

PREDIÇÃO ESTÁGIO SUCESSIONAL EM REGENERAÇÃO APÓS FOGO EM ÁREAS
DE CERRADO: DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA ESTUDOS DE
LONGA DURAÇÃO

Caroline Costa Corrêa¹ e Paulo De Marco Júnior²
¹caroline.costa01@gmail.com; ²pdemarco@icb.ufg.br

Instituto de Ciências Biológicas - Departamento de Ecologia

RELATÓRIO PARCIAL
PIBIC - Balcão

Palavras Chave: NDVI, Landsat, biomassa, capim-flecha, Parque Nacional das Emas

INTRODUÇÃO

O Cerrado é a maior savana neotropical, constituído por um gradiente de formações vegetais, desde tipos abertos onde predominam as herbáceas com árvores esparsadas, até densas formações florestais. O bioma também é caracterizado por uma forte sazonalidade, observada pelas diferenças de precipitação na estação seca e na chuvosa (Ramos-Neto and Pivello, 2000). Devido a essas características, o fogo é considerado um distúrbio frequente e importante fator seletivo que ajuda a determinar a plasticidade e resistência das espécies de plantas em savanas. A presença do fogo natural em savanas data de pelo menos 20 milhões de anos influenciando características estruturais da savana como disponibilidade de luz, temperatura do solo, disponibilidade de nutrientes além da quantidade de biomassa seca acumulada no solo (Silva and Batalha, 2008).

Novas tecnologias, como a do sensoriamento remoto, permitiram uma alteração da percepção humana, especialmente em relação à ampliação das escalas temporais e espaciais de análise. A possibilidade de obtenção de dados em grandes extensões aliadas a regularidade dessas informações, permitem, por exemplo, o monitoramento da vegetação, quanto à produtividade biomassa (Hicke *et al.*, 2003), e também sua resposta frente a distúrbios. Índices de vegetação derivados do sensoriamento remoto podem fornecer uma grande quantidade de dados, capazes de ajudar a entender a dinâmica da biomassa no tempo e espaço e, com isso, a entender sistemas como o Cerrado, respondem a perturbações.

A utilidade do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI, em inglês) na descrição de características da vegetação já foi demonstrada, tanto em formações fechadas, na caracterização dos dosséis de florestas, quanto em formações abertas (Scanlon *et al.*, 2002), tais como o Cerrado. Este índice permite a quantificação das mudanças da vegetação em relação a distribuição, fenologia e produtividade (Pettorelli *et al.*, 2005), e é calculado a partir da reflectância das bandas do vermelho (630 – 690 nm), e do infravermelho (760 – 900 nm) (Rouse *et al.*, 1973), medindo indiretamente a atividade fotossintética. Os valores do NDVI variam no intervalo -1 a +1 e quanto maior a diferença entre o fator de reflectância no infravermelho próximo e no vermelho, maior é o valor deste índice.

Dada a resiliência do Cerrado, áreas queimadas tendem a iniciar processos de regeneração atingindo distintos níveis de integridade. A análise desses estágios a partir de índices como o NDVI pode permitir uma avaliação do estado de integridade desses sistemas e o estudo de mecanismos que governam essas comunidades.

OBJETIVOS

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi testar a premissa de que as diferenças entre os estágios de sucessão ecológica após queimadas, em termos de biomassa, podem ser quantificadas por meio do NDVI, produzido de sensoriamento orbital.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Nacional das Emas (PNE), localizado no Planalto Central Brasileiro, no sudoeste do estado de Goiás próximo as divisas com Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Fig. 1). O PNE é uma das mais importantes reservas do Bioma Cerrado, com mais de 130.000 hectares de área protegida, abrange várias fitofisionomias, prevalecendo os tipos abertos que cobrem quase 70% da área do parque.

O fogo é uma constante histórica no PNE (França *et al.*, 2007). Antes da sua implementação, pecuaristas aproveitavam de suas pastagens naturais para alimentar o gado e durante a época seca, utilizavam-se de fogo para promover o rebrotamento das forrageiras. Em 1994, foi implementada uma rede de aceiros, queimados anualmente, como medida preventiva de incêndios catastróficos.

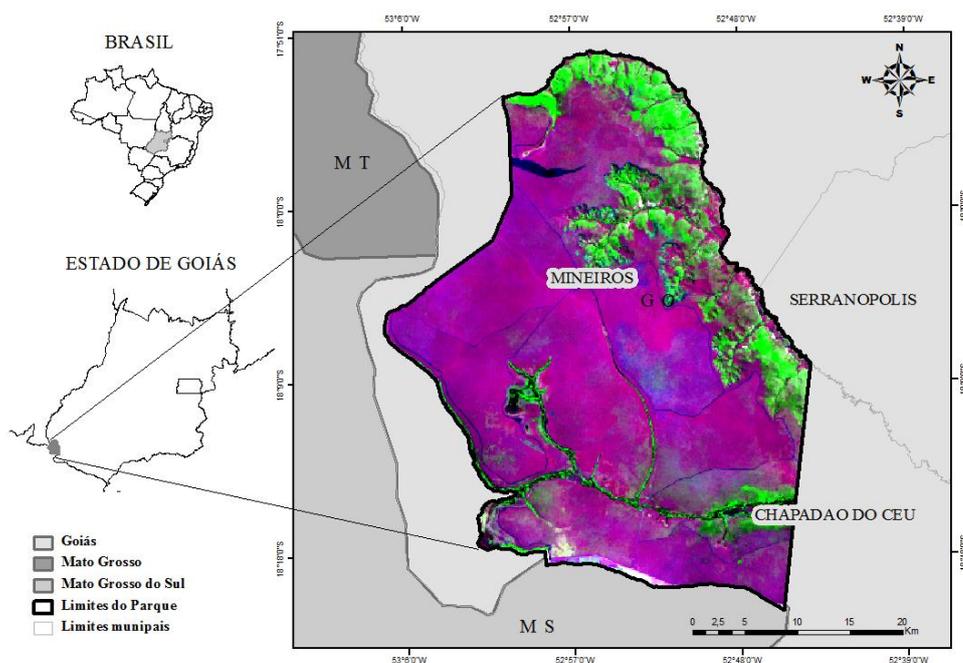


Figura 1 – Localização do Parque Nacional das Emas

Processamento das imagens

A imagens utilizadas no estudo foram obtidas do satélite Landsat 5 TM (disponíveis em <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>), que apresenta resolução espacial de 30 metros, adequada para as dimensões da área de estudo. A área de estudo está localizada na órbita 224 pontos 72 e 73 desse satélite. Foram adquiridas 20 imagens no período de 2000 a 2009 (Tab. 1), restritas ao período seco, com exceção do ano de 2002 (imagem de abril), devido ao maior contraste entre as fisionomias e menor quantidade de nuvens(Sano *et al.*, 2007).

Tabela 1. Datas das imagens utilizadas na série temporal, órbita 224 pontos 72 e 73

Satélite	Sensor	Ano	Mês
Landsat 5	TM	2000	junho
		2001	agosto
		2002	abril
		2003	julho
		2004	junho
		2005	agosto
		2006	junho
		2007	agosto
		2008	julho
		2009	agosto
		2010	julho

O pré-processamento das imagens consistiu na correção geométrica, composição colorida, mosaico das cenas e cálculo do NDVI. As imagens foram geometricamente corrigidas a partir de pontos controle, identificados no mosaico referência Landsat Geocover (disponível em <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>), por meio de transformações polinomiais de primeira ordem e interpolação por vizinho mais próximo. Como técnica de realce das imagens, utilizamos a manipulação de contraste, aplicação de filtros lineares e não-lineares para facilitar a interpretação visual.

Para cada imagem obtida, calculamos o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI). Este é definido por: $NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$, onde IVP corresponde ao infravermelho próximo e V corresponde ao vermelho.

Identificação das áreas queimadas

No mosaico das imagens de cada ano identificamos e delimitamos os polígonos das cicatrizes de queimada. A delimitação foi realizada tanto visualmente na composição colorida quanto através da subtração par a par da imagem NDVI, que resulta numa imagem diferença representando as mudanças de um ano para outro (Mas, 1999). Para a criação da área controle excluímos todas as cicatrizes de queimada das imagens, restando apenas áreas que nesse período não foram queimadas. Em relação à área queimada, selecionamos uma cicatriz do ano de 2004, e removemos as cicatrizes anteriores e posteriores a essa data, para estabelecer uma queimada exclusiva e descartar a influência de outras queimadas.

A partir dos valores temporais de cada pixel da série construímos os perfis das áreas por meio de uma análise de variância de medidas repetidas (Zar, 1999). É importante observar que nós utilizamos essa análise estatística de uma forma exploratória já que o número de graus de liberdade é muito grande ($n=19.265$), o que leva a um poder do teste excessivo.

RESULTADOS

As respostas na área queimada e na área controle em relação à atividade fotossintética medida pelo NDVI diferiram ao longo dos anos ($F= 7.339$; $n= 19.265$; $p=0, 0000$, Fig. 2.). No ano seguinte à queimada a vegetação apresentou valores do NDVI maiores em relação à área controle. Em 2006 observamos um pico de atividade fotossintética tanto na área controle quanto na queimada. Em 2007 a vegetação da área queimada volta a demonstrar maior atividade fotossintética que a controle. A partir dessa data ocorre um decréscimo da atividade em ambas as áreas, porém a área queimada decresce mais rapidamente que a área controle.

De uma forma geral, é possível afirmar que a curva do controle apresenta variações grandes que sugerem que mesmo áreas não queimadas têm variações de NDVI causadas por outros fatores não medidos. Por outro lado, a curva das áreas queimadas apresentou um padrão com um crescimento nos primeiros dois anos e um decréscimo nos anos seguintes, até atingir valores semelhantes ao ano da queima.

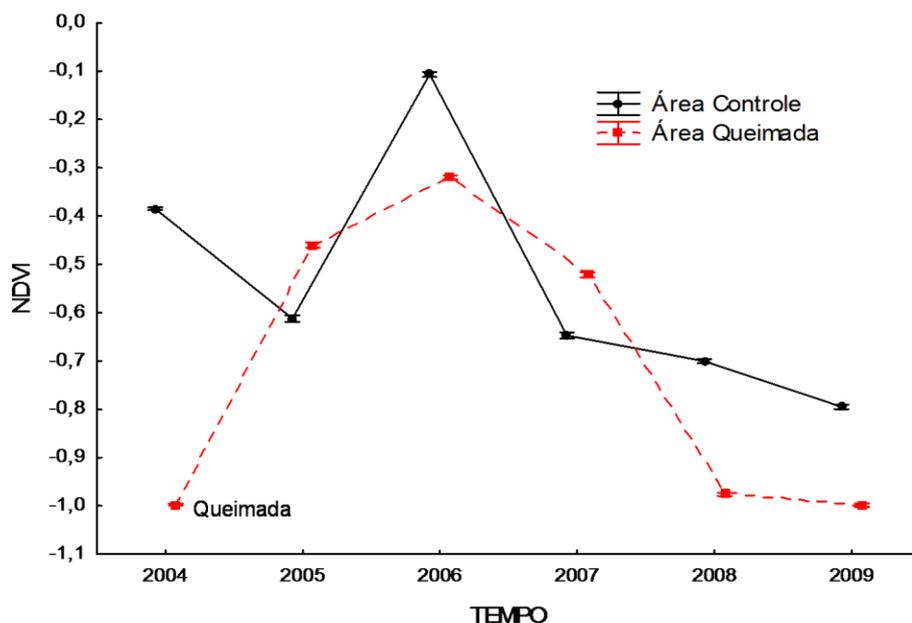


Figura 2 – Perfil temporal do NDVI no período de 2004 a 2009, nas áreas controle e queimada. As barras representam o intervalo de em confiança de 95%.

DISCUSSÃO

A grande variação interanual da área controle e ausência de um padrão perceptível não puderam ser explicadas através do índice de vegetação. Outros fatores como, precipitação de chuva durante o ano, ocorrência de anos atípicos, por exemplo, durante os fenômenos El niño e La niña, podem ter exercido uma influência na resposta fotossintética da vegetação (Martiny *et al.*, 2010), especialmente pela marcada sazonalidade do Cerrado.

Os maiores valores de atividade fotossintética encontrados na área logo após a queimada podem ser explicados pelo fenômeno da precipitação atmosférica de nutrientes minerais. A rápida mineralização da matéria orgânica causada pelo fogo disponibiliza uma grande quantidade de nutrientes, principalmente íons de fosfato e potássio (Coutinho, 1990). Por estarem dispostos apenas superficialmente na camada do solo, apenas as gramíneas tem acesso a esses minerais. O enriquecimento do solo aliado ao estímulo mecânico do fogo impulsiona a reprodução em gramíneas, aumentando sua abundância e atividade fotossintética em áreas recentemente queimadas. Além disso, essas espécies recuperam-se rapidamente porque os seus meristemas estão protegidos do fogo, abaixo do solo.

O padrão de atividade fotossintética encontrado na área queimada durante o tempo avaliado é bastante coerente com o padrão de dinâmica populacional da espécie vegetal

dominante no parque *Tristachya leiostachya*. O capim-flecha, como é conhecido, tem seu ciclo bem adaptado a diferentes frequências de fogo (Cianciaruso *et al.*, 2010). No ano seguinte a queimada, *T. leiostachya* reproduz-se sexuadamente emitindo hastes que produzem uma grande quantidade de biomassa aérea. Essa biomassa é responsável por excluir competitivamente (Zimmermann *et al.*, 2010), por sombreamento ou imobilização de nutrientes, outras gramíneas e também pequenas lenhosas, tornando o capim-flecha dominante nessas áreas.

No período entre 2008 e 2009 em ambos os tratamentos a atividade fotossintética é reduzida, chegando, na área queimada, a valores característicos de um incêndio recente. Todavia, o incêndio não foi confirmado visualmente através de cicatrizes nas imagens da data, indicando que tais valores correspondem ao acúmulo de biomassa orgânica seca, decorrente da morte das plantas ou da pouca atividade fotossintética. Entre os eventos de fogo, *T. leiostachya* consegue se reproduzir assexuadamente gerando uma grande quantidade de biomassa seca. Somente *T. leiostachya* contribui com seis vezes mais biomassa do que todas as outras gramíneas combinadas (Cianciaruso *et al.*, 2010). O aumento da biomassa seca é um motivo de preocupação, pois aumenta a probabilidade de incêndios graves, como o que ocorreu em agosto de 2010, abrangendo quase a totalidade do parque.

Os resultados sugerem que em 2008 e 2009 havia um acúmulo de biomassa seca de *T. leiostachya* com grande capacidade combustível. É possível que áreas que sofreram esse tipo de dinâmica do capim flecha possam ter um aumento da probabilidade de sofrer incêndios 5-6 anos após um evento de fogo. Essa informação e a estimativa de áreas com maior quantidade de vegetação seca (possivelmente associada à última fase do ciclo do capim flecha) podem ajudar a criar modelos para prever que áreas podem ter maiores chances de incêndios a cada ano. Essa possibilidade será desenvolvida na próxima fase do estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O índice de vegetação da diferença normalizada não foi capaz de identificar os estágios sucessionais da regeneração pós-fogo. Todavia, foi possível interpretar os mecanismos que governam as comunidades submetidas a esse distúrbio de forma a compreender a integridade desses sistemas, principalmente através da interpretação da dinâmica da biomassa vegetal no sistema. Além disso, o NDVI pode servir como um preditor, juntamente com outras variáveis, de futuras áreas queimadas com base na identificação de regiões que apresentem acúmulo de biomassa seca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cianciaruso MV, Batalha MA, Silva IA (2010) Aboveground biomass of functional groups in the ground layer of savannas under different fire frequencies. *Australian Journal of Botany* 58:169-174.

Coutinho LM (1990) Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: *Fire in the tropical biota* pp 81-103. Springer: Berlin: Ed. JG Goldammer.

França H, Ramos-Neto MB, Setzer AW (2007) *O fogo no Parque Nacional das Emas*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

Hicke JA, Asner GP, Kasisch ES, French NHF, Field CB (2003) Postfire response of North American boreal forest net primary productivity analyzed with satellite observations. *Global Change Biology* 9:1145-1157.

Martiny N, Philippon N, Richard Y, Camberlin P, Reason C (2010) Predictability of NDVI in semi-arid African regions. *Theoretical and Applied Climatology* 100:467-484.

Mas JF (1999) Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing* 20:139-152.

Pettorelli N, Vik JO, Mysterud A, Gaillard JM, Tucker CJ, Stenseth NC (2005) Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology and Evolution* 20:504-510.

Ramos-Neto MB, Pivello VR (2000) Lightning Fires in a Brazilian Savanna National Park: Rethinking Management Strategies. *Environmental Management* 26:675-684.

Rouse JM, Haas RH, Schell JA, Deering DW (1973) Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Third ERTS Symposium, NASA* 1:309-317.

Sano EE, Ferreira LG, Asner GP, Steinke ET (2007) Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. *International Journal of Remote Sensing* 28:2739-2752.

Scanlon TM, Albertson JD, Caylor KK, Williams CA (2002) Determining land surface fractional cover from NDVI and rainfall time series for a savanna ecosystem. *Remote Sensing of Environment* 82:376-388.

Silva DM, Batalha MA (2008) Soil-vegetation relationships in cerrados under different fire frequencies. *Plant Soil* 311:87-96.

Zar JH (1999) *Biostatistical analysis*. Upper Saddle River: Prentice Hall.

Zimmermann J, Higgins SI, Grimm V, Hoffman J, Linstadter A (2010) Grass mortality in semi-arid savanna: The role of fire, competition and self-shading. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12:1-8.