



**Uso das Imagens de Sensores Remotos para Análise Crítica da  
Degradação do Cerrado no Alto Médio São Francisco – Minas Gerais**  
Use of Remote Sensing Images for Critical Analysis of Cerrado  
Degradation in Upper São Francisco - Minas Gerais State

Marcilio Baltazar Teixeira<sup>1</sup>; Pedro Luiz Teixeira de Camargo<sup>2</sup> & Paulo Pereira Martins Junior<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui, Departamento de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica,  
Rua Luiz Joaquim de Sá Brito, 97650-000, Promorar, Itaqui, RS, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos  
Naturais, Campus Morro do Cruzeiro, Bauxita, 35400-000, Ouro Preto, MG, Brasil.

E-mails: marcilio\_baltazar@hotmail.com; pedroluizteixeiradecamargo@yahoo.com.br; maertejn@gmail.com

Recebido em: 30/01/2018      Aprovado em: 16/03/2018

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2018\\_1\\_245\\_254](http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_245_254)

## Resumo

Este estudo busca compreender os níveis de progressão temporal da degradação do Cerrado em uma área localizada no Alto Médio São Francisco, no norte de Minas Gerais, durante um período aproximado de 40 anos, precisamente nos anos de 1975, 1984, 1993, 2003, 2009 e 2011. Por meio da utilização das técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), foram desenvolvidos mapas temáticos em que podem ser percebidos os variados níveis de degradação do Cerrado. Assim, percebendo-se a complexidade do uso e da ocupação dos solos da região e simplificando-se o entendimento da evolução do processo da degradação, a localidade estudada foi classificada em seis temas fundamentais, que representam aspectos que podem ser encontrados em campo: Cerrado, plantações antrópicas, solo exposto, mata ciliar, água e “outros aspectos”. A partir dos estudos realizados, constatou-se a preocupante evolução da deterioração do Cerrado na área de interesse.

**Palavras-chave:** Cerrado; Degradação; Norte de Minas Gerais

## Abstract

This study investigates the temporal progression levels of cerrado degradation in an area located in the upper middle São Francisco, north of Minas Gerais, in the approximate period of 40 years, in 1975, 1984, 1993, 2003, 2009 and 2011. Using the techniques of Digital Image Processing (PDI), the thematic maps were developed, being able to be perceived the varied levels of degradation of the Cerrado. In order to simplify the understanding of the development of the degradation process, the studied locality was classified into six fundamental themes: Cerrado, anthropic plantations, exposed soil, ciliary forest, water and “others aspects”. From the studies carried out, it was verified the worrying evolution of the deterioration of the Cerrado of the area of interest.

**Keywords:** Cerrado; Degradation; North of Minas Gerais

## 1 Introdução

A região do Alto Médio São Francisco, no Estado de Minas Gerais, está localizada em uma área de semiaridez e possui grande variedade de recursos naturais. No entanto, percebe-se, em Pereira (1984), que a utilização indisciplinada desses recursos, provoca a degradação de toda a vegetação da região do Alto Médio São Francisco. Nessa conjuntura, a análise dos níveis da degradação ampara a compreensão da dinâmica do uso e da ocupação solo, servindo de suporte para a elaboração de políticas públicas e de gestão ambiental (Martins Junior, 2014).

A área degradada (D) ( $m^2$ ) considerada nesta pesquisa pode ser entendida como uma função composta pelas áreas de uso do solo ( $m^2$ ) subtraídas pelas áreas ambientalmente conservadas (C) ( $m^2$ ) (definição:  $D = \text{“Usos do Solo”} - C$ ). Isto é, a Conservação, no entendimento fundamental desta pesquisa, é uma característica de todas as áreas cujos ambientes naturais, aparentemente, ainda não perderam suas capacidades de auto-sustentação; e os “Usos da Terra” são todos os diferentes tipos de usos do solo inseridos na área de interesse, portanto, refere-se à área total da localidade em estudo (Martins Junior, 2014).

Dessa forma, a avaliação ambiental tem sido realizada, também, por meio do uso de metodologias de processamento de informações geográficas (geoprocessamento), que possibilitam a obtenção de uma visão sintética e sistêmica de toda a região estudada, uma vez que promove a integração de dados de origens diversas. Assim, o objetivo deste

artigo é o de se realizar uma sequência multitemporal de imagens do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI, sigla do inglês, *Normalized Difference Vegetation Index*), compreendendo-se os variados níveis da degradação da vegetação na região do Alto Médio São Francisco-MG, em um intervalo de aproximadamente 40 anos.

Logo, sobre as imagens dos satélites LANDSAT 1 MSS e LANDSAT 5 TM referentes aos anos de 1975, 1984, 1993, 2003, 2007 e 2011 – considerando-se que apenas as imagens do ano de 1975 são do LANDSAT 1 MSS – foram aplicadas diversas metodologias de processamento digital. Assim, com a produção das imagens NDVI, foi permitida a compreensão e qualificação/quantificação da ação antrópica sobre a cobertura vegetal na região do Alto Médio São Francisco. A região do Alto Médio São Francisco está localizada na porção norte do Estado de Minas Gerais, constituindo-se como uma importante sub-região da bacia hidrográfica do Rio São Francisco.

## 2 Área de Estudo

A área de estudo, apresentada na Figura 1, encontra-se inserida na bacia hidrográfica do Pandeiros (Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos UPGRH/SF6), na região norte de Minas Gerais, que se destaca, de acordo com a Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG, 2013), por sua potencialidade mineral, agrícola e da silvicultura do eucalipto.

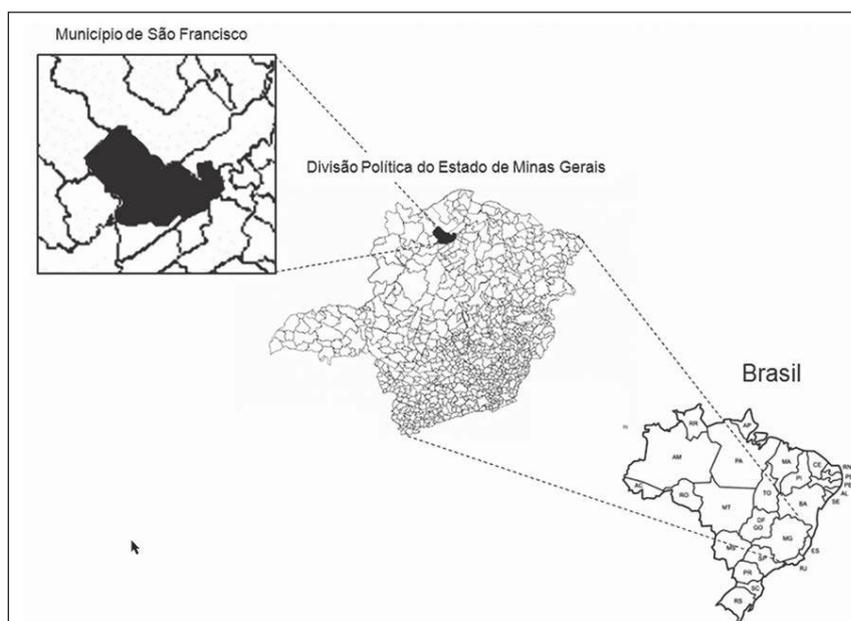


Figura 1 Localização do município de São Francisco-MG.

### 3 Materiais e Métodos

Foram utilizadas imagens dos satélites LANDSAT 1 - sensor MSS - e LANDSAT 5 - sensor TM – aproveitando-se, respectivamente, das bandas 4, 5 e 7 do primeiro e bandas 3, 4 e 7 do segundo, nas datas de 14/06/1975, 13/06/1984, 22/06/1993, 06/09/2003, 26/04/2007 e 12/09/2011, obtidas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2003). Além disso, foi utilizada uma imagem GLS LANDSAT 5 para registrar/georreferenciar as imagens dos satélites LANDSAT 1 MSS e LANDSAT 5 TM, o que possibilitou a correção das imagens geometricamente.

Todas as atividades de Processamento Digital das Imagens (PDI) possibilitaram o realce das informações digitais relacionadas à vegetação, o que aumentou a precisão da caracterização das imagens. Desse modo, foram geradas imagens de composições coloridas (RGB), conforme Figura 2, foram realizadas operações aritméticas (NDVI) e, também, a classificação supervisionada para produção dos cartogramas temáticos.

Para calcular o NDVI, utilizou-se a proposição de Rouse *et al.* (1973), que determina que o NDVI deve ser estimado pela subtração das reflectâncias entre a faixa de infravermelho próximo NIR (0,725 a 1,00 µm) e a faixa do visível – VIS (0,625 a 0,725 µm):

$$NDVI = (NIR - VIS)/(NIR+VIS)$$

Esta metodologia elimina, mesmo que parcialmente, interferências atmosféricas, inconsistências radiométricas e geométricas. Desta forma, de acordo com Ponzoni *et al.* (2012), para a geração das imagens de índice de vegetação, transformou-se os números digitais (Nd) em valores de radiância ou reflectância, pois os números digitais não estão condicionados a uma mesma escala radiométrica nas diferentes bandas. Assim, nesta pesquisa, para a correção de tal aspecto, utilizou-se apenas a formulação descrita em Luiz *et al.* (2003):

$$RAD = G \times Nd + B$$

Sendo: RAD o valor da radiância; Nd (0 a 255) o número digital, e “G” e “B” os parâmetros fornecidos pela Tabela 1 denominados ganho e intercepto (“offset”), respectivamente.

Pós-Calibração Dinâmicas das Bandas do LANDSAT 1 MSS				
Radiância Espectral em W(m <sup>2</sup> .sr.um)				
Data de Processamento	De 23 de Julho de 1972			
	Até 7 de Janeiro de 1978			
Bandas	Ganho (G)	Offset (B)		
4	1,952760	0		
5	1,574800	0		
7	1,204720	0		
Pós-Calibração Dinâmicas das Bandas LANDSAT 5 TM				
Radiância Espectral em W(m <sup>2</sup> .sr.um)				
Data de Processamento	De 1º de Março de 1984		Depois de 5 de Maio de 2003	
	Até 4 de Maio de 2003		Ganho (G)	Offset (B)
Bandas	Ganho (G)	Offset (B)	Ganho (G)	Offset (B)
3	0,805765	-1,17	1,039880	-1,17
4	0,814549	-1,51	0,872588	-1,51
7	0,056980	-0,15	0,065294	-0,15

Tabela 1 Parâmetros de calibração das bandas (INPE, 2002).

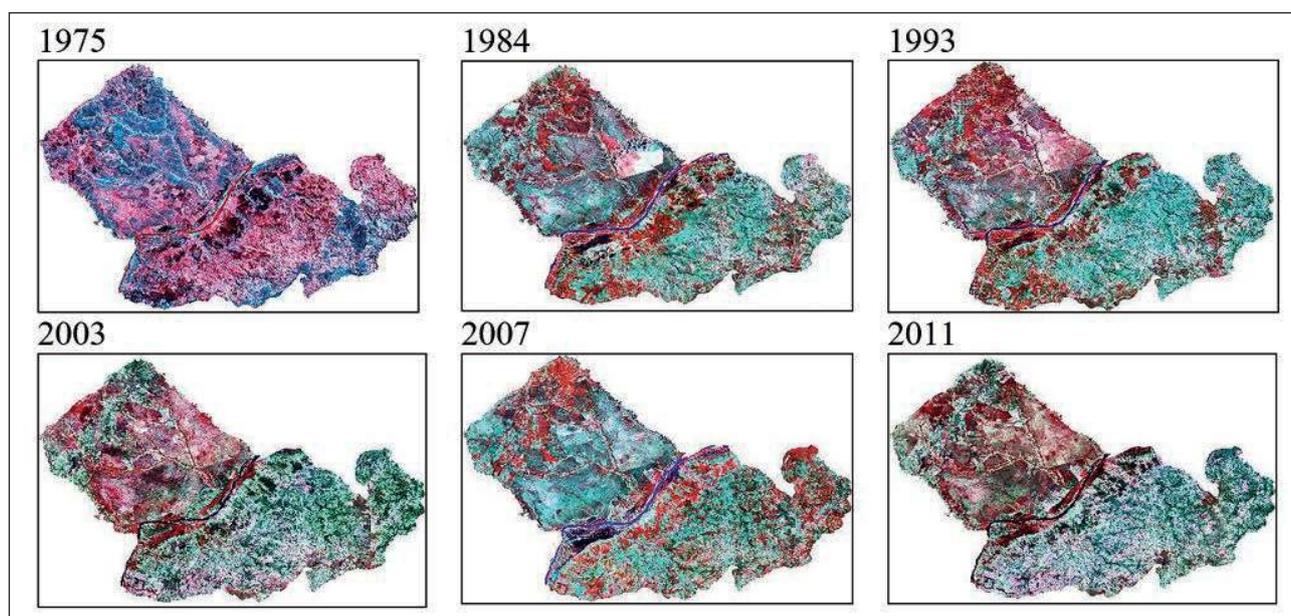


Figura 2 Composição Colorida RGB b7b4b5 (LANDSAT 1 MSS) e RGB b4b7b3 (LANDSAT 5 TM).

Posteriormente à correção geométrica das imagens, conforme descrito anteriormente, foram estimados os índices de vegetação por meio do método da diferença normalizada, através de “Operações Aritméticas” disponibilizadas no software SPRING 5.2.7. Em seguida, após serem recém-produzidas, as imagens de NDVI foram fundidas com as bandas 4 e 3, passando pelos procedimentos de segmentação, classificação e interpretação para a obtenção das informações da degradação do Cerrado no município de São Francisco-MG, conforme as imagens RGB b4NDVI3b. Observa-se que, diferentemente da composição colorida formada pelas bandas 3, 4 e 7 (imagem RGB b4b7b3), a imagem NDVI substituiu a banda 7 na nova composição colorida, instituindo a imagem RGB b4NDVI3b. Ressalte-se que, nas imagens do LANDSAT-1 MSS, a banda 7 e a banda 5 são aproximadamente equivalentes, respectivamente, à banda 4 e à banda 3 do LANDSAT-5 TM. As imagens do LANDSAT-1 MSS formam uma RGB b7NDVIb5, conforme pode ser observado na Figura 3.

Todas as imagens, após serem devidamente processadas, foram segmentadas por meio da aplicação da metodologia de crescimento de regiões com valores de similaridade abaixo do limiar 10 e com limiar de associação para área mínima igual a 10 pixels. Os valores de similaridade e de área mínima foram os que apresentaram os resultados

finais mais consistentes e homogêneos. A seguir, na Figura 4, a sequência de classificação supervisionada de imagens a ser utilizada nesta pesquisa.

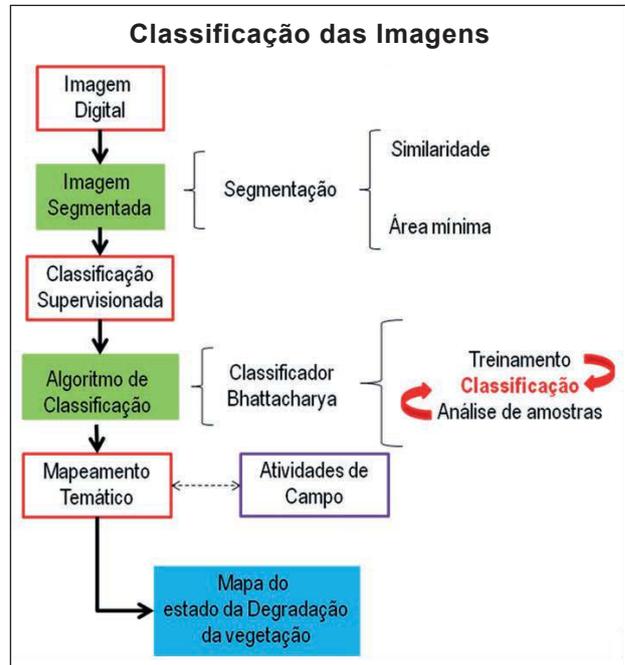


Figura 4 Sequência metodológica para classificação supervisionada de imagens.

Espera-se que as composições coloridas RGB b7NDVIb5 e RGB b4NDVIb3 melhorem a acurácia e facilitem o mapeamento temático da área de estudo, através da homogeneização da reflectância do espectro eletromagnético, o que possibilita a mais

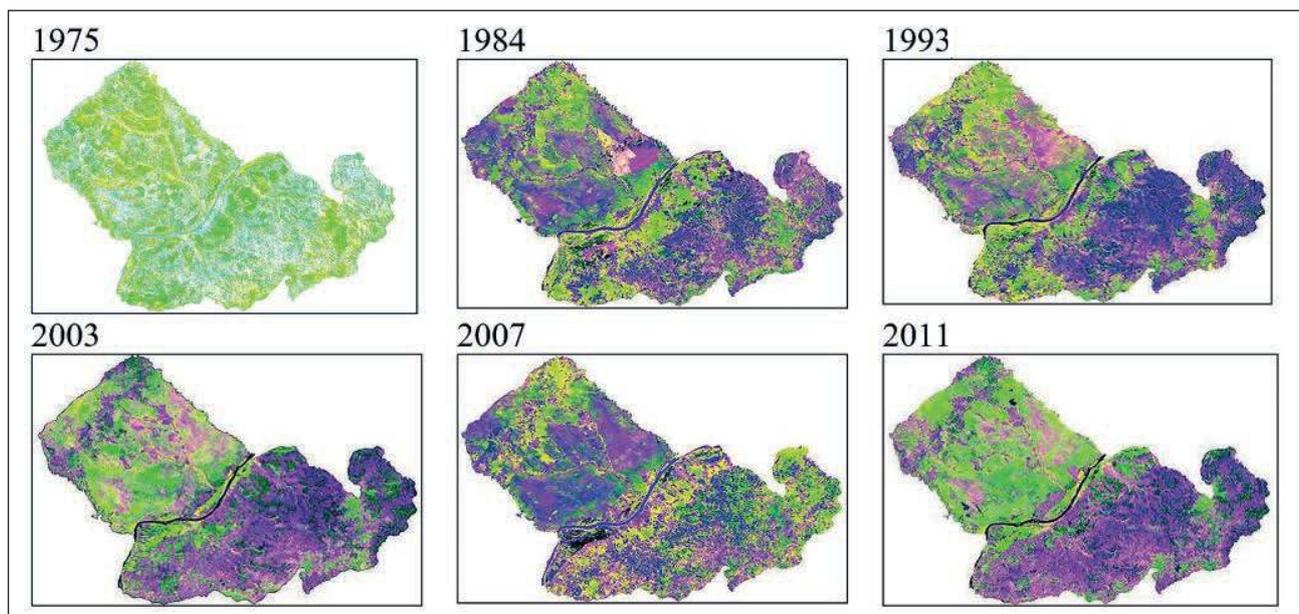


Figura 3 Composição colorida RGB b7NDVIb5 (LANDSAT 1 MSS) e RGB b4NDVIb3 (LANDSAT 5 TM).

perfeita distinção dos segmentos da imagem. Após a formação destas imagens RGB NDVI, realizou-se a classificação supervisionada por região, considerando-se as classes temáticas: Cerrado, plantações antrópicas, solo exposto, mata ciliar e água, e “outros aspectos”, conforme apresenta a Figura 5.

Foi considerado, como referência para a escolha das amostras de treinamento da classificação supervisionada; o Relatório Parcial de Estudos Ambientais e Levantamentos de Dados (Fundação Rural Mineira - Rural Minas -, 2003), que caracteriza todo o Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes do Rio São Francisco em Minas Gerais.

Por fim, foram geradas, por meio da classificação supervisionada, informações sobre o mapeamento temático prévio da vegetação. Posteriormente, realizaram-se os trabalhos de campo para confrontar os elementos encontrados nas imagens classificadas, com o objetivo de se testar o nível de confiança da caracterização temática prévia, o que possibilitou correções das informações cartográficas geradas.

As plantações antrópicas, nesta pesquisa, são representadas por plantios diversos, que o homem tenha inserido no meio natural para obtenção de rendimentos financeiros ou para o próprio sustento. Esses plantios podem variar desde o cultivo de espécies exóticas até de nativas, sendo que o plantio

de espécies nativas, especificamente, serve para a obtenção de ganhos puramente econômicos, quando plantadas em larga escala.

Ressalta-se, ainda, que o significado de Cerrado, em todas as análises deste estudo, relaciona-se às características do bioma Cerrado propriamente dito, que se associa à vegetação de Campos Cerrados.

A categoria “outros aspectos” é representada por área de vegetação rasteira diversa, pastagens, campos limpos, “mudas agrícolas”, veredas, áreas urbanizadas, zonas de reflorestamentos, pequenas áreas degradadas e várzeas. Esses tipos de usos do solo são de difícil identificação e discernimento nas imagens digitais. Em função disso, todos esses tipos de usos do solo foram incluídos nesta classe temática “outros aspectos”.

Por sua vez, na classe “solo exposto” estão incluídos estradas, ramais de acesso às atividades agrárias, áreas de desmatamentos (recentes ou antigos) e de plantios agrícolas diversos (recém-semeados), localidades totalmente degradadas (ou devastadas) e barras de assoreamento.

#### 4 Resultados e Discussão

Os mapas da classificação da vegetação nativa foram avaliados individualmente, identificando-se as mudanças para os diferentes níveis de



Figura 5 Tipos predominantes de uso e ocupação do solo do município de São Francisco-MG.

degradação. Posteriormente, os níveis foram comparados em conjunto e os percentuais mapeados para todos os anos foram analisados qualitativa e quantitativamente. Na Figura 6, percebe-se a dinâmica dos graus de degradação do Cerrado no município de São Francisco-MG ao longo dos anos de 1975, 1984, 1993, 2003, 2007 e 2011.

A Figura 7, mostra a representação gráfica da degradação do Cerrado, o principal bioma do município de São Francisco-MG, ao longo do tempo.

Por outro lado, na Figura 8 é possível observar a variação dos diferentes tipos de usos do solo entre os anos de 1975 a 2011.

Para facilitar o entendimento do avanço da degradação no Cerrado, e também dos outros biomas do Alto Médio São Francisco-MG, desenvolve-se, juntamente às análises ambientais, um resumo analítico do histórico sócio-econômico e financeiro do Brasil. Isso porque todo esse processo de avanço sobre o Cerrado se deve a uma nova ideologia empresarial que surgiu no semiárido, repetidamente apoiada pelos financiamentos por meio do crédito rural, assistência às cooperativas e com o início da atividade de preparação e avaliação de projetos como pré-condições válidas para alcançar os financiamentos disponíveis.

Conforme a explicação de Pereira (2007), a atividade agropastoril existia no norte de Minas Gerais



Figura 7 Evolução da degradação e conservação do Cerrado entre 1975 e 2011 no município de São Francisco-MG.

antes do descobrimento do ouro na região central do Estado. Posteriormente, na década de 1950, a atividade agropastoril foi suprimida pela agricultura intensiva, e por diversas outras atividades econômicas impactantes. Assim, os municípios que constituem a região do Norte de Minas Gerais construíram seus processos exploratórios sem controle, e o cerrado foi desaparecendo gradativamente em uma localidade que, seguindo o raciocínio de Pereira (2007), sempre possuiu afinidade pela agropecuária, por apresentar pré-requisitos para a edificação de um complexo agropecuário, com agricultura irrigada, agroindústria e pecuária bovina de corte e leite.

Com a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), em 1959, um alavancamento desenvolvimentista alterou comple-

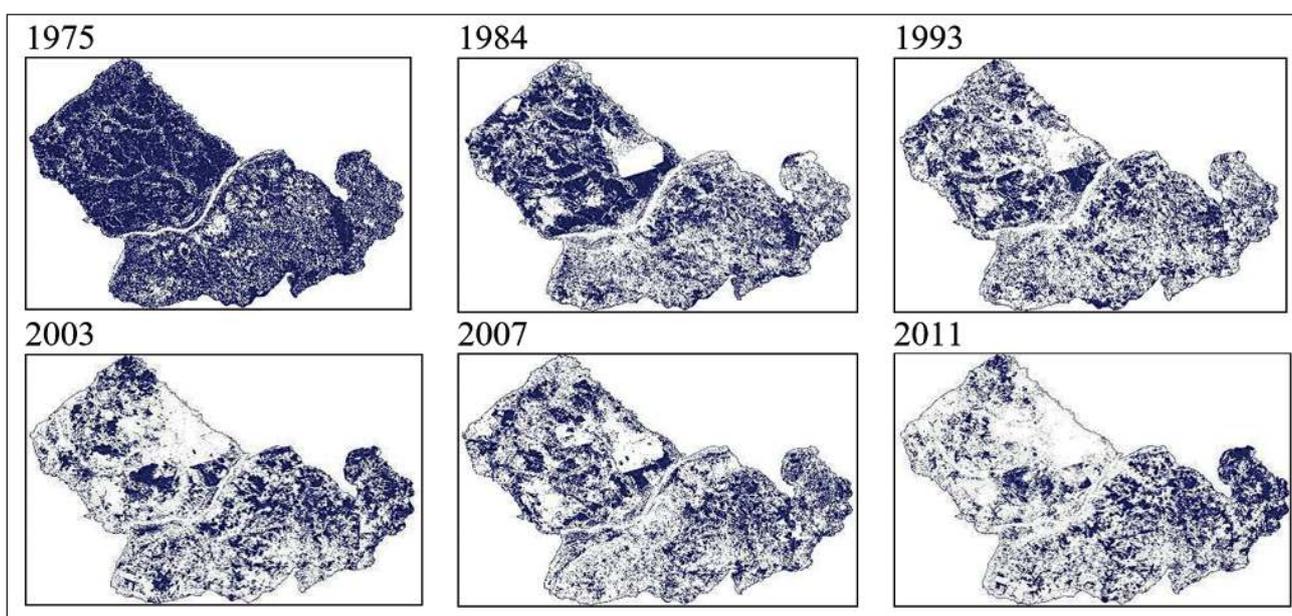


Figura 6 Degradação do Cerrado ao longo de quase 40 anos no município de São Francisco-MG.

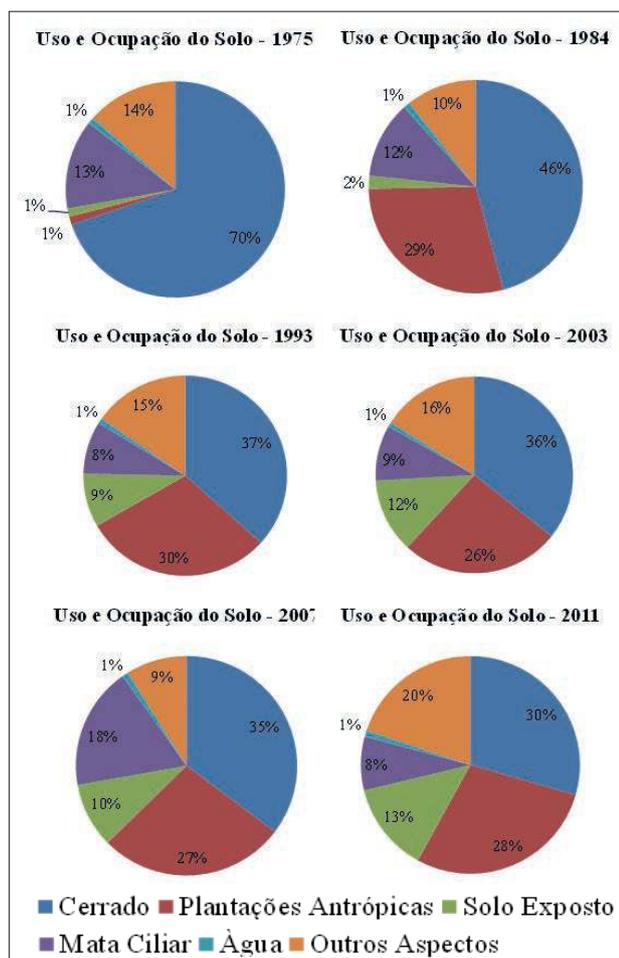


Figura 8 Uso e ocupação do solo (1975 a 2011).

tamente a economia da região do Cerrado (Sindeaux & Ferreira, 2012), tendo em vista que, até meados da década de 1950, a economia era praticamente inexistente. Somente a partir da concepção e afirmação da SUDENE, o desenvolvimento econômico avançou a distintas localidades do Cerrado brasileiro, até a região do norte de Minas Gerais. Assim, Braga (1985) ressalta que a década de 1970 e o início dos anos 1980 formam um período caracterizado pelo intenso apoio da SUDENE em tal região, e isso ficou registrado pela fixação de múltiplos projetos, por meio da política de incentivos fiscais.

Por isso, fica evidente um salto da degradação do Cerrado entre os anos de 1975 a 1984 (Figura 7). Nesses anos, o Cerrado foi a vegetação predominante, ocupando, respectivamente, cerca de 70% e 46% em relação à área total do município de São Francisco-MG. Nota-se que, neste período de 10 anos, houve redução de 24% do Cerrado nativo e isso está ligado às diversificações econômicas ocorridas naquela região

do Alto Médio São Francisco-MG. As plantações antrópicas, no ano de 1975, que praticamente se relacionavam à agricultura de subsistência e pecuária, juntamente com o solo exposto, não ultrapassavam 2% da área total municipal. As outras classes, tais como água (rios e córregos) e mata ciliar, somavam, juntas, 13% a 14%.

Em 1984, as plantações antrópicas atingiram 29% da área total do município, sofrendo um aumento quase trinta vezes maior do que o registrado em 1975. As áreas de mata ciliar, solo exposto e água (rios e córregos) praticamente não sofreram alterações. No entanto, a classe temática “outros aspectos” ocupa uma parcela considerável das áreas estudadas: 14% em 1975 e 10% em 1984.

De acordo com a Figura 8, entre os anos de 1993 e 2003, observam-se alterações nos percentuais de todas as classes levantadas - Cerrado, plantações antrópicas, solo exposto, mata ciliar e água e “outros aspectos”. Comparando-se tal período com o período entre 1975 e 1984, observa-se que se passou a ter de 37%, em 1993, e 36%, em 2003, de área com Cerrado e 9%, em 1993, e 12%, em 2003, de solo exposto, que, em 1984, não passava de 2% da área total do município. Ou seja, uma importante redução do Cerrado de 47,8%, aproximadamente, em comparação com o ano de 1975, e um aumento do solo exposto de 425% com relação ao ano de 1984, ambas às porcentagem em média.

A partir dessa comparação entre os períodos mencionados, percebe-se que a mata ciliar também sofreu uma redução bastante significativa, e os aspectos da categoria “outros aspectos” passaram a ter uma importância maior na degradação do Cerrado, pois se relacionam a atividades humanas diversas. Acerca da condição das plantações antrópicas indicadas nos gráficos, não houve uma mudança significativa, uma vez que ela se manteve estável apresentando um intervalo de 26% a 30%, ainda que exista uma explicação econômica para essa certa estabilidade. De qualquer forma, isso reforça a hipótese de que a atividade agrícola (de plantações antrópicas) proporcionou a entrada de outras atividades impactantes do Cerrado, tal como o plantio de eucaliptos (a silvicultura). Assim, a atividade agrícola (de plantações antrópicas) manteve-se estável ao longo de 1993 a 2003, enquanto as novas atividades econômicas avançavam sobre a vegetação nativa.

A estabilização, citada anteriormente, se justifica, de acordo com Barbosa & Couto (2008), pois, durante a recessão econômica do período de 1980 a 1983, ocorreu um acerto no balanço de pagamentos, o que reverteu o déficit da balança comercial e transformou em significativos superávits, porém, isso não promoveu nenhuma consequência sobre os aspectos inflacionários. Assim, durante esse período, convivia-se com o ápice da “crise da dívida externa” e inflação de, aproximadamente, 223,8%, no ano de 1984, a 1.782,9%, ao final do ano de 1989, como descrevem Bresser Pereira & Nakano (1991).

É possível que esses fatos expliquem a tendência de inflexão assintótica da curva da degradação do Cerrado, assim como de outras vegetações nativas da região estudada, em meados dos anos 1980. Como descrevem Barbosa & Couto (2008), o governo federal contingenciou os investimentos em desenvolvimento econômico e social que, outrora, foram expressivos com apoio da SUDENE e de outros agentes estatais de financiamentos, objetivando o controle do sistema econômico brasileiro em crise, talvez a maior da história do Brasil. Assim, esse período dos anos 1980, como descrevem Sallum Júnior & Kugelmas (1991), ficou conhecido popularmente como a “década perdida”, devido às implicações dos desajustes da política econômica sobre a sociedade brasileira.

Como destacado por Bresser Pereira & Nakano (1991) e por Fontes *et al.* (1998), de 1985 até meados da década de 1990, a ofensiva contra a inflação foi arriscada sob diferentes aspectos, uma vez que se deu por meio de uma sequência de planos econômicos que objetivavam sua queda abrupta repentina, quase sempre interposta por momentos de controle rigorosos. Entre os planos, destacam-se: Cruzado (1986), Bresser (1987), Verão (1989), Collor I (1990), Collor II (1991) e Real (1994). Essas tomadas de decisões alargavam a severidade do controle econômico e impactavam abertamente investimentos e financiamentos, o que explica a tendência da estabilização da curva da degradação do Cerrado, em meados de 1980 (Figura 7). Isto é, sem incentivos econômicos e financeiros, freou-se o processo de degradação do Cerrado.

Tal situação se estendeu por quase toda a década de 1990, como relata Araújo (2005), uma vez que, com a proposta da liberalização econômico-financeira, não foi possível reger a economia do

Brasil ao crescimento equilibrado. Pelo contrário, ao se provocar uma elevação substancial das emissões de lucros, dividendos e juros ao exterior, causou-se o fortalecimento da dependência de capitais externos, o que findou na redução das oportunidades de crescimento. O liberalismo financeiro, no Brasil, teve início no ano 1990, fortalecendo-se em 1995, e durou até, aproximadamente, o ano de 1999/2000.

Com a recuperação econômica no intervalo de 1999/2004, como relata o Ministério da Fazenda (MF, 2015), o Estado brasileiro obteve a retomada gradativa de sua política de investimentos e financiamentos. Dessa forma, pode-se observar que a curva da degradação do Cerrado voltou a crescer, tempos depois, em 2007, acentuando-se ainda mais durante o ano de 2011.

Assim, nos anos de 2007 e de 2011, em comparação com os anos de 1993 e de 2003, as mudanças percentuais das classes temáticas levantadas (Figura 8) se elevaram em, praticamente, todas as categorias mapeadas, sendo, para os anos de 2007 e de 2011, respectivamente: 35% e 30% para o Cerrado; 27% e 28% para as plantações antrópicas; 10% e 13% para solo exposto; 9% e 20% para “outros aspectos” de usos e ocupação do solo; 18% e 8% para mata ciliar. A água manteve-se constante.

É evidente o aumento significativo de mata ciliar, uma espécie de vegetação sensível ao impacto do desmatamento, como descreve a Companhia Energética do Estado de Minas Gerais (CEMIG, 2014). Isso comprova a reabilitação da mata ciliar ao longo de um período de mais de 20 anos de arrocho econômico, desaceleração de investimentos e acesso aos financiamentos. Assim, sem financiamentos do Estado brasileiro, não houveram novas e fortes investidas sobre a vegetação nativa, cuja resposta de recuperação (mais lenta) difere da resposta à degradação (mais rápida).

Parece que, devido a falta de investimentos e financiamentos do Estado, ao longo de todos esses anos, ocorreu mais colheita do que plantio nas terras agrícolas, pois os agricultores tiveram acesso ao crédito limitado para continuar seus negócios. Assim, algumas áreas ficaram abandonadas durante um tempo, sem reposição das plantações agrícolas, o que explica o aumento gradual da classe “solo exposto”, assim como da vegetação rasteira (inserida na classe “outros aspectos”), uma vez que, com as

terras agrícolas abandonadas, a vegetação rasteira (ou “capim”) passa a ganhar espaços, “brotando espontaneamente”, onde havia “solo exposto”.

Dessa forma, com a retomada da economia, dita pelo MF(2015), durante o período de 1999 a 2004, a vegetação rasteira (“o capim”) cede lugar aos plantios agrícolas recentes (“mudas agrícolas”), assim, foi percebido um decréscimo, seguido de um acréscimo na curva de “outros aspectos”, ou seja, manejo seguido de cultivo dos solos. No entanto, a curva do “solo exposto” deve sempre oscilar, para mais ou para menos, a depender do uso e não utilização do solo, seja pelos plantios ou replantios, abandonos e aberturas de novas áreas agrícolas.

Para finalizar, apenas para efeitos ilustrativos, estudos contemporâneos de sensoriamento remoto que empregam imagens do satélite MODIS do ano de 2002 revelam que 55% da vegetação do Cerrado brasileiro desapareceram. Segundo Machado *et al.* (2004)<sup>1</sup>, foram, aproximadamente, 880.000 km<sup>2</sup> destruídos. De acordo com Rural Minas (2003), na Unidade de Planejamento de Recursos Hídricos (UPRH) do Alto Médio São Francisco, onde está situado o município de São Francisco-MG, o Cerrado ocupa, aproximadamente, 42,5% do total, ou seja, 10.613,4 km<sup>2</sup>.

## 5 Conclusões

A classificação dos tipos de vegetação oriunda das imagens de satélite, com o auxílio das imagens de NDVI, permitiu a obtenção de uma boa resposta para a análise da degradação da cobertura vegetal da região estudada situada no Alto Médio São Francisco, no norte do Estado de Minas Gerais. Foi possível, ainda, a qualificação, quantificação e estimativa do nível de degradação do Cerrado e a comparação desses níveis em diferentes datas.

Assim, a avaliação temporal da degradação do Cerrado ao longo de quase 40 anos, apresentada nesta pesquisa, permitiu a identificação de determinada coerência e similaridade entre indicadores econômicos e ambientais. Isto é, em todos os momentos da história em que há uma

<sup>1</sup> Relatório técnico não publicado: Machado, R.B., M.B. Ramos Neto, P.G.P., Pereira, E.F. Caldas, D.A. Gonçalves, N.S. Santos, K. Tabor & M. Steininger. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Brasília, Conservação Internacional. 12p.

evolução de investimentos por parte do Estado para o desenvolvimento socioeconômico de determinada região, sem que aconteça um planejamento adequado de uso e de ocupação do solo, respeitando-se a legislação ambiental vigente, ocorre a redução da vegetação nativa. Em todos os momentos em que há um desinvestimento, ou redução dos subsídios financeiros estatais, no caso da área analisada, há uma desaceleração e/ou estabilização da destruição do Cerrado.

## 6 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto, pela aprovação do projeto de pesquisa no âmbito do Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais (Doutorado). À Fundação Rural Mineira (RURALMINAS), por ceder, gentilmente, as informações fundamentais para as análises progressivas e regressivas da degradação do cerrado, ao geógrafo Vitor Alves Souza, pelo apoio nas atividades cartográficas que envolveram a utilização do software ArcGIS e QGIS e à historiadora Elodia Honse Lebourg e à revisora Isabela Piva pela estruturação e revisão da língua portuguesa no texto do artigo. E também à Coordenação de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## 7 Referências

- Araújo, E.S. 2005. Abertura financeira, vulnerabilidade externa e crescimento da economia brasileira. *In: JORNADA INTERNACIONAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS, MUNDIALIZAÇÃO E ESTADOS NACIONAIS: A QUESTÃO DA EMANCIPAÇÃO E SOBERANIA*, 2, São Luiz, 2005, *Anais*, São Luiz, p. 35-45.
- Barbosa, G.J. & Couto, E.P. 2008. A evolução das políticas agrícolas e o incentivo à iniciativa privada na agricultura brasileira. *In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL*, 46, Rio Branco, 2001. *Anais*, Rio Branco, 1 CD-ROM.
- Braga, M.A.F. 1985. *Industrialização da Área Mineira da SUDENE: um estudo de caso*. Montes Claros, UNIMONTES, 128p.
- Bresser Pereira, L.C. & Nakano, Y. 1991. Hiperinflação e estabilização no Brasil: o Primeiro Plano Collor. *Revista de Economia Política*, 11(4): 89-114.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CODEMIG. 2013. Laudo de Avaliação dos Imóveis Rurais da Bacia Hidráulica da Barragem Jequitai I, em Minas Gerais. Belo Horizonte, CODEMIG. 139p.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CEMIG. 2014. Relatório de Biodiversidade.

- Belo Horizonte, CEMIG. 110p.
- Fontes, R.; Arbex, M.A. & Silva Junior, G. E. 1998. Estabilização econômica no Brasil: reflexões sobre o Plano Real. *Revista Indicadores Econômicos*, 26(3): 73-86.
- FUNDAÇÃO RURAL MINEIRA – RURAL MINAS. 2003. Relatório Parcial de Estudos Ambientais e Levantamentos de Dados (R1) do Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes do Rio São Francisco, em Minas Gerais. Belo Horizonte, Rural Minas. 200p.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. 2002. Radiometria de Imagens ETM+ e TM. São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/html/radiometria-TM.htm>>. (acesso em 03 de janeiro de 2016).
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. 2003. Catálogo de Imagens - INPE/DGI. São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> (acesso em: 03 de Janeiro de 2016).
- Luiz, A.J.B.; Gürtler, S.; Gleriani, J.M.; Epiphanyo, J.C.N. & Campos, R.C. 2003. Reflectância a partir do Número Digital de Imagens ETM+. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte, Brasil. *Anais*, Belo Horizonte, INPE, p. 2071-2078.
- Martins Júnior, P.P. 2014. *Gestão de bacia hidrográfica – Instrumentos: o quê e para quê*. Ouro Preto e Belo Horizonte, Apostila Pré-Livro, 288p.
- MINISTÉRIO DA FAZENDA – MF. 2015. Reequilíbrio Fiscal e Retomada da Economia: análise da experiência de ciclos anteriores. Brasília, MF, 16p.
- Pereira, L.M. 2007. *Em nome da região a serviço do capital: o regionalismo político norte-mineiro*. Programa de Pós-graduação em História Econômica, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 242p.
- Pereira, N.L. 1984. *Estudos da erosão acelerada e de práticas conservacionistas: relatório técnico final*. Belo Horizonte, Programa de Desenvolvimento Rural Integrado da Região do Jequitai/Verde Grande, CETEC, 20p.
- Ponzoni, F.J.; Shimakuro, Y.E. & Kuplich, T.M. 2012. Sensoriamento remoto da vegetação. São Paulo, Oficina de Textos, 160p.
- Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A. & Deering, D.W. 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3, Washington, 1973. *Proceedings...* Whashington.: NASA, 1974, 1: 309-317.
- Sallum Júnior, B. & Kulgelmas, E.O. 1991. Leviathan declinante: a crise brasileira dos anos 80. *Estudos Avançados*, 5(13): 145-159.
- Sindeaux, R.V. & Ferreira, C.G. 2012. Industrialização e trabalho na indústria no Norte de Minas: origens, SUDENE e reflexos sobre o perfil recente dos trabalhadores formais ocupados. In: SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA, 15, Diamantina, 2012. *Anais*, Diamantina, p. 63-70.
- SPRING 5.2.7. 1996. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).