

## **Análise da savana e queimadas no Parque Indígena de Tumucumaque (PA) através de imagens de satélite Landsat.**

Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues<sup>1</sup>

Marcos Cicarini Hott<sup>1</sup>

Evaristo Eduardo de Miranda<sup>1</sup>

Oswaldo Tadatomo Oshiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Monitoramento por Satélite – CNPM/EMBRAPA  
Av. Dr. Júlio Soares Arruda, 803 - 13088-300 – Campinas - SP, Brasil  
{crisagr, marcos, mir, osvaldo}@cnpm.embrapa.br

**Abstract.** The Tiriyós Savanna, inserted in the Indian Park of Tumucumaque (PA), and the occurrence of fires were analyzed using satellite images. The savanna common and permanent area in the years of 1986 and 2005 was 4.109,72 km<sup>2</sup>. The total retraction and expansion areas in the same years were 287,3 km<sup>2</sup> and 151,8 km<sup>2</sup>, respectively. From the burnt area, 38,5% presented only one focus of fire in 9 years (from 1998 August to 2006 October); in 23,6% of the area there was fire each 4 and a half years; 25,3% each 31 months; 10,8% each 18 months and 1,8% each year. The total estimated burnt area was 4.086 km<sup>2</sup>, at maximum. The fires are considered one of the pressure factors for the advance of the amazon savannas and in the change of the coverage and usage of the earth in the Tiriyós savanna area, but the analysis of the satellite images in the years of 1986 and 2005 showed that there was a retraction of 135,5 km<sup>2</sup> in 20 years.

**Palavras-chave:** savanna, burning, remote sensing, savana, queimada, sensoriamento remoto.

### **1. Introdução**

No Brasil, o bioma Amazônia ocupa 49,29% (4.196.656,7 km<sup>2</sup>) do território nacional que possui 8.514.215,3 km<sup>2</sup> (IBGE, 2006). Mas há outras citações de áreas como 4.785.180 km<sup>2</sup> (69% da Amazônia), 4.871.000 km<sup>2</sup> (INPE, 2006) até 5.109.812 km<sup>2</sup> (ADA, 2006). Na Amazônia Legal existem 405 terras indígenas que ocupam 20,67% de sua área total (Socioambiental, 2006). Só no Estado do Pará são 41 Terras Indígenas (253.212,8 km<sup>2</sup>), o que corresponde a 20,21%. Essas Terras Indígenas somadas às Unidades de Conservação perfazem 367.927,0 km<sup>2</sup>, correspondendo a 29,36% da superfície do Estado.

A Amazônia abriga 23 ecorregiões ou domínios ambientais distintos (MCT, 2006; Torres, 2006) a 30 ecorregiões (Vieira et al. 2006) para a Amazônia Legal, com diferentes ecossistemas como Florestas, Campinas, Campinaranas (ou Caatingas do Rio Negro) e Cerrados, num total de 104 sistemas de paisagens. Os interflúvios são uma das principais características usadas na separação das ecorregiões, além da variação da altitude, tipos de solo, variação no nível dos rios ou marés e sazonalidade na precipitação (Vieira et al. 2006).

O clima da Amazônia nem sempre foi quente e úmido segundo Ab'Saber (2005) e Fisch et. al. (2006). Até 12 mil anos atrás (final do Pleistoceno) era semi-árido e não havia floresta onde hoje existe. Segundo os autores, as principais mudanças climáticas e fitográficas ocorridas durante o período quaternário, foram resultados de freqüentes alterações interglaciais e glaciais, as quais produziam mudanças bruscas, tais como a troca de vegetação predominante de floresta para savanas, durante períodos de clima mais frio e seco. Assim, as florestas representavam poucos e pequenos redutos e as savanas dominavam, o inverso da atual condição.

Os redutos de cerrado na Amazônia estão concentrados principalmente, em Monte Alegre (PA), Amapá (pequenas áreas do banco norte da desembocadura do rio Amazonas) e miniredutos de cerrado no meio das campestres de Roraima (Ab'Saber, 2002 e 2005). Há

outras citações de savanas amazônicas como: as savanas mal drenadas de Humaitá no sul da Amazônia e no norte do Estado; e o mosaico de ecossistemas de savana que faz parte do complexo Rio Branco-Rupununi, localizado entre o Brasil e a Guiana (maior bloco contínuo de savanas do bioma Amazônia, Barbosa et.al, 2005). Aproximadamente, 669.925 km<sup>2</sup> da Amazônia brasileira podem ser considerados campos e cerrado.

O processo de savanização é um fenômeno que depende de fatores naturais e humanos. As causas naturais provêm das alterações climáticas (alternância entre secas prolongadas e chuvas violentas) e as causas humanas, do mau uso do solo, do desmatamento e das queimadas. Na Amazônia, o processo de savanização da floresta existe em resposta ao regime de desmatamentos, mudanças climáticas (causas antropogênicas) e queimadas. A dinâmica das queimadas está associada a regimes sazonais de chuva, onde em épocas de menor precipitação o fogo entra com maior facilidade nas áreas de savana, podendo também chegar a atingir áreas de floresta. Os mecanismos que regulam esse processo podem estar relacionados aos métodos tradicionais de uso da terra.

O uso do fogo é tido como uma ferramenta para avanço da fronteira agrícola e pecuária. Nas terras indígenas é tradicionalmente utilizado pelos índios como técnica de caça e formação de roças para subsistência. A frequência com que a savana sofre queimada pode aumentar a probabilidade do fogo entrar na floresta cuja maioria das espécies não possuem adaptações ecofisiológicas de tolerância e resistência a queimadas, não havendo rápida recuperação após a perturbação, ao contrário das espécies das savanas.

Assim, os principais fatores que controlam a permanência, expansão e retração das savanas amazônicas são a precipitação pluviométrica anual e a frequência de queimadas em função de épocas secas (acúmulo de biomassa seca). E as imagens de satélite vêm contribuir na avaliação da situação atual e na dinâmica da vegetação em decorrência de ações antrópicas principalmente, através do monitoramento das terras. A análise baseada em geoinformação otimiza a quantificação direta dos fenômenos relacionados à expansão e à retração de determinada classe de vegetação.

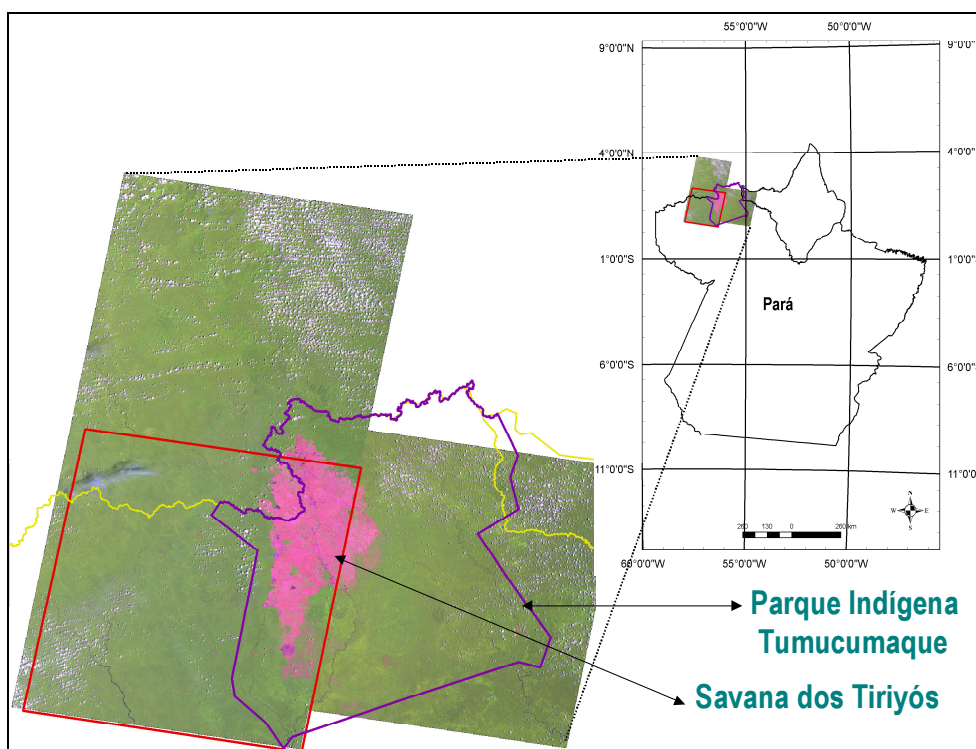
## 2. Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada ao norte do Pará dentro do Parque Indígena do Tumucumaque (**Figura 1**), mais especificamente a área que compreende a Savana dos Tiriyós (55° 34' 2,10" a 57° 31' 28,89" W; 0° 32' 31,45" a 2° 21' 30,12" N). Pela análise das imagens de satélite Landsat, a savana corresponde a solo exposto e vegetação rala, ou seja, área de vegetação não-florestada onde se localiza as aldeias indígenas dos Tiriyós.

A Savana dos Tiriyós insere-se na mesorregião do Baixo Amazonas do Estado do Pará e toma parte dos municípios de Óbidos e Oriximiná. Em pesquisas recentes (LBA, 2006), constatou-se próximo a região, padrões de precipitação semelhante ao do cerrado central do Brasil. Esta região está na ecorregião das Savanas das Guianas que correspondem a 1,54% do território da Amazônia Legal (Vieira et. al., 2006). 47,4% do território total das Savanas incluindo as do Estado de Roraima é ocupado por Terras indígenas (Vieira et. al., 2006). Conforme os autores, 4,4% das Savanas das Guianas apresenta área sob desmatamento. Mas de maneira geral, as savanas possuem desde savanas tipicamente gramíneas e de baixa altitude (< 100m) até as arborizadas de altas altitudes (> 800 m).

A caracterização dos ecossistemas da sub-região das Savanas de Tiriyós seguindo o RADAMBRASIL (1975) e o sistema de classificação da vegetação brasileira (IBGE, 1992) é: **a) ecossistema de savana arbórea aberta** - localizada na parte sul (Sa – cerrado típico, estrato arbóreo de 3 a 6 m) situada principalmente, em altitudes inferiores a 600m, ocupando um mosaico de solos do tipo Latossolo e Podzólico; **b) ecossistema de savana arbórea**

**densa** – localizada na parte central e sul (estrato arbóreo de 10 a 15 m) da sub-região; **c) ecossistema de savana-parque** – localizada na parte norte e noroeste da sub-região e pequenas ocorrências na parte sul (Sp – cerrado parque, estrato arbóreo de 2 a 4 m); **d) ecossistema de savana gramíneo-lenhosa** (Sg – campo limpo e campo sujo, sem estrato arbóreo e/ou sem expressão). Quando as savanas estão situadas principalmente, em altitudes superiores a 600 - 800 m sob mosaico de solos Litólicos e Quartzo Leitoso, ocorrem: savana estépica gramíneo-lenhosa (Tg); savana estépica-parque (Tp); e savana estépica-arbórea (Ta).



**Figura 1.** Savana dos Tiriyós (área de estudo) no Parque Indígena de Tumucumaque, PA.

A área de estudo apresenta clima equatorial quente e úmido (clima tropical chuvoso sub-tipo = Am4), sendo a temperatura média anual de 25,6°C a 27,9°C. Pelo mapa da distribuição das Estações Pluviométricas da ANEEL no Estado do Pará, descrito em Moraes et. al.(2005), as Estações mais próximas da área de estudo são Porto Trombetas e Sete Varas, cujo registro das médias de precipitação são 1569 mm e 1890 mm na estação chuvosa, e 506 mm e 566 mm na estação seca, respectivamente. Os meses menos chuvosos são setembro, outubro e novembro, e os meses mais chuvosos são abril, maio e junho. Apresenta Umidade Relativa do Ar de 75-85% (média anual). A Insolação média anual é de 2000 horas.

### 3. Objetivo

- 1- Avaliar a dinâmica da Savana dos Tiriyós no Parque Indígena do Tumucumaque, localizado no norte do Estado do Pará, em datas distintas (anos de 1986 e 2005), através do uso de imagens de satélite Landsat.
- 2- Analisar as queimadas ocorridas e a frequência de fogo ao longo do período dos dados disponíveis (1998 a 2006) estimando a área queimada.

#### 4. Métodos e Procedimentos Utilizados

O presente trabalho tomou como base de estudo a cena 229-59 do Satélite Landsat TM 5 e ETM+ 7 (escala: 1:25000 com resolução de 30 metros) nos anos de 1986 e 2005 respectivamente, a qual contém a maior área de cerrado do lado brasileiro. A cena apresenta 180 x 180 km, ou seja, 32.400 km<sup>2</sup>. A área da Savana dos Tiryós (cerrado) é de aproximadamente 7.358 km<sup>2</sup> (RADAMBRASIL, 1975).

Primeiramente, procedeu-se ao registro das imagens usando o software Erdas Imagine, e por meio do mesmo, a função classificação supervisionada. Utilizaram-se as amostras de treinamento dividindo-as nas seguintes classes: floresta densa, área que pela imagem de satélite Landsat, expressa feições características de solo exposto, mas sabe-se que se trata de savana com vegetação rala sem distinção de ecossistemas; áreas de rios e corpos d'água; nuvens; fumaça e sombra. Após a classificação nos anos de estudo (1986 e 2005) fez-se o cruzamento das imagens de satélite, pela função de intersecção das imagens, usando o software ArcGIS. Obtiveram-se as áreas comuns consideradas áreas de savana, as áreas correspondentes a sua expansão e as áreas de retração entre os anos de 1986 e 2005.

Quanto ao monitoramento das queimadas na área de estudo, fez-se uso do sistema que utiliza imagens geradas a partir do sensor AVHRR “*Advanced Very High Resolution Radiometer*” a bordo dos satélites meteorológicos NOAA cuja recepção e tratamento é realizado pelo INPE (INPE, 2006). Assim, foram gerados arquivos de polígonos no formato *.shp* nos quais a área da cena 229-59, foi dividida em células de 3 x 3 km, nas quais foram totalizadas as queimadas detectadas diariamente pelo sensor AVHRR do satélite norte-americano NOAA-12 (passagem noturna).

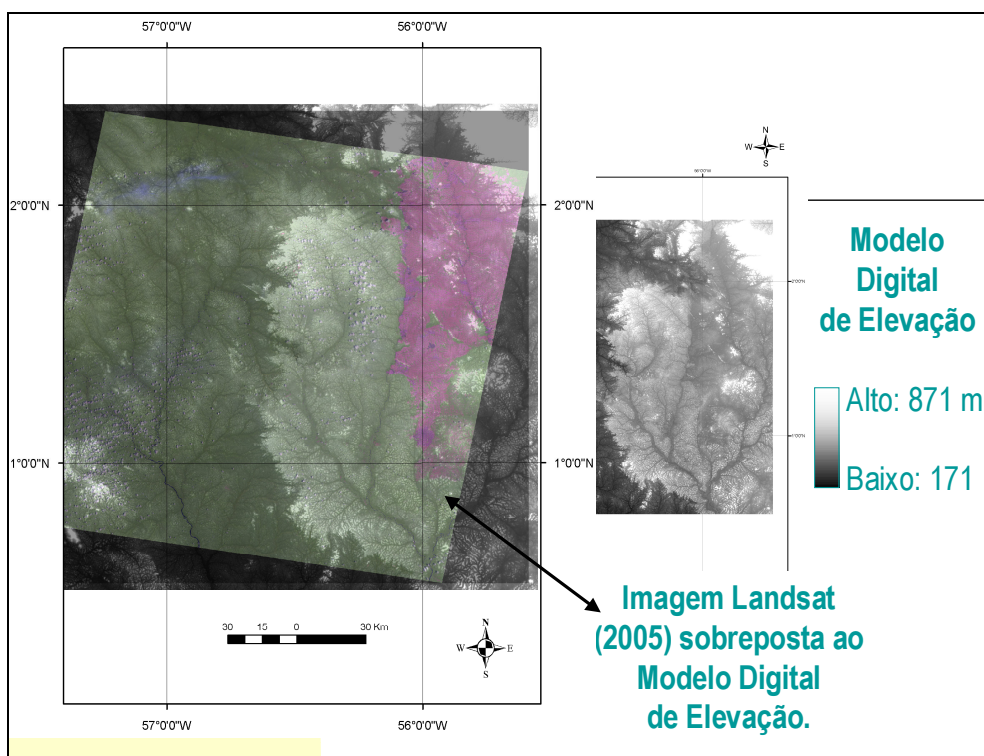
Os padrões espaciais e temporais das queimadas permitiram a identificação dos locais e frequências das queimadas (tempo entre duas queimadas na mesma área) entre 1998 e 2006 em toda a cena 229-59 e fora, no entorno da savana.

Obteve-se o modelo digital de elevação SRTM da área equivalente a da cena da imagem de satélite Landsat na qual insere-se a área de estudo, baseado em metodologia descrita em Miranda et al. (2005). A variação altimétrica foi de 171 a 871 m, ou seja, há uma diferença de 700m (**Figura 2**).

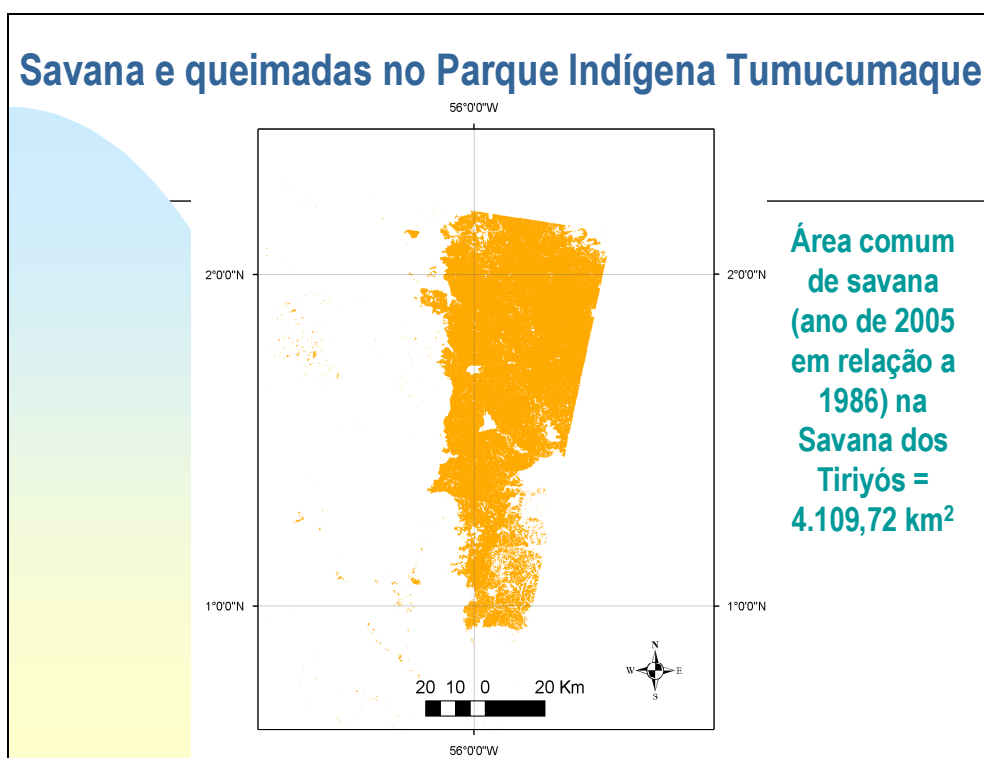
#### 5. Resultados e Discussão

A área comum de savana (cerrado) obtida pela classificação supervisionada nos anos de 1986 e 2005 foi de 4.109,72 km<sup>2</sup> (**Figura 3**). Os resultados gerados, além de permitir avaliar o grau de proteção das formações vegetais da Floresta e Cerrado, também possibilitaram obter as características gerais da dinâmica da vegetação. O valor obtido mostra que da área total da cena (32.400 km<sup>2</sup>), 12,7% ficou com cobertura permanente de cerrado e 87,3% por floresta densa e áreas de tensão ecológica (contato floresta/savana), rios e corpos d'água.

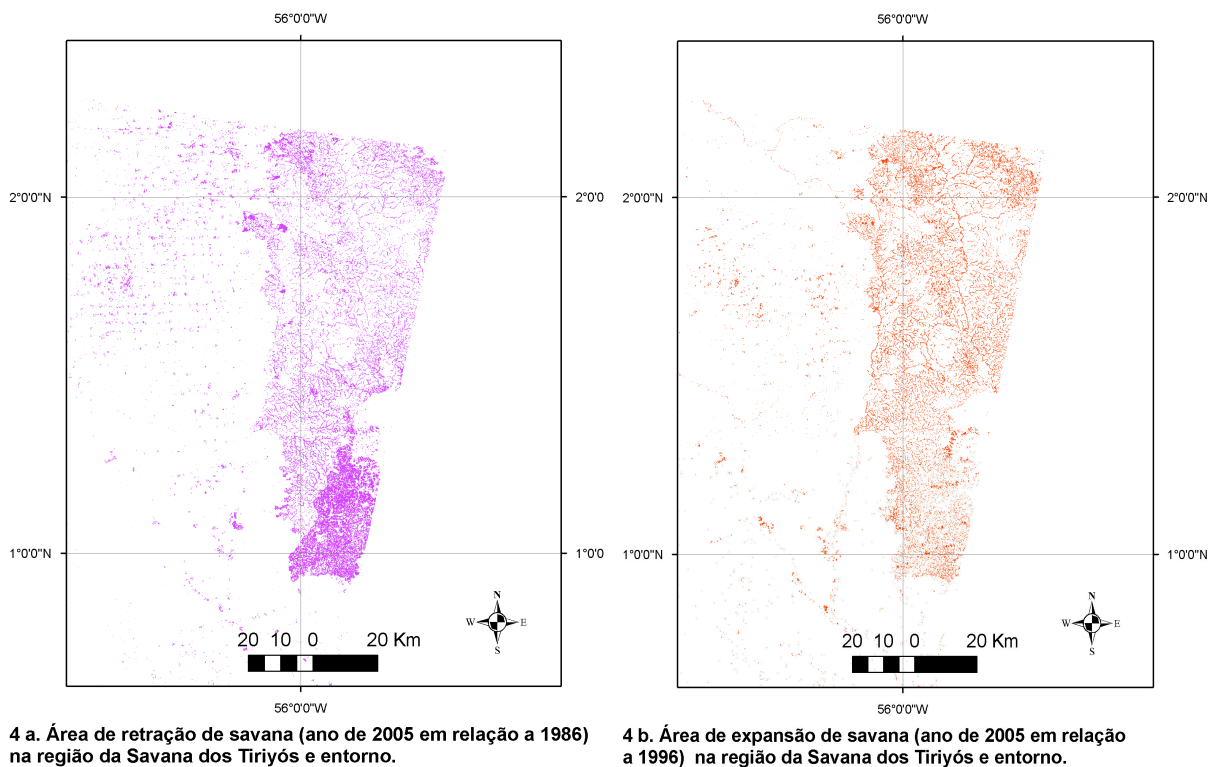
A área correspondente a retração e a expansão da savana entre 1986 e 2005 foi de 287,28 km<sup>2</sup> (**Figura 4a**) e 151,8 km<sup>2</sup> (**Figura 4b**) respectivamente. Portanto, houve no cômputo geral uma área retraída de cerrado de 135,48 km<sup>2</sup> no intervalo de 20 anos.



**Figura 2.** Cena da Imagem de Satélite Landsat-7 ETM + da área de estudo sobre o Modelo Digital de Elevação.



**Figura 3.** Área de savana comum às imagens de satélite nos anos de 1986 e 2005.



**Figura 4 a, b.** Área de retração (a) e expansão (b) de savana nos anos de 1986 e 2005.

Na **Figura 5** há a representação da distribuição dos focos de queimadas e a frequência das queimadas de agosto de 1998 a outubro de 2006 sobre a área de savana que permaneceu constante entre 1986 e 2005.

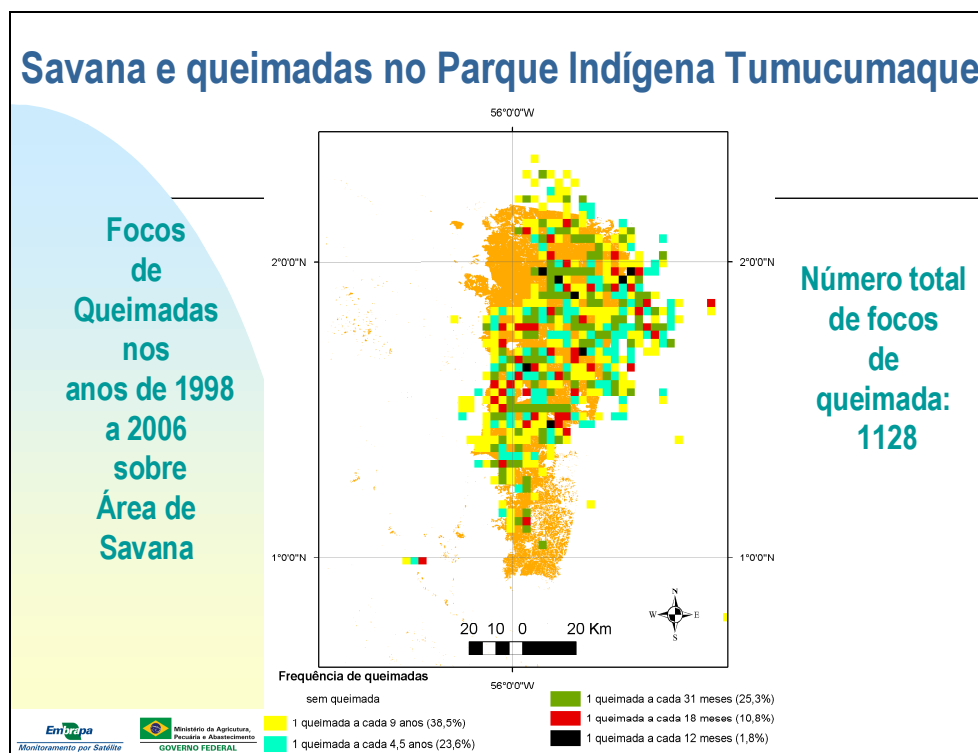
No total ocorreram 1128 focos de queimadas ao longo dos nove anos nas três cenas de imagem de satélite (228-58 228-59 e 229-59) dentro do Brasil. Desse total 77% dos focos foram sobre área integral de savana, menos na savana do Suriname, a qual não se obteve acesso aos dados; 13,4% dos focos sobre a Floresta Ombrófila; e 9,6% dos focos sobre as áreas de contato (Floresta/Savana). Somente dentro da cena 229-59 foram detectados 886 focos de queimadas, ou seja, 78,5% do total.

Analisando os resultados verificou-se que 38,5% da área queimada de savana apresentaram um foco de queimada (calor) em 9 anos. Ainda, 23,6% da área sofreram queimadas a cada 4,5 anos, 25,3% a cada 31 meses (média), 10,8% a cada 18 meses (média) e 1,8% a cada ano (média), sendo a reincidência anual de queimada em 72 km<sup>2</sup> de savanas (menos as do Suriname). A estimativa de área total queimada na região de estudo (cena 229-59) foi de no máximo, 4.086 km<sup>2</sup> para o período de nove anos, mas a mesma área pode ter sido queimada mais de uma vez, conforme a frequência de queima no local. Os focos de queimadas dentro da área de estudo concentraram-se nas savanas (cerrados) e preferencialmente, sobre as savanas sob maior altitude (**Figura 2**).

Barbosa e Fearnside (2004) determinaram a média ponderada de 38% (27-85%) de área total queimada anualmente, para as savanas amazônicas situadas em Roraima, sendo que para as savanas estépicas (campo limpo) houve queimadas todo ano, em 85% da área. Os autores enfatizaram a necessidade de associar os resultados de área queimada com suas respectivas tipologias para evitar equívocos de se considerar um único valor para todos os ecossistemas das savanas amazônicas. A frequência média de fogo foi de 2,5 anos.

No entorno à região de estudo, apesar das chuvas serem abundantes durante a estação chuvosa, conforme Moraes et al. (2005), constata-se a ocorrência de deficiência hídrica pela normal climatológica, durante o período menos chuvoso (setembro a novembro) dando

margem a maior concentração de focos de queimadas de setembro a novembro pelo acúmulo de biomassa seca. Nos anos de 1999 a 2005, os focos de queimadas ocorreram de forma concentrada nos meses de setembro, outubro e novembro (principalmente) de cada ano analisado, sendo de no mínimo 78,3% (2001) do total dos focos a 89,4% (2004).



**Figura 5.** Área de savana permanente nos anos de 1986 e 2005 e frequência de queimadas de 1998 a 2006 em toda savana.

Geralmente, o efeito do fogo promove o estabelecimento de espécies que ocupam as savanas e inibe o crescimento de espécies arbóreas de florestas. Assim, as condições climáticas envolvendo nível de precipitação pluviométrica, temperaturas médias elevadas, sazonalidade cíclica (anos mais secos) e a presença freqüente do fogo nas savanas e nas florestas do entorno, favorecem o processo de savanização que é natural e lento, quando não é acelerado pelas mudanças climáticas e/ou pelo homem.

Na Savana dos Tiriýós, os índios também costumam atear fogo em suas terras para a caça e roça, e além disso, para promover a renovação das pastagens para a criação de búfalos (Magno e Amaral, 1998; Socioambiental, 2006). A principal finalidade da queimada nas pastagens naturais consiste na remoção do capim rejeitado pelo gado (macega), o que proporciona rebrota das gramíneas com maior palatabilidade e valor nutritivo. Conforme RADAMBRASIL (1975) a possibilidade de que a savana, principalmente a savana-parque, venha a ser invadida por espécies de florestas é praticamente eliminada.

## 6. Conclusões

As queimadas são consideradas um importante fator de pressão para o avanço dos cerrados e mudança na cobertura e uso da terra na área de Savanas dos Tiriýós, mas a análise das imagens de satélite dos anos de 1986 e 2005, mostrou que para a área selecionada, houve uma retração em área de cerrado maior que a expansão.

As condições de queimadas concentradas nas savanas (sem avanço às florestas do entorno) e baixa frequência de queima, não favoreceram a expansão dos cerrados.

Estudos mais específicos e abrangendo as condições climáticas locais e as realidades culturais e sócio-econômicas da população indígena dos Tiriyós devem ser realizados, para que haja um conhecimento melhor dos potenciais de mudança e suas tendências.

## 7. Referências

Ab' Saber, A. N. Problemas da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**. v.19, n.53, 2005.

Ab' Saber, A. N. Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 16, n. 45, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 30 out. 2006.

ADA (AG. DES. AMAZÔNIA). Disponível em <http://www.ada.gov.br/amazonia>. Acesso em 1 nov. de 2006.

Barbosa, R. I.; Fearnside, P. M. Área queimada e frequência de fogo em savanas do extremo norte da Amazônia brasileira. 2004, 23 p. Disponível em [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/). Acesso em 03 Nov 2006.

Barbosa, R. I.; Nascimento, S. P.; Amorim, P.A F.; Silva, R.F. Notes on the woody composition of a vegetation phytosomy of the Roraima's savannas, Brazilian Amazonia. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v.19, n.2, 2005.

Fisch, G.; Marengo, J.A; Nobre, C. A . Clima da Amazônia. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/fish.html>. Acesso em 15 out. 2006

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Manuais Técnicos em Geociências no 1. IBGE: Rio de Janeiro. 1992. 92p.

IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/>. Acesso em 2 nov. de 2006.

INPE (INST. NAC. PESQ. ESPACIAIS). Disponível em: [www.inpe.gov.br](http://www.inpe.gov.br). Acesso em 03 de nov. de 2006

LBA (Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia). Disponível em: <http://lba.cptec.inpe.br/lba/site/>. Acesso em 5 nov. de 2006.

Magno, A. B; Amaral, S. **Os índios Tiriyós. Os filhos do deus Kuiuri**. Correio Brasiliense Web – 500 anos de Brasil. (29 de nov. de 1998). Disponível em: <http://www2.correioweb.com.br/>. Acesso em 2 out. de 2006.

MCT (MIN. CIÊNCIA TECN.). Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/> Acesso em 6 nov. de 2006.

Miranda, E. E. de; Hott, M.C.; Guimarães, M. **Brasil em Relevô**. Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 1 nov. 2006.

Moraes, B. C. et al. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. **Acta Amaz.**, Manaus, v. 35, n. 2, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 1 nov. 2006.

RADAMBRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Folha NA. 21. Tumucumaque e parte NB. 21; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1975. 370 p. ilust., tab., 6 mapas (Levantamento de Recursos Naturais, 9).

SOCIOAMBIENTAL. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/pib/epi/tiriyoi/> Acesso em 1 nov. de 2006.

Torres, D.J. Amazônia inusitada contra Amazônia devastada. Disponível em: <http://www.eca.usp.br/nucleos/njr/lanternaverde/numerovintequatro1.htm>. Acesso em 4 nov. de 2006.

Veira, I.C.G.; Ferreira, L.V.; Homma, A . K. O. Programa de C&T para recuperação de áreas alteradas no arco do desmatamento da Amazônia. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (Relatório Final). 2006. 108p. Disponível em: [http://www.sbpcnet.org.br/documentos/Relatorio\\_final-SBPC-Amazonia.pdf](http://www.sbpcnet.org.br/documentos/Relatorio_final-SBPC-Amazonia.pdf)