas multiespectrais, além de uma resolução radiométrica de 11 bits e órbita com altitude de 770 km (DIGITAL GLOBE, 2010). Suas bandas e seus respectivos comprimentos de

onda, em nanômetros, são: Pancromática (450 – 800 nm); 1 – Azul Costal (400 – 450 nm); 2 – Azul (450 – 510 nm); 3 – Verde (510 – 580 nm); 4 – Amarelo (585 – 625 nm); 5 – Vermelho (630 – 690 nm); 6 – Borda do Vermelho (705 – 745 nm); 7 – Infravermelho Próximo 1 (770 - 895 nm); e Infravermelho Próximo 2 (860 – 1040 nm).

O principal diferencial do WV 2, ao se fazer um comparativo com seu sistema antecessor, o QuickBird 2, está no fato de o sensor possuir quatro novas bandas: azul costal, amarelo, borda do vermelho e infravermelho próximo 2.

1.3. Índices de Vegetação

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um dos mais antigos e utilizados para estudos do comportamento da vegetação. Por meio deste índice é possível estimar a biomassa, por meio da normalização da razão simples para o intervalo de -1 a +1, representada pela seguinte equação, desenvolvida por Rouse *et. al.* (1973), onde R_{NIR} e R_{RED} representam a reflectância medida na região das bandas do infravermelho próximo e vermelho, respectivamente.

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

O Índice de Reflectância Fotoquímica (PRI), analisa o estresse e a produtividade da vegetação por meio da sensibilidade às mudanças nos pigmentos carotenóides presentes na folha, os quais indicam a eficiência do uso da luz durante a fotossíntese (Teobaldo, 2013). Os pigmentos indicam a eficiência do uso da luz durante a atividade fotossintética, o que é possível de se relacionar com a taxa de CO_2 armazenada nas folhas. A equação a seguir, proposta por GAMON *et. al.* (1997), representa uma diferença normalizada entre a reflectância dos comprimentos de onda do azul (R_{BLUE}) e verde (R_{GREEN}):

$$PRI = \frac{(R_{BLUE} - R_{GREEN})}{(R_{BLUE} + R_{GREEN})} \quad (2)$$

É importante ressaltar a necessidade de reescalonar os dados obtidos pelo PRI para valores positivos, gerando assim o índice sPRI (Índice de Reflectância Fotoquímica reescalonado para valores positivos) visando a normalização da vegetação verde, corrigindo a fração iluminada e com isso representar o uso eficiente da luz na fotossíntese, por meio da seguinte equação:

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

A obtenção do CO_2 flux, de acordo com Rahman *et al.* (2000), está condicionada à realização das seguintes etapas de processamento: (I) geração do NDVI e do PRI; (II) reescalonamento do PRI, gerando sPRI; e (III) determinação do CO_2 flux, por meio da multiplicação do NDVI com o sPRI, conforme a equação a seguir:

$$CO_2 flux = (NDVI \times sPRI) \quad (4)$$

2. Metodologia

Para a realização deste trabalho utilizaram-se três imagens do sensor WorldView 2, cujas datas são de 08/05/2010, 23/08/2010 e 25/09/2010. As imagens possuem resolução espacial de 2 metros e sua escolha baseou-se no critério de ausência de nuvens e em períodos que representassem diferentes estações do ano, de modo a enfatizar a interferência da variabilidade sazonal na vegetação.

As etapas de pré-processamento e processamento das imagens foram realizadas utilizando o software ENVI 4.8. A primeira consistiu na aplicação do modelo de correção atmosférica ATCOR 2/3, com o objetivo de converter as imagens de radiância para reflectância de superfície.

Já a etapa de processamento caracterizou-se pela aplicação, por meio da ferramenta *Band Math* do ENVI, dos índices NDVI e PRI com a combinação convencional de bandas (Equações 1 e 2), em cada uma das três imagens. Em seguida, as imagens PRI

foram reescaladas para valores positivos (sPRI, equação 3) para então serem integradas com as imagens NDVI (Equação 4), resultando nas imagens CO₂flux. Por meio da comparação entre as três imagens CO₂flux geradas, foi possível analisar a interferência da variabilidade sazonal no seqüestro de carbono no campus Darcy Ribeiro.

Para testar a eficiência das novas bandas do WV 2 na aplicação do CO₂flux em imagens do sensor, foi realizado o mesmo procedimento da etapa de processamento descrito no parágrafo anterior. O teste foi realizado nas imagens de 08/05/2010, por meio da correlação entre o CO₂flux convencional (CO₂flux 1) com outras 6 variações do índice, as quais se originaram a partir da combinação das bandas correspondentes aos comprimentos de onda do vermelho e borda do vermelho com as bandas do infravermelho próximo 1 e 2 para a composição do NDVI, e pela combinação das bandas correspondentes aos comprimentos de onda do azul costal e azul com as bandas do verde e amarelo na composição do PRI.

A figura 2 apresenta os quadros com as combinações de bandas utilizadas nas operações matemáticas que deram origem às variações dos índices.

NDVI 1	$(b7-b5)/(b7+b5)$	PRI 1	$(b2-b3)/(b2+b3)$
NDVI 2	$(b8-b5)/(b8+b5)$	PRI 2	$(b1-b3)/(b1+b3)$
NDVI 3	$(b7-b6)/(b7+b6)$	PRI 3	$(b2-b4)/(b2+b4)$
NDVI 4	$(b8-b6)/(b8+b6)$	PRI 4	$(b1-b4)/(b1+b4)$

CO ₂ flux 1	NDVI 1 x sPRI 1
CO ₂ flux 2	NDVI 1 x sPRI 2
CO ₂ flux 3	NDVI 1 x sPRI 3
CO ₂ flux 4	NDVI 1 x sPRI 4
CO ₂ flux 5	NDVI 2 x sPRI 1
CO ₂ flux 6	NDVI 3 x sPRI 1
CO ₂ flux 7	NDVI 4 x sPRI 1

Figura 2 – Quadros com as combinações de bandas utilizadas nas operações matemáticas que originaram as variações dos índices NDVI, PRI e CO₂flux.

O CO₂flux 1 é resultado da integração entre o NDVI e sPRI convencionais e foi utilizado como parâmetro comparativo nas correlações com as demais variações. As variações foram efetuadas partindo do princípio que deve se preservar pelo menos uma característica do índice convencional, o que garante maior confiabilidade nos resultados apresentados pelas correlações. Desta forma, para a composição do CO₂flux 2, 3 e 4 manteve-se o NDVI convencional, enquanto que para a composição do CO₂flux 5, 6 e 7 as variações do NDVI foram combinadas com o sPRI convencional.

3. Resultados e Discussão

3.1. Interferência da Sazonalidade no Sequestro de Carbono

A análise da interferência da variabilidade sazonal no sequestro de carbono no Campus consistiu na realização de um transecto (Transecto 1) em uma área composta exclusivamente por vegetação, incluindo a presença de fitofisionomias do Cerrado. Trata-se de uma área pertencente ao campus Darcy Ribeiro, popularmente conhecida como “Matinha” localizada próximo ao Centro Olímpico da Universidade. A figura 3 mostra a imagem em cor verdadeira (composição RGB 5-3-2) com o transecto e as imagens de maio, agosto e setembro, respectivamente, todas com o índice CO₂flux, no qual foi feito um fatiamento para melhor enfatizar a vegetação. Já a figura 4 apresenta o gráfico com os resultados obtidos pelo transecto.

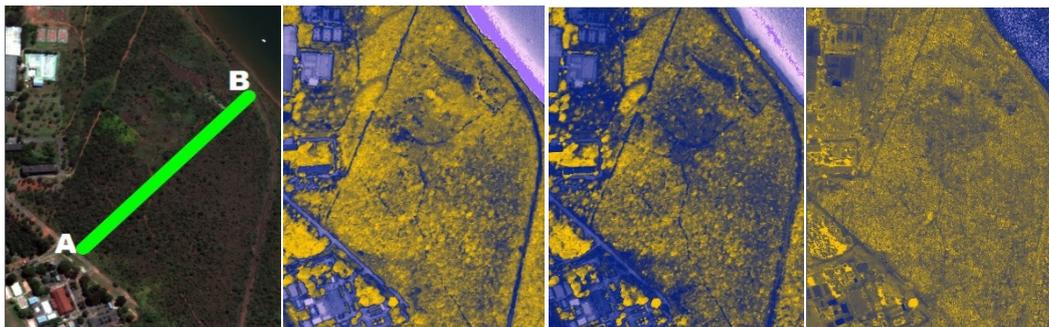


Figura 3 – Área popularmente conhecida como “Matinha”, com predominância de Cerrado. A primeira imagem mostra o transecto 1, realizado na imagem em cor verdadeira. As demais correspondem, respectivamente, às imagens CO₂flux de 08 de maio, 23 de agosto e 25 de setembro, de 2010.

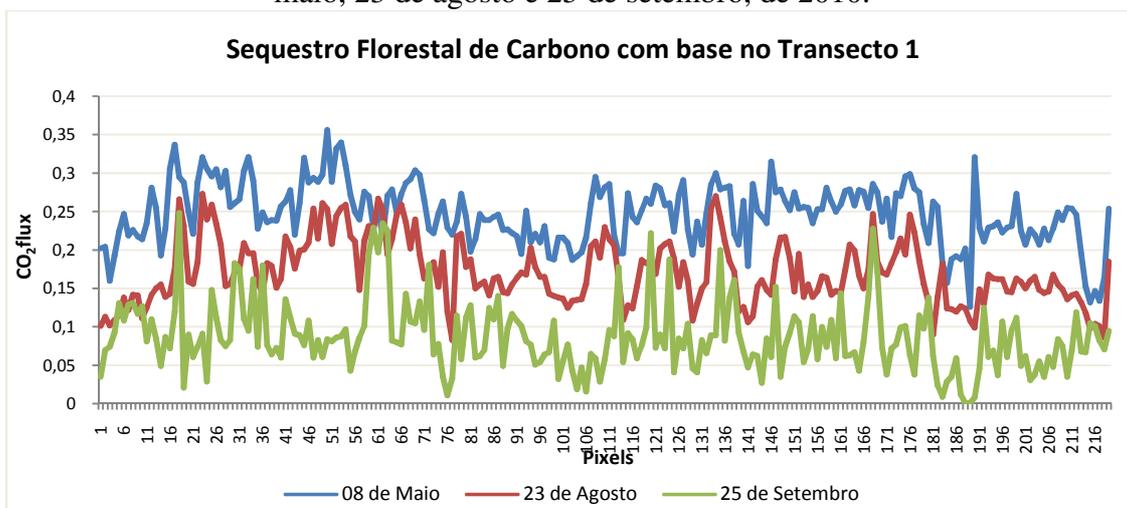


Figura 4 – Comparação entre as imagens CO₂flux dos meses de maio, agosto e setembro, com base no Transecto 1

As imagens da figura 3 e o comportamento do gráfico da figura 4 demonstram claramente os efeitos provocados pela interferência da sazonalidade no sequestro de carbono pela vegetação do Campus. Por meio do transecto, realizado em área com predomínio de vegetação, constatou-se que na imagem do mês de maio praticamente todos os valores do CO₂flux associados aos pixels superaram os valores das demais imagens, comportamento esse que ocorre de maneira inversa na imagem de setembro. Esse comportamento já era previsto e pode ser explicado pelo fato de o mês de maio finalizar o período de chuvas na região, onde tem-se uma vegetação mais densa e viva. Com a aproximação do mês de setembro percebeu-se uma diminuição no sequestro de carbono. Nesse mês a ocorrência de chuvas é praticamente inexistente, caracterizando o ápice da seca na região. Nesse período, ainda, as queimadas são constantes, o que contribuiu para a diminuição da taxa de absorção de CO₂ pelas plantas. Muito pelo contrário, eventos dessa magnitude tendem a contribuir de maneira significativa para o aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera, uma vez que, por meio da combustão, o carbono presente na biomassa da planta é liberado de volta à atmosfera.

A figura 5 apresenta o segundo transecto realizado (Transecto 2), desta vez, em uma área de maior abrangência, encobrindo vegetação densa, área de interferência antrópica (Centro Olímpico) e área de predominância de Cerrado (Matinha e APA do Lago Paranoá). O gráfico apresentado na figura 7 apresenta os resultados do transecto.



Figura 5 – Transecto 2, realizado no campus Darcy Ribeiro

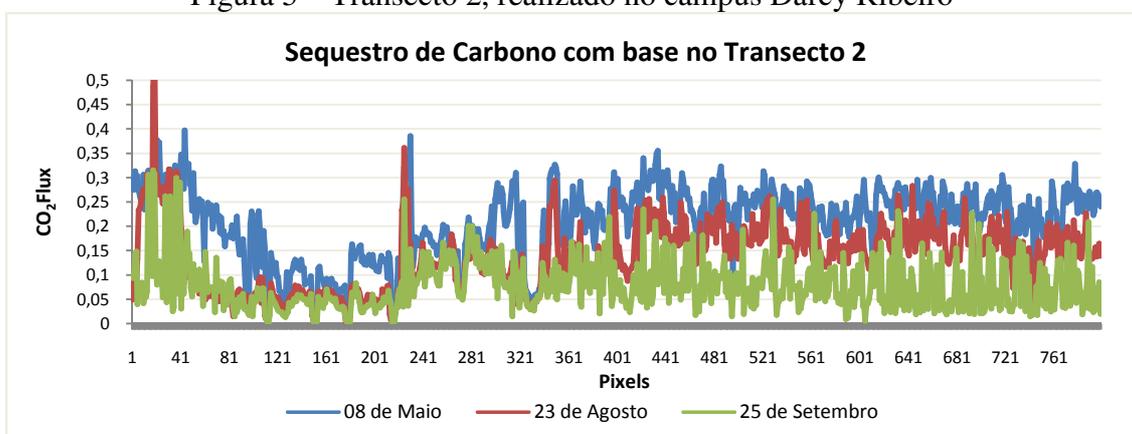


Figura 6 – Comparação entre as imagens CO₂flux dos meses de maio, agosto e setembro, com base no Transecto 2

No gráfico apresentado pela figura 6, percebe-se que, entre os pixels 48 e 201 há uma diminuição abrupta no sequestro florestal de carbono nas três imagens. Isso acontece porque esta faixa do transecto encobre uma área de ocupação antrópica, na qual o fluxo de carbono é baixíssimo, não sendo nulo em decorrência da presença de árvores e gramíneas na composição paisagística da área. Essa faixa do transecto corresponde ao Centro Olímpico da UnB. A partir do pixel 401 é possível verificar claramente o aumento do sequestro de carbono nas três imagens, sendo que a interferência da sazonalidade no fluxo do carbono é evidenciada mais uma vez, pelo escalonamento existente com o maior sequestro representado pelo transecto no mês de maio e os menores em agosto e depois em setembro.

Couto (2009) afirmou que o albedo de superfícies vegetadas é fortemente controlado pela variação climática, particularmente em ecossistemas que apresentam sazonalidade marcante, como o caso do Cerrado. Ainda de acordo com o autor, a baixa oferta de energia solar resulta em valores mínimos de temperatura, tornando o clima seco, o que ocasiona um déficit hídrico no solo e diminuição da umidade do ar. Essas condições provocam o que o autor chama de ‘estresses múltiplos’ para a planta, levando a uma redução da capacidade de assimilação do CO₂ presente na atmosfera, o que justifica o baixo sequestro de carbono observado no comportamento do CO₂flux das imagens de agosto e setembro. Uma situação que envolva condições contrárias ao que foi descrito pelo autor tendem aliadas, especialmente, a um aumento do fluxo energético proveniente, especialmente, da luz solar, favorece a elevação da taxa fotossintética das

plantas, o que contribui diretamente para a eficiência da absorção do carbono. Assim, é possível afirmar que a sazonalidade possui interferência direta e efetiva no sequestro florestal de carbono, da mesma forma que o índice CO₂flux utilizado em análises comparativas dessa natureza também se mostra de grande valia.

3.2. Eficiência das novas bandas do sensor WV 2 na aplicação do índice CO₂flux

Com base nos transectos 1 e 2, e na imagem do mês de maio, foram produzidos gráficos de regressões lineares, nas quais se utilizou o CO₂flux convencional ou 1 como variável independente, utilizado na análise da interferência da variabilidade sazonal no sequestro de carbono, como parâmetro para as correlações com as demais variações indicadas na figura 3, que envolveram as novas bandas do WV 2. Os resultados mostraram grande variação nos coeficientes de determinação. O melhor ajuste encontrado foi entre o CO₂flux convencional com o CO₂flux3 ($R^2 = 0,856$) alterando o PRI com as bandas do azul e do amarelo e o CO₂flux2 ($R^2 = 0,80$) com o PRI obtido por meio do azul costal e do verde. Os piores ajustes foram os que mantiveram o PRI convencional, mas alteraram o NDVI utilizando a borda do vermelho com o NIR1 ($R^2 = 0,169$) e o NIR2 ($R^2 = 0,038$).

Já no segundo transecto, os ajustes foram maiores, com R^2 superior a 0,92 e as mesmas relações observadas no transecto 1 se mantiveram. As alterações com a manutenção do PRI e alteração do NDVI utilizando a borda do vermelho com NIR1 e NIR2 apresentaram os piores ajustes de função linear, com $R^2 = 0,55$ e 0,37 respectivamente.

Souza et al. (2011) afirmaram haver evidências de que a banda 6 permite detectar a refletividade da vegetação e, dessa forma detalhar mais os estudos desse alvo, por estar centrada em 725 nm, ou seja, na porção inicial do espectro infravermelho. No estudo no qual avaliaram a contribuição das novas bandas espectrais do WorldView 2 para a classificação de tipos vegetais em habitats costeiros, os autores constataram maior eficiência nos resultados obtidos a partir da combinação entre as bandas 6 e 8, equivalentes ao comprimento de onda da borda do vermelho e do infravermelho próximo 2, respectivamente, na composição do NDVI. Entretanto, é importante destacar que a eficiência da combinação entre essas bandas no estudo realizado pelos referidos autores produziu resultados favoráveis com relação à diferenciação de tipos de vegetais. Nesse trabalho, a banda 6 foi combinada com as bandas 7 e 8 para a composição do NDVI e as imagens obtidas foram, posteriormente integradas ao sPRI convencional formando variações de CO₂flux. Com isso, verificou-se que para a finalidade de se avaliar o sequestro de carbono na vegetação, a banda 6 não se mostrou eficiente.

Ao se fazer um comparativo entre as regressões lineares originadas a partir do transecto 1, com as regressões baseadas no transecto 2, percebeu-se que no primeiro caso os valores dos coeficientes de determinação foram levemente inferiores para a maioria das comparações (com exceção da banda 6, para o qual os resultados foram muito baixos). Vários testes com transectos foram realizados para a construção deste trabalho e em todos os casos, sem exceção, observou-se comportamento similar das regressões lineares resultantes do transecto em áreas de vegetação frente aos que encobriram diversos alvos, como o caso do transecto 2.

As correlações com os índices CO₂flux 2, 3, 4 e 5 não apresentaram uma grande alteração entre si, ao se comparar os valores dos coeficientes de determinação em cada transecto. Entretanto, ao se fazer um comparativo entre os transectos 1 e 2, verificou-se valores mais baixos nos índices do transecto 1, que representa a área com predomínio de vegetação. Isso pode ser explicado pela maior uniformidade nos valores dos pixels em áreas com menor contraste de feições, como no caso da vegetação. Com isso, bandas que possuem menor sensibilidade a determinados alvos não conseguem distinguir certas

características mais sutis com maior grau de precisão, gerando, dessa forma, resultados espectrais diferentes da situação real. No caso do bioma Cerrado, tal comportamento é previsto, uma vez que esse possui vegetação bastante característica e que muitas vezes se assemelha a outras feições em determinados períodos do ano, como ao solo exposto, em épocas de seca.

Outro fator que pode explicar a diferença entre o comportamento dos dados das correlações em ambos os transectos está no próprio sensor e sua natureza multiespectral. Como neste tipo de sensor as bandas compreendem grandes intervalos de comprimentos de ondas, este pode possuir maior dificuldade em identificar pequenas sutilezas, quando comparado a um sensor hiperespectral, como o Hyperion, que possui centenas de bandas, cada uma associada a um determinado comprimento de onda. O próprio índice de reflectância fotoquímica (PRI) apresenta essa problemática no WV 2. Rahman (2000), ao aplicar o índice em seu estudo com o AVIRIS, utilizou as bandas equivalentes aos comprimentos de onda 531 nm e 570 nm, os quais são equivalentes, na maioria dos sensores, respectivamente, ao azul e verde. (Equação 3). No sensor WV 2, estes comprimentos de onda se encontram no intervalo espectral correspondente à banda verde (banda 3).

4. Conclusão

O CO₂flux, em sua composição convencional de bandas, apresentou resultados satisfatórios na análise da interferência da variabilidade sazonal no sequestro de carbono por meio de dados do sensor WorldView 2, podendo ser considerado um índice eficiente, inclusive, para esse sensor.

Dentre as novas bandas do sensor WV 2, as bandas 1, 4 e 8, correspondentes ao intervalo espectral azul costal, amarelo e infravermelho próximo 2, respectivamente, apresentaram resultados satisfatórios ao serem utilizadas para a composição do índice CO₂flux. Já a banda 6, correspondente ao intervalo espectral da borda do vermelho não se mostrou eficiente para a análise do sequestro florestal de carbono, apresentando coeficiente de determinação muito baixo.

Referências Bibliográficas

- CARVALHO, F. M. V. DE; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C.; DINIZ-FILHO J. A. F.; BINI, L. M. **Padrões de Autocorrelação Espacial de Índices de Vegetação Modis no Bioma Cerrado**. R. *Árvore*, v. 32, n. 2, p. 279-290, 2008.
- COUTO, D. L. N. **Albedo em cerrado sensu stricto como resposta à variação climática e biológica – conexões com índice de vegetação, estoques de carbono e fluxos de CO₂**. Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. São Paulo: V. 1, 2009. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-04022010-133248/en.php>> Acesso em 29 de julho de 2014.
- DIGITAL GLOBE. **Spectral Response for Digital Globe Earth Imaging Instruments**. Disponível em: <http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/Digital_Globe_Spectral_Response_1.pdf> Acesso em 21 de julho de 2014.
- 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*, vol. 112, pp. 492-501, 1997.
- 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**. AVIRIS Workshop, JPL/NASA, Pasadena, Califórnia, 2000.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R.H., SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**. In: *Proceeding of ERTS •1 Symposium*. Anais... NASA, United States, n. 3. p. 309 •317, 1973.
- SOUZA, U.; ALFAYA, F. A.; KUX, H. **Contribuição das novas bandas espectrais do satellite Worldview 2 para a classificação de tipos vegetais em habitats costeiros: resultados iniciais**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Curitiba: INPE, 2011. P. 9040.
- TEOBALDO, Débora. **Sequestro florestal de carbono e avaliação de resiliência: o caso do incêndio no Parque Nacional de Brasília em 2010**. Projeto final em Ciências Ambientais – Instituto de Geociências – UNB: Brasília, 2013. Disponível em: http://bdm.bce.unb.br/bitstream/10483/7469/1/2013_DeboraTeobaldo.pdf. Acesso em 23 de julho de 2014.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **Aspectos do Cerrado – Vegetação**. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/cerrado/aspectos_vegetacao.htm. Acesso em 20 de julho de 2014.