

Utilização da classificação por distância euclidiana no mapeamento dos focos de arenização no setor sul da alta bacia do Rio Araguaia

Raphael de Oliveira Borges^{1,2}
Rosane Amaral Alves da Silva²
Selma Simões de Castro²

¹Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM
SPO Área 05 Quadra 03 Bloco "K" - 70610-200 – Brasília – DF, Brasil
raphael.borges@sipam.gov.br

²Instituto de Estudos Sócio Ambientais / Universidade Federal de Goiás – IESA/UFG
Campus II Samambaia – 74001-970 – Goiânia – GO, Brasil
{rosane, selma}@iesa.ufg.br

Abstract. In this study, areas with land degradation processes, called “arenização”, were mapped in a semi-detailed scale (1:20.000), using Landsat images for older dates and CBERS images for more recent days. The objective of the work was to identify the evolution of sandy formations on superficial layers of soils under intensive use, in the southern sector of the higher part of Araguaia river basin. This process was accomplished through an Euclidian Distance classification method. This classifier is based on statistical parameters to separate each class in images. Results shows that the classification method reached the objectives tracing the limits of the sandy formations. Allied to temporal image analysis it was possible to map the origin of the process. This process allows for control and prevention.

Palavras-chave: Euclidian Distance, Sandy formations, Araguaia River, Distância Euclidiana, Formações Arenosas, Rio Araguaia.

1. Introdução

A interferência humana influencia a dinâmica do desenvolvimento da paisagem terrestre, no que se refere ao aproveitamento dos diversos recursos naturais ao longo da história humana, a partir das práticas agropecuárias, extrativas e de obras em geral. O solo está dentre estes recursos naturais e pode ser visto como um elemento da superfície terrestre que tem propriedades devido aos efeitos integrados do clima e dos organismos vivos (plantas e animais) sobre o material de origem, condicionado pelo relevo, durante um período de tempo.

Diversos problemas ambientais advêm de circunstâncias e posturas historicamente diferentes, que ainda persistem em relação às formas de apropriação do meio físico e de manejo ambiental que já se mostraram, há muito, como responsáveis pela situação cumulativa e crescente dos impactos negativos que atingem direta ou indiretamente esses componentes, principalmente os solos. Erosão, assoreamento e formação de depósitos superficiais móveis de areia conhecidos como areais, são alguns desses produtos dos impactos sócio-ambientais.

Entende-se por arenização, o processo de formação desses areais na forma de camadas arenosas superficiais, em geral não consolidadas, que acarretam dificuldade de fixação da cobertura vegetal devido à intensa mobilidade dos sedimentos pela ação das águas superficiais e mesmo subsuperficiais (níveis suspensos e freáticos) e dos ventos. Assim, trata-se de um fenômeno de degradação ambiental relacionado a clima úmido, onde a diminuição do potencial biológico não desemboca, em definitivo, em condições de tipo deserto conduzindo ao que se denomina de desertificação. Ao contrário, as dinâmicas dos processos envolvidos nesta degradação dos solos são fundamentalmente derivadas da abundância de água (Suertegaray, 2001).

O levantamento e mapeamento rápido e preciso desses areais pode contribuir muito para identificação, caracterização e o estudo dos fatores condicionantes de sua formação e de sua

dinâmica atual, dados esses de importância relevante para a recuperação das áreas assim degradadas. Nesse sentido, o mapeamento realizado com auxílio de sensoriamento remoto além de atender a demanda de rapidez, pode revelar-se de extrema utilidade e precisão, sobretudo se acoplado ao geoprocessamento, onde cruzamentos vários podem obtidos.

Dessa maneira, trata-se nesse trabalho de uma proposta de mapeamento em uma escala de semidetalhe (1: 20.000) que delineie estes processos de arenização no setor sul da alta bacia do Rio Araguaia através de sensoriamento remoto, mais especificamente pelo método de classificação por distância euclidiana, no software *Spring 4.3*, e analisar também a evolução dos processos a partir da utilização de diferentes sistemas sensores.

2. Área de Estudo

A área de estudo corresponde ao Setor Sul da Alta bacia do Rio Araguaia que se localiza entre as coordenadas geográficas 17° 30'00"-18° 00'00" S e 53° 00'00"-53° 30'00" W, abrange parte dos Estados de Goiás e Mato Grosso, abrangendo aproximadamente 1.500 km² (**Figura 1**). Este limite foi definido tendo como base a divisão do Departamento de Portos e Vias Navegáveis (DNPVN).

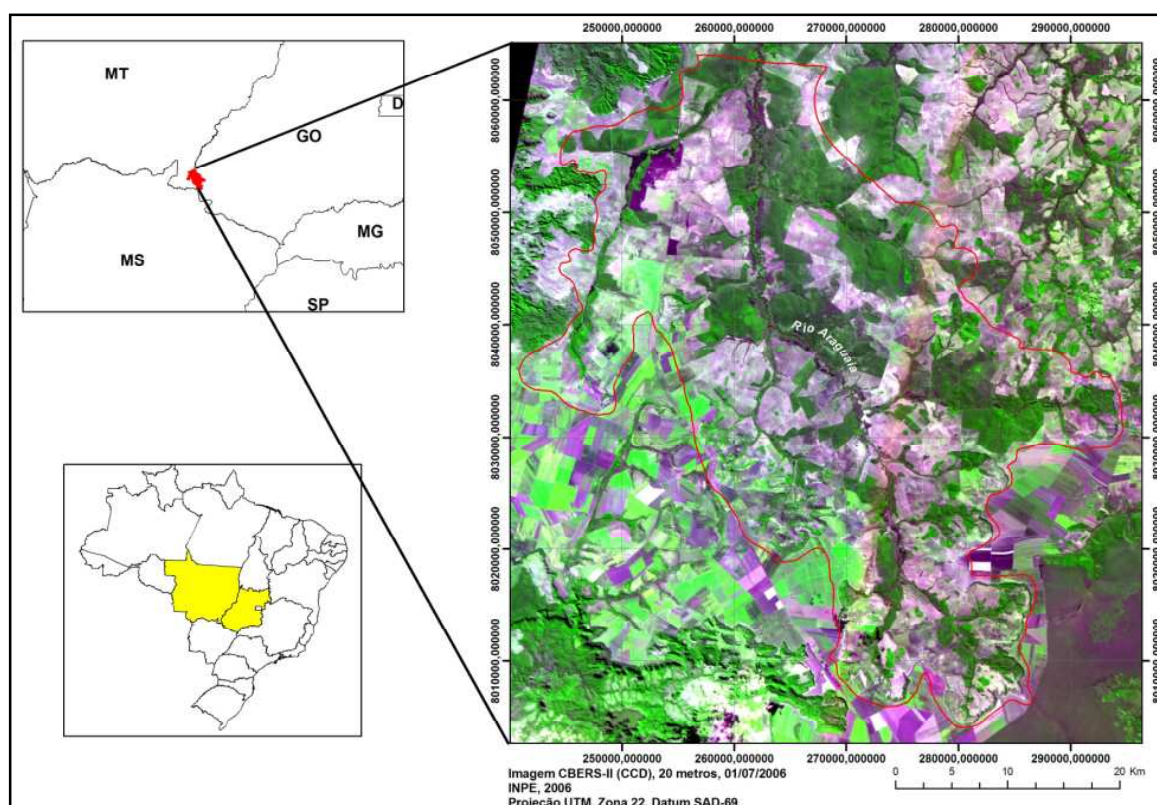


Figura 1 – Localização da área em estudo

A escolha dessa área foi feita em função da elevada concentração de areais que se assentam, em sua maioria, sobre Neossolos Quartzarênicos álicos, que dominam não só a bacia com um total de 61,71%, mas, sobretudo a zona rebaixada que contorna a superfície cimeira regional, e onde dominam as pastagens, predominantes na bacia com 48,69% e se concentram feições erosivas, principalmente os lineares (ravinas e voçorocas).

Os outros solos encontrados na área compreendem os: Latossolos Vermelho (12,12%) e Latossolos Vermelho-Amarelo (11,32%), encontrados nas bordas da bacia em locais de relevos planos e suave ondulados que caracterizam a superfície cimeira regional (Serra de Caiapó), os Neossolos Litólicos + Cambissolos (1,65%), nas encostas mais íngremes que constituem as escarpas dessa superfície; os Neossolos Quartzarênicos hidromórficos + Gleissolos (12,97%) nos fundos de vale côncavos e planícies fluviais e os Argissolos (0,23%), detectados em pequenas manchas nos relevos convexizados. Praticamente todo o conjunto pedológico é resultante do intemperismo das formações areníticas do grupo Botucatu, do Grupo São Bento, da Bacia Sedimentar do Paraná, com contribuição das rochas básicas do mesmo grupo intercalado aos arenitos e de Sedimentos Terço-Quaternários, argilo-arenosos a argilosos que recobrem os topos tabuliformes maiores da região (chapadas).

3. Materiais e Métodos

3.1. Estratégia

Para a realização do estudo considerou-se inicialmente a identificação dos areais, a partir de seu comportamento espectral na imagem recente, e em uma série temporal, analisadas década a década, iniciada a partir da década de 70, mais especificamente no ano de 1977, devido à disponibilidade de imagens de Satélite com boa qualidade visual para a bacia. As outras datas analisadas foram: 1989, 1997, 2003 e 2006. A escolha das datas subseqüentes foi feita em função da disponibilidade de imagens de satélite de forma gratuita para o período de análise. Optou-se também em quanto mais atual a análise, o período ficaria menor, por isso analisou-se de 1997 a 2003 e de 2003 a 2006.

Delimitado os períodos, o próximo passo compreendeu a aquisição dos dados disponíveis para as épocas analisadas. Para o ano de 1977 analisou-se as imagens do satélite Landsat 2, sensor MSS, com resolução espacial de 80 metros, bandas 4 (0,5 a 0,6 μ m), 5 (0,6 a 0,7 μ m) e 6 (0,7 a 0,8 μ m) para o mês de agosto do referido ano.

Nos anos de 1989 e 1997, analisou-se as imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, com resolução espacial de 30 metros, bandas 3 (0,63 a 0,69 μ m), 4 (0,76 a 0,90 μ m) e 5 (1,55 a 1,75 μ m) no ano de 1989 foi analisado uma imagem do mês de julho e em 1997 do mês agosto. Para o ano de 2003, foi analisada uma imagem do satélite Landsat7, sensor ETM+, bandas 3, 4 e 5, com o mesmo comprimento de ondas do Landsat 5, com resolução espacial de 30 metros para o mês de abril do referido ano. Os meses de análise foram condicionados pelo período climático de menos chuva na região, pois assim evita-se o aparecimento de nuvens que atrapalhariam a análise.

Na análise do uso e ocupação das terras e delimitação dos areais para o ano de 2006, analisou-se uma imagem do Satélite CBERS – II sensor CCD, com resolução espacial de 20 metros, bandas 2 (0,52-0,58 μ m), 3 (0,63-0,69 μ m) e 4 (0,77-0,89 μ m), para o dia 01 de julho de 2006. A escolha do sensor foi devido à necessidade de dados atualizados e disponibilizados de maneira gratuita.

3.2 Pré-processamento

O passo seguinte à aquisição compreendeu ao georreferenciamento e recorte das imagens para a área da bacia em estudo. As imagens adquiridas sem georreferenciamento, Landsat 2 MSS e CBERS-II CCD, foram georreferenciadas automaticamente na rotina de registro automático do software *ENVI 4.3*, adotando-se como referência o mosaico *Geocover* da NASA, que é disponibilizado em formato *MrSID*, com projeção UTM e datum WGS84. Para este processamento, as imagens *Geocover* foram recortadas para a área da bacia e reprojctadas

para a projeção UTM e datum SAD-69, o mesmo sistema encontrado nas imagens a serem registradas. Com os dados georreferenciados e recortados para a bacia em estudo, as imagens foram importadas para o software *Spring 4.3*, onde foi efetuada a classificação automática das imagens.

Antes da classificação, foi necessária a coleta de pontos de controle, a fim de se calibrar corretamente as amostras que servirão de base para a análise geral das imagens. Como o intuito da pesquisa é a delimitação dos focos de arenização na bacia, foram realizadas incursões de campo para coleta de pontos de controle via GPS, identificação de alvos e coleta de amostras de solo através de tradagens e da abertura de um perfil. Os pontos coletados em campo serviram de base apenas para a delimitação atual dos areais na imagem CBERS-II, pois nas imagens de outras datas as amostras de areais foram delimitadas pelo caráter de suas feições. Estas amostras de solo serviram, também, para a análise da relação dos materiais nos horizontes superficiais do solo com a sua reflectância.

3.2 Processamento

Após a definição das amostras, o passo seguinte compreendeu a classificação das imagens. A classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os métodos de classificação são usados para mapear áreas da superfície terrestre que apresentam um mesmo significado em imagens digitais. Cada pixel de uma banda possui uma correspondência espacial com um outro pixel, em todas as outras bandas, ou seja, para uma imagem de n bandas, existem n níveis de cinza associados a cada pixel, sendo um para cada banda espectral.

Conforme o processo de classificação empregado, os classificadores podem ser divididos em classificadores "pixel a pixel" e classificadores por regiões. No presente trabalho foi adotado um classificador "pixel a pixel", que utiliza apenas a informação espectral, isoladamente, de cada pixel para achar regiões homogêneas. Estes classificadores podem ser ainda separados em métodos estatísticos (que utilizam regras da teoria de probabilidade) e determinísticos (que não o fazem). O classificador adotado corresponde a um classificador estatístico, que utiliza a distância euclidiana. O método de classificação por distância euclidiana é um procedimento de classificação supervisionada que utiliza esta distância para associar um pixel a uma determinada classe.

Nas amostras coletadas, definem-se os agrupamentos que representam as classes. Na classificação, cada pixel será incorporado a um agrupamento, através da análise da medida de similaridade de distância Euclidiana, que é dada pela fórmula:

$$D(\mathbf{x}, \mathbf{m}) = (\mathbf{x}^2 - \mathbf{m}^2)^{1/2}$$

Onde:

\mathbf{x} = pixel que está sendo testado;

\mathbf{m} = média de um agrupamento.

A distância euclidiana é uma das medidas de dissimilaridade entre comunidades mais utilizadas na prática (Gauch, 1982). De acordo com Brower e Zar (1977), quanto menor o valor da distância euclidiana entre duas comunidades, mais próximas elas se apresentam em termos de parâmetros quantitativos por classe, logo, quanto menor a distância euclidiana, maior a eficiência do procedimento.

O classificador compara a distância euclidiana do pixel à média de cada agrupamento. O pixel será incorporado ao agrupamento que apresenta a menor distância. Este procedimento é repetido até que toda a imagem seja classificada. O resultado final do processo de classificação é uma imagem digital que constitui um mapa de pixels classificados, representados por símbolos gráficos ou cores.

Ao final das classificações, os mapas gerados foram vetorizados ainda no software *Spring* 4.3. Identificaram-se as seguintes classes em cada imagem analisada: Cerrado denso, Cerrado Aberto e Matas, como classes de vegetação nativa, como o objetivo principal não é a classificação refinada de tipos vegetais, apenas se distinguiu os níveis de cobertura vegetal. E como classes de uso e ocupação foram delimitadas as Pastagens, Solo Exposto, Agricultura e Área urbana, além dos Areais.

4. Resultados

A partir da análise temporal efetuada, percebe-se facilmente a transformação ocorrida no Setor Sul da Alta Bacia do Rio Araguaia. Onde se observava 77,09 % de vegetação nativa em 1977, e em 2006 apenas 40,68%. Em contraposição, em 1977 existiam apenas 22,91% de terras com uso antrópico e em 2006 esta porcentagem sobe para 59,32% (**Tabela 1; Figura 2**).

Tabela 1 - Histórico do uso do solo

Ano	Classe	Área Coberta		
		(ha)	(Km ²)	(%)
1977	Vegetação Nativa	116908,57	1169,09	77,09
	Pastagens	15951,61	159,52	10,52
	Solo Exposto	13475,06	134,75	8,89
	Área Queimada	5325,03	53,25	3,51
1989	Vegetação Nativa	90363,14	903,63	59,58
	Pastagens	50390,69	503,91	33,23
	Solo exposto	7000,21	70,00	4,62
	Agricultura	3767,54	37,68	2,48
	Área urbana	105,89	1,06	0,07
	Areais	32,79	0,33	0,02
1997	Vegetação Nativa	70669,29	706,69	46,60
	Pastagens	61533,76	615,34	40,57
	Solo exposto	9651,11	96,51	6,36
	Agricultura	9400,83	94,01	6,20
	Areais	264,71	2,65	0,17
	Área urbana	140,57	1,41	0,09
2003	Vegetação Nativa	65662,63	656,63	43,30
	Pastagens	40670,55	406,71	26,82
	Solo exposto	39816,04	398,16	26,25
	Agricultura	4503,04	45,03	2,97
	Areais	838,92	8,39	0,55
	Área urbana	169,07	1,69	0,11
2006	Vegetação Nativa	61697,55	616,98	40,68
	Pastagens	73840,22	738,40	48,69
	Solo exposto	7896,98	78,97	5,21
	Agricultura	7394,47	73,94	4,88
	Areais	613,54	6,14	0,40
	Área urbana	217,50	2,18	0,14

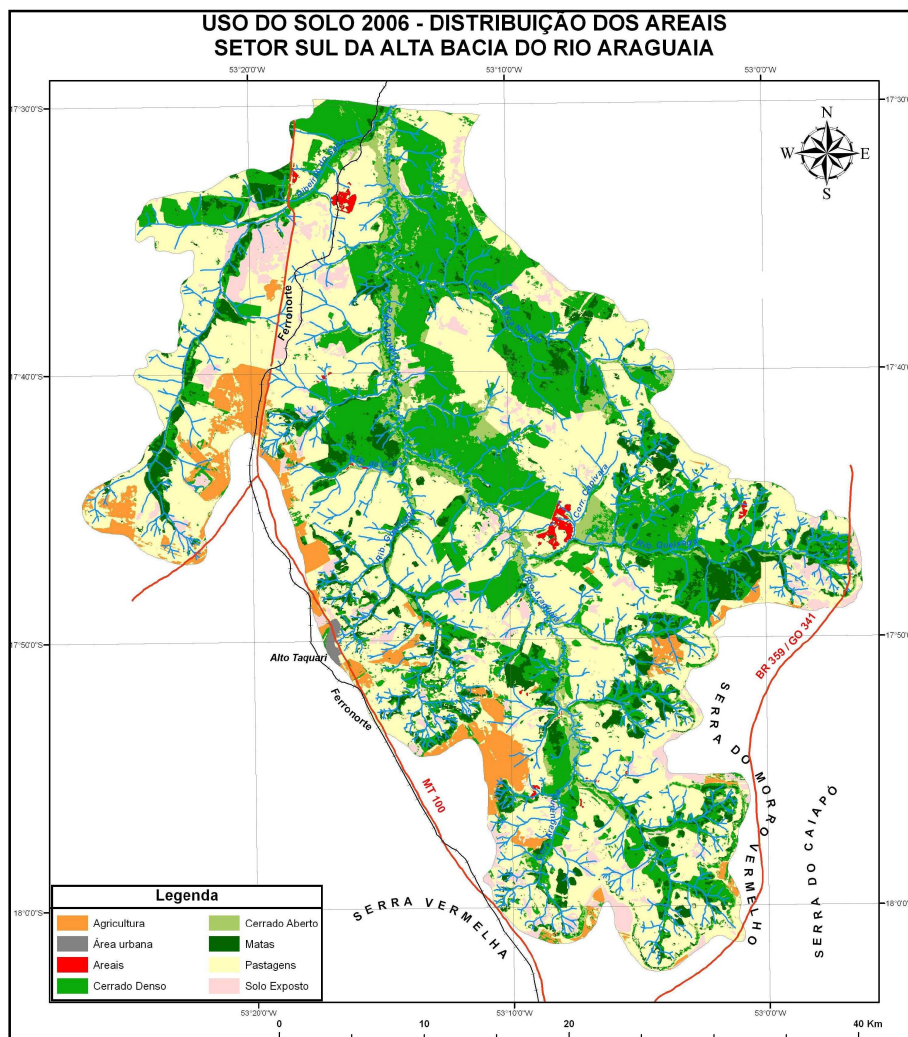


Figura 2 – Mapa de uso do solo do ano de 2006.

Analisando os dados de 1977 e comparando-os aos de 1989, percebe-se que no ano de 1977 não foram detectados areais na área, mas já aparecem em 1989 ocupando uma extensão de 32,79 ha, relacionados aos depósitos de materiais oriundos de voçorocas. Em 89 nota-se a expansão do desmatamento e o conseqüente aumento da área de pastagem (17,51% da área foram desmatadas).

Comparando os valores de 89 e 97, observa-se que muitas áreas de vegetação nativa foram substituídas por pastagens (neste período 12,98% da área foi desmatada) e áreas de pastagens substituídas por agricultura. Ressalta-se que em 97 vários areais se instalaram na região. No período de 1997 a 2003, o índice de desmatamento reduziu, ficando na ordem de 3,3%. Em 2003 ocorrem grandes extensões de áreas com solo exposto, além da instalação de grandes areais, principalmente na zona central da bacia.

Para o período de 2003 a 2006, o índice de desmatamento foi menor que o período supracitado, com taxa de 2,62%. Além disso, alguns areais foram recuperados, com a utilização de técnicas conservacionistas, como o terraceamento para a contenção do fluxo superficial e a cobertura do solo por vegetação de rápido crescimento e boa cobertura.

No mapa de uso de 2006 observa-se ainda, apesar da diminuição da área total dos areais, um aumento da área de alguns areais isoladamente, principalmente em dois areais, sendo um encontrado no norte e o outro na região central da bacia, com respectivamente 196,77 ha e 291,96 ha, aqui denominados, como Areal 1 e Areal 2. Analisando os mapas de uso das

décadas anteriores, nota-se que estes areais se instalaram em áreas onde a vegetação natural foi substituída por pastagem (**Figuras 4 e 5**).

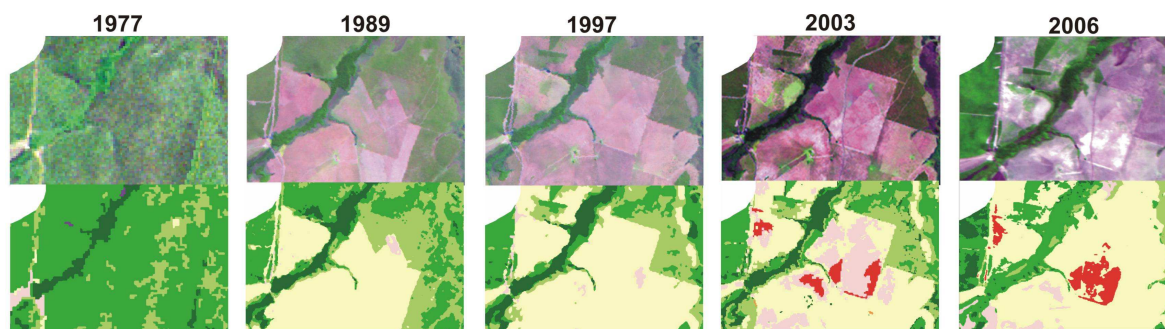


Figura 3 - Evolução histórica do Areal 1, tendo em destaque as imagens de satélite com suas respectivas imagens classificadas (destaque para os areais em vermelho), para os anos de 77, 89, 97, 03 e 2006.

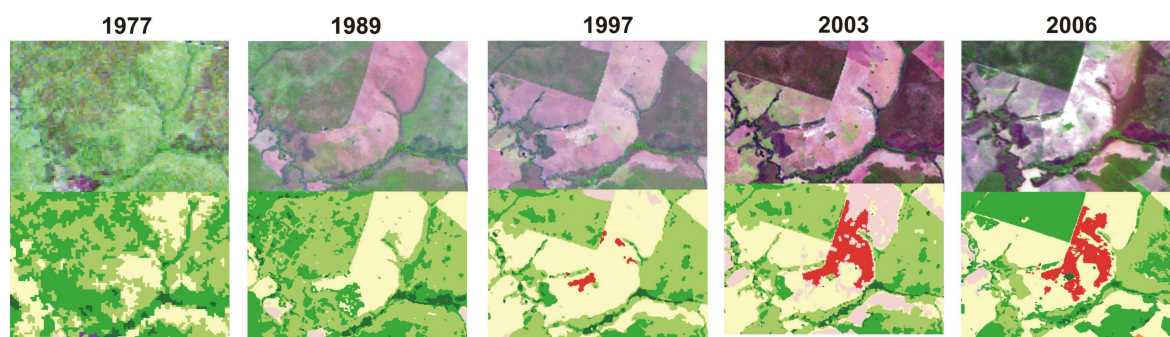


Figura 4 - Evolução histórica do Areal 2, tendo em destaque as imagens de satélite com suas respectivas imagens classificadas (destaque para os areais em vermelho), para os anos de 77, 89, 97, 03 e 2006.

4.1 Análise do comportamento espectral dos areais

Os principais parâmetros do solo que influenciam em sua radiação refletida correspondem aos óxidos de ferro, à umidade, à matéria orgânica, à granulometria, à mineralogia da argila e ao material de origem. Além desses fatores, contribuem: a cor do solo, a capacidade de troca catiônica, as condições de drenagem interna do solo, a temperatura, a localização, etc. Em determinadas condições a influência de um parâmetro na energia refletida pelo solo se sobrepõe à dos outros, resultando, assim, num espectro característico daquele parâmetro. Este processo ocorre nos areais, onde fatores como o óxido de ferro, a umidade e a matéria orgânica (que absorvem reflectância), são sobrepostos por outros fatores que contribuem para a sua alta reflectância, devido as suas ausências na superfície solo, onde se encontra o areal.

Um solo pode apresentar reflectância espectral diferente de outro solo da mesma classe por dois motivos, concentração e tamanho das partículas que compõem os solos. Por outro lado, a arranjo físico e a agregação dessas partículas proporcionam ao solo uma estrutura. A textura e a estrutura são responsáveis pela quantidade e tamanho dos espaços porosos no solo, que são ocupados pela água e pelo ar. A granulometria é um elemento de grande influência na reflectância dos solos, que no caso dos areais, é um dos fatores preponderantes para sua identificação. Partículas ou agregados maiores que 2 e 3 mm de diâmetro têm pouca influência na absorção adicional da radiação solar e muita em sua reflexão.

Na análise granulométrica das amostras colhidas em campo, foi determinada a porcentagem das classes texturais no areal, em dois pontos de sondagem e um de perfil. (**Tabela 2**). A partir da comparação dos valores granulométricos com os valores de reflectância (**Tabela 3**), nota-se a estreita relação destes fatores. Os maiores valores de reflectância foram associados justamente à sondagem 2, onde a taxa de argila no solo foi nula,

mesmo com uma porcentagem menor de materiais grosseiros. Já a reflectância da sondagem 1 ficou acima do perfil, devido ao menor valor de argila e uma maior porcentagem de materiais grosseiros, como o quartzo.

Tabela 2 – Análises Granulométricas no horizonte do Areal (AG - areia grossa; AF - areia fina; S- silte; A- argila; S/A - relação Silte/argila)

Sondagens	Análise textural (%)				
	AG	AF	S	A	S/A
S1	71,22	26,56	1,93	0,29	6,66
S2	67,13	32,5	0,27	0	0
Perfil	59,04	32,88	6,33	1,74	3,64

Tabela 3 – Análise da reflectância nos pontos coletados, a partir da imagem CBERS-II CCD, nas bandas analisadas

Sondagens	Valores de Reflectância – Imagem CBERS II		
	Banda 2	Banda 3	Banda 4
S1	117	82	135
S2	123	82	137
Perfil	114	80	126

5. Conclusões

Pode-se concluir que a metodologia realizada atendeu aos objetivos propostos, e que o classificador estatístico por distância euclidiana correspondeu a um excelente método de identificação de areais.

A análise conjunta das propriedades do solo com o sensoriamento remoto revelou-se como um método satisfatório para o mapeamento dos areais e revelou que seu aparecimento é bastante recente.

A partir desta identificação, será possível analisar melhor os fatores de origem destes processos, quando uma abordagem em ambiente SIG poderá auxiliar na identificação dos condicionantes desses processos, a fim de que sejam controlados e evitados,

6. Referências Bibliográficas

BROWER, J.E.; ZAR, J.H. **Field & laboratory methods for general ecology**. 2.ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1977. 226p.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente; Man-environment processes** – SANTOS, J.A. Tradução. 4ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GAUCH, H.G. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. 298p.

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. Câmara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

SUERTEGARAY, D. et al. **Atlas da Arenização - Sudoeste do rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001.

Vicente, L. E.; Souza Filho, C.S.R; Perez Filho,A. **Mapeamento de formações arenosas em fragmentos de Cerrado utilizando dados e produtos do sensor ASTER**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 3419-3426.