



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG
I CURSO DE GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**Análise Multitemporal do Sequestro Florestal de Carbono no Projeto
de Assentamento Rural Carão, Acre.**

Leandro Naveca Martins

Monografia de Especialização

BRASÍLIA

Dezembro de 2012



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG
I CURSO DE GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

Análise Multitemporal do Sequestro Florestal de Carbono no Projeto de Assentamento Rural Carão, Acre.

Leandro Naveca Martins

Monografia de Especialização apresentada
junto ao I Curso de Especialização em
Geoprocessamento Ambiental, para obtenção
do título de Especialista em
Geoprocessamento Ambiental.

Orientador:

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista

Brasília

Dezembro de 2012

Martins, Leandro Naveca

Análise Multitemporal do Sequestro Florestal de Carbono no Projeto de Assentamento Rural Carão, Acre.

Leandro Naveca Martins: orientador: Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista. – Brasília, 2012.

21 p.

Monografia de Especialização. Universidade de Brasília. I Curso de Especialização em Geoprocessamento Ambiental.

1. Índices de vegetação, Sequestro Florestal de Carbono, Projeto de Assentamento Rural.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter tido a oportunidade de percorrer esse longo caminho.

Agradeço a toda minha família em especial minha mãe, esposa e filhos por todo o apoio dado neste longo percurso de minha trajetória.

Agradeço aos meus amigos de especialização por me darem suporte durante todo este ano.

Agradeço ao meu orientador Prof. Gustavo Baptista pelo apoio, compreensão e direção dada ao trabalho.

Análise Multitemporal do Sequestro Florestal de Carbono no Projeto de Assentamento Rural Carão, Acre.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar multitemporalmente o desmatamento no Projeto de Assentamento - PA Carão, localizado no estado do Acre, por meio da análise do sequestro florestal de carbono obtido a partir do índice espectral CO₂flux. Para tal, foram escolhidas quatro cenas de diferentes datas, todas do sensor TM do LANDSAT 5. Foram realizadas as etapas de pré-processamento de correção geométrica e atmosférica das cenas e posteriormente foram transformadas para reflectância de superfície. Para o processamento das cenas foram utilizados os índices espectrais de vegetação NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e o PRI (Índice de Reflectância Fotoquímica). A integração desses dois índices geraram o CO₂flux, que permitiu a geração de cenários futuros por meio de ajuste de função polinomial de quarta ordem. Os resultados obtidos revelam um ritmo constante de supressão da vegetação e, caso esse se mantenha, os cenários futuros indicam que antes de 2018 toda a vegetação fotossinteticamente ativa será removida do PA Carão. Além do desmatamento provocado por assentados, queimadas como a avaliada nesse trabalho, por meio do índice espectral RdNBR, bem como a morte coletiva da floresta ombrófila aberta de bambu, podem intensificar o ritmo de supressão da vegetação. O presente estudo permitiu inferir que o PA, da forma como foi instalado e vem sendo gerido, não funcionou como instrumento sustentável de preservação da floresta. Novos trabalhos devem ser incentivados para o monitoramento da manutenção de reservas sustentáveis de floresta nos locais destinados a projetos de assentamento rural na Amazônia.

Palavras-Chave: Projetos de assentamento, desmatamento, sequestro florestal de carbono,

Multitemporal Analysis of Forest Carbon Sink at Carão Settlement Project, Acre

ABSTRACT:

This study aimed to analyze multitemporally deforestation at Carão Settlement Project - PA, located in the state of Acre, through the analysis of forest carbon sequestration obtained from the spectral index CO₂flux. We selected four scenes from different dates, all from TM sensor of LANDSAT 5. We performed the steps of pre-processing geometric correction and atmospheric scenes and subsequently we transformed them to surface reflectance. In order to process the scenes, we used the spectral vegetation indices NDVI (Vegetation Index Normalized Difference) and PRI (Photochemical Reflectance Index). The integration of these two indexes generated the CO₂flux, which allowed the generation of future scenarios through adjustment of fourth-order polynomial function. The results show a steady rate of deforestation and, if this continues, the future scenarios indicate that before the year of 2018 all photosynthetically active vegetation will be removed from PA Carão. In addition to deforestation caused by settlers, the forest fire evaluated at this work through the spectral index RdNBR and the communal death of open bamboo rainforest, can intensify the pace of deforestation. This study also has shown that the PA, as it has been installed and is being managed, did not work as a tool for sustainable forest preservation. Further studies should be encouraged to monitor the maintenance of sustainable forest reserves at settlement projects in the Amazon.

Keywords: settlement projects, deforestation, forest carbon sequestration

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 5
2. ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA – UFPE.
8

1. INTRODUÇÃO

O bioma Amazônia ocupa uma área de mais de 6,5 milhões de km², passando por nove países: o Brasil, Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia, Equador, Suriname, Guiana e Guiana Francesa. 85% dessa região fica no Brasil equivalendo a mais de 4 milhões de km² em 49,29% do território nacional e com uma população que corresponde a menos de 10% do total de brasileiros. A Amazônia Legal abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e parte dos estados do Mato Grosso, Tocantins e Maranhão (INPE, 2012).

A ocupação intensa na Amazônia começou no início na década de 1970, com a abertura da rodovia Transamazônica tendo, a partir disso, taxas elevadas de desmatamento o que pode ser visto na tabela abaixo (Tabela 1):

Tabela 1. Desmatamento na Amazônia Legal entre 2006 e 2011 (km²).

Estados\Ano	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Acre	398	184	254	167	259	280
Amazonas	788	610	604	405	595	502
Amapá	30	39	100	70	53	66
Maranhão	674	631	1271	828	712	396
Mato Grosso	4333	2678	3258	1049	871	1120
Pará	5659	5526	5607	5281	3770	3008
Rondônia	2049	1611	1136	482	435	865
Roraima	231	309	574	121	256	141
Tocantins	124	63	107	61	49	40
Amazônia Legal	14286	11651	12911	7464	7000	6418

Fonte: INPE, 2012.

O desmatamento na Amazônia Brasileira tem como principais causas, a pecuária, a agricultura de larga escala e a agricultura de corte e queima (RIVIERO *et al.*, 2009). O crescimento da pecuária na floresta amazônica é hoje a atividade mais preocupante tendo chegado ao Estado do Acre na década de 70 a partir do processo de ocupação no Estado de Rondônia iniciado na década de 60. A criação de gado ainda é a causa predominante tendo as fazendas de médio e grande porte responsáveis por cerca de 70% das atividades de desmatamento (FEARNSIDE, 2005).

Outro fator que contribui para o desmatamento na Amazônia é a atual dinâmica de implantação de Projetos de Assentamento na região. Segundo Fearnside (2001), nas décadas de 1970 e 1980, a maioria deles foi estabelecida em áreas escolhidas pelo Instituto Nacional de

Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Desde meados da década de 1990, o INCRA começou a exigir que os novos assentamentos sejam alocados somente em áreas já desmatadas, para minimizar os impactos do desmatamento. Porém, o que tem ocorrido, ainda segundo Fearnside (2006), é que novos assentamentos continuaram a ser instalados em áreas florestais. Além disso, a escolha advinda das organizações de colonos, como o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) na determinação dos locais de assentamento, resultou em consolidação de novos projetos de assentamento em locais de floresta primária criando uma barreira adicional para o controle efetivo dessa forma de desmatamento (FEARNSIDE, 2006).

A expansão da pecuária foi realizada principalmente por grandes proprietários de terras e colonos assentados pelo INCRA, realizada sem assistência técnica e conhecimento necessário para garantir a boa utilização dos recursos naturais (GALVÃO *apud* SIVIERO 2008). Dos assentados, totalizam 31 mil famílias em 148 projetos de assentamento em todo o Estado (INCRA, 2012).

Essa expansão crescente e elevada do desmatamento vem afetando os ecossistemas da Amazônia ocasionando mudanças no bioma como a fragmentação de habitats, que resulta alterações em sua diversidade e composição biológica além de mudanças nos processos ecológicos com ciclo de nutrientes (LOVEJOY, 1997 *apud* FERREIRA et al, 2007). Áreas fragmentadas ou desmatadas acarretam alterações microclimáticas como o aumento da temperatura local, diminuindo assim as taxas de precipitação e de evapotranspiração o que significa estações secas mais prolongadas (ALVES *et al.*, 1999).

Essas alterações colaboram com o aumento na incidência e propagação de queimadas resultando no incremento de gases na atmosfera como o gás carbônico, monóxido de carbono e metano. As queimadas prejudicam o solo, pois o fogo acaba com os nutrientes e animais decompositores, provoca a desertificação e, conseqüentemente, deixa as nascentes e mananciais desprotegidas. Assim, uma determinada área sem cobertura florestal, tem as atividades fotossintéticas da vegetação reduzidas, resultando na diminuição do índice de sequestro florestal do carbono.

1.1 Hipótese

O Projeto de Assentamento Carão, da maneira como foi instalado e gerido, não funciona como instrumento sustentável de preservação da floresta.

1.2 Objetivo do Trabalho

O presente trabalho visa analisar os efeitos do desmatamento realizado no PA Carão de forma temporal, a partir do cálculo do sequestro florestal de carbono ocasionada pelo desmatamento no PA, cenário futuro caso o ritmo do desmatamento se mantenha e quantidade de crédito de carbono perdido após a instalação do PA.

2. ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA – UFPE.

Análise Multitemporal do Sequestro Florestal de Carbono no Projeto de Assentamento Carão, Acre.¹

Leandro Naveca Martins², Gustavo Macedo de Mello Baptista³

² Especialista em Geoprocessamento Ambiental; Instituto de Geociências; Universidade de Brasília – UnB; E-mail: leandronaveca@hotmail.com;

³ Professor Adjunto II; Instituto de Geociências; Universidade de Brasília – UnB; E-mail: gmbaptista@unb.br

RESUMO:

Este trabalho teve como objetivo analisar multitemporalmente o desmatamento no Projeto de Assentamento - PA Carão, localizado no estado do Acre, por meio da análise do sequestro florestal de carbono obtido a partir do índice espectral CO₂flux. Para tal, foram escolhidas quatro cenas de diferentes datas, todas do sensor TM do LANDSAT 5. Foram realizadas as etapas de pré-processamento de correção geométrica e atmosférica das cenas e posteriormente foram transformadas para reflectância de superfície. Para o processamento das cenas foram utilizados os índices espectrais de vegetação NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e o PRI (Índice de Reflectância Fotoquímica). A integração desses dois índices geraram o CO₂flux, que permitiu a geração de cenários futuros por meio de ajuste de função polinomial de quarta ordem. Os resultados obtidos revelam um ritmo constante de supressão da vegetação e, caso esse se mantenha, os cenários futuros indicam que antes de 2018 toda a vegetação fotossinteticamente ativa será removida do PA Carão. Além do desmatamento provocado por assentados, queimadas como a avaliada nesse trabalho, por meio do índice espectral RdNBR, bem como a morte coletiva da floresta ombrófila aberta de bambu, podem intensificar o ritmo de supressão da vegetação. O presente estudo permitiu inferir que o PA, da forma como foi instalado e vem sendo gerido, não funcionou como instrumento sustentável de preservação da floresta. Novos trabalhos devem ser incentivados para o monitoramento da manutenção de reservas sustentáveis de floresta nos locais destinados a projetos de assentamento rural na Amazônia.

Palavras – Chave: Projetos de assentamento, desmatamento, sequestro florestal de carbono.

Multitemporal Analysis of Forest Carbon Sink at Carão Settlement Project, Acre

ABSTRACT:

This study aimed to analyze multitemporarily deforestation at Carão Settlement Project - PA, located in the state of Acre, through the analysis of forest carbon sequestration obtained from the spectral index CO₂flux. We selected four scenes from different dates, all from TM sensor of LANDSAT 5. We performed the steps of pre-processing geometric correction and atmospheric scenes and subsequently we transformed them to surface reflectance. In order to process the scenes, we used the spectral vegetation indices NDVI (Vegetation Index Normalized Difference) and PRI (Photochemical Reflectance Index). The integration of these two indexes generated the CO₂flux),

¹ Monografia de especialização, defendida pelo primeiro e orientada pelo segundo autor, no âmbito do I Curso de Especialização em Geoprocessamento Ambiental no Instituto de Geociências da Universidade de Brasília.

which allowed the generation of future scenarios through adjustment of fourth-order polynomial function. The results show a steady rate of deforestation and, if this continues, the future scenarios indicate that before the year of 2018 all photosynthetically active vegetation will be removed from PA Carão. In addition to deforestation caused by settlers, the forest fire evaluated at this work through the spectral index RdNBR and the communal death of open bamboo rainforest can intensify the pace of deforestation. This study also has shown that the PA, as it has been installed and is being managed, did not work as a tool for sustainable forest preservation. Further studies should be encouraged to monitor the maintenance of sustainable forest reserves at settlement projects in the Amazon.

Key Words: settlement projects, deforestation, forest carbon sequestration.

1. Introdução

O bioma Amazônia ocupa uma área de mais de 6,5 milhões de km² abrangendo nove países. (INPE, 2012). Devido a sua dimensão territorial, grande sistema fluvial e extensa cobertura vegetal, a região Amazônica possui grande influência global no ciclo do carbono, balanço de energia e equilíbrio climático (POTTER *et al.*, 2001 apud FERREIRA *et al.*, 2007).

A ocupação intensa da Amazônia legal teve início na década de 1970 com a chegada da rodovia Transamazônica, tendo como principais causas, a pecuária, a agricultura de larga escala e a agricultura de corte e queima (RIVIERO *et al.*, 2009). A criação de gado ainda é a causa predominante, sendo as fazendas de médio e grande porte responsáveis por cerca de 70% das atividades de desmatamento. (FEARNSIDE, 2005).

A implantação e consolidação de projetos de assentamento, chamados de PA, na Amazônia também vêm contribuindo para o desmatamento de grandes áreas, principalmente nas décadas de 1970 e 1980 na qual a escolha da localidade não considerava critérios ambientais, ocorrendo a alocação de assentados em áreas totalmente florestadas. (FEARNSIDE, 2006).

Essa expansão crescente e elevada do desmatamento vem afetando os ecossistemas ocasionando mudanças no bioma como a fragmentação de habitats, que resulta alterações em sua diversidade e composição biológica além de mudanças nos processos ecológicos com ciclo de nutrientes (LOVEJOY, 1997 apud FERREIRA *et al.*, 2007). Áreas fragmentadas ou desmatadas acarretam alterações microclimáticas como o aumento da temperatura local, diminuindo assim as taxas de precipitação e de evapotranspiração o que significa estações secas mais prolongadas (ALVES *et al.*, 1999).

Essas alterações colaboram com o aumento na incidência e propagação de queimadas resultando no incremento de gases na atmosfera como o gás carbônico, monóxido de carbono e metano. As queimadas prejudicam o solo, pois o fogo acaba com os nutrientes e animais decompositores, provoca a desertificação e conseqüentemente deixa as nascentes e mananciais

desprotegidas. Assim, uma determinada área sem cobertura florestal, tem as atividades fotossintéticas reduzidas, resultando na diminuição do sequestro florestal do carbono.

O monitoramento ao longo do tempo dessa supressão por meio de ferramentas de geoprocessamento possibilita um retrato situacional para avaliação da eficiência ou não do PA enquanto instrumento de preservação da floresta amazônica, da forma em que foi criado e gerido.

Desta forma, o presente trabalho visa analisar os efeitos do desmatamento realizado no PA Carão de forma temporal, a partir do cálculo do sequestro florestal de carbono, além de gerar cenários futuros caso o ritmo do desmatamento se mantenha.

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

O Acre passou por um elevado crescimento populacional tendo dobrado o número de habitantes no período de 1970-2000, segundo o censo do IBGE (2000). O estado é subdividido em microrregiões na qual a região do baixo acre, no qual se localiza o PA Carão (Figura 1), é a de maior densidade demográfica tendo, até o ano de 2000, aproximadamente 56% da população total do Estado (SCARCELLO, 2007).

Criado em 1990, o PA Carão tem localização privilegiada frente aos demais estando a apenas 52 km da sede urbana de Rio Branco. Essa proximidade facilita o escoamento da produção de grãos que atualmente é de aproximadamente 65 mil sacas de grãos. (SEMA, 2011)

O PA possui 11.160 hectares, concentra 30 famílias com propriedades de tamanho médio de 60 ha. A partir de informações dos moradores entrevistados durante a elaboração do Plano de Desenvolvimento Comunitário – PDC Carão (SEMA, 2011), verificou-se que as propriedades possuem em média 12,3 ha de capoeira 1,5 ha de culturas perenes, 5 ha de culturas anuais ou roçados e 14 ha de mata primária. Esse último dado demonstra que as propriedades possuem em média 39% de reserva legal, sendo que a legislação ambiental atual exige 80% (SEMA, 2011).

A vegetação típica encontrada no PA Carão é a Floresta Ombrófila Aberta com dominância de Bambu (IBGE, 2004). Segundo o PDC do PA Carão, em 2009, foram queimados dentro do PA, 112 ha para recuperação de pastagens. O desmatamento de mata primária e capoeiras para aumento principalmente de pastagens é uma das maiores problemáticas do PA.

{Inserir Figura 1}

2.2 Seleção das cenas

Para se procederem às análises deste trabalho, foram escolhidas seis cenas de diferentes datas, todas do sensor TM do LANDSAT 5, órbita/ponto 002/067, presentes no catálogo de cenas do INPE. A escolha dos meses teve como critério, o período com menor cobertura de nuvens e os meses de queimada no ano de 2005. A primeira cena escolhida foi de 22/08/1986, com o objetivo

de se visualizar a integridade da área antes da data de criação do PA (criado em 1989). A segunda cena escolhida foi de 01/08/1990, com o objetivo de visualizar as modificações ocorridas no PA um ano após sua criação.

No ano de 2005 foram escolhidas três cenas sendo a primeira (10/08/2005) para análise dos índices de CO₂flux. As cenas de 09/07/2005 e 11/09/2005 foram escolhidas para análise do Índice relativo diferenciado de queimada por razão normalizada - RdNBR sendo a primeira anterior à grande queimada ocorrida em todo o estado do Acre e a segunda, após a queimada. A última cena escolhida foi de 11/08/2011, para visualizar o momento atual, após mais de vinte anos de existência do PA.

2.3 Pré-Processamento dos Dados

Após a escolha das cenas, faz-se necessário um pré-processamento como o georreferenciamento e a correção atmosférica. Para esse fim, neste trabalho foi utilizado o *software* ENVI 4.7. O georreferenciamento trata-se de correções de distorções nas cenas decorrente de inúmeros fatores, tais como a rotação da Terra durante o tempo de imageamento, curvatura da Terra, campo de visada do sensor entre outros. Essa ação é responsável por padronizar as coordenadas geográficas em diferentes cenas fazendo com que um *pixel* em cenas de diferentes datas possua a mesma coordenada. O modelo matemático utilizado foi o polinomial de 1º grau e o de reamostragem dos pixels, o de vizinho mais próximo (Meneses e Almeida, 2011).

O georreferenciamento tem desta forma a finalidade de inserir nas cenas um sistema de projeção de coordenadas. Por isso, nada mais é do que um processo de transformação geométrica da cena, e não um processo de correção geométrica. (Meneses e Almeida, 2011).

Correção atmosférica trata-se um processamento que visa minimizar distorções espectrais causadas pelo espalhamento e pela absorção da radiação eletromagnética devido a sua interação com a atmosfera. No geral, o efeito mais importante é o devido ao espalhamento que causa a adição de valores de radiância à resposta original dos alvos. Sua magnitude é inversamente proporcional ao comprimento de onda, de forma que os comprimentos mais curtos são mais afetados. (PERROTTA, 2005).

Neste trabalho utilizou-se o módulo *QUick Atmospheric Correction - QUAC* para realizar a correção atmosférica. Ele é utilizado para imagens multiespectrais e hiperespectrais capturadas no espectro óptico refletido (0,4 a 2,5 µm). Esse módulo realiza a correção atmosférica a partir de modelos empíricos utilizando somente as informações contidas na própria cena, não necessitando de informação auxiliar de aquisição dos dados. O processamento, significativamente mais rápido, consiste na busca da resposta espectral média dos objetos que compõem a cena. (ENVI, 2012).

2.4 Processamento dos Dados

Os índices utilizados foram o Índice de Vegetação por diferença Normalizada - NDVI e o Índice de Vegetação Fotossintético - PRI. O NDVI possibilita o mapeamento da vegetação fotossinteticamente ativa em uma determinada área. É considerado por muitos autores como um bom estimador de biomassa, conseqüentemente ser relacionado com o estoque de carbono na planta (COLTRI *et al.*, 2009). Já o PRI expressa a relação entre as bandas do verde e azul e segundo Rahman (2000), pode ser relacionado com a eficiência do uso da luz no processo fotossintético. Salienta-se, porém, que os dados de PRI devem ser reescalados para valores positivos, gerando um novo índice sPRI. Assim, o sequestro florestal de carbono depende da integração desses dois índices (NDVI e sPRI), que geram um novo índice: o CO₂flux.

Os índices espectrais NDVI, PRI e sPRI são expressos de acordo com as seguintes equações 1, 2 e 3, respectivamente:

$$NDVI = \frac{(R_4 - R_3)}{(R_4 + R_3)} \quad (1)$$

Onde,

R₃ = Reflectância relativa à banda 3 do Landsat TM 5

R₄ = Reflectância relativa à banda 4 do Landsat TM 5

$$PRI = \frac{(R_1 - R_2)}{(R_1 + R_2)} \quad (2)$$

Onde,

R₁ = Reflectância relativa à banda 1 do Landsat TM 5

R₂ = Reflectância relativa à banda 2 do Landsat TM 5

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

Dessa forma, para obtenção do fluxo de CO₂ realizaram-se as seguintes etapas de processamento: (I) a geração do NDVI e do PRI; (II) reescalamento do PRI gerando sPRI; (III) determinação do índice de fluxo de carbono, realizado a partir da multiplicação do NDVI com o sPRI (GRILO *et al.*, 2011).

Posteriormente, a imagem de CO₂flux foi fatiada em duas classes: áreas não fotossinteticamente ativas (NFA) e vegetação fotossinteticamente ativas (VFA). Essas duas classes foram exportadas, por meio do módulo *Region of Interest* – ROI para obtenção das áreas em hectares e depois relativizadas em percentuais para facilitar a compreensão.

Para compreender a dinâmica e gerar cenários futuros, os percentuais de NFA e de VFA foram plotados em planilha eletrônica e ajustou-se a função polinomial de quarta ordem,

normalmente utilizada para descrever as tendências temporais. De posse dessas funções, calcularam-se as projeções para os anos seguintes.

2005 foi o ano de ocorrência de uma grande queimada que se alastrou por amplas extensões no estado do Acre. Para identificar as áreas queimadas dentro do PA Carão e a severidade dessa queimada foram utilizados os índices espectrais de queimada por razão normalizada (NBR) (KEY e BENSON, 2006); o diferenciado de queimada por razão normalizada (dNBR) (ROY *et al.*, 2006) e o relativo diferenciado de queimada por razão normalizada (RdNBR) (MILLER e THODE, 2007).

O NBR é um índice de diferença normalizada baseado nos dados de reflectância referente às bandas 4 e 7 do TM, no qual as áreas queimadas são destacadas, além de permitir especializar sua severidade. A equação 4 apresenta o NBR.

$$NBR = \frac{(R_4 - R_7)}{(R_4 + R_7)} \times 1000 \quad (4)$$

Onde,

R_4 = Reflectância relativa à banda 4 do Landsat TM5

R_7 = Reflectância relativa à banda 7 do Landsat TM5

O dNBR (Equação 5) tem o objetivo de avaliar a extensão e severidade da queimada utilizando o NBR antes (pré-fogo) e após (pós-fogo) à queimada. Com esse índice é possível ainda verificar o processo de rebrota.

$$dNBR = NBR_{pré-fogo} - NBR_{pós-fogo} \quad (5)$$

E, por fim, o RdNBR complementa o dNBR, pois ele relativiza o tipo de vegetação e a densidade da queimada. Miller e Thode (2007) afirmaram que em áreas nas quais apresentam menos indivíduos vegetais por área e o grau de severidade da queimada é alto, quando calculado o dNBR, sua classificação fica subestimada. Nesse caso, verificou-se a necessidade de relativizar esse índice pela raiz quadrada dos valores absolutos do NBR pré-fogo dividido por 1000, conforme a equação 6.

$$RdNBR = \left(\frac{NBR_{pré-fogo} - NBR_{pós-fogo}}{\sqrt{ABS\left(\frac{NBR_{pré-fogo}}{1000}\right)}} \right) \quad (6)$$

3. Resultados e Discussão

O resultado das cenas processadas gerando o índice de CO₂flux no PA Carão, são apresentados na Figura 2 para os anos de 1986, 1990, 2005 e 2011.

As cenas apresentam o índice CO₂flux especializado e organizado em duas classes, por meio do processo de fatiamento (*Density Slice*). A primeira, representa os pixels de áreas não fotossinteticamente ativas, e a segunda, a vegetação fotossinteticamente ativa obtidas a partir da análise do CO₂flux.

A supressão de vegetação começa a ser visualizada já na primeira cena, a de 1986, ao longo da rodovia estadual AC-90 (Figura 2a). O desmatamento continua ao longo de eixo de escoamento e começa a seguir em direção ao norte do PA, seguindo as novas vias de acesso (Figura 2b). Em 2005 observa-se a presença de vastas áreas NFA que foram incrementadas pelas áreas queimadas ao longo de todo o PA (Figura 3c) e em 2011, a VFA aparece de forma insulada em manchas espalhadas no espaço (Figura 2d).

{Inserir Figura 2}

Analisando os percentuais de área relativas aos alvos NFA e VFA ao longo dos anos, nota-se um aumento constante de NFA e consequentemente a redução da VFA, mas de forma não linear, como verificado na Figura 3. Nota-se que o incremento de supressão de vegetação (NFA) é mais representativo a partir do ano 2005, quando a inclinação da função tende a se acentuar. Isso pode ser devido ao evento de queimada que ocorreu em todo o estado em 2005.

A hipótese levantada no presente estudo é a de que o aumento do ritmo de supressão de vegetação foi influenciado diretamente pelo fato de que a queimada ocorrida em 2005 no estado do Acre, inclusive sobre o PA, atingiu a Floresta Ombrófila Aberta de Bambu que, com a intensa exposição ao sol na sua biomassa morta, pode funcionar como combustível em queimadas (NELSON e IRMÃO, 1998 apud ESPÍRITO SANTO *et al.*, 2003).

{Inserir Figura 3}

Por meio do cálculo das áreas queimadas definidas por meio do RdNBR foi possível investigar que 33,43% do PA foi queimado entre os meses de julho e setembro. Dessa queimada, 18% foi considerado como de baixa severidade; 15% de severidade moderada e 1% com alta severidade. Associado ao desmatamento que já vinha ocorrendo, esse evento de queimada intensificou a relação de áreas NFA. Para testar essa hipótese realizou-se o cálculo do RdNBR (Figura 4).

Um segundo fator que pode explicar o aumento do ritmo de desmatamento a partir de 2005 é o fenômeno da morte da Floresta aberta de bambu em diversas faixas do Estado, que ocorre em um ciclo de 30 anos (NELSON, 1994 apud ESPÍRITO SANTO *et al.*, 2003), o que pode ter influenciado na redução da atividade fotossintética não associada ao desmatamento, mas sim à supressão natural ocasionado pela tipologia vegetal da região.

{Inserir Figura 4}

A instalação de um PA pressupõe a divisão de lotes e desenvolvimento de atividades agropecuárias e a consolidação do PA Carão nesses 21 anos não fugiu a essa regra. Porém, caso se mantenha o ritmo de desmatamento observado nesses quatro momentos do PA Carão a tendência é que até antes do ano de 2018 toda a vegetação fotossinteticamente ativa tenha sido suprimida, como

mostra o cenário futuro obtido a partir da função polinomial de quarta ordem obtida com os percentuais de VFA (Figura 5).

A verificação temporal do ritmo de supressão de vegetação, bem como a geração do cenário futuro apresentado na figura 5, demonstra que, da forma como o PA Carão foi instalado e vem sendo gerido, sem a preocupação com a manutenção do mínimo previsto pelas instruções normativas de vegetação nativa, seu modelo não funciona como instrumento sustentável de assentamento do homem no campo com a conservação da floresta amazônica.

{Inserir Figura 5}

4. Conclusões

A metodologia proposta por Rahman *et al.* (2000) para o mapeamento do sequestro de carbono pela vegetação durante a fase clara da fotossíntese, por meio de dados de sensoriamento remoto mostrou ser eficiente para a avaliação do ritmo temporal de ocupação e de supressão da floresta nativa no Projeto de Assentamento Carão, Acre.

A verificação observada em quatro décadas demonstrou que a ocupação humana na área tem contribuído para o desmatamento sem a manutenção de instrumentos legais, tais como a reserva legal. Essa análise permitiu a determinação da função que descreve o que vem ocorrendo em termos de desmatamento nesse período e conseqüentemente reduzindo as áreas que realizam o sequestro florestal de carbono.

Caso se mantenha o ritmo observado, antes de 2018 toda a vegetação fotossinteticamente ativa do PA Carão terá sido suprimida e os passivos ambientais decorrentes dessa ação serão muito graves.

A presente metodologia permitiu também inferir que queimadas, como a ocorrida em 2005, que foi responsável por atingir cerca de um terço do PA, aumentam o ritmo de supressão da VFA. Além disso, como no PA Carão ocorre floresta ombrófila aberta de bambu e essa vegetação tem ciclo de vida no qual todos os indivíduos morrem na mesma época, isso pode ter intensificado o ritmo de desmatamento observado na modelagem por índices espectrais.

Novos trabalhos devem ser incentivados para consolidar o monitoramento da manutenção de reservas sustentáveis de floresta nos locais destinados à projetos de assentamento rural na Amazônia.

Referências Bibliográficas

ALVES, F.S.M. FISCH, G. VENDRAME, I.F. **Modificações do Microclima e Regime Hidrogeológico devido ao desmatamento na Amazônia: Estudo de um Caso em Rondônia (RO), Brasil.** ACTA AMAZÔNICA. São José dos Campos. 1999.

BAPTISTA, G. M. M. MUNHOZ, C.B.R. **Comportamento do sequestro florestal de carbono, do conteúdo de CO₂ atmosférico e do conteúdo de umidade da vegetação no Pantanal de Nhecolândia, MS, por meio de sensoriamento remoto hiperespectral.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, 2009.

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 SBSR, Belo Horizonte, 2003.

COLTRI, PP. RAMIREZ, GM. 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 SBSR. Natal. 2009.

ESPÍRITO-SANTO, F.D.B. SILVA, B.S.G. SHIMABUKURO, Y.E. **Detecção da dinâmica da Floresta de Bambu no Sudeste do Acre com o uso de técnicas de processamento de Imagens de Satélite.** Anais XI SBSR, Belo Horizonte, 2003.

FEARNSIDE, P. M. **Desmatamento na Amazônia Brasileira. História, Índices e Consequências.** Revista Megadiversidade. 2005.

FEARNSIDE, P. M. **Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle.** Acta Amazônica. 2006.

FERREIRA et al. **Causas e Efeitos dos Desmatamentos na Amazônia: Uma análise a partir de dados orbitais, cartográficos e censitários.** Anais XIII SBSR. Florianópolis. 2007.

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. 1997.

GRILO, D. C.; ROCHA, W. J. S. F.; BORGES, E. F.; PETRENE, V. G. **Determinação do Fluxo de Carbono: Um estudo de caso em Paisagens de Caatinga e de Manejo Agroecológico utilizando geotecnologias.** III Seminário de Geotecnologias e V Geo Nordeste. Feira de Santana. 2011

GRILO, D. C. Et al. **Mapeamento do Fluxo de CO₂ em ambientes de caatinga e de sistemas agropecuário por meio de imagens orbitais.** Anais XV SBSR, Curitiba, 2011.

INPE. **Monitoramento da Cobertura Florestal por Satélites. Sistema PRODES, DETER, DEGRAD e Queimadas. 2007-2008.** INPE. 2008.

KEY, C.H, BENSON, N.C. **Landscape Assessment (LA).** In “Firemon: Fire Effects monitoring and invent system”. USDA Forest Service. Rocky Mountain Research Station General Technical Report. 2006.

MENESES, P. R. ALMEIDA, T. (Org). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** UNB e CNPQ. 2011.

MILLER, J.D. THODE, A.E. **Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta normalized burn ratio (dNBR)**. Science Direct. Remote Sensing of Environment 109. 2007.

PERROTA, M.M. **Processamento Digital Básico de Imagens de Sensores Remotos Ópticos para uso em Mapeamento Geológico**. Programa *Envi*. CPRM. 2005.

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.

RIVIERO, S. ALMEIDA, O. ÁVILA, S. OLIVEIRA, W. **Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia**. Belo Horizonte. Revista Amazônia e Desenvolvimento. 2009

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.

ROY, D.P. BOSCHETTI, L. TRIGG, S.N. **Remote Sensing Of Fire Severity. Assessing the Performance of the Normalized Burn Ratio**. IEEE Geoscience and remote sensing letters. 2006

SCARCELLO, J. A. BIDONE, E. D. **Agropecuária e Desmatamento no Acre no Período de 1975-2000, uma análise histórica atual**. VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica". Fortaleza, 2007.

SEMA. **PDC PROACRE. Comunidade Carão**. Governo do Estado do Acre. 2011.

SIVIERO, A.; BAYMA, M.A.; MEDEIROS, F.S.T.M. **Ordenamento Territorial do Alto Acre**. Rio Branco. SEMA. 2008.

TEOBALDO, D. BAPTISTA, G.M.M. **Quantificação do Grau de Severidade de Queimada em Unidades de Conservação no Distrito Federal por meio dos índices Espectrais Dnbr e RdNBR**. PIBIC - Universidade de Brasília. Brasília. 2012.

ENVI. **Módulo de Correção Atmosférica QUAC**. Brasília. 2012. Disponível em <http://www.envi.com.br/index.php/modulos/acm>. Acesso em 10 de setembro de 2012.

IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil. 2004**. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/ Acessada em 5 de novembro de 2012.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Brasília. 2012. Disponível em <http://www.incra.gov.br/>. Acesso em 20 de março de 2012.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Brasília, 2012. Disponível em <http://www.inpe.br/>. Acesso em 10 de setembro de 2012.

Figuras

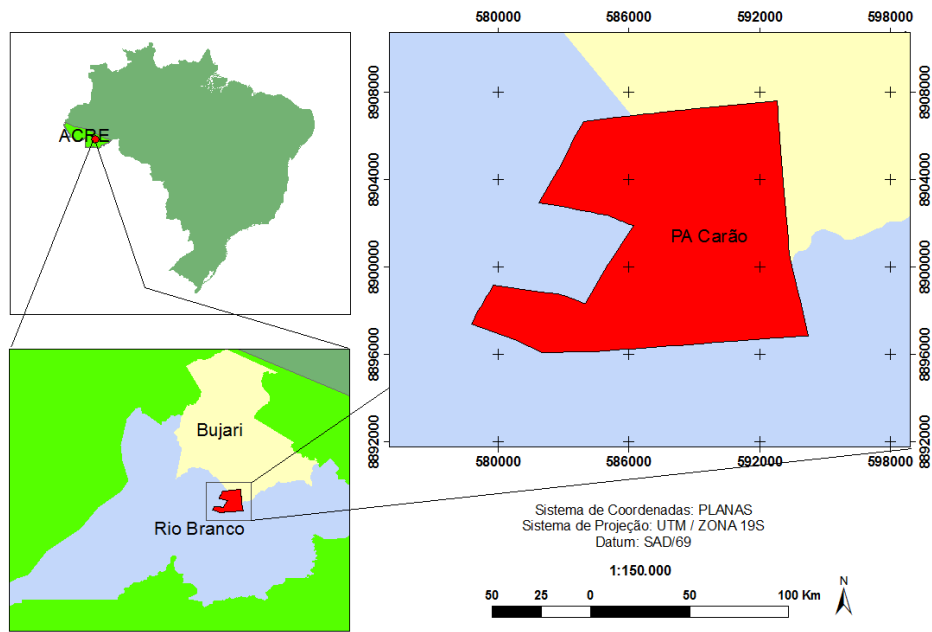


Figura 1 - Mapa de Localização do PA Carão.

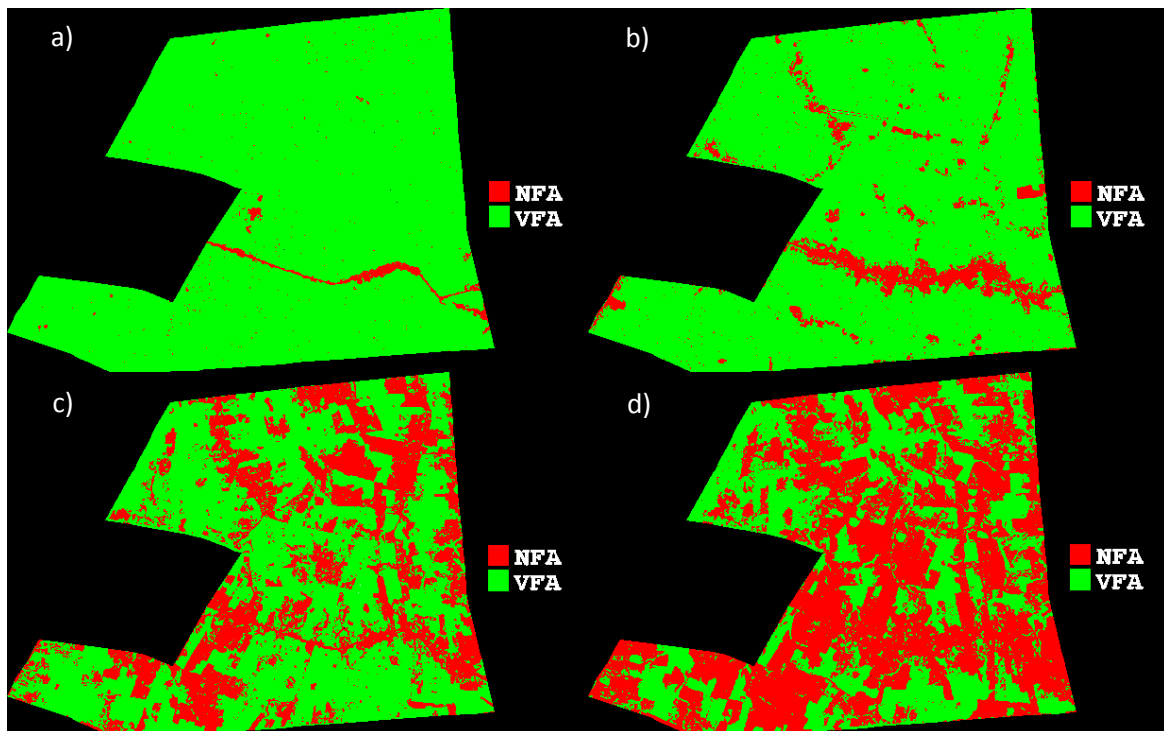


Figura 2 - Índice de CO₂flux no PA Carão para os anos de a) 1986, b) 1999, c) 2005 e d) 2011, destacando as áreas não fotossinteticamente ativas (NFA) e com vegetação fotossinteticamente ativa (VFA).

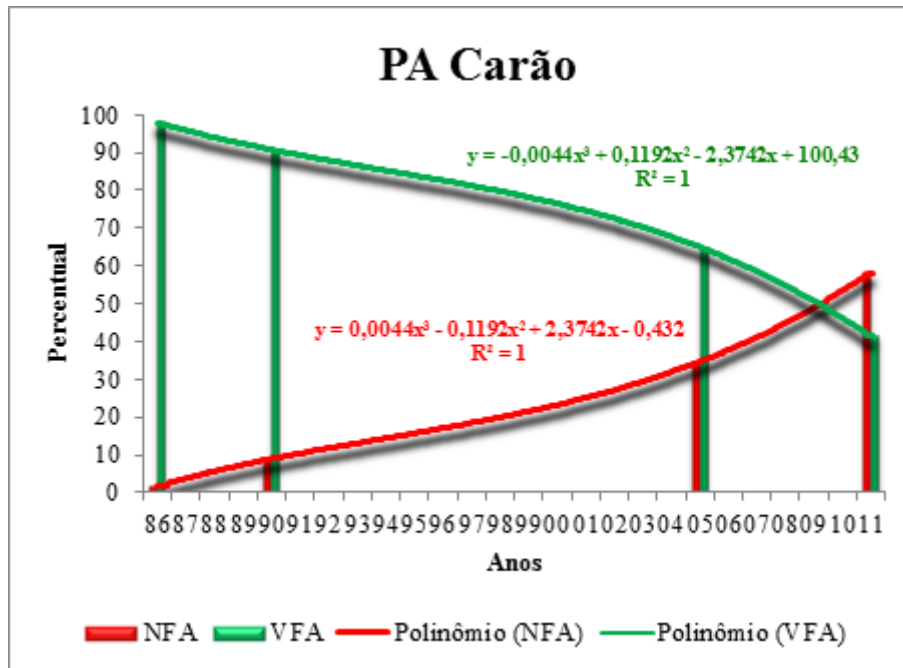


Figura 3 – Variação temporal das áreas não fotossinteticamente ativas (NFA) e vegetação fotossinteticamente ativa, com ajuste polinomial de quarta ordem.

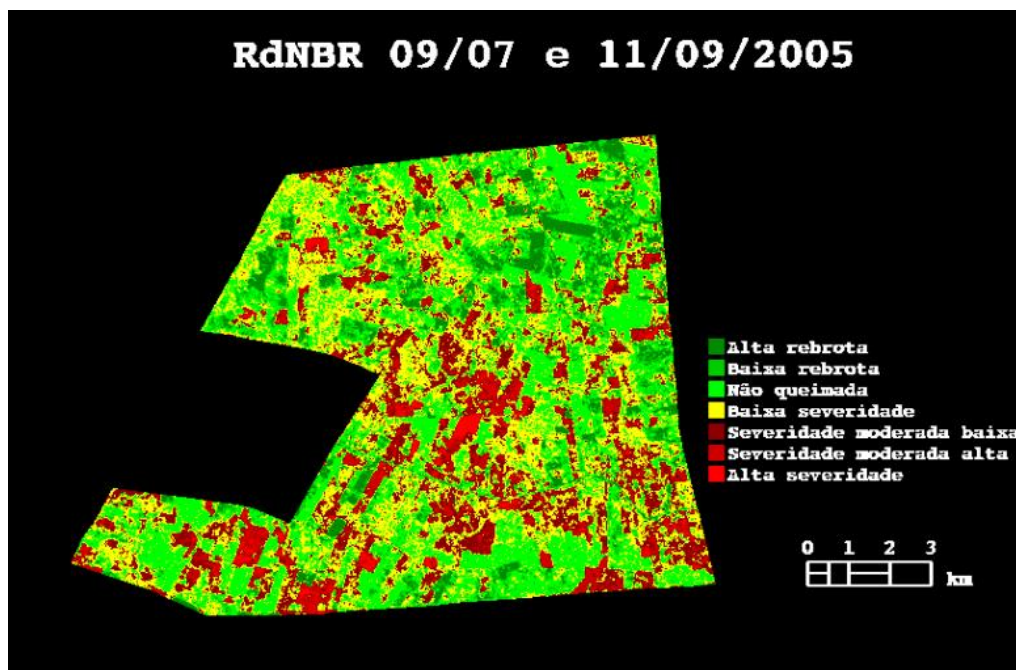


Figura 4 – RdNBR obtido entre 09/07 e 11/09/2005, para avaliar o grau de severidade da queimada ocorrida em 10/08/2005.

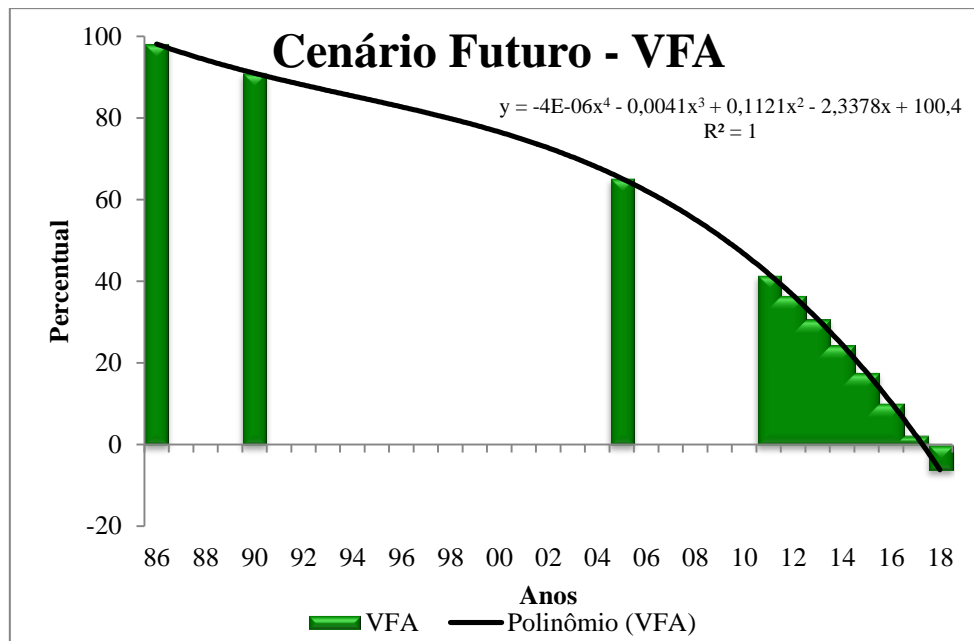


Figura 5 – Cenário futuro de VFA destacando o ano de 2018 quando o PA Carão já ultrapassa 0% de área com vegetação fotossinteticamente ativa.