

“PADRÕES GLOBAIS DA DINÂMICA DO FOGO NA VEGETAÇÃO”

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)

Carlos Eduardo Nascimento Cardoso (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: carlos.cardoso@inpe.br

Manoel Ferreira Cardoso (CCST/INPE, Orientador)

E-mail: manoel.cardoso@inpe.br

Julho de 2011

“PADRÕES GLOBAIS DA DINÂMICA DO FOGO NA VEGETAÇÃO”

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)

Carlos Eduardo Nascimento Cardoso (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: carlos.cardoso@inpe.br

Manoel Ferreira Cardoso (CCST/INPE, Orientador)

E-mail: manoel.cardoso@inpe.br

Julho de 2011

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Atividade de Fogo (número de detecções)	9
Figura 2 - Atividade de Fogo (número de detecções)	10
Figura 3 - População Global e a Atividade de Fogo	12
Figura 4 - Atividade de Fogo versus População Global	12
Figura 5 - Mapas Climatológicos Trimestrais da média das ocorrências de fogo	13
Figura 6 - Mapas Climatológicos Trimestrais de Precipitação Média	14
Figura 7- Mapas Climatológicos Trimestrais de Umidade no Solo Média	15
Figura 8- Mapas Climatológicos Trimestrais da Água Precipitável Média	16
Figura 9 – Relação Entre Atividade de Fogo e Precipitação	17
Figura 10 - Relação Entre Atividade de Fogo e Umidade no Solo	18
Figura 11- Relação Entre Atividade de Fogo e Água Precipitável	19
Figura 12- Distribuição da atividade de fogo por tipos de superfície	20

SUMÁRIO

	Página
1 – INTRODUÇÃO	5
2 - TÓPICOS DO PROJETO	6
2.1-Levantamentos de fontes de informação	6
2.2-Preparação dos dados	7
2.3-Análise dos Dados	10
3 - RESULTADOS E CONCLUSÃO	21
4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1- INTRODUÇÃO

Neste projeto foram realizadas atividades que levaram ao acesso e uso de dados que auxiliam no aprimoramento e desenvolvimento de modelos globais (com baixa resolução espacial e temporal) que representam a ocorrência e os efeitos do fogo na vegetação. Estas atividades incluíram principalmente a busca, a preparação e a análise simples de dados sobre frequência e impactos do fogo na vegetação. O principal conjunto de dados encontrado está relacionado à atividade de fogo na superfície terrestre, de janeiro de 2001 até dezembro de 2010, baseado em dados de satélites. Estes dados foram agregados mensalmente a uma resolução espacial de 0,5° de latitude e longitude, e convertidos em formato comum a outros dados utilizados no Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST). Estes dados foram então relacionados a outros tipos de variáveis ambientais, sendo elas: distribuição de biomas naturais, população global, precipitação, umidade do solo e água precipitável na atmosfera, originados em outros institutos e projetos no próprio CCST. Para síntese, os dados foram também organizados em climatologias trimestrais (média climatológica dos meses de janeiro a abril, março a junho, agosto a setembro e outubro a dezembro). Estes dados possibilitaram a confecção de mapas e gráficos que ilustram várias características da dinâmica do fogo na vegetação. Entre estas se destacam padrões espaciais e temporais da ocorrência do fogo e relações entre outras variáveis ambientais que são observados também em outros estudos, dando confiabilidade ao banco de dados construído. Por exemplo, a partir dos mapas criados, observamos que as ocorrências de fogo aparecem sobre os continentes e fora do oceano, e não existem em regiões de gelo ou de deserto, dando confiabilidade na construção do banco de dados. As regiões que apresentam secas em determinada época do ano apresentam também maiores ocorrências de fogo, e o bioma natural mais atingido é em geral a savana. Onde há uma quantidade maior de umidade no solo, precipitação, água precipitável e população, a atividade de fogo em geral é baixa ou nula. Os dados foram também analisados através de gráficos que já neste ponto indicam as formas funcionais das equações que podem ser usadas para representar as relações entre a atividade de fogo e as outras variáveis, e que poderão ser usadas futuramente no desenvolvimento e aprimoramento de novos modelos. Na maioria dos casos, estes gráficos indicam relações não lineares entre as variáveis. Por exemplo, os valores de atividade de fogo em geral decrescem exponencialmente com a precipitação, umidade no solo e população global. Os desenvolvimentos deste projeto alcançaram os objetivos esperados, destacando-se principalmente as

contribuições para a construção de bancos de dados importantes para o desenvolvimento e testes de modelos em escala global da dinâmica do fogo nos ecossistemas terrestres.

2- TÓPICOS DO PROJETO

2.1 – Levantamentos de fontes de informação

Para orientar em geral no processo de seleção e busca de dados, foram consultados os artigos "Long-term potential for tropical-forest degradation due to deforestation and fires in the Brazilian Amazon" (Cardoso et al. 2009) "Projecting future fire activity in Amazonia" (Cardoso et al. 2003) e "Long-term potential for fires in estimate of the occurrence of savannas in the tropics" (Cardoso et al. 2008). A partir deste aprendizado, houve uma seleção e busca por diversas variáveis ligadas a ocorrência do fogo, listadas no texto abaixo.

Foram feitas buscas a bancos de dados sobre atividade de fogo, onde selecionamos os dados sobre atividade de fogo coletados a partir do sensor MODIS, disponíveis a partir dos bancos de dados da University of Maryland, nos EUA (UMD 2010). Estes dados foram selecionados devido às características de resolução temporal e espacial (~5 km, diários) e maior cobertura temporal incluindo os anos de 2001 a 2010, e também pela facilidade de acesso aos dados. Além dessas informações, também fizemos o levantamento de dados sobre população global, precipitação, água precipitável, umidade no solo e distribuição de biomas naturais. Os dados sobre biomas já estavam disponíveis e são descritos em Oyama e Nobre (2004).

Obtivemos os dados sobre população global para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010 com resolução espacial de 0.5° em latitude e longitude. Estes dados foram disponibilizados pelo site da Columbia University, nos EUA (Columbia 2010).

Para servir de índices sobre inflamabilidade da vegetação, selecionamos dados de precipitação, água precipitável na atmosfera e umidade do solo. Os dados de água precipitável vão de 1979 a 2011 possuem uma resolução de 2.5° em latitude e longitude e foram obtidos à partir do National Oceanic & Atmosphere Administration (NOAA 2011). As informações sobre umidade no solo com resolução de 2.5° em latitude e longitude foram obtidos também através do NOAA e vão de 1948 até 2011. Os dados de precipitação foram obtidos a partir do banco de dados do NOAA com resolução espacial de 2.5° em latitude e longitude. Os dados estão entre 1979 e 2009.

2.2. – Preparação dos dados

Para os dados sobre atividade global do fogo, foi realizada a cópia dos dados dos arquivos da UMD, através de protocolo de transferência de arquivos pela Internet (ftp). A seguir foi realizada a conversão dos dados para o formato do software GrADs, compatível com outros bancos de dados já existentes no INPE. Para esta conversão de formato dos dados foi desenvolvido o código computacional abaixo para leitura dos dados em formato texto original e reescrita em formato binário apropriado para o software GrADs:

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
main()
{
FILE *arq,*arqnovo;
int j,i,ano,h,mes,dia,min,conf,sample;
float mFRP[360][720]={0.0};
float mconf[360][720]={0.0};
float numfogo[360][720]={0.0};
float lon,lat,lati,longi,T21,T31,FRP;
arq = fopen("/home2/carlosnc/Projeto/Ativ_fogo/MCD14ML.200001.005.01.asc","r");
arqnovo = fopen("/home2/carlosnc/Projeto/Ativ_fogo_bin/fire_2000_01.dat", "wb");
if(arq!=NULL)
{fscanf(arq,"%*s %*s %*s %*s %*s %*s %*s %*s %*s %*s %*s");//desprezando a primeira linha
while(! feof(arq))
fscanf(arq,"%4d %2d %2d %2d %2d %*s %f %f %f %f %d %f
%d",&ano,&mes,&dia,&h,&min,&lati,&longi,&T21,&T31,&sample,&FRP,&conf);//lendo as variaveis
lat=(90 - lati)*2;//calculando posicao i na matriz
i = (int)lat;
lon=(180 + longi)*2;//calculando posicao j na matriz
j = (int)lon;
mFRP[i][j]=mFRP[i][j]+FRP;
numfogo[i][j]++
mconf[i][j]= mconf[i][j]+conf;
}
for (i=0; i<360;i++)
{for (j=0; j<720; j++)
{
if(numfogo[i][j] > 0)
{mFRP[i][j]=(mFRP[i][j]/numfogo[i][j]);
fwrite(&mFRP[i][j], sizeof(mFRP[i][j]), 1, arqnovo);//escrevendo no arquivo binario
}
}
}
for (i=0; i<360;i++)
{
for (j=0; j<720; j++)
{
if(numfogo[i][j]>0)
{mconf[i][j]= mconf[i][j]/numfogo[i][j];}
}
}
}
```

```

        fwrite(&mconf[i][j], sizeof(mconf[i][j]), 1, arqnovo);//escrevendo no arquivo binario
    }
}
for (i=0; i<360;i++)
    { for (j=0; j<720; j++)
        {
            fwrite(&numfogo[i][j], sizeof(numfogo[i][j]), 1, arqnovo);//escrevendo no arquivo binario
        }
    }
fclose(arq); }
else
printf("Nao Abriu");
}

```

A partir da conversão destes dados, foi possível elaborar mapas sobre a atividade de fogo, onde foi possível observar se estes dados correspondiam o que era esperado. Analisando cuidadosamente cada mapa gerado para cada mês, notamos claramente que: as ocorrências de fogo aparecem somente sobre os continentes e fora dos oceanos, não existem em regiões de gelo ou de deserto e que ao longo dos meses a quantidade e a localização dos focos variam em relação à época do ano apresentando um comportamento periódico. Por exemplo, se uma região costuma ter um clima seco em uma determinada época do ano, pelos mapas observa-se que nessa época as queimadas são mais frequentes nessa região. Seguem abaixo quatro mapas com o número total de detecções para cada trimestre do ano de 2005 (Figura 1).

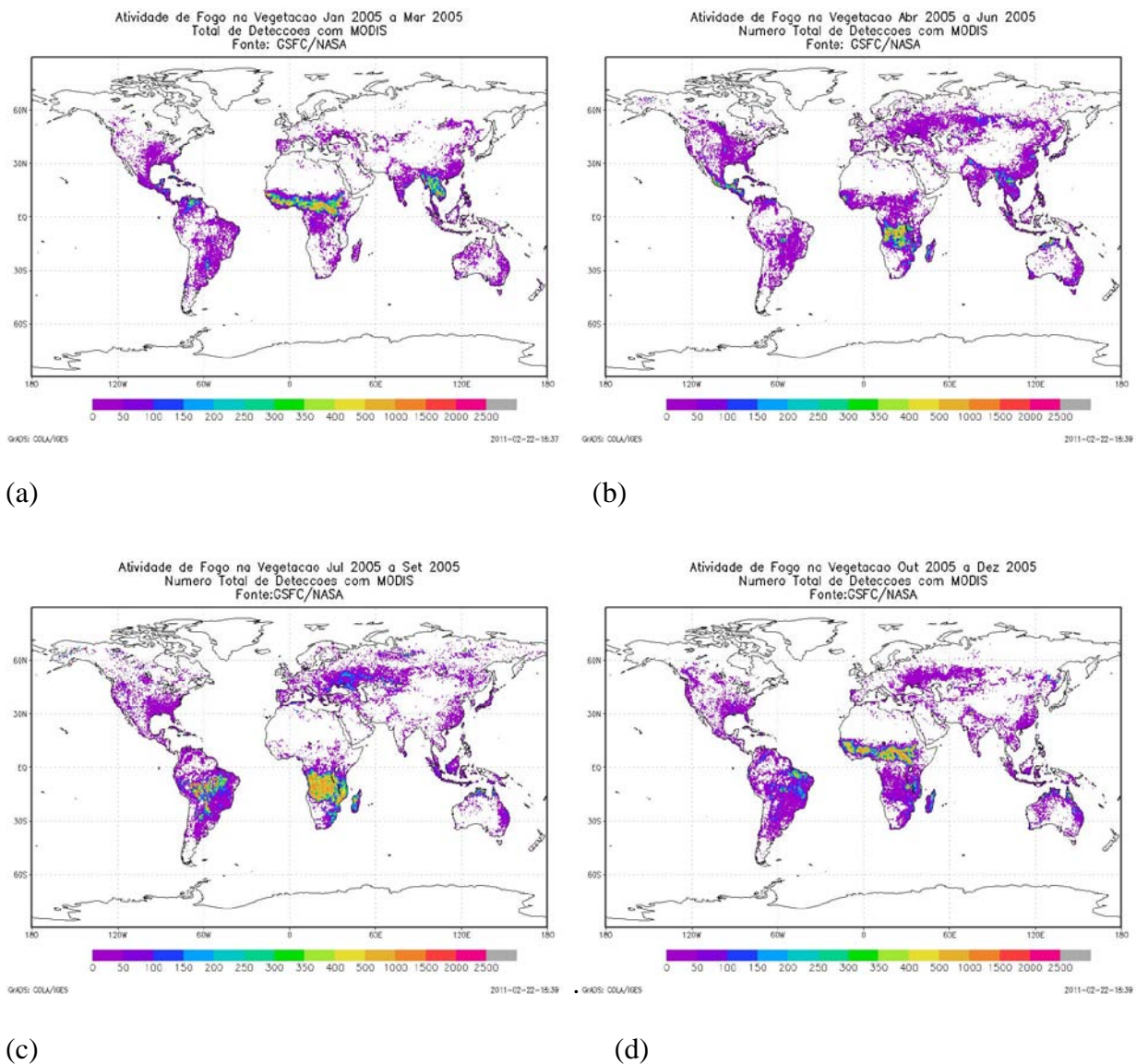


Figura 1-Atividade de fogo (número de detecções). Total de detecções de Janeiro a Março de 2005(a), Total de detecções de Abril a Junho de 2005(b), Total de detecções de Julho a Setembro de 2005 (c), e Total de detecções de Outubro a Dezembro de 2005(d).

Para aumentar a confiabilidade na construção do banco de dados, comparamos o mapa de ocorrências de fogo produzido usando dados do INPE/DSA (Figura 2a), contendo os pontos de ocorrência de fogo captados por vários satélites ao elaborado a partir dos dados convertidos(Figura 2b), sendo que os dois mapas apresentam o número total de detecções estão numa mesma faixa temporal (entre junho e setembro de 2005). Visualizando os mapas abaixo, encontramos uma grande semelhança entre eles em relação aos pontos de maiores ocorrências.

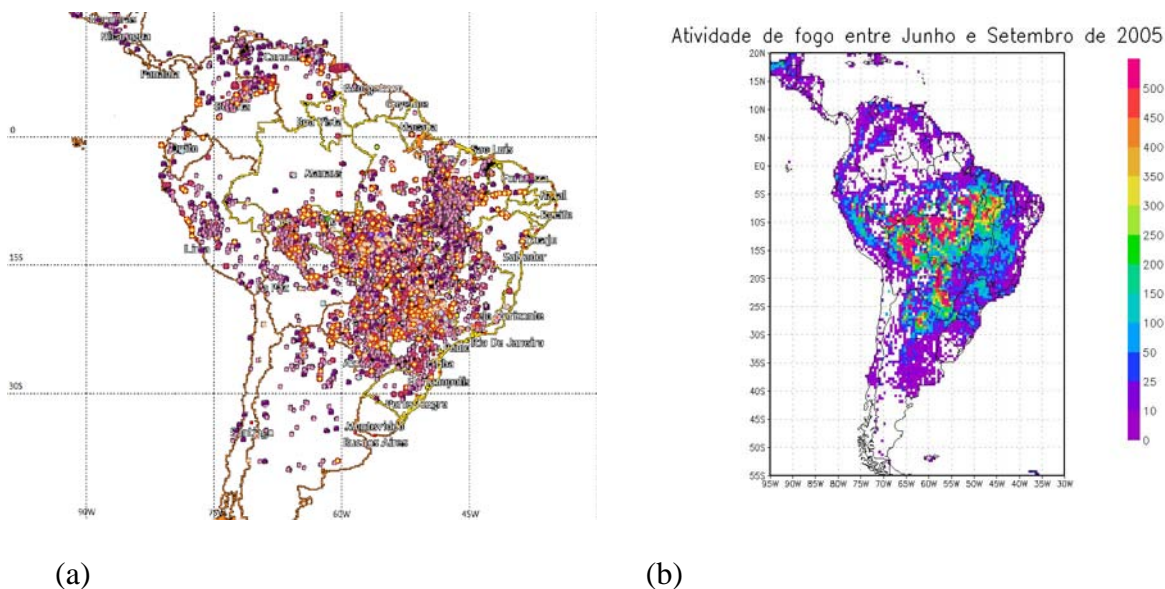


Figura 2 - Atividade de fogo (número total de detecções). (a) Mapa gerado a partir do banco de dados do INPE/DSA com todas as detecções de Junho a Setembro de 2005, (b) Mapa gerado a partir dos dados convertidos com todas as detecções de Junho a Setembro de 2005.

2.3. Análise dos dados

Após testar a confiabilidade dos dados convertidos (Figura 2), procuramos relacionar as ocorrências de fogo com outras variáveis com a finalidade de entender como funciona a dinâmica do fogo numa escala global e analisar esses resultados. Primeiramente buscamos relacionar a atividade de fogo com a distribuição global da população. Para os dados sobre população, foi realizada a cópia do banco de dados do site da Columbia University. Para utilizá-lo, foi feita a sua conversão para o formato comum no CCST, usando praticamente a mesma estrutura do programa usado nos dados sobre atividade de fogo. Daí, construímos mapas de distribuição global da população e o comparamos com os de atividade de fogo. Para isso, fizemos uma média da população global de 1990 até 2010 (Figura 3a) e calculamos uma média da atividade de fogo entre 2001 e 2010 (Figura 3b). Observamos que em regiões com muitos habitantes, as ocorrências de fogo são muito baixas e onde há poucos habitantes ocorre o contrário. Essa relação pode ser vista claramente observando o gráfico de atividade de fogo versus população global juntamente com os mapas que seguem abaixo (Figura 4).

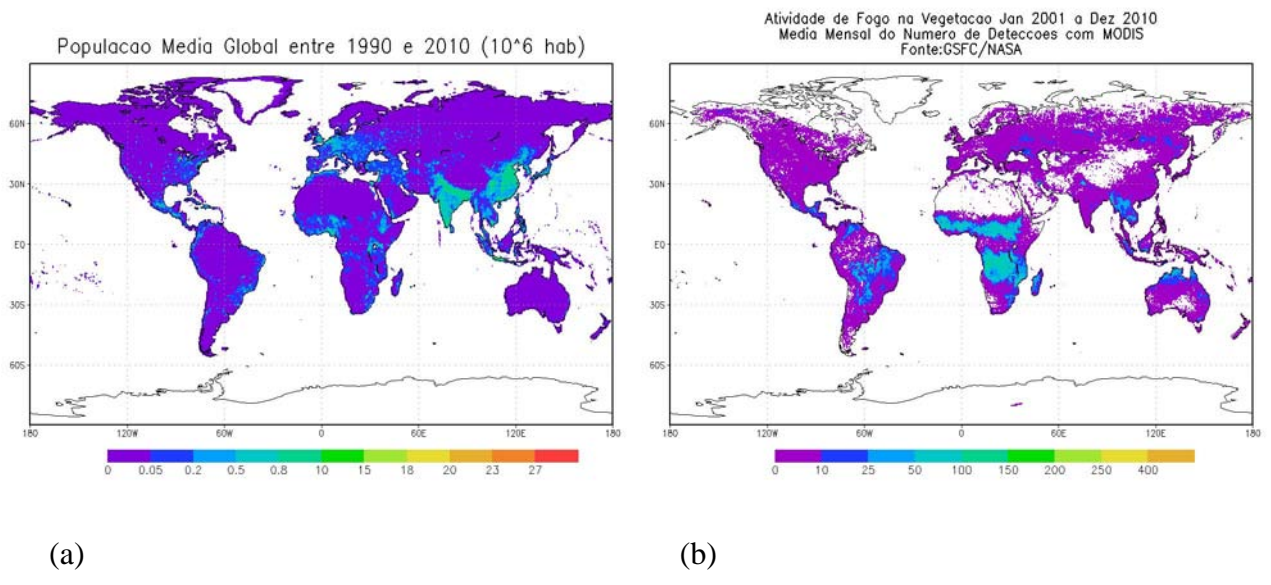


Figura 3 - População Global e a Atividade de fogo. (a)População Global Média entre 1990 e 2010, (b) Média Mensal das Ocorrências de Fogo entre 2001 e 2010.

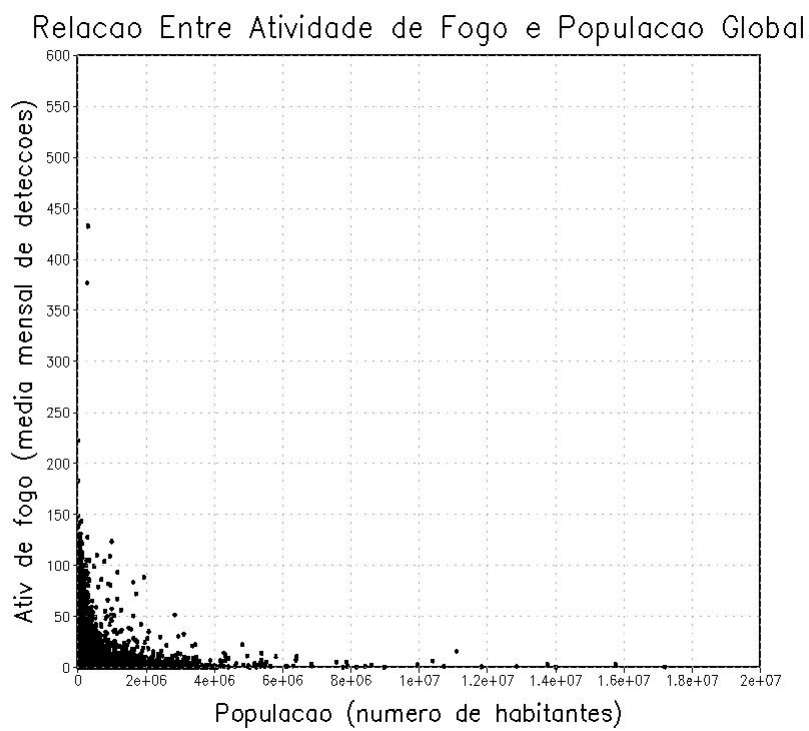
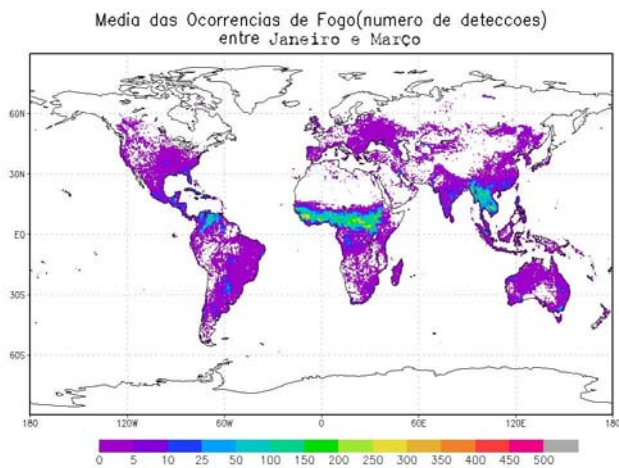
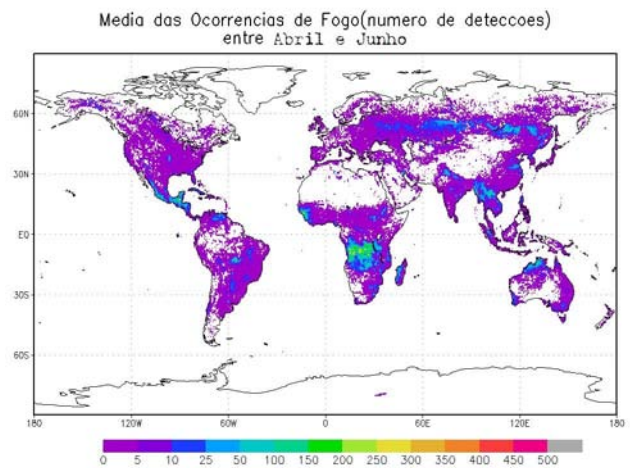


Figura 4 – Atividade de Fogo versus População Global. Relação Entre Atividade de Fogo (média mensal de 2001 a 2010) e População Global (média de 1990 a 2010).

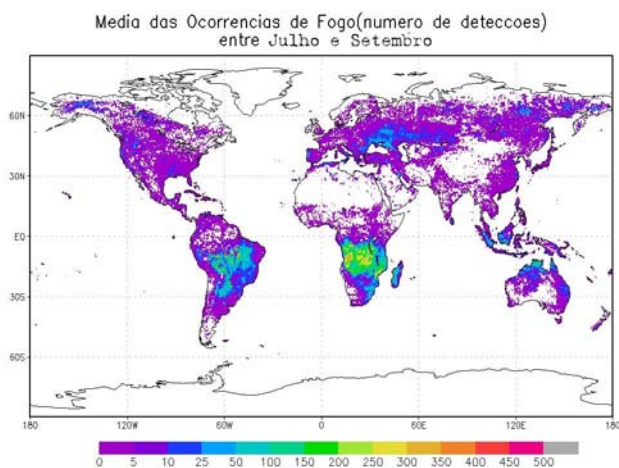
A partir disso, fomos á procura de dados sobre umidade no solo, precipitação e a água precipitável e distribuição de biomas naturais. Para os dados de precipitação foi realizada a cópia do banco de dados do site do NOAA que possuem formato compatível com o software usado no CCST. O mesmo ocorrendo com os dados de água precipitável e umidade no solo que foram obtidos também através do banco de dados do NOAA. Como alguns dados não possuíam a mesma resolução espacial e faixa de tempo, tivemos que alinhá-los com os dados convertidos. Com os dados de atividade de fogo, os dados de umidade no solo, precipitação e água precipitável foram organizados em climatologias trimestrais (média climatológica dos meses de janeiro a abril, março a junho, agosto a setembro e outubro a dezembro). Seguindo essa organização, geramos mapas para a visualização do comportamento dessas variáveis (Figura 5 a Figura 8). Seguem abaixo os mapas climatológicos trimestrais.



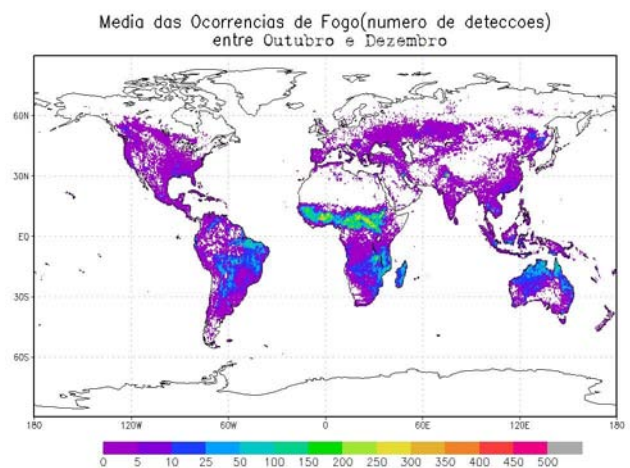
(a)



(b)

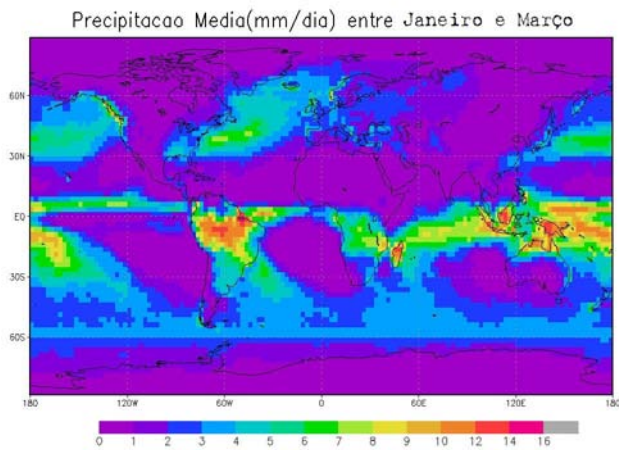


(c)

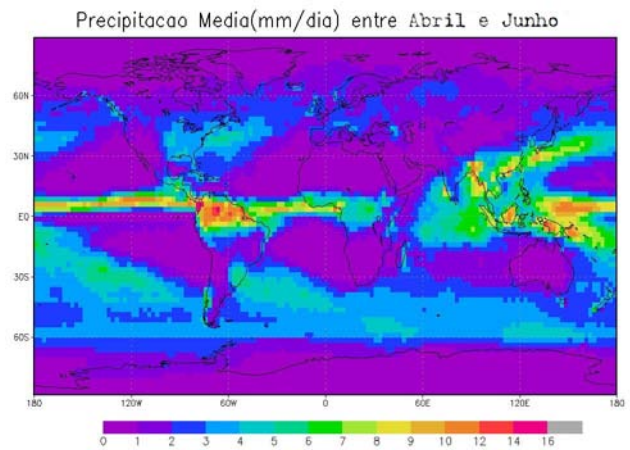


(d)

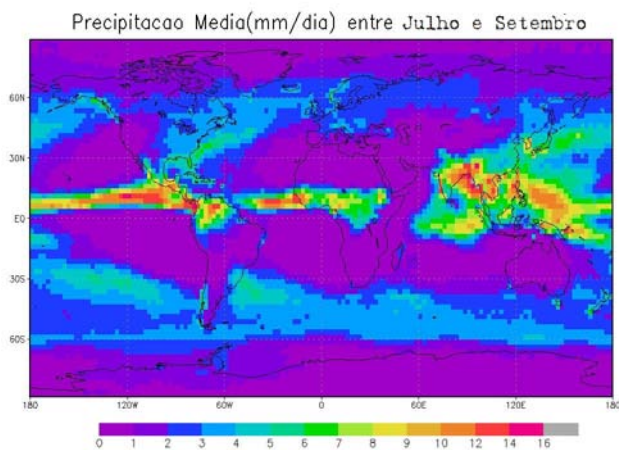
Figura 5 - Mapas Climatológicos Trimestrais da média das ocorrências de fogo. (a) Mapa Climatológico de Ocorrências de Fogo entre Janeiro e Março (2001-2010), (b) Mapa Climatológico de Ocorrências de Fogo entre Abril e Junho (2001-2010), (c) Mapa Climatológico de Ocorrências de Fogo entre Julho e Setembro (2001-2010), (d) Mapa Climatológico de Ocorrências de Fogo entre Outubro e Dezembro (2001-2010).



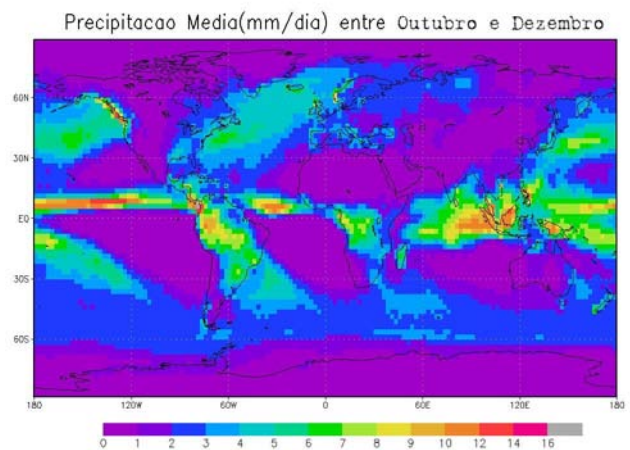
(a)



(b)

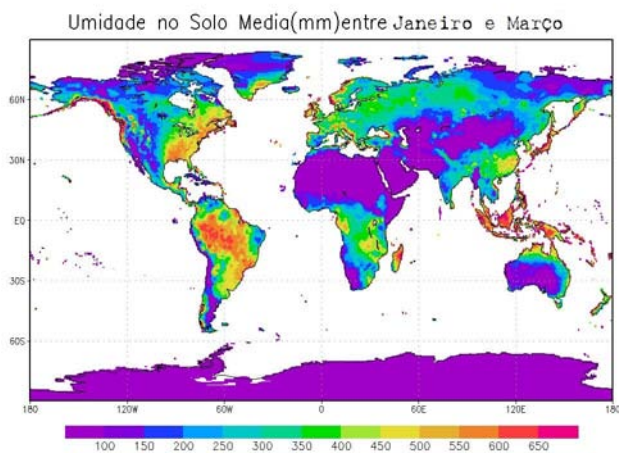


(c)

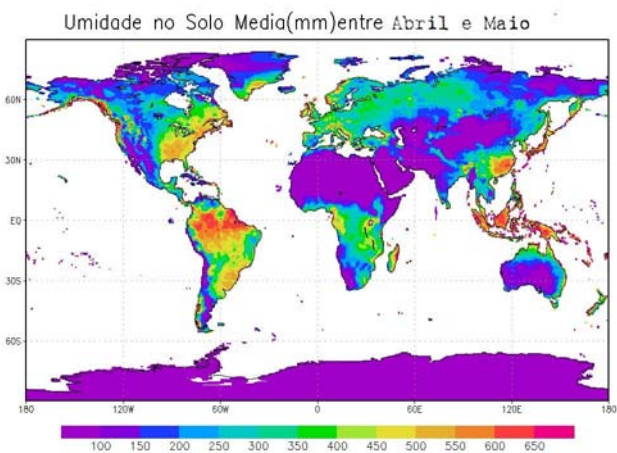


(d)

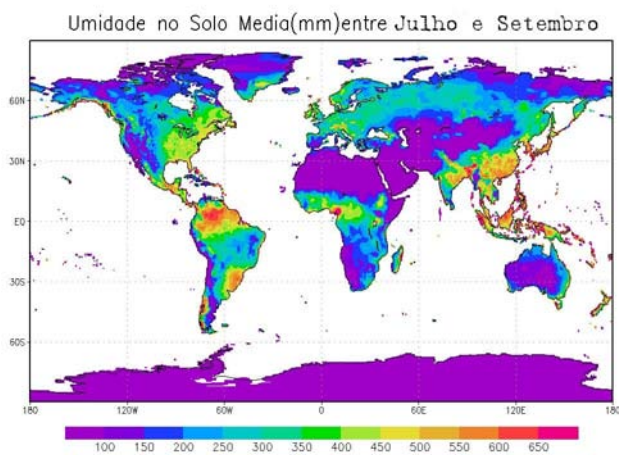
Figura 6 - Mapas Climatológicos Trimestrais de Precipitação Média. (a) Mapa Climatológico de Precipitação entre Janeiro e Março (2001-2008), (b) Mapa Climatológico de Precipitação entre Abril e Junho (2001-2008), (c) Mapa Climatológico de Precipitação entre Julho e Setembro (2001-2008), (d) Mapa Climatológico de Precipitação entre Outubro e Dezembro (2001-2008).



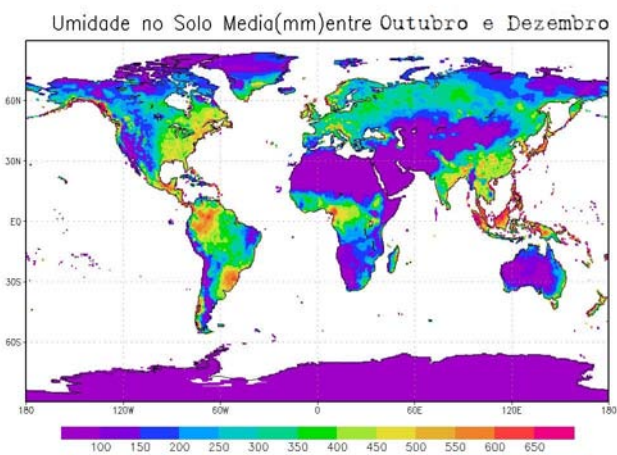
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 7 - Mapas Climatológicos Trimestrais de Umidade no Solo Média. (a) Mapa Climatológico de Umidade no Solo entre Janeiro e Março (2001-2010), (b) Mapa Climatológico de Umidade no Solo (2001-2010), (c) Mapa Climatológico de Umidade do Solo entre Julho e Setembro (2001-2010), (d) Mapa Climatológico de Umidade no Solo entre Outubro e Dezembro (2001-2010).

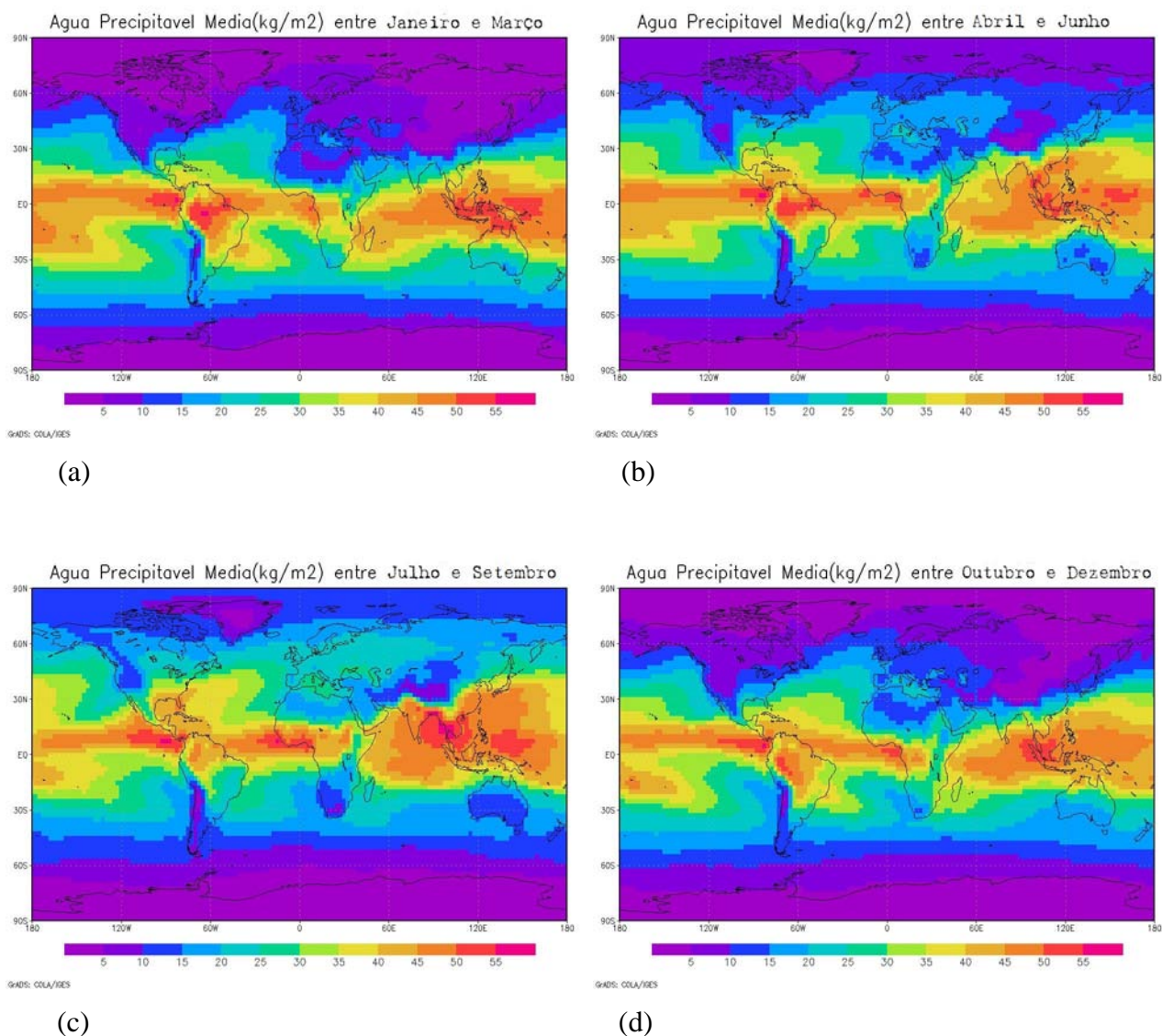


Figura 8 - Mapas Climatológicos Trimestrais da Água Precipitável Média. (a) Mapa Climatológico de Água Precipitável entre Janeiro e Março (2001-2010), (b) Mapa Climatológico de Água Precipitável (2001-2010), (c) Mapa Climatológico de Água Precipitável entre Julho e Setembro (2001-2010), (d) Mapa Climatológico de Água Precipitável entre Outubro e Dezembro (2001-2010).

Para demonstrar de uma maneira mais clara essas relações, foram construídos gráficos que mostram como a atividade de fogo se relaciona com os fatores ambientais analisados em diferentes épocas do ano (Figura 9 a Figura 11). Na maioria dos casos, estes gráficos indicam relações não lineares entre as variáveis.

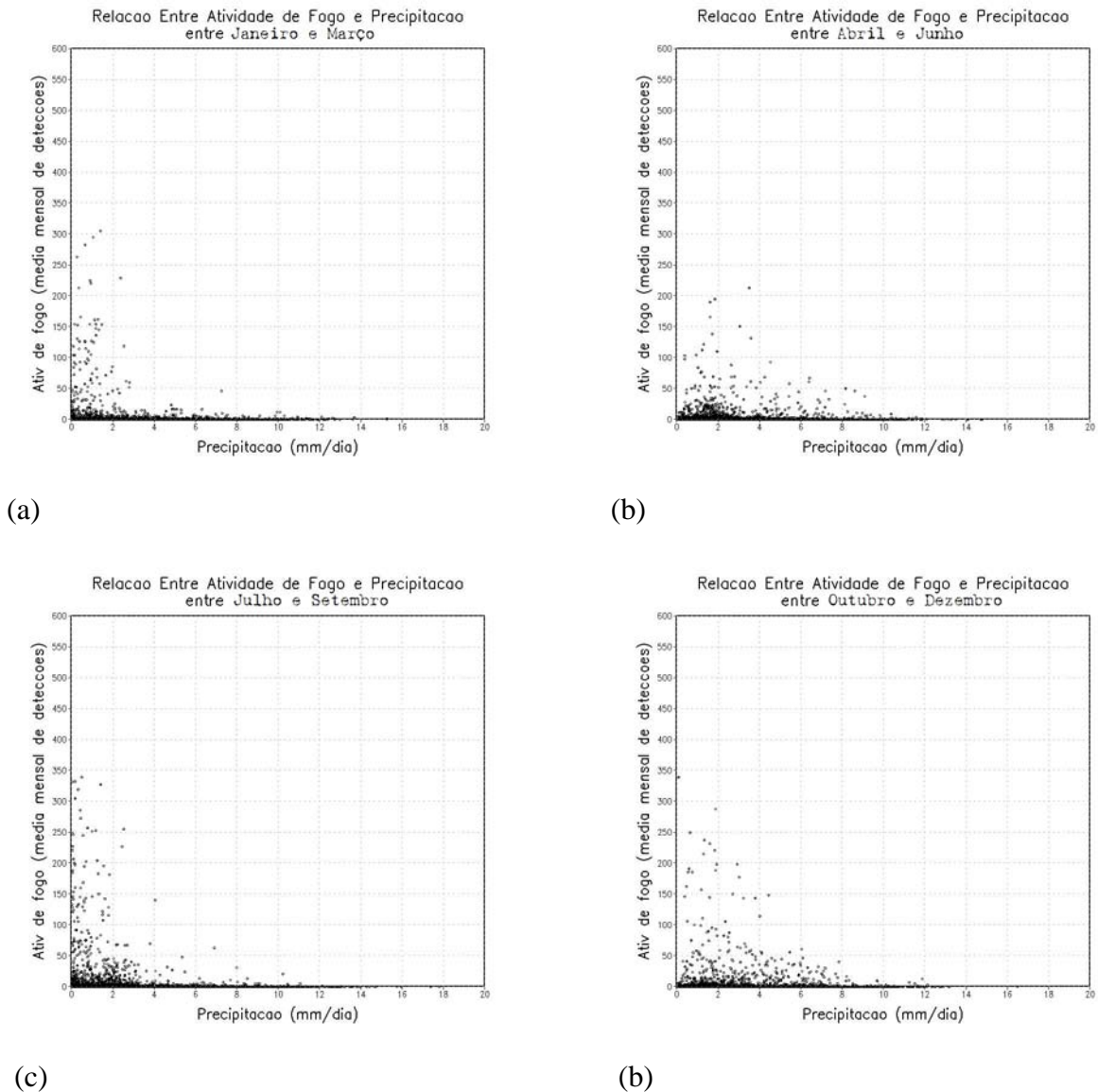
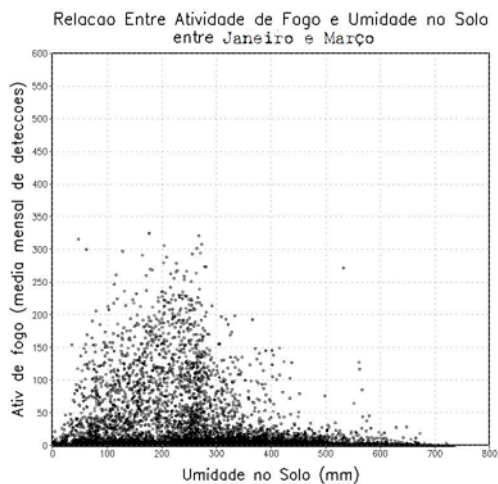
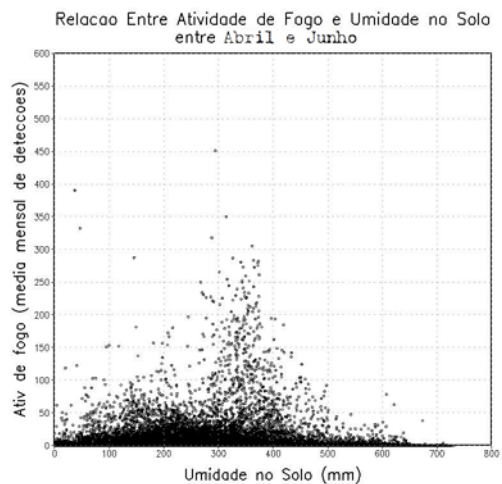


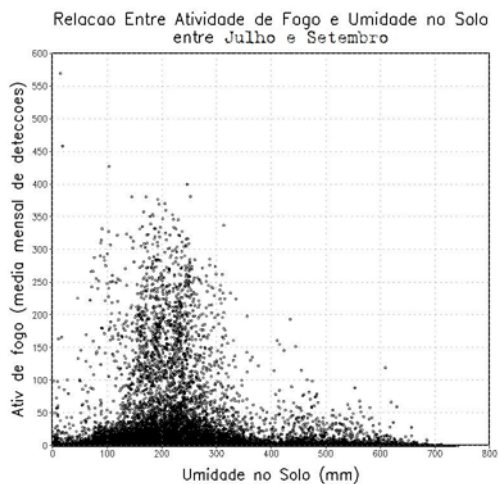
Figura 9 – Relação Entre Atividade de Fogo e Precipitação. (a) Gráfico Atividade de Fogo (2001-2010) versus Precipitação (2001-2008) entre Janeiro e Março, (b) Gráfico Atividade de Fogo (2001-2010) versus Precipitação (2001-2008) entre Abril e Junho, (c) Gráfico Atividade de Fogo (2001-2010) versus Precipitação (2001-2008) entre Julho e Setembro, (d) Gráfico Atividade de Fogo (2001-2010) versus Precipitação (2001-2008) entre Outubro e Dezembro.



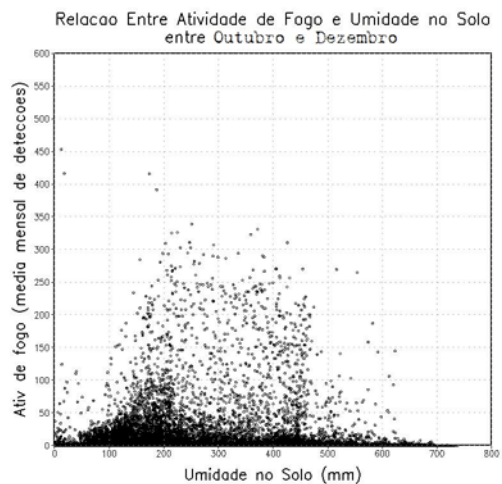
(a)



(b)

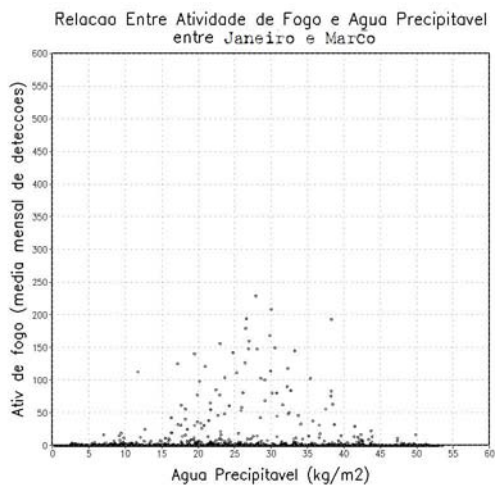


(c)

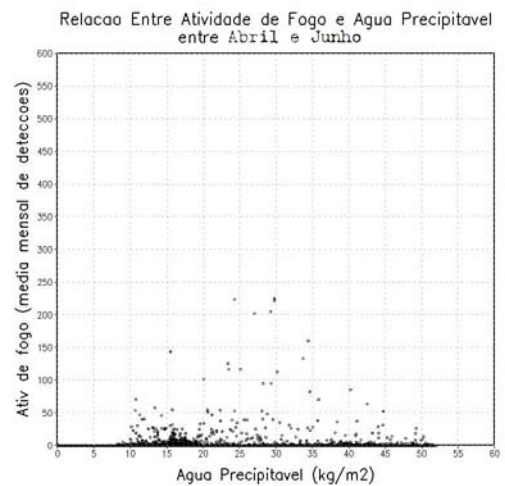


(d)

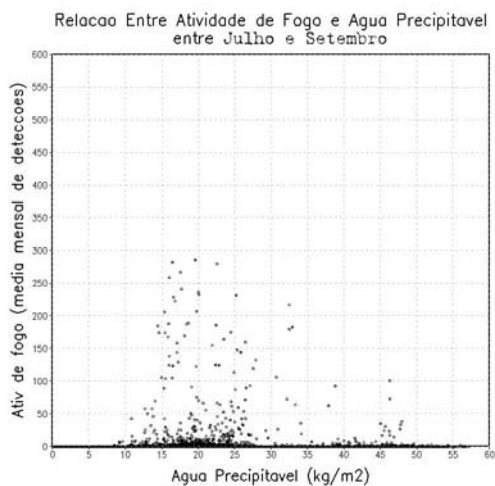
Figura 10 – Relação Entre Atividade de Fogo e Umidade no Solo. (a) Gráfico Atividade de Fogo versus Umidade no Solo entre Janeiro e Março (2001-2010), (b) Gráfico Atividade de Fogo versus Umidade no Solo entre Abril e Junho (2001-2010), (c) Gráfico Atividade de Fogo versus Umidade no Solo entre Julho e Setembro (2001-2010), (d) Gráfico Atividade de Fogo versus Umidade no Solo entre Outubro e Dezembro (2001-2010).



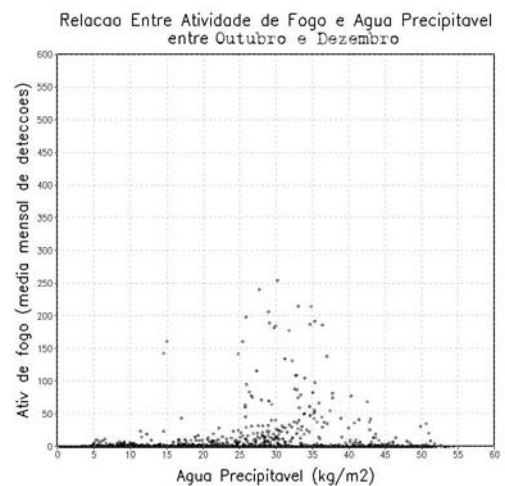
(a)



(b)



(b)



(d)

Figura 11 – Relação Entre Atividade de Fogo e Água Precipitável. (a) Gráfico Atividade de fogo versus Água Precipitável entre Janeiro e Março (2001-2010), (b) Gráfico Atividade de Fogo versus Água Precipitável entre Abril e Junho (2001-2010), (c) Gráfico Atividade de Fogo versus Água Precipitável entre Julho e Setembro (2001-2010). (d) Gráfico Atividade de Fogo versus Água Precipitável entre Outubro e Dezembro (2001-2010).

Com a média das ocorrências de atividade fogo de 2001 a 2010, filtramos também esses resultados por tipo de superfície atingida com o uso dos dados de distribuição de biomas naturais e, somamos as ocorrências de fogo para cada tipo de superfície (Figura 12). Observando os resultados, nota-se que o bioma savana é o mais atingido pelo fogo com uma enorme diferença em relação aos outros biomas como podemos ver os valores na figura abaixo.

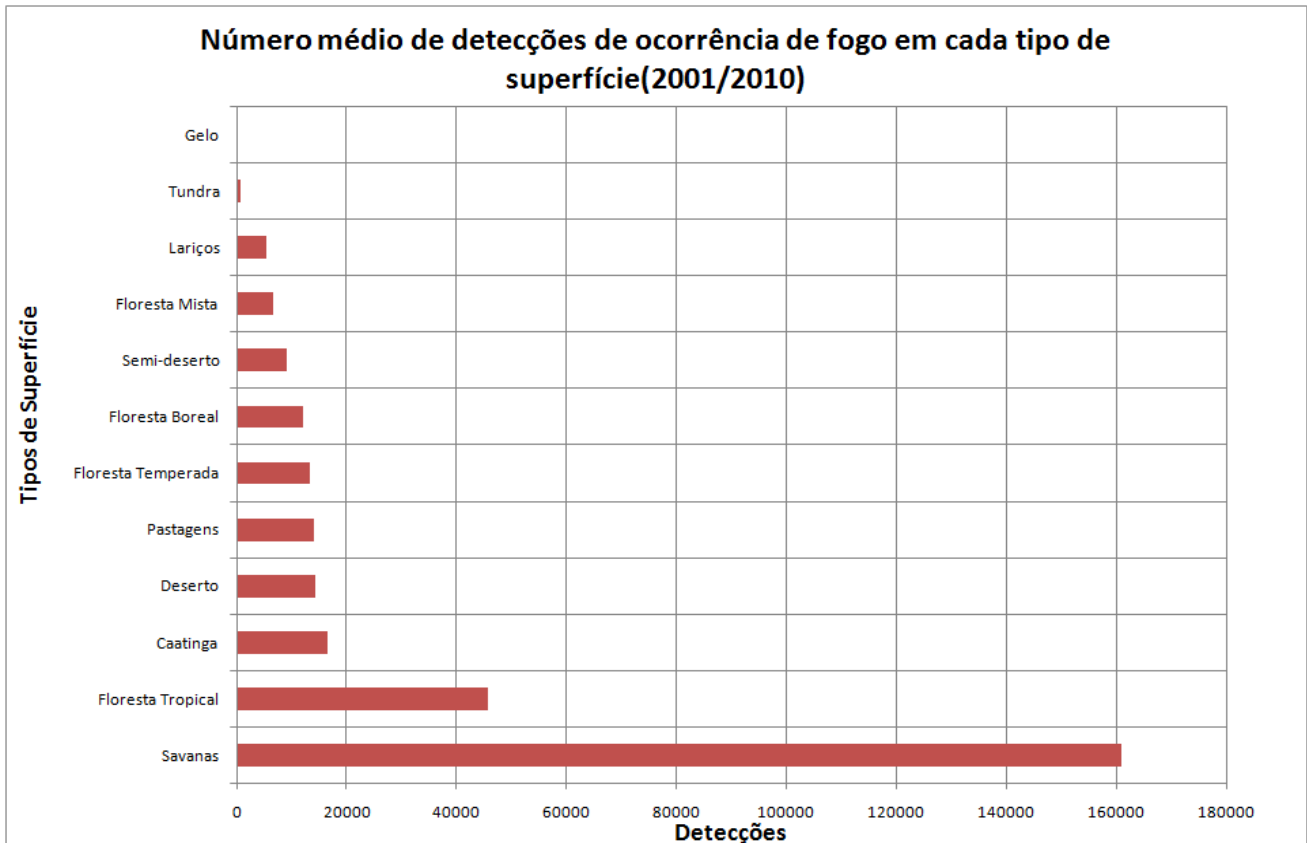


Figura 12 - Distribuição da atividade de fogo por tipos de superfície Relação entre o número de médio de ocorrência de fogo (2001-2010) e o tipo de superfície atingida.

3- RESULTADOS E CONCLUSÃO

As atividades e análises realizadas neste projeto levaram a diversos resultados importantes para o desenvolvimento de modelos da dinâmica do fogo na vegetação dentro do Grupo de Interação Biosfera-Atmosfera do INPE/CST. Primeiramente, foram selecionados e construído o acesso a um banco de dados confiável sobre atividade de fogo em escala global e que cobre uma boa faixa temporal (2001 a 2011) baseados no sensor MODIS. Estes foram então relacionados a outros tipos de variáveis ambientais, incluindo a distribuição de biomas naturais, população global, precipitação, umidade do solo e água precipitável na atmosfera, originados em outros institutos e projetos no próprio CCST. Para síntese, os dados foram também organizados em climatologias trimestrais (média climatológica dos meses de janeiro a abril, março a junho, agosto a setembro e outubro a dezembro).

Estes dados possibilitaram a confecção de mapas e gráficos que ilustram várias características da dinâmica do fogo na vegetação. Entre estas se destacam padrões espaciais e temporais da ocorrência do fogo e relações entre outras variáveis ambientais que são observados também em outros estudos, dando confiabilidade ao banco de dados construído. Por exemplo, a partir dos mapas criados, observamos que as ocorrências de fogo aparecem sobre os continentes e fora do oceano, e não existem em regiões de gelo ou de deserto, dando confiabilidade na construção do banco de dados. As regiões que apresentam seca em determinada época do ano apresentam também maiores ocorrências de fogo, e o bioma natural mais atingido é em geral a savana. Onde há uma quantidade maior de umidade no solo, precipitação, água precipitável e população, a atividade de fogo em geral é baixa ou nula.

Os dados foram também analisados através de gráficos que já neste ponto indicam as formas funcionais das equações que podem ser usadas para representar as relações entre a atividade de fogo e as outras variáveis, e que poderão ser usadas futuramente no desenvolvimento e aprimoramento de novos modelos. Na maioria dos casos, estes gráficos indicam relações não lineares entre as variáveis. Por exemplo, os valores de atividade de fogo em geral decrescem exponencialmente com a precipitação, umidade no solo e população global. Os desenvolvimentos deste projeto alcançaram os objetivos esperados, destacando-se principalmente as contribuições para a construção de bancos de dados importantes para o desenvolvimento e testes de modelos em escala global da dinâmica do fogo nos ecossistemas terrestres.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

UNIVERSITY OF MARYLAND (UMD). **MODIS Active Fire and Burned Area Products**. Land Processes Distributed Active Archive Center. 2010. Disponível em:<http://modis-fire.umd.edu/AF_getdata.html>. Acesso em: 15 nov. 2010.

COLUMBIA UNIVERSITY (Columbia). **Gridded Population of the World and the Global Rural-Urban Mapping Project**. Socioeconomic Data and Applications Center. 2010. Disponível em:<<http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/global.jsp?file=gpwv3&data=pcount&type=ascii&resolution=half&year=00>>. Acesso em: 24 jan. 2010.

CARDOSO M.F., HURTT G.C., MOORRE B., NOBRE C.A. & PRINS E.M. Projecting future fire activity in Amazonia. **Global Change Biology**, n.5, p.656-669, 2003.

CARDOSO M.F., NOBRE C.A, LAPOLA D., OYAMA M. e SAMPAIO G. Long-term potential for fires in estimates of the occurrence of savannas in the tropics. **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, p. 222-235, 2007.

CARDOSO M.F., NOBRE C.A., SAMPAIO G., HIROTA M., VALERIANO D. and CÂMARA G. Long-term potential for tropical-forest degradation due to deforestation and fires in the Brazilian Amazon, **Biologia** v.64, n.3, p. 433-437, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **BDQueimadas - Banco de Dados Queimadas**. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos .2011. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em : 15 de fev. 2011

NACIONAL OCEANIC & ATMOSPHERE ADMINISTRATION (NOAA). **Global Precipitation Climatology Project**. CPC Merged Analysis of Precipitation. 2011. Disponível em : <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.cmap.html>>. Acesso em 20 de mar. de 2011.

NACIONAL OCEANIC & ATMOSPHERE ADMINISTRATION (NOAA). **Global Land Surface Monitoring and Prediction**. CPC Soil Moisture. 2011. Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.cpcsoil.html>>. Acesso em 02 de abr. de 2011.

NACIONAL OCEANIC & ATMOSPHERE ADMINISTRATION (NOAA). **Twentieth Century Reanalysis Project**. NCEP-DOE Reanalysis 2: Surface grids. 2011. Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.surface.html>> . Acesso em 4 de mai. de 2011.

OYAMA, M. e NOBRE, C. (2004) A simple potential vegetation model for coupling with the Simple Biosphere Model (SiB). **Revista Brasileira de Meteorologia**, 19, 203216.