

Estimativa e Mapeamento de Carbono em Fragmentos Florestais da APA Fernão Dias (MG) com uso de Dados Orbitais do Sensor *TM-Landsat*

Daniel Dias de Andrade¹
Marcos César Ferreira¹
Édson Luis Bolfe²

¹Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP/IG
diasandrade.daniel@gmail.com
macferre@ige.unicamp.br

²Embrapa Monitoramento por Satélite - EMBRAPA/CNPM
edson.bolfe@embrapa.br

Resumo

O uso de modelos de estimativa de biomassa através de dados de sensoriamento remoto pode contribuir à geração de conhecimento para a mitigação dos efeitos negativos no clima e na biodiversidade do planeta, oriundos da utilização humana dos recursos naturais. A Área de Proteção Ambiental (APA) Fernão Dias é uma Unidade de Conservação Estadual de Uso Sustentável localizada na Serra da Mantiqueira meridional, Minas Gerais, próxima à fronteira paulista. Por meio da estimativa realizada a partir de dados de campo para a biomassa acima do solo do fragmento denominado 97, coberto por Floresta Ombrófila Madura, e da cobertura vegetal detectada pelos sensores do satélite *Landsat 5*, realizou-se a estimativa do Carbono para toda a cobertura florestal presente no território da APA. O grau de relação entre os índices de vegetação pela razão (SRI), pela diferença normalizada (NDVI), ajustados ao solo (SAVI) e melhorados (EVI) e os dados de campo foi obtido por meio de regressão linear simples. Novas visitas a campo permitiram a melhoria geométrica dos dados geográficos, obtendo-se correlações significativas entre as variáveis espectrais (índices de vegetação) e os parâmetros biofísicos (Carbono) ($r^2 = 0,728; 0,670; 0,738$ e $0,721$, respectivamente). Mapas síntese do estoque de Carbono acima do solo (t/ha) foram gerados para as áreas florestadas da APA Fernão Dias.

Palavras chave: Sensoriamento Remoto, Biomassa, Índices de Vegetação.

Abstract

The use of biomass estimation models through remote sensing data may contribute to the generation of knowledge for the mitigation of negative effects on climate and biodiversity in the planet, due to the human appropriation of the natural resources. Fernão Dias Environmental Protection Area (APA) is a State Conservation Unit of Sustainable Use located at the Mantiqueira Mountains, Minas Gerais State, nearby the São Paulo State border. Aboveground biomass was estimated for the fragment denominated 97, covered by Mature Evergreen Forest. Landsat 5 data was used to map forest cover, so Carbon estimation could be represented for the entire Fernão Dias APA Area. The relationship between ratio (SRI), normalized difference (NDVI), soil adjusted (SAVI), and enhanced (EVI) vegetation indices and field data was obtained by the simple linear regression. New field visits enhanced the geometrical correction for geographical data, allowing significant correlations for the spectral variables (vegetation indices) and the biophysical parameters (Carbon) ($r^2 = 0,728; 0,670; 0,738$ e $0,721$, respectively). Synthetic maps for aboveground Carbon (t/ha) were generated for the Fernão Dias APA's forest areas.

Keywords: Remote Sensing, Biomass, Vegetation Indices.

1. Introdução

A ocupação do espaço pelo homem, por meio do desenvolvimento econômico e dos modos de produção, têm gerado elevados custos ambientais ao planeta. A cobertura vegetal nativa sofre consequências diretas deste fenômeno, sendo as emissões de CO₂ (dióxido de carbono), inerentes aos processos da queima de combustíveis fósseis (carvão, óleo e gás), ou da biomassa, das mudanças no uso e cobertura das terras e dos processos industriais, as principais causas das alterações do clima no planeta (IPCC, 2011).

As negociações sobre a redução dos Gases de Efeito Estufa (GEE) têm aberto caminho para as pesquisas direcionadas à mitigação do aquecimento global, natural ou antrópico, com uma necessidade cada vez mais presente de desenvolvimento de novas metodologias para a mensuração e valoração das coberturas vegetais, principalmente no campo das geotecnologias.

2. Pressupostos Teóricos

Como um dos principais desafios na estimativa de biomassa, do fluxo de Carbono e da capacidade fotossintetizante das coberturas vegetais está o desenvolvimento de modelos de quantificação indireta, baseados em processos não destrutivos. Esses modelos envolvem equações *alométricas* ou *dendométricas* (variáveis biofísicas) e dados de sensoriamento remoto, e partem da hipótese que variações da biomassa presente em diferentes tipos e estágios de cobertura vegetal são detectáveis nas propriedades espectrais destas coberturas, permitindo, através de modelos apropriados, o estabelecimento de correlações significativas entre a quantidade de biomassa medida na superfície e a cobertura vegetal obtida por meio de imagens orbitais (BOLFE, 2010).

Um fluxo de radiação incidente sobre um dossel de cobertura vegetal, constituído por muitos elementos da própria vegetação (folhas, galhos, frutos, flores, etc.), está sujeito a dois processos: espalhamento e absorção, sendo o primeiro dividido em dois sub-processos: reflexão e transmissão através do elemento (LTC\UFES, 2001). Neste caso, o Fator de Refletância Bidirecional (FRB) representa a quantidade relativa de radiação eletromagnética refletida por uma dada superfície ou objeto, para uma dada condição geométrica de iluminação e de visada (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009). Ressalta-se ainda que as medidas espectrais obtidas pelos sensores remotos são afetadas pelos mecanismos de espalhamento atmosférico juntamente com a radiação refletida por uma superfície não lambertiana (anisotrópica).

A resposta espectral da vegetação fotossinteticamente ativa varia em função de suas características biofísicas. Até 0,7 μm , a refletância é baixa, possuindo uma região com uma alta absorção da radiação na faixa do azul (0,4 μm a 0,5 μm) e do vermelho (0,6 μm a 0,7 μm), atribuída à presença de pigmentos de carotenóides (0,62 μm) e clorofilas (0,62 μm) nas folhas; uma região de pequeno aumento da reflexão se manifesta na faixa do verde (0,5 μm a 0,6 μm), onde não atinge níveis superiores a 20% (NOVO, 2008). Quimicamente, espera-se que a diminuição da quantidade de água nessas regiões espectrais acarretará na degradação de

proteínas e de pigmentos fotossintetizantes, tornando a folha menos apta a absorver a radiação (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

Liu (2006) argumenta que, na faixa do visível, a refletância de uma folha madura esponjosa é 5% menor que a de uma folha nova compacta, entretanto, no infravermelho próximo (0,72 a 1,10 μm), a folha madura reflete 15% mais que a folha nova, em consequência do aumento das cavidades bem estruturadas na camada de parênquima lacunoso. De maneira geral, quanto mais lacunosa a estrutura interna foliar, maior o espalhamento interno e, por consequência, maior será também a refletância (LTC\UFES, 2001).

Na região do infravermelho médio (1,10 – 3,20 μm), o teor de umidade das folhas é inversamente proporcional à refletância, absorvendo consideravelmente a radiação incidente na região espectral compreendida entre 1,3 μm a 2,0 μm . Em termos mais pontuais, a absorção da água se dá em 1,1 μm , 1,45 μm , 1,95 μm e 2,7 μm (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

Quando comparadas as curvas de refletância de uma folha verde sadia e as medições espectrais dos dosséis, estas apresentam formas muito semelhantes, permitindo a previsão de padrões de refletância dos dosséis. Para um dossel ou sub-dossel homogêneo, assume-se que a densidade dos elementos da vegetação é uniforme, o que é caracterizado pelo Índice de Área Foliar (IAF)¹.

Desde que foi lançado o primeiro satélite da série *Landsat* (*ERTS-1*), em 1972, começaram a ser desenvolvidos vários índices de vegetação, a maioria deles restrita às refletâncias das faixas do visível e do infravermelho próximo. Já em 1972 foi desenvolvido o primeiro índice, denominado Índice de Vegetação pela Razão (*Simple Ratio Index* – SRI) (PEARSON e MILLER, 1972). O SRI pode ser um bom indicador do crescimento de uma cultura agrícola e da estimativa de biomassa, visto que a radiação na faixa do visível é absorvida pelas folhas verdes e refletida na faixa do infravermelho próximo. A Equação 1 expressa essa relação.

$$SRI = \frac{IVP}{VER} \quad (1)$$

Onde:

SRI = Índice de Vegetação pela Razão

IVP = refletância na faixa de infravermelho próximo

VER = refletância na faixa do vermelho

Entre os utilizados mais frequentemente, está o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI), proposto por Rouse et al. (1973). Ele é calculado pela relação entre a subtração e a soma entre as refletâncias das faixas do infravermelho próximo e a do vermelho, de acordo com a Equação 2.

$$NDVI = \frac{(IVP - VER)}{(IVP + VER)} \quad (2)$$

¹ usado para medir a área total das folhas. O IAF é definido como a soma da área total das folhas em uma área da superfície do solo de 1 metro quadrado. O aumento da refletância chega a um valor constante quando o IAF alcança um valor máximo. (LIU, 2006. pg137).

Onde:

NDVI = Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

O NDVI pode ser definido como um indicador sensível à quantidade, distribuição e condição da vegetação foliar verde (quantidade de clorofila), e está associado a características biofísicas da cobertura vegetal e a composição das folhas, sobreposição de camadas de folhas e a arquitetura do dossel (LIU, 2006).

Considerando diferentes graus de exposição e características da reflectância do solo, que variam dependendo da densidade da vegetação que se deseja analisar, Huete (1988) introduziu uma constante “L”, que tem a função de minimizar este efeito e gerar isolinhas de vegetação mais independentes das características do solo, propondo o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (*Soil Adjusted Vegetation Index* – SAVI), segundo a Equação 3.

$$SAVI = \left[\frac{(IVP - VER)}{(IVP + VER + L)} \right] \times (1 + L) \quad (3)$$

Onde:

SAVI = Índice de Vegetação Ajustado ao Solo

L = 1 (para densidades baixas de vegetação)

L = 0,5 (densidades médias)

L = 0,25 (densidades altas)

O Índice de Vegetação Melhorado (*Enhanced Vegetation Index* – EVI) foi proposto por Justice et al. (1998), e busca otimizar o sinal da vegetação em regiões com maiores densidades de biomassa, por meio da redução da influência da refletância do solo e da atmosfera sobre a resposta do dossel, segundo Equação 4.

$$EVI = \frac{G(IVP - VER)}{(1 + IVP + C1 VER - C2 AZUL)} \quad (4)$$

Onde:

EVI = Índice de Vegetação Melhorado

AZUL = refletância na faixa do azul

G = Fator de ganho

L = Fator de ajuste para o solo, que engloba a transferência radiante diferencial e não linear entre IVP e VER através de um dossel

C1 e C2 = Coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera, que usam a faixa do azul para corrigir influências de aerossóis na faixa do vermelho

Os valores dos coeficientes obtidos empiricamente adotados pelo algoritmo do EVI são: L=1, C1=6, C2=7,5 e G=2,5 (HUETE et al., 1997; JUSTICE et al., 1998 *apud* PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

Existem basicamente dois métodos para a mensuração do teor de Carbono nas florestas. Com base em amostragem em uma dada região, o método da *determinação ou destrutivo* define o volume/massa de madeira contida num hectare, por meio da derrubada e da pesagem da madeira. O segundo, denominado *indireto ou estimativo*, consiste em estimar a biomassa da floresta com base em equações matemáticas (alométricas) que relacionam o diâmetro do tronco a outras partes da árvore.

Medições feitas para cada árvore são somadas a fim de serem estimativos os volumes para um padrão específico. As estimativas podem ser feitas por meio de

razões ou regressões de dados provenientes de inventários florestais (diâmetro à altura do peito – DAP, altura e volume) e dados de sensoriamento remoto.

O principal objetivo dos modelos de regressão é modelar a associação entre diversas variáveis preditoras e uma variável resposta. Este relacionamento pode ser por uma equação linear ou uma função não linear.

O valor dado pelo coeficiente de determinação (r^2) representa a parcela de variabilidade da variável dependente explicada por todas as variáveis independentes, e a significância da regressão expressa por meio do “t” estatístico, que verifica a significância partindo do zero (nenhum efeito).

3. Metodologia de Trabalho

A Área de Proteção Ambiental (APA) Fernão Dias é uma Unidade de Conservação Estadual de Uso Sustentável (CNUC, 2000) localizada na Serra da Mantiqueira Meridional, no extremo Sul de Minas Gerais, próxima à fronteira com São Paulo, e abrange uma área de 180.373 hectares, compreendendo integralmente os municípios mineiros de Toledo, Extrema, Itapeva, Camanducaia, Sapucaí Mirim, Gonçalves e parte dos municípios de Paraisópolis e Brazópolis (IBITU, 1998).

O fragmento florestal 97 localiza-se no distrito de Monte Verde, em Camanducaia, e é um dentre os oito fragmentos amostrados para a fisionomia Floresta Ombrófila pelo mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais (2006) do Estado, constituído por 20 parcelas amostrais, cada uma com 10 subparcelas de 10 x 10 m. Na primeira subparcela de cada unidade foram medidas todas as plantas com CAP² maior ou igual a 9,4 cm ou DAP maior ou igual a 3 cm, e obtidas as coordenadas dos dois vértices do mesmo lado de cada parcela (SCOLFORO e CARVALHO, 2006). Em 13, 14 e 15 de junho de 2012, foi realizada para este trabalho uma visita de campo com o objetivo de aumentar a precisão das coordenadas geográficas originais dos vértices das parcelas amostradas, disponibilizadas pela UFLA - Universidade Federal de Lavras (CARVALHO, 2011). Foram coletadas com Sistema de Posicionamento Global por Satélite (GPS) as coordenadas dos quatro vértices de 17 parcelas.

Foram realizados diferentes testes com o objetivo de chegar a uma correlação adequada para os valores de Carbono medidos em campo (CARVALHO, 2011), nos meses de junho, julho e agosto de 2006, em relação aos índices de vegetação obtidos nas cenas do satélite *Landsat 5*, órbita/ponto 219/076, de 14/09/2006 e de 12/07/2006.

O teste 4 em diante foi realizado utilizando-se a cena de 12/07/2006, disponibilizada pela *United States Geological Survey* (USGS), que de acordo com *Landsat Product Information*³ possui um nível de correção (*Data Type Level 1 – L1T*) que incorpora pontos de controle (GLS2005) enquanto emprega um Modelo Digital de Elevação (MDE) (SRTM, NED, CDED, DTED e GTOPO30), dispensando a necessidade de georreferenciamento das cenas feito nos testes anteriores.

² Circunferência à Altura do Peito (1,30 m)

³ <http://landsat.usgs.gov/products_productinformation.php>

Os cálculos dos índices de vegetação pela razão simples (SRI), pela diferença normalizada (NDVI), ajustados ao solo (SAVI) e melhorados (EVI) foram realizados segundo as equações 1, 2, 3 e 4, respectivamente, utilizando-se das bandas espectrais corrigidas em sua radiometria, e na interferência atmosférica através do método de subtração dos pixels escuros (*Dark Object Subtraction* – DOS) (Chavez, 1989).

Para cada parcela utilizada nos testes foi calculada a média ponderada (MP) do valor do índice de vegetação de cada *pixel* nela inserido, e utilizada para o cálculo do coeficiente de determinação em relação ao Carbono medido em campo, através de regressão linear simples (Figura 1).

Na primeira avaliação, os testes 1, 2 e 3 apresentaram baixa correlação e nenhuma significância. Na segunda avaliação, através da obtenção das coordenadas em campo das parcelas utilizadas no teste 4, localizadas e identificadas por meio de GPS, chegou-se a correlações significativas.

Obtendo-se um melhor ajuste para o teste 4c, com a retirada de quatro parcelas que poderiam conter inconsistências nos dados primários de Carbono e/ou em sua posição geográfica, e com o melhor coeficiente de determinação apresentado pelo Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), com $L = 0,5$, segundo Figura 1, calculou-se o Carbono estocado para cada *pixel* da área recortada pelos limites da APA Fernão Dias, segundo o modelo apresentado pela Equação 5.

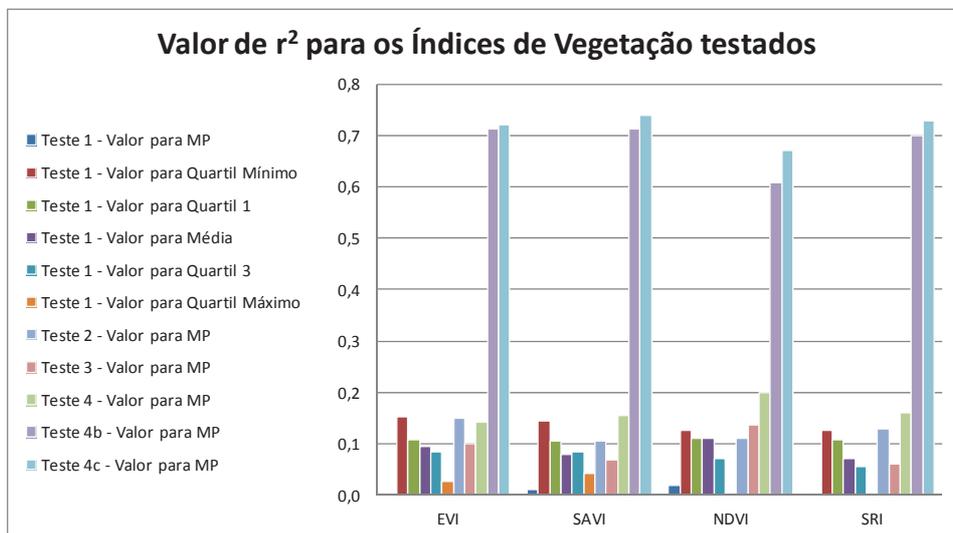


Figura 1. Comparação gráfica entre o coeficiente de determinação (r^2)*⁴ para os testes realizados, utilizando como variável independente a média ponderada (MP) de cada índice. No teste 1 calculou-se também valores para o Quartil inferior (Q0), primeiro Quartil (Q1), média (Q2), terceiro Quartil (Q3) e Quartil superior (Q4), não apresentando variações significativas.

* significativo a 1%, ** significativo a 5%, *** significativo a 10%.

Tabela 1. Valores de Peso de Matéria Seca (peso médio total), quantidade de Carbono (t/ha) e da média ponderada por parcela para o índice de vegetação melhorado (EVI), índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), índice de vegetação pela diferença normalizada (NDVI) e índice de vegetação pela razão simples (SRI), calculados para o teste 4c.

Parcela número	Peso de Matéria Seca	Quantidade de Carbono	MP EVI	MP SAVI	MP NDVI	MP SRI
1	15,9965	74,0438	0,234	0,317	0,473	2,801
2	16,0465	74,5524	0,225	0,299	0,468	2,764
4	18,2310	84,9346	0,249	0,356	0,512	3,133
5	21,2522	100,6319	0,235	0,323	0,488	2,959
6	34,1038	159,6017	0,253	0,365	0,520	3,165
7	34,5394	163,3431	0,257	0,378	0,545	3,438
10	9,4565	44,3360	0,204	0,231	0,319	1,999
11	20,0496	93,5511	0,229	0,307	0,470	2,790
12	18,8350	88,6985	0,236	0,318	0,473	2,801
14	31,9839	149,9794	0,257	0,369	0,518	3,150
15	6,9022	32,0188	0,197	0,237	0,392	2,375
16	26,1920	122,8898	0,257	0,369	0,520	3,190
19	21,4565	101,0163	0,214	0,276	0,456	2,696

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * I \quad (5)$$

Onde:

\bar{Y} = Carbono estocado na biomassa epígea presente na APA

β_0 = Intercepto

β_1 = Coeficiente angular

I = Média entre os valores do índice de vegetação (M IV) por parcela

A estimativa de Carbono (\bar{C}) pela média (M IV) entre as 13 parcelas utilizadas no teste 4c do valor de SAVI (MP SAVI), é demonstrada na Equação 6.

$$\bar{C} = - 129,093679411059 + 715,7307359 * 0,32 \quad (6)$$

(41,46362)*⁵ (128,5997)*

\bar{C} = 99,2 t/ha nas parcelas amostradas

As imagens índice de vegetação com os valores de Carbono gerados para cada *pixel* foram subdivididas em 32 classes de níveis de cinza, excluindo-se posteriormente os valores negativos, e excluindo-se os valores maiores de 400 t/ha de Carbono, inexistentes nos valores de *pixel* calculados para a APA.

4. Resultados e Discussão

As imagens foram reclassificadas, subdividindo-se em cinco classes de quantidade de Carbono para o índice SAVI ($r^2 = 0,738$, valor $p = 0,0001$), com uma

⁵Erro padrão da amostra.

média de 69,76 ton/ha para a área de recorte pelos limites da APA, cinco classes de valores para o SRI ($r^2 = 0,728$, valor $p = 0,0002$), com uma média de 42,62 ton/ha para a área de cobertura vegetal da APA, cinco classes de Carbono para o NDVI ($r^2 = 0,670$, valor $p = 0,0006$), com uma média de 67,78 ton/ha para toda a cobertura vegetal da APA, e finalmente cinco classes para o EVI ($r^2 = 0,721$, valor $p = 0,0002$), com uma média de 56,94 ton/ha.

O estoque de Carbono da APA Fernão Dias estimado a partir do índice SAVI é apresentado na Figura 2.

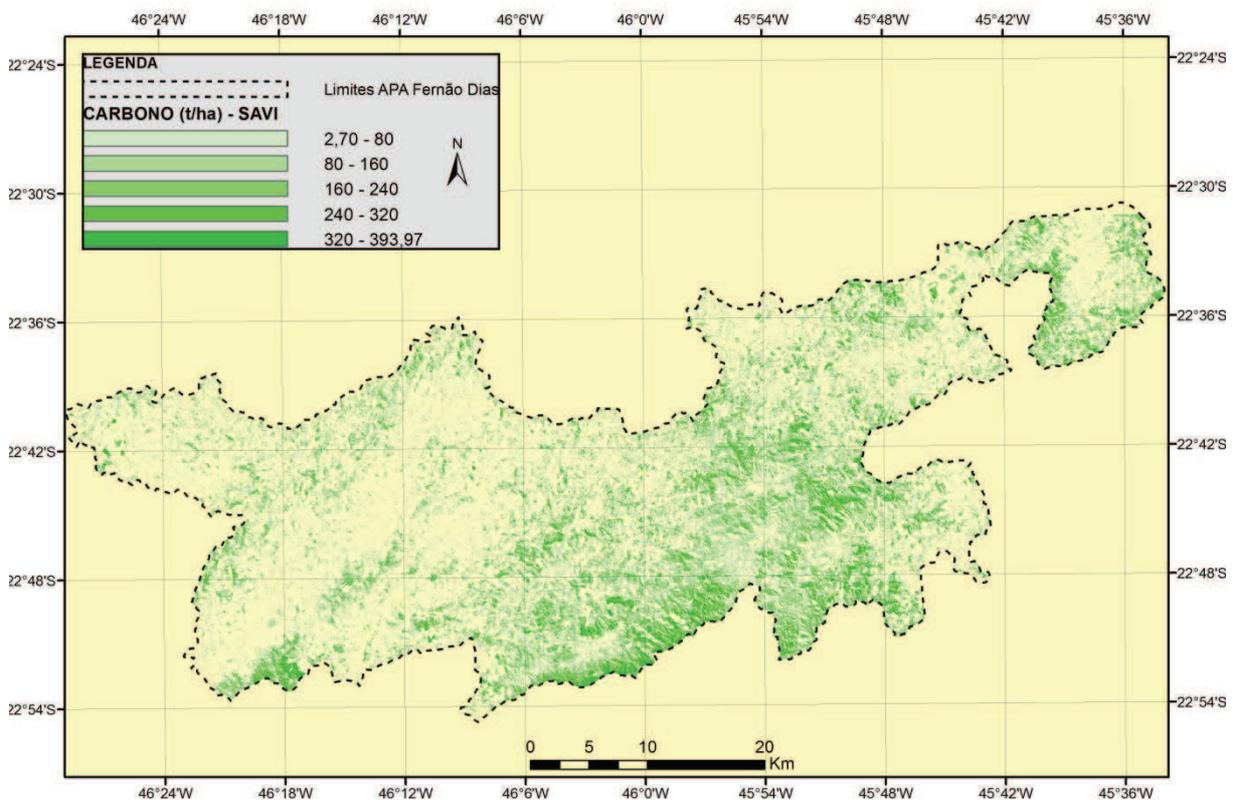


Figura 2. Estoque de Carbono (t/ha) para a APA Fernão Dias estimado para o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI).

No presente estudo, a correspondência da imagem SAVI derivada da cena *Landsat* é direta com relação às áreas florestadas, apresentando grande correspondência com as áreas de encostas florestadas Alto-Montanas, e áreas de campos de altitude, áreas com pouco recobrimento do dossel e com presença de exposição basal.

Também os índices que apresentaram correlações menores com os dados de campo apresentaram correspondência em suas propriedades com relação aos tipos de cobertura, e encontram-se dentro da faixa observada em estudos similares realizados, baseados na correlação entre as variáveis espectrais e a biomassa/Carbono, e são superiores aos obtidos por Paula e Filho (2009), Ponzoni e Rezende (2004), Accioly et al. (2002) e Lu et al. (2012).

5. Considerações Finais

Os índices de vegetação utilizados apresentaram correspondência com o tipo de cobertura, variedade de dossel e densidades de biomassa existentes. A análise espacial do padrão de distribuição do Carbono estocado pode se constituir em um produto a ser utilizado no diagnóstico ambiental da APA, nos processos de avaliação de redução de emissões e em programas de pagamentos por serviços ambientais.

Referências Bibliográficas

ACCIOLY, L. J. de O. et al. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/LANDSAT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 6, n.3, 2002. p. 492-498. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n3/v6n3a19.pdf>> Acesso em 27/09/2012.

BOLFE, É. L. **Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa de biomassa e de carbono em sistemas agroflorestais por meio de imagens orbitais**. Tese apresentada ao Instituto de Geociências para obtenção do título de Doutor em Ciências. UNICAMP. Campinas, 2010. 232 p.

CARVALHO, L. M. T. de. **Solicitação_Dados_IFMG**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por Édson Luís Bolfe em 16 dez. 2011.

IBITU Consultoria Ambiental. **APA Fernão Dias – Plano de Gestão Ambiental**. Minas Gerais: IBITU/DER-MG, 1998, p. 224.

IPCC. **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Spacial Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. 2011. 1075 p. Disponível em: < <http://srren.ipcc-wg3.de/>> Acesso em 24/09/2012.

LIU, W.T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande. Ed. UNIDERP, 2006. 908 p.

LTC\UFES. Laboratório de Topografia e Cartografia da Universidade Federal do Espírito Santo. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, 2001. Disponível em: <<http://www.ltc.ufes.br/geomaticsee/Modulo%20Sensoriamento%20Remoto.pdf>> Acesso em: 20/06/2012.

LU, D.; Chen, Q.; Wang, G.; Moran, E.; Batistella, M.; Zhang, M.; Laurin, G. V.; Saah, D.. Aboveground Forest Biomass Estimation with Landsat and LiDAR Data and Uncertainty Analysis of the Estimates. **International Journal of Forestry Research**. Hindawi Publishing Corporation, v. 2012. 16 p. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/ijfr/2012/436537/>> Acesso em 27/09/2012.

NOVO, E. M. L. de M.. **Sensoriamento Remoto**. Princípios e aplicações. 3ª Ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008. 263 p.

PAULA, M. D.; FILHO, W. P.. Estimativa de Carbono em um fragmento de Floresta Madura na Mata Atlântica Nordeste com o uso de Índices Espectrais. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento

Remoto (SBSR), 14. 2009, Natal-RN. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009, p. 2881-2888. Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.20.55.47/doc/2881-2888.pdf>> Acesso em: 19/06/2011.

PONZONI, F. J.; REZENDE, A. C. P.. Caracterização espectral de estágios sucessionais de vegetação secundária arbórea em Altamira (PA), através de dados orbitais. **Revista Árvore**. v.28, n.4, 2004. p. 535-545. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n4/22602.pdf>> Acesso em 27/09/2012.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**. São José dos Campos. Parêntese, 2009. 127 p.

SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T.. **Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006. 288 p. Disponível em: <<http://www.inventarioflorestal.mg.gov.br>> Acesso em 27 jun. 2011.