



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **OCORRÊNCIA DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NO BRASIL COM BASE EM DADOS DE SATÉLITE ENTRE 1999 E 2000.**

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

**Mateus Cesar de Almeida Ferreira  
(FEG/UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq).  
e-mail: mateus.ferreira@uol.com.br**

**Osmar Pinto Junior  
(ELAT/INPE, Orientador).  
e-mail: osmar@dge.inpe.br**

Julho de 2008

# SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
1.1 Formação de descargas atmosféricas.....	4
1.2 LIS (Lightning Imaging Sensor).....	6
<b>2. MAPINFO.....</b>	<b>6</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>7</b>
3.1 Região Sul.....	7
3.2 Região Sudeste.....	43
3.3 Região Centro – Oeste.....	79
3.4 Região Nordeste.....	115
3.5 Região Norte.....	151
<b>4. ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	
4.1 Região Sul.....	183
4.2 Região Sudeste.....	183
4.3 Região Centro – Oeste.....	183
4.4 Região Nordeste.....	183
4.5 Região Norte.....	184
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>184</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>184</b>
<b>7. AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>184</b>

## **Ocorrência de descargas atmosféricas no Brasil com base em dados de satélite entre 1999 e 2002**

Mateus Cesar de Almeida Ferreira<sup>1</sup> (FEG/UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq).  
Osmar Pinto Junior<sup>2</sup> (ELAT/INPE, Orientador).

### **RESUMO**

Este trabalho, iniciado em março de 2008, tem como objetivo estudar os dados obtidos pelo Lightning Imaging Sensor (LIS), que é um instrumento científico utilizado para a detecção de distribuição e variação de descargas atmosféricas (Raios nuvem-nuvem, intranuvem e nuvem-solo) que ocorrem nas regiões tropicais e temperadas do globo, a bordo do satélite TRMM. Estes dados foram utilizados para gerar mapas e histogramas trimestrais da incidência de raios no Brasil de 1999 a 2002 para as diferentes regiões do país. Também foram gerados histogramas trimestrais da intensidade média da radiância medida pelo sensor para as diferentes regiões. Os resultados são comparados entre si e possíveis explicações para as diferenças observadas são sugeridas.

---

<sup>1</sup> Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, UNESP. **E-mail: mateus.ferreira@uol.com.br**

<sup>2</sup> Pesquisador (Coordenador) da Divisão de Geofísica Espacial. **E-mail: osmar@dge.inpe.br**

## 1. INTRODUÇÃO

Nesta introdução é explicada a formação de descargas atmosféricas. A detecção da distribuição e variação dessas descargas são feitas pelo LIS (Lightning Imaging Sensor). Com base nos dados gerados pelo LIS, com o auxílio do software MapInfo, histogramas e gráficos foram gerados para diferentes regiões do país. Os resultados são comparados entre si e as suas diferenças são discutidas.

### 1.1 Formação de descargas atmosféricas

As nuvens se eletrizam a partir de colisões de partículas de gelo acumuladas em seu interior. Durante as colisões, as partículas de gelo perdem elétrons e transformam-se em íons. Isso torna a nuvem eletricamente carregada. As partículas têm tamanho variado e, segundo medidas feitas por sondas meteorológicas, as menores e mais leves ficam com cargas positivas e as maiores e mais pesadas com carga negativa. Alguns fatores como os ventos, a temperatura e força da gravidade fazem com que cargas de mesmo sinal se concentrem em regiões específicas da nuvem. Geralmente a parte inferior, a base da nuvem, e a parte superior ou o topo da nuvem, são os locais de maior acúmulo de carga, de sinais contrários, funcionando assim como armaduras de um capacitor.

As cargas distribuídas na base e no topo das nuvens produzem um campo elétrico interno, denominado campo elétrico intra-nuvem. Além disso, com o acúmulo de cargas em sua superfície externa, a nuvem pode provocar uma indução eletrostática na superfície de outras nuvens ou no solo imediatamente abaixo (apesar das nuvens serem formadas por moléculas de água, portanto isolantes elétricas, a mobilidade de seus íons lhes confere um comportamento semelhante ao de um condutor). Neste caso cria-se um campo elétrico entre nuvens ou entre a nuvem e o solo.

Enquanto os choques das partículas dentro da nuvem se intensificam, a quantidade de carga em sua superfície aumenta e, conseqüentemente, o campo elétrico criado por essas cargas também se eleva. Com o aumento da intensidade desse campo, as moléculas de ar entre as partes eletrizadas sofrem polarização e se orientam de acordo com o campo elétrico. O efeito de polarização se intensifica com o aumento da intensidade do campo até o ponto em que elétrons são arrancados das moléculas do ar. O ar, dessa forma ionizado, se transforma em um condutor gasoso. Genericamente, o valor de campo elétrico que provoca ionização em um meio é denominado rigidez dielétrica desse meio. No ar, a rigidez dielétrica varia com as condições da atmosfera. Quando o campo elétrico ultrapassa esse valor limite, diz-se que houve uma quebra da rigidez dielétrica do meio. Isso transforma o isolante em condutor. Como conseqüência, os íons negativos e os elétrons livres do ar são fortemente atraídos pelas cargas positivas presentes nas nuvens ou induzidas no solo, formando um caminho chamado de canal condutor. Assim sendo, o movimento de cargas negativas no canal condutor pode ocorrer tanto intra-nuvem como entre nuvens ou entre nuvem e solo. Em cerca de 90% dos casos as descargas elétricas se originam na base da nuvem, quase sempre eletrizada negativamente. Portanto, em geral, é uma carga negativa que inicia o processo de descarga elétrica atmosférica.

A primeira carga a se movimentar, na maioria das vezes vinda da base de uma nuvem, é a Carga Líder ou Líder Escalonado. É chamada assim porque desce em etapas ou escalas, em intervalos de tempo quase uniformes. Algumas cargas seguem novos caminhos fora do canal principal, criando ramificações em muitos pontos. Isso porque há íons na atmosfera,

distribuídos de maneira não uniforme, o que acaba por atrair ou repelir essas cargas para um lugar indeterminado. O movimento da Carga Líder é seguido por outras cargas provenientes da base da nuvem criando-se uma corrente elétrica denominada raio.

A Carga Líder, em geral negativa, aproxima-se de cargas positivas localizadas no solo ou nas nuvens. A carga acumulada no canal condutor produz um aumento na intensidade do campo elétrico entre as cargas, gerando uma nova quebra da rigidez dielétrica do ar. Por efeito dessa quebra, devido ao alto nível de intensidade desse campo, íons positivos são arrancados do solo (ou da nuvem para onde as cargas negativas se dirigem). A intensificação do campo elétrico provoca o surgimento de vários caminhos (canais) por onde esses íons se deslocam ao encontro da Líder. Os íons positivos são denominados Líderes Conectantes ou Descargas Conectantes. No caso de descargas nuvem-solo, esse segundo rompimento da rigidez dielétrica ocorre quando a Líder está cerca de 10 m de distância do local de onde os íons positivos são arrancados. Essas cargas se encontram aproximadamente a meia distância do percurso. Assim se completa o canal do relâmpago. Todas as cargas negativas que seguem a Carga Líder movem-se através dos novos canais por onde passaram os íons positivos até alcançar os pontos de onde eles partiram. A descarga que saiu do solo continua seu movimento até a nuvem e passa a ser denominada Descarga de Retorno.

As principais conseqüências das descargas elétricas atmosféricas (raios) são a luz (relâmpago) e o som (trovão). Os relâmpagos são produzidos basicamente pela radiação eletromagnética emitida por elétrons que, após serem excitados pela energia elétrica, retornam a seus estados fundamentais. Isto ocorre principalmente na Descarga de Retorno e por esta razão, no caso da descarga nuvem-solo, a geração da luz é feita de baixo para cima. A luz do relâmpago é bastante intensa devido à grande quantidade de moléculas excitadas. Pode-se observar que as ramificações do canal são menos brilhantes pela menor quantidade de cargas presentes nessa região.

Quando há apenas uma Descarga de Retorno, o relâmpago é classificado como relâmpago simples. Os relâmpagos múltiplos acontecem quando a nuvem não se descarrega completamente durante o primeiro raio. Neste caso, as cargas remanescentes se acumulam novamente na base da nuvem e o fenômeno se reproduz através dos mesmos passos descritos neste tópico. A Carga Líder poderá ser um Líder Contínuo (um líder que não desce em etapas e aproveita o canal que já existe), um Líder Escalonado (um novo líder formado quando todo o canal se desfaz) ou um Líder Contínuo-escalonado (se parte do canal se desfizer). A descarga de retorno será denominada Descarga de Retorno Subseqüente unicamente no caso do Líder Contínuo. Para que aconteça mais de um relâmpago, tudo vai depender do tempo que a nuvem leva para se recarregar. A maioria dos relâmpagos é do tipo múltiplo.

O raio entre a nuvem e o solo também podem iniciar por Líderes positivos descendentes, correspondendo a movimentos de subida de cargas negativas (elétrons). A Descarga de Retorno resultante transporta cargas positivas da nuvem para o solo. Estes são os raios nuvem-solo positivos e no geral eles não se seguem de Descargas de Retorno Subseqüentes, sendo classificados como relâmpagos simples. Eles causam maiores danos do que os negativos. Muitos acidentes como incêndios em florestas e estragos em linhas de energia são causados por este tipo de raio.

## 1.2 LIS (Lightning Imaging Sensor)

O Lightning Imaging Sensor (LIS), é um instrumento de base espacial utilizado para a detecção de distribuição e variação do total de descargas atmosféricas (Raios nuvem-nuvem, intranuvem, e nuvem-solo) que ocorre nas regiões tropicais e temperadas do globo. O LIS é um instrumento científico, a bordo do satélite TRMM, que foi lançado em 28 de novembro 1997 a partir do Centro Espacial Tanegashima no Japão.

Este sensor consiste em captar imagem, que é otimizada para localizar e detectar tempestades com raios em uma escala de resolução (4 a 7 km) sobre uma grande região (600 x 600 km) da superfície da Terra. O satélite TRMM percorre uma distância de 7km/s em torno da órbita da Terra, deste modo o LIS pode observar um ponto da Terra ou de uma nuvem por quase 90 segundos quando passa por eles. Apesar da breve duração de uma observação, ela é longa o bastante para estimar a taxa de raios de tempestades. O instrumento que registra a hora da ocorrência, as medidas de energia radiante, e determina a localização de incidência de raios no seu campo de visão.

Este sensor calibrado utiliza um amplo campo de visão da lente óptica expandida com uma faixa estreita de filtro em conjunto com uma carga de alta velocidade acoplada ao dispositivo de detecção. Um Real Time Event Processor (RTEP), no interior da unidade eletrônica, é usado para determinar quando um relâmpago ocorre, mesmo na presença de nuvens claras iluminadas pelo sol.

Fracos sinais de raios que ocorrem durante o dia, são difíceis de detectar devido à iluminação de fundo. O RTEP irá remover o sinal de fundo, permitindo, assim, o sistema detectar relâmpagos fracos e conseguir uma detecção 90% eficiente.

Dados do Lightning Imaging Sensor estão sendo utilizados para estudar fenômenos mesoscale como a tempestade convecção, dinâmica e microphysics. Estes são relacionados com taxas e os montantes globais e da distribuição de precipitação de convecção, bem como para a liberação e transporte de calor latente, que são influenciados por todos os processos de escala global.

LIS é um instrumento projetado pela equipe de descargas atmosféricas GHCC e foi fabricado no Marshall Space Flight Center, em Huntsville, Alabama. LIS contribui significativamente para os objetivos da missão TRMM fornecendo uma climatologia global de descargas atmosféricas e trovoadas a partir da qual as alterações (mesmo a sutis variações de temperatura) podem ser facilmente detectadas.

O instrumento LIS é parte do Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). TRMM é uma missão conjunta entre a NASA e National Space Development Agency (NASDA), do Japão destinada a acompanhar e estudar chuvas tropicais e liberação de energia que ajuda a alimentar a circulação atmosférica global moldar tanto tempo e clima em todo o mundo.

## 2. MapInfo

A partir dos dados recolhidos pelo LIS, eles são inseridos no software MapInfo. No MapInfo os dados são organizados em forma de tabela que podem conter colunas como: Ano, Mês, Dia, Tempo.UTC, Latitude, Longitude, Milisegundos, Radiância, Grupos, Eventos e Órbita\_ID.

Com o MapInfo é possível criar pontos que representam as descargas atmosféricas captadas pelo LIS. Os pontos são criados com os dados de latitude e longitude.

Para esse estudo, foram criados pontos com base nos dados recolhidos pelo LIS dos anos de 1999 a 2002 para o Brasil. Estes pontos foram utilizados para gerar mapas temáticos e gráficos trimestrais da incidência de raios no Brasil para as diferentes regiões do país. Também foram gerados mapas temáticos e gráficos trimestrais da intensidade média da radiância medida pelo sensor para as diferentes regiões.

### 3. RESULTADOS

Neste tópico é apresentados os mapas temáticos obtidos pelo MapInfo e os gráficos.

#### 3.1 Região Sul

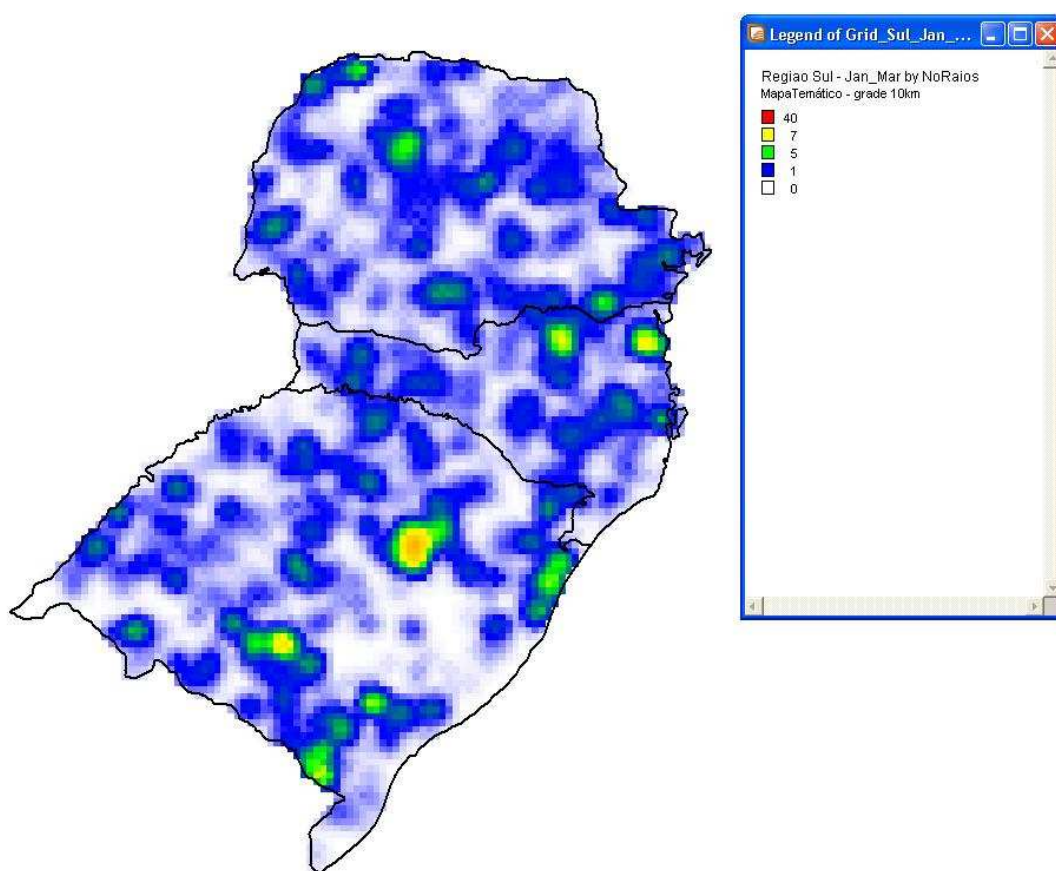
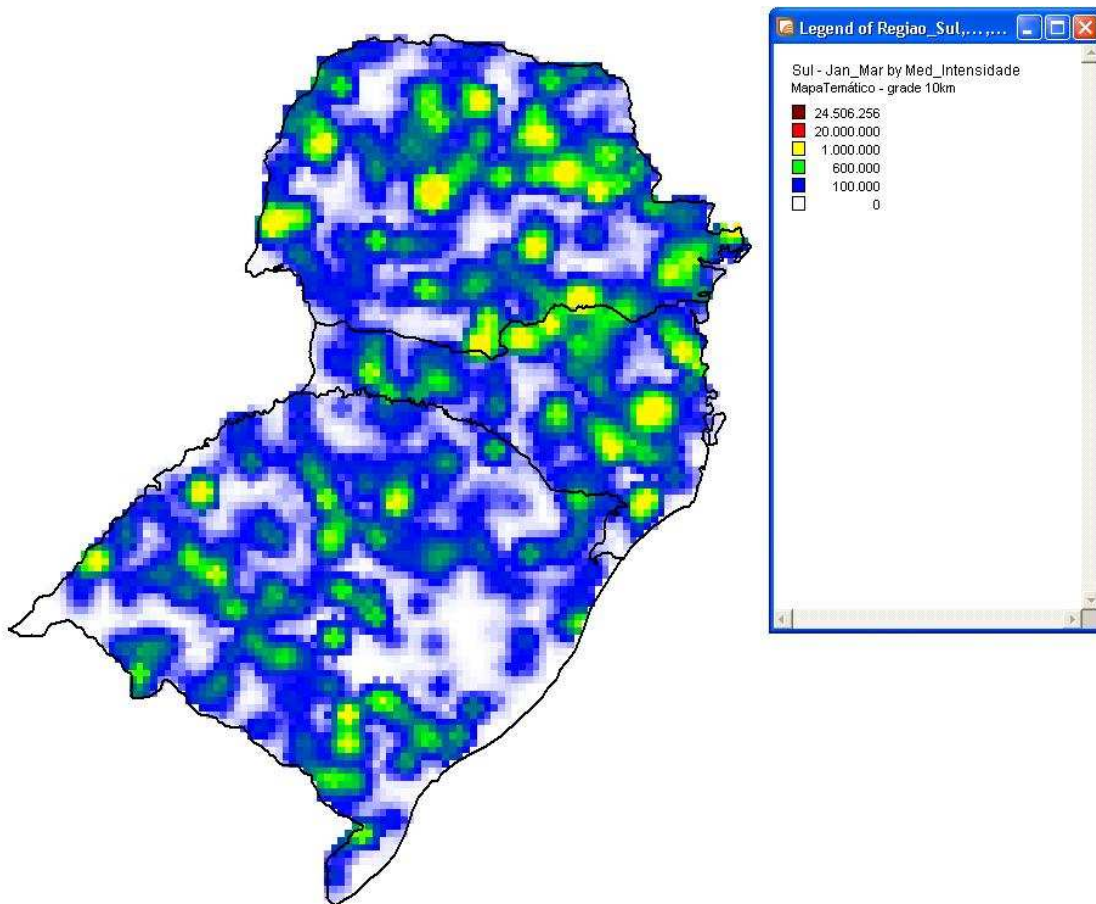
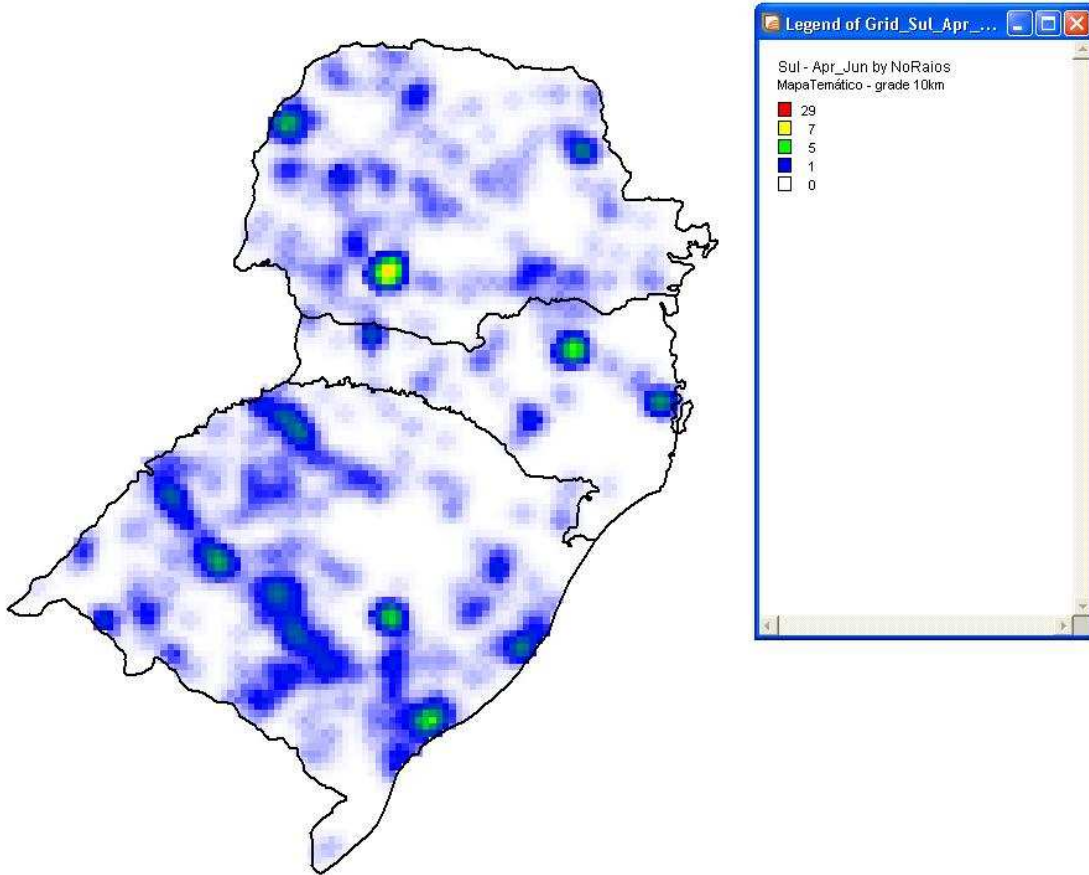


Figura 1 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 1999

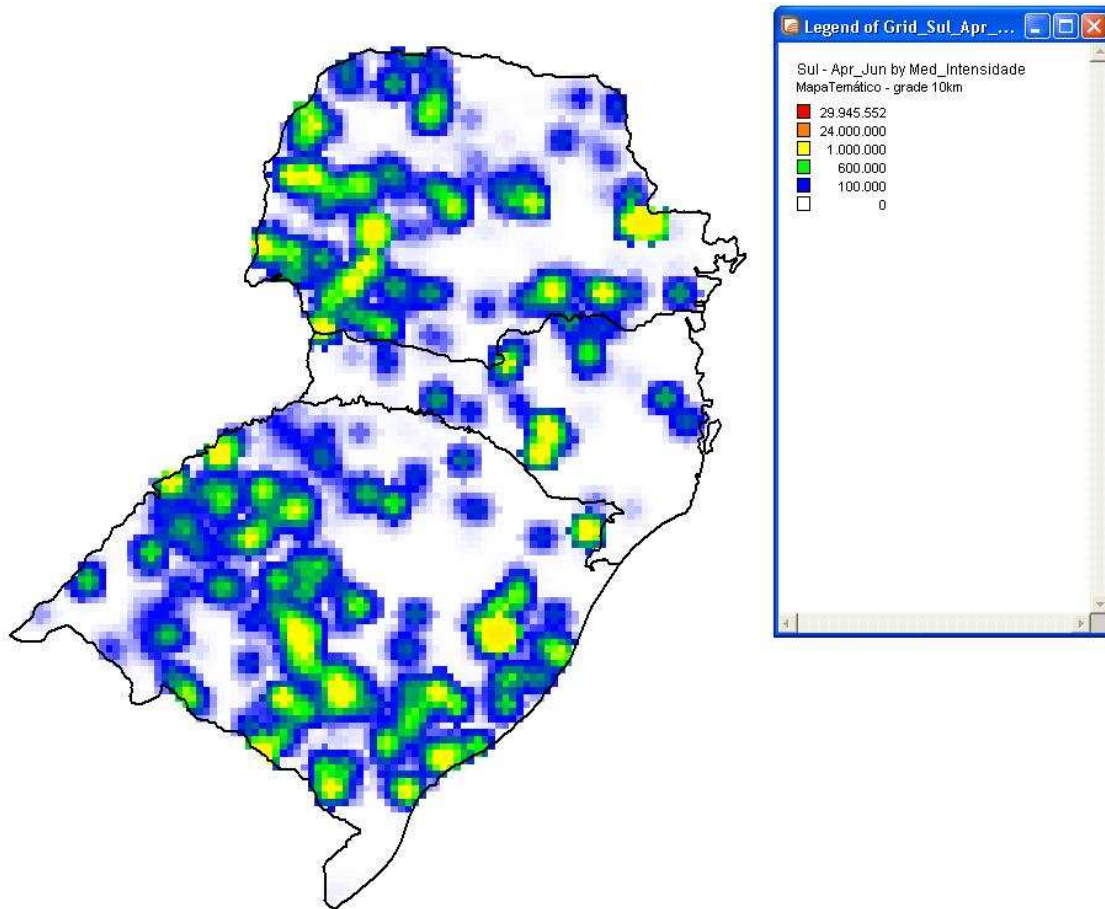


**Figura 2 – Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 1999**

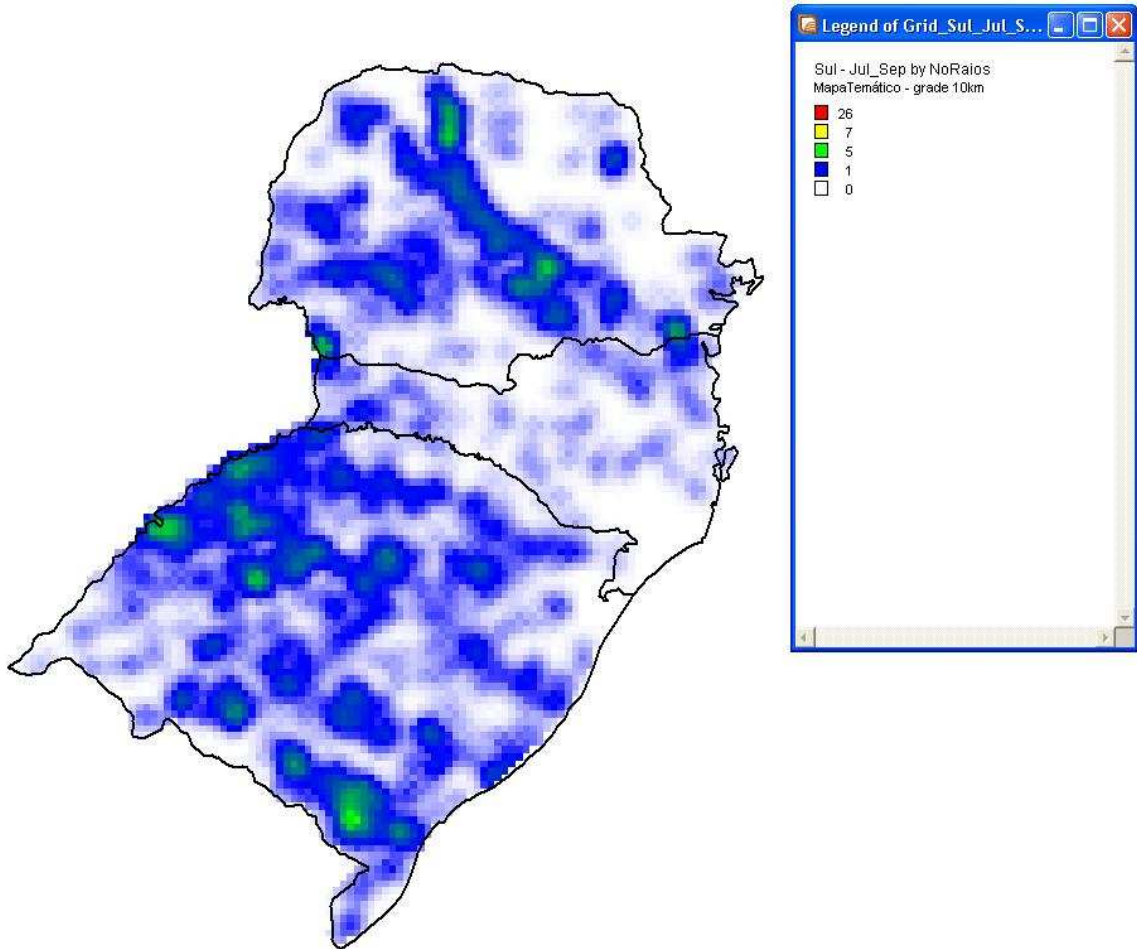




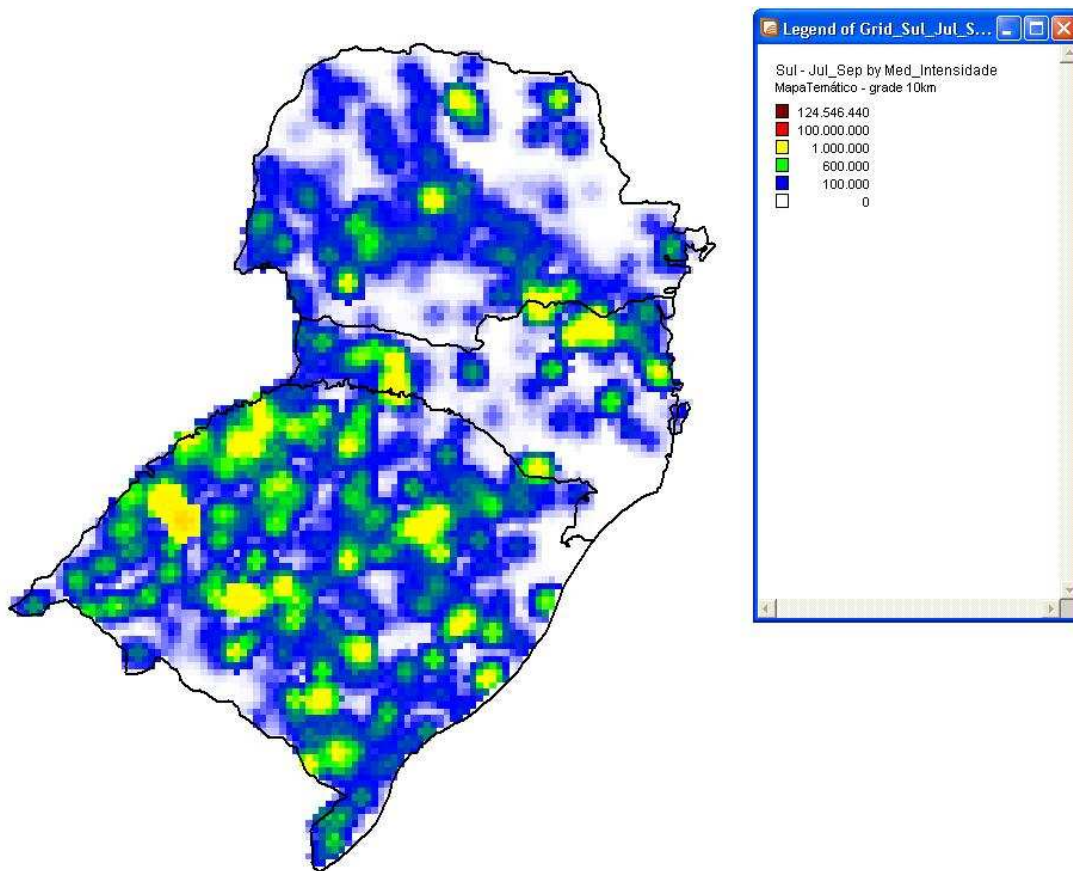
**Figura 3 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 1999**



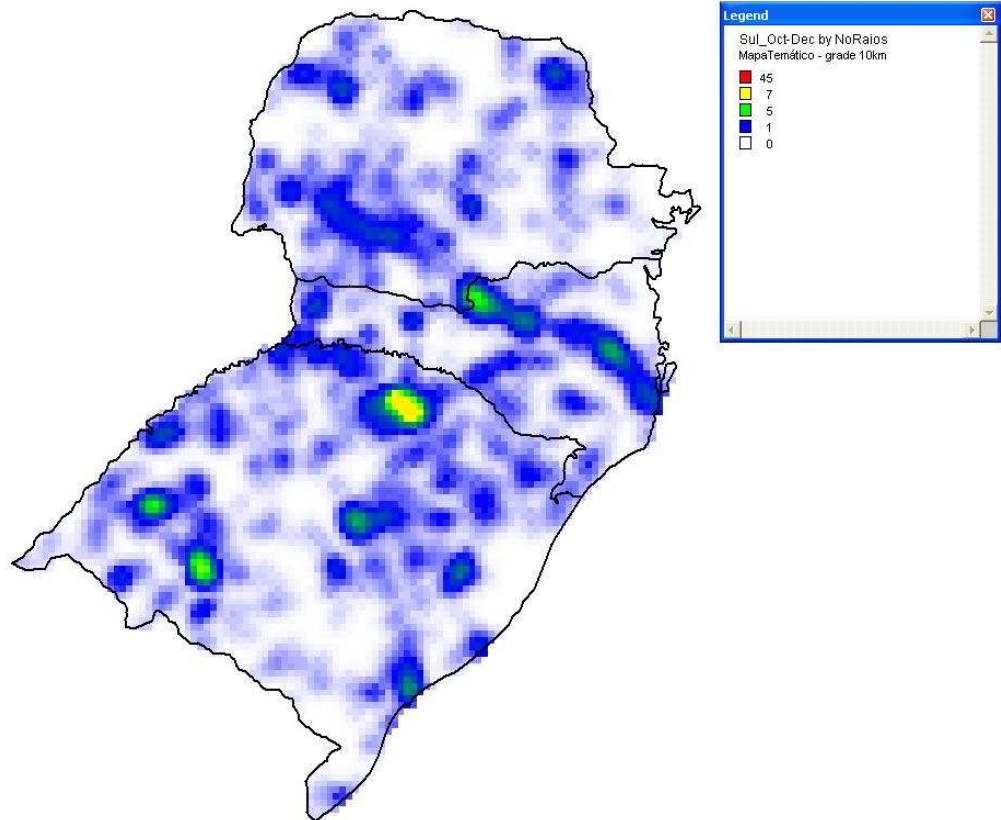
**Figura 4 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 1999**



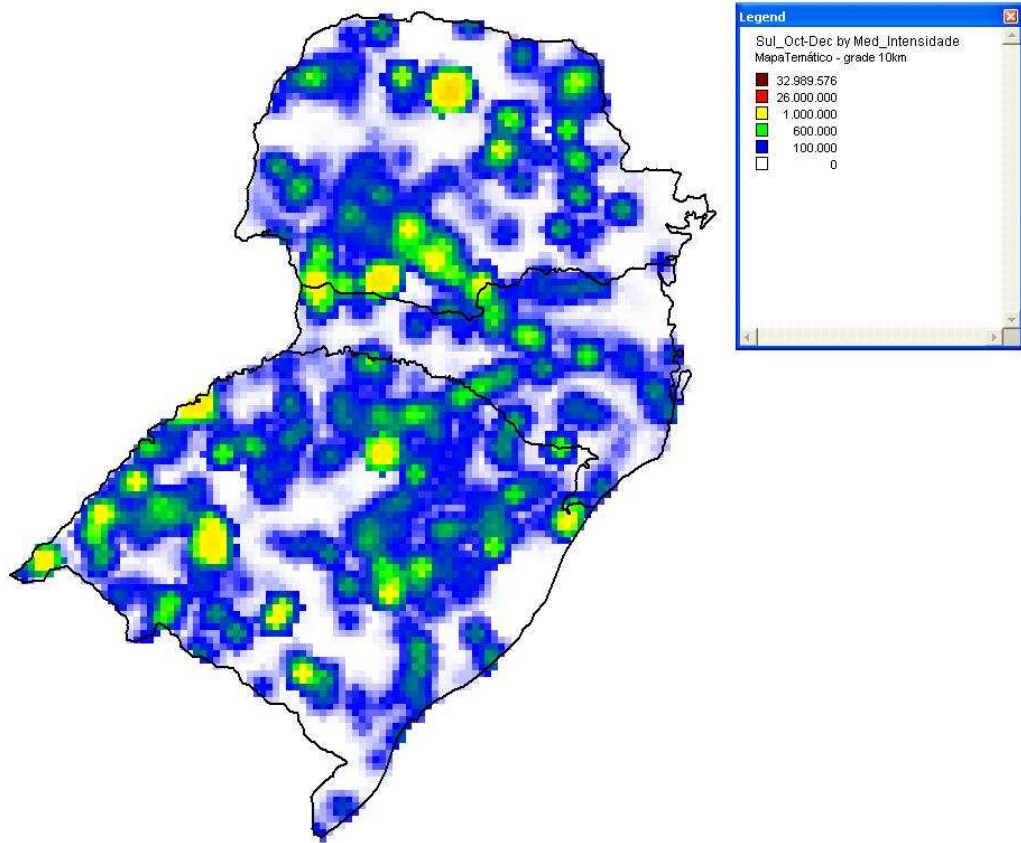
**Figura 5 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 1999**



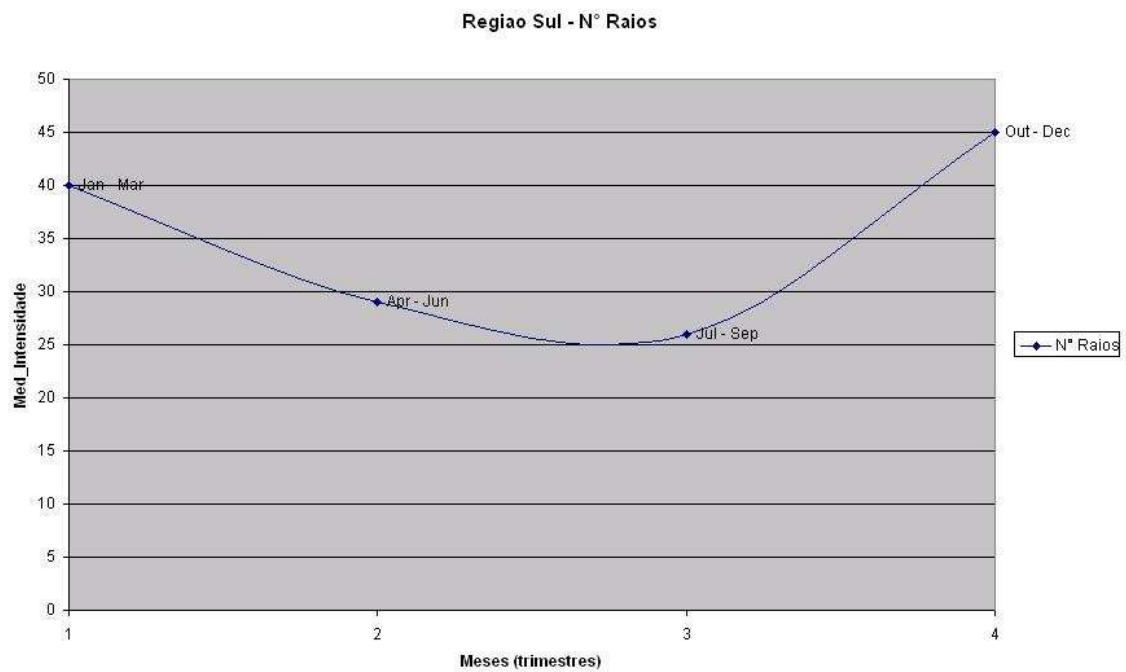
**Figura 6 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 1999**



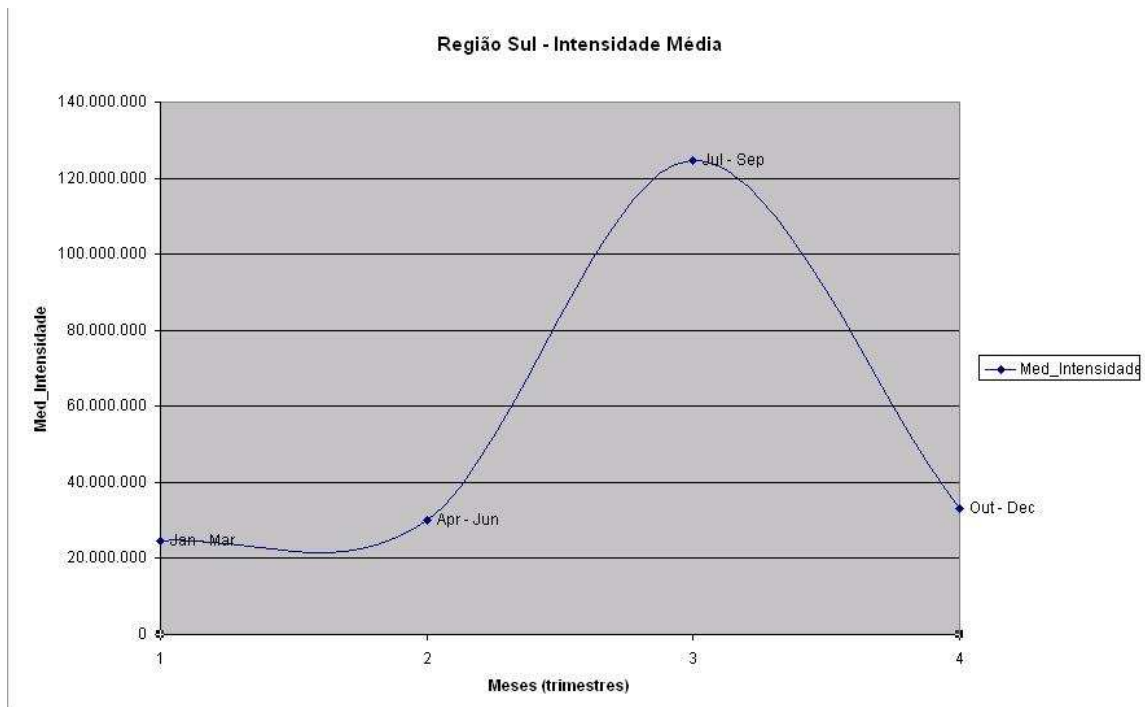
**Figura 7 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 1999**



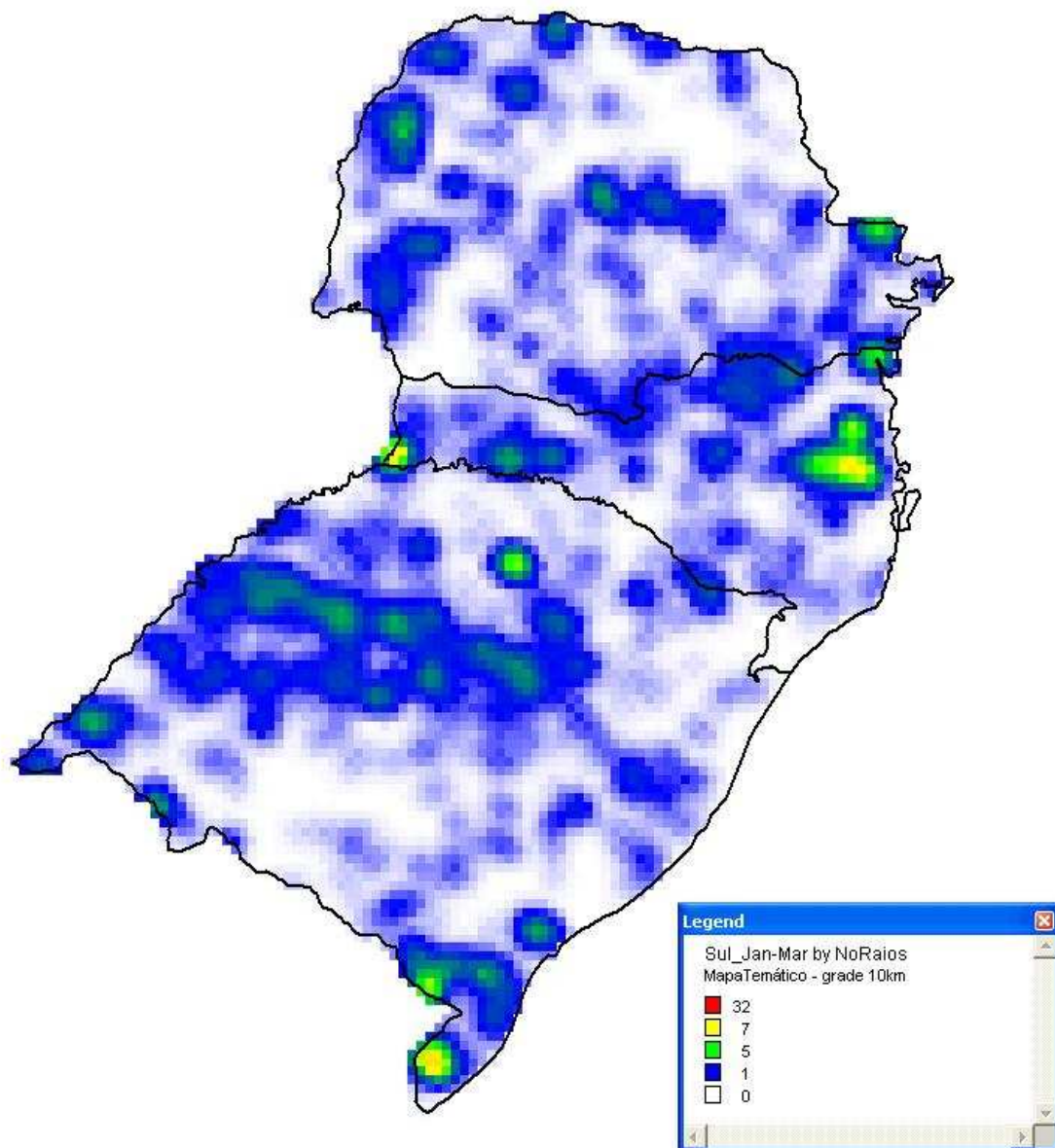
**Figura 8 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 1999**



**Figura 9 – Gráfico do número de raios de 1999**

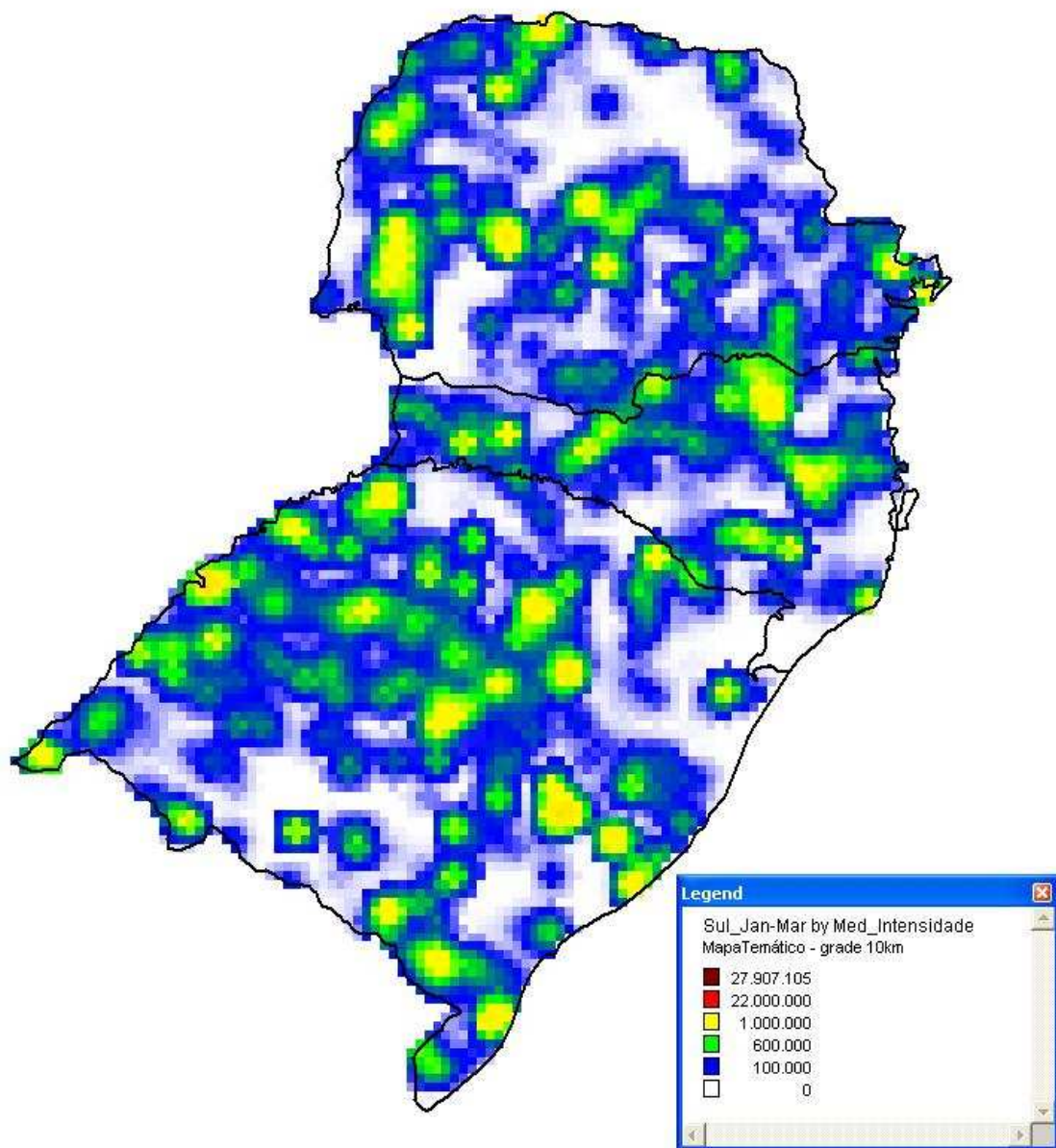


**Figura 10 – Gráfico da intensidade média de radiação de 1999**

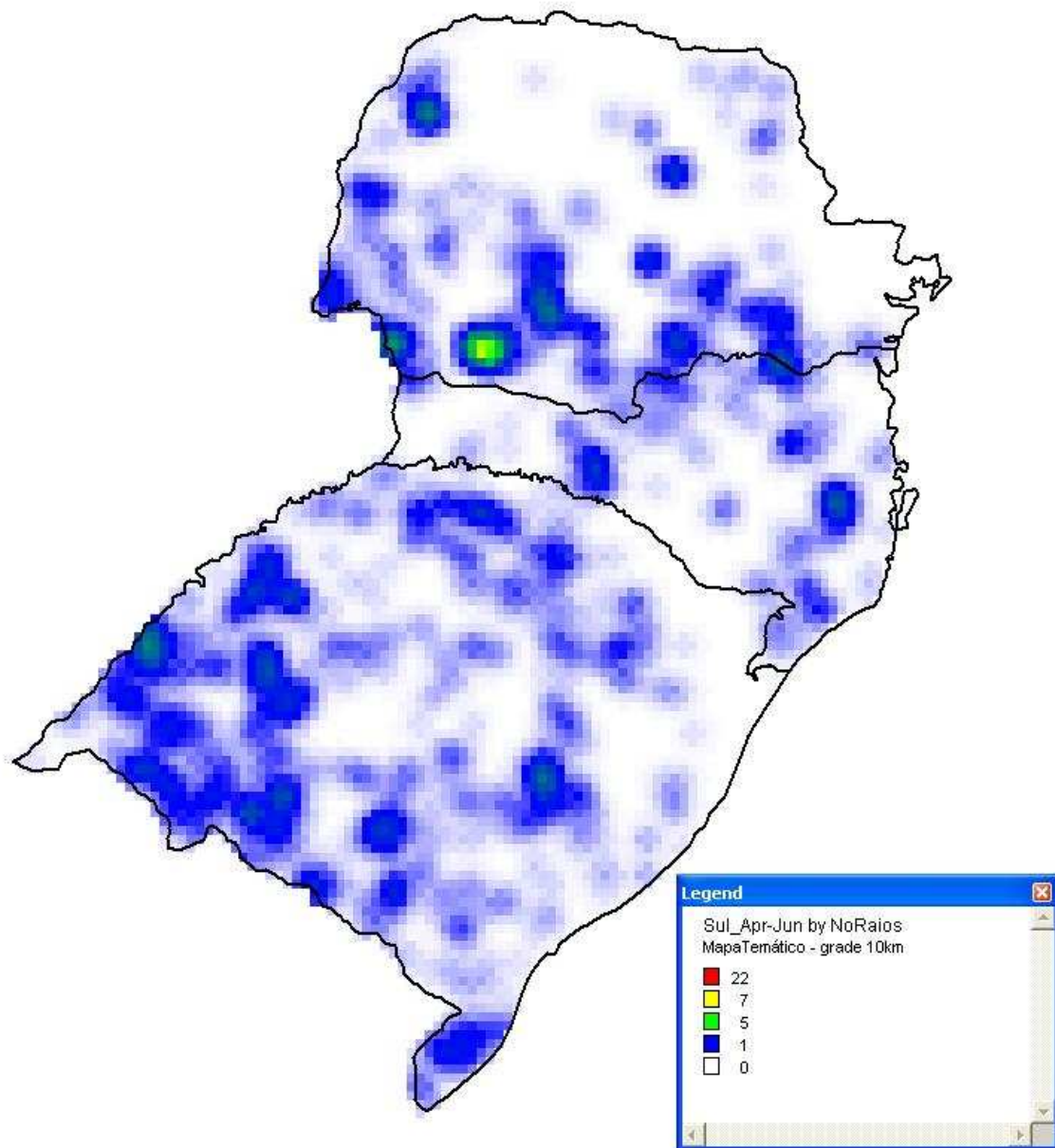


**Figura 11 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2000**

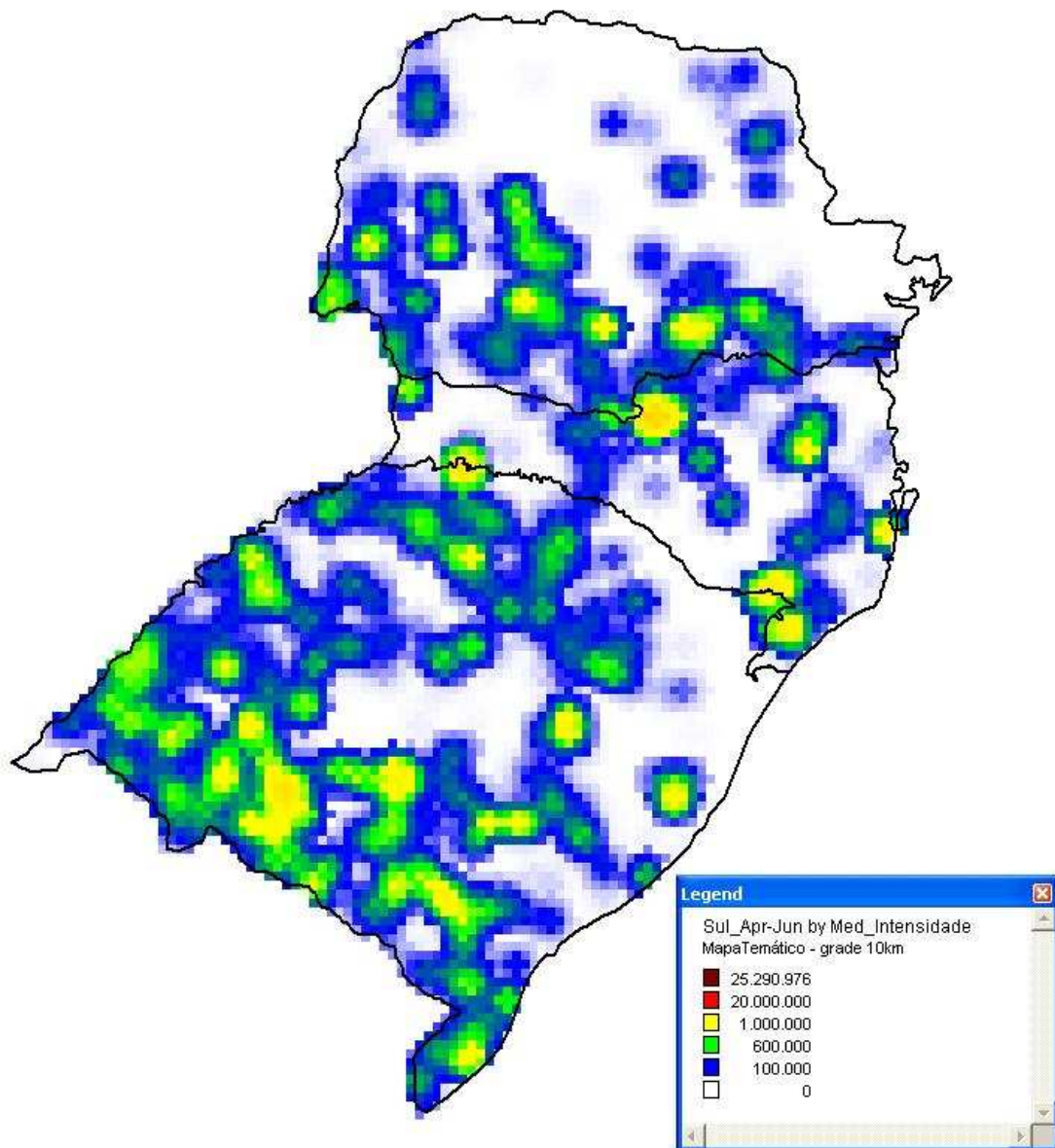




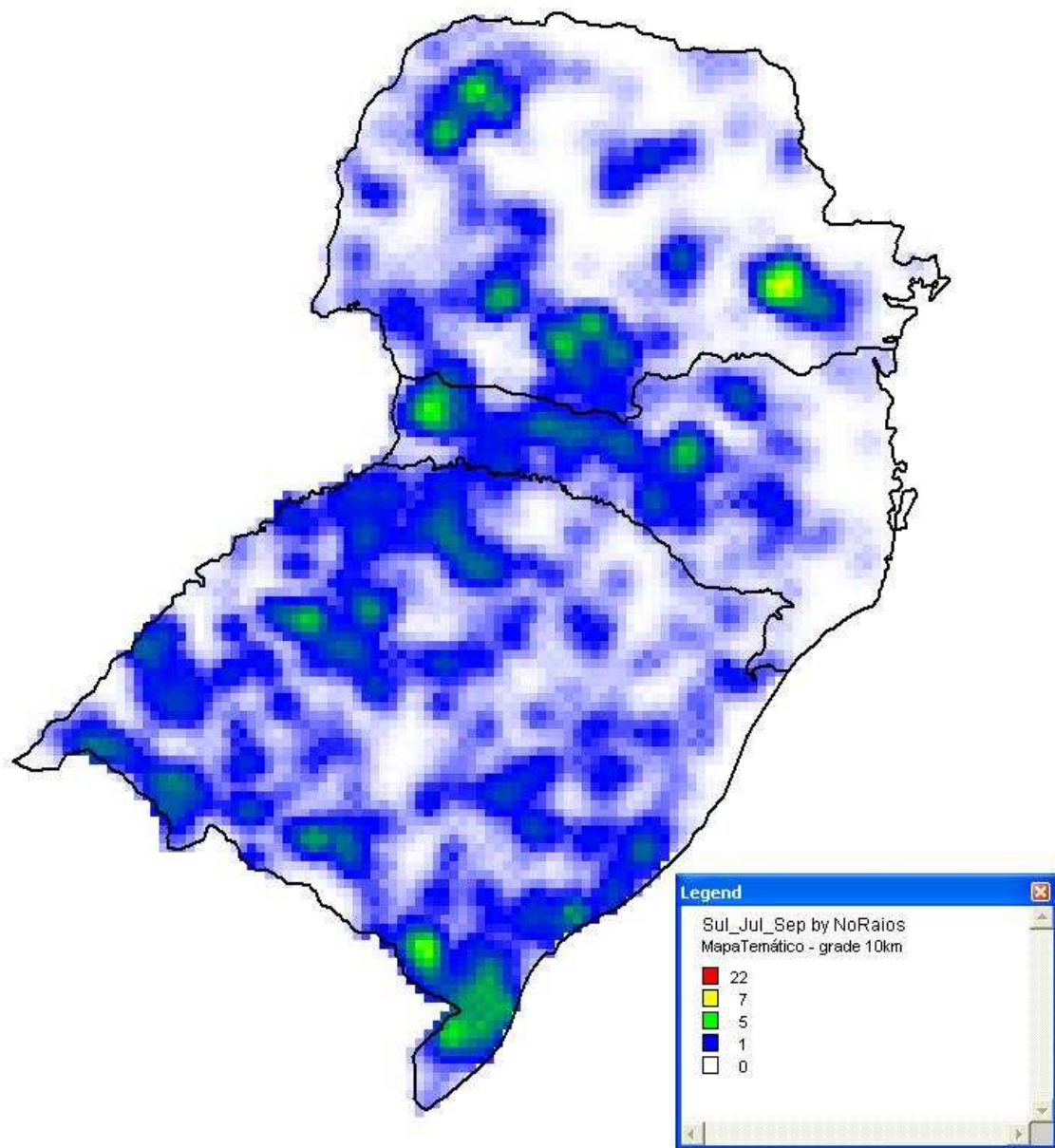
**Figura 12 - Intensidade média da radiância no trimestre de Janeiro – Março 2000**



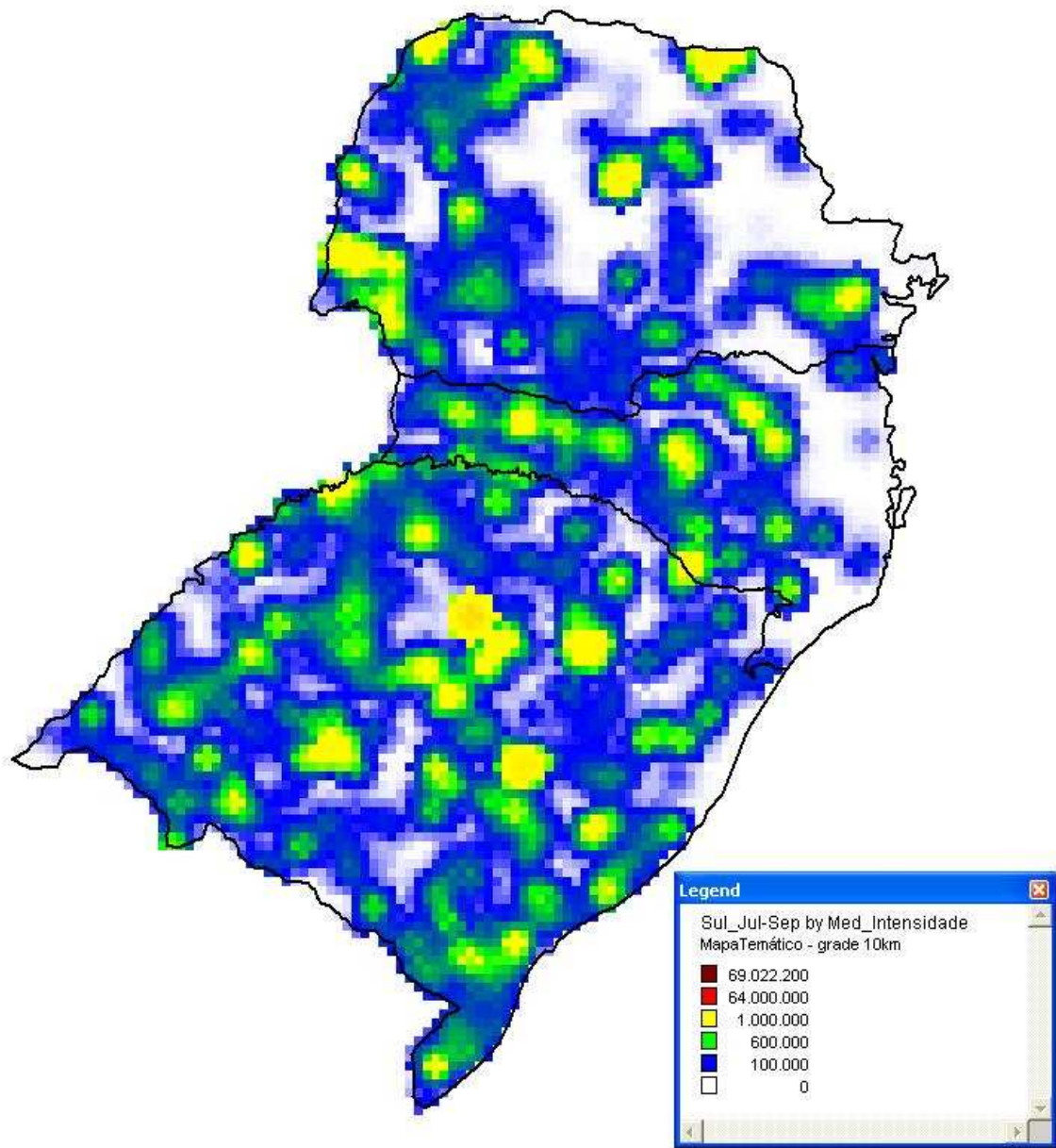
**Figura 13 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2000**



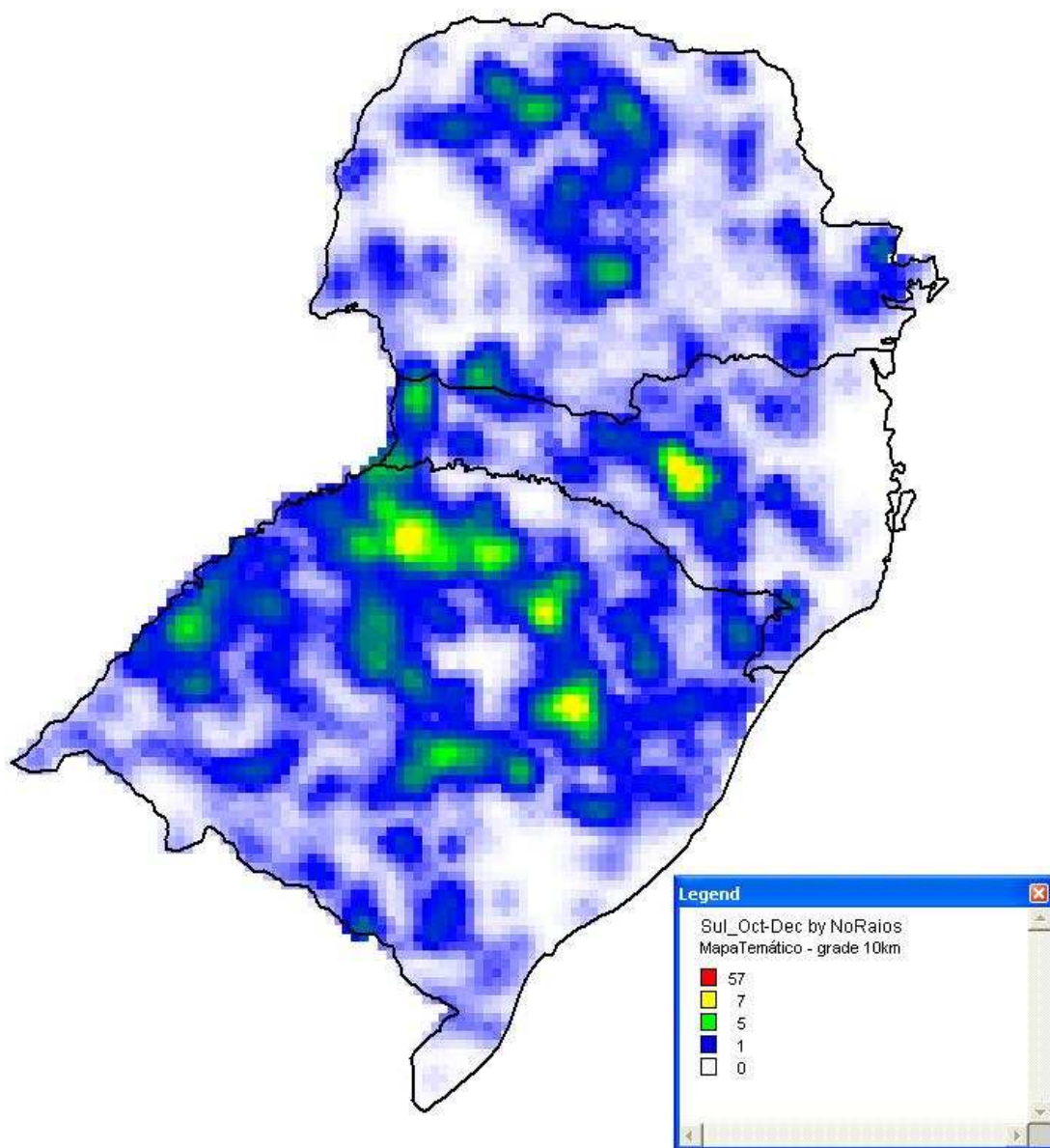
**Figura 14 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2000**



**Figura 15 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2000**



**Figura 16 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2000**



**Figura 17 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2000**

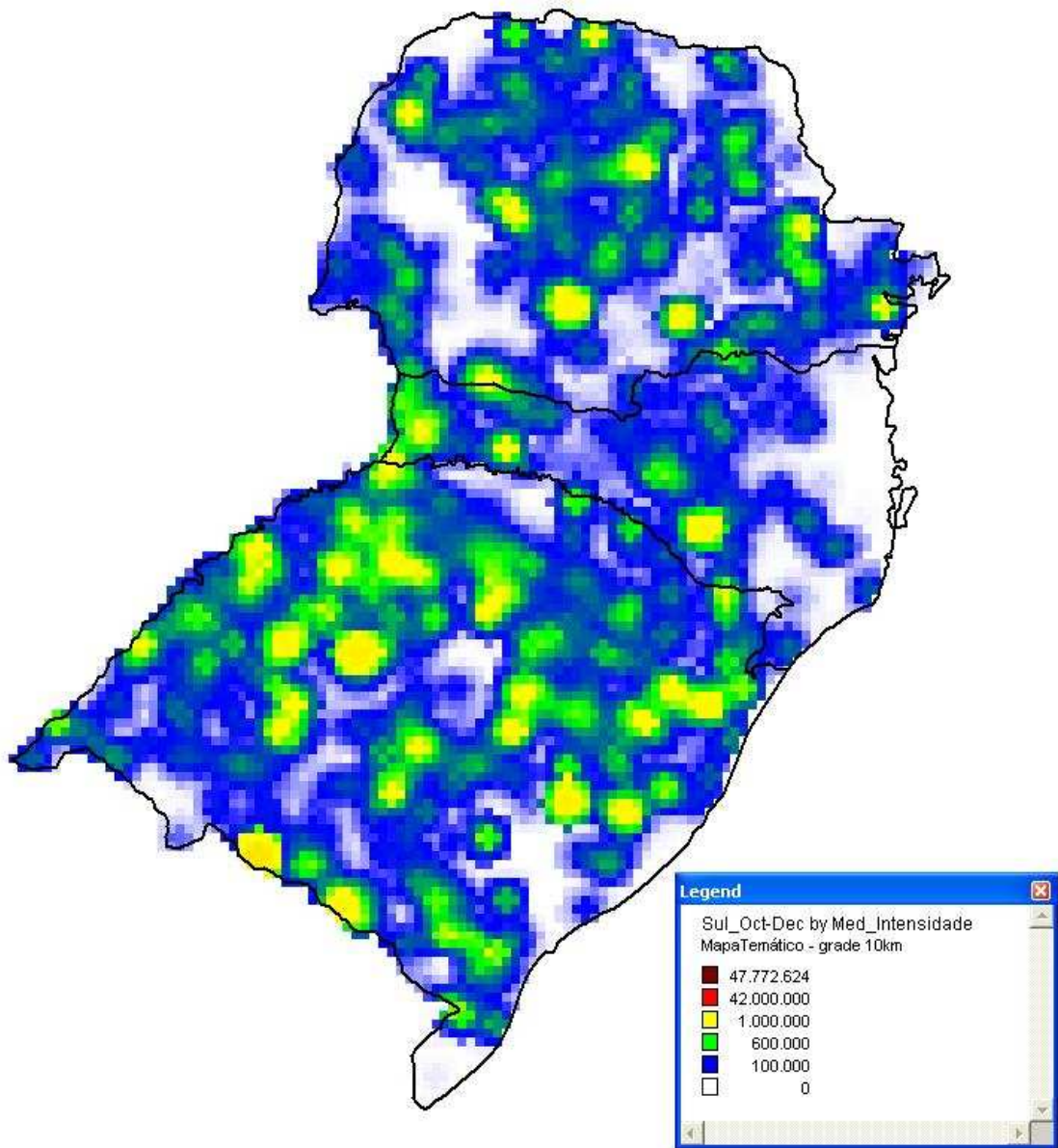
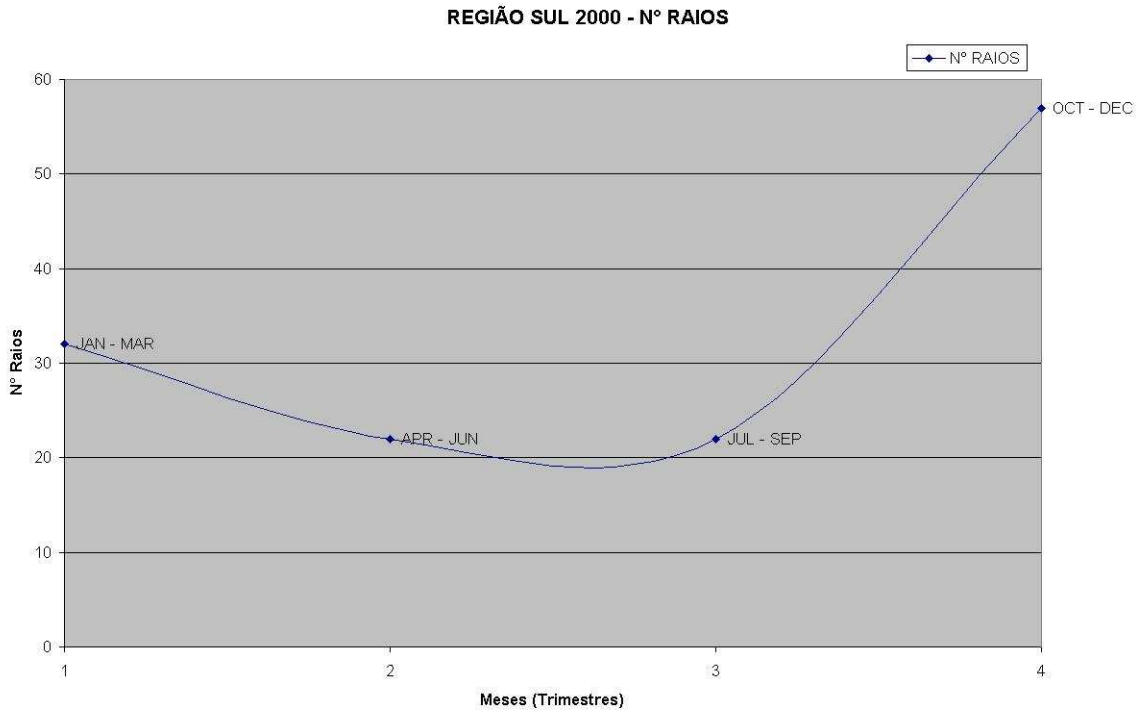
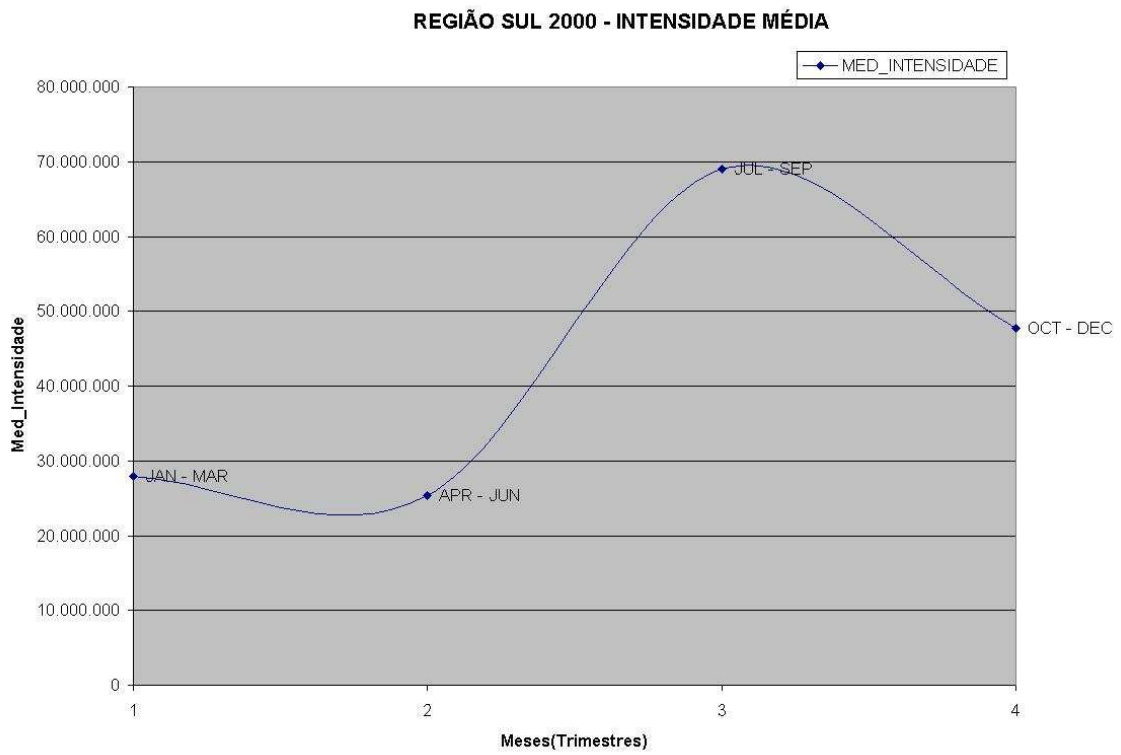


Figura 18 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2000

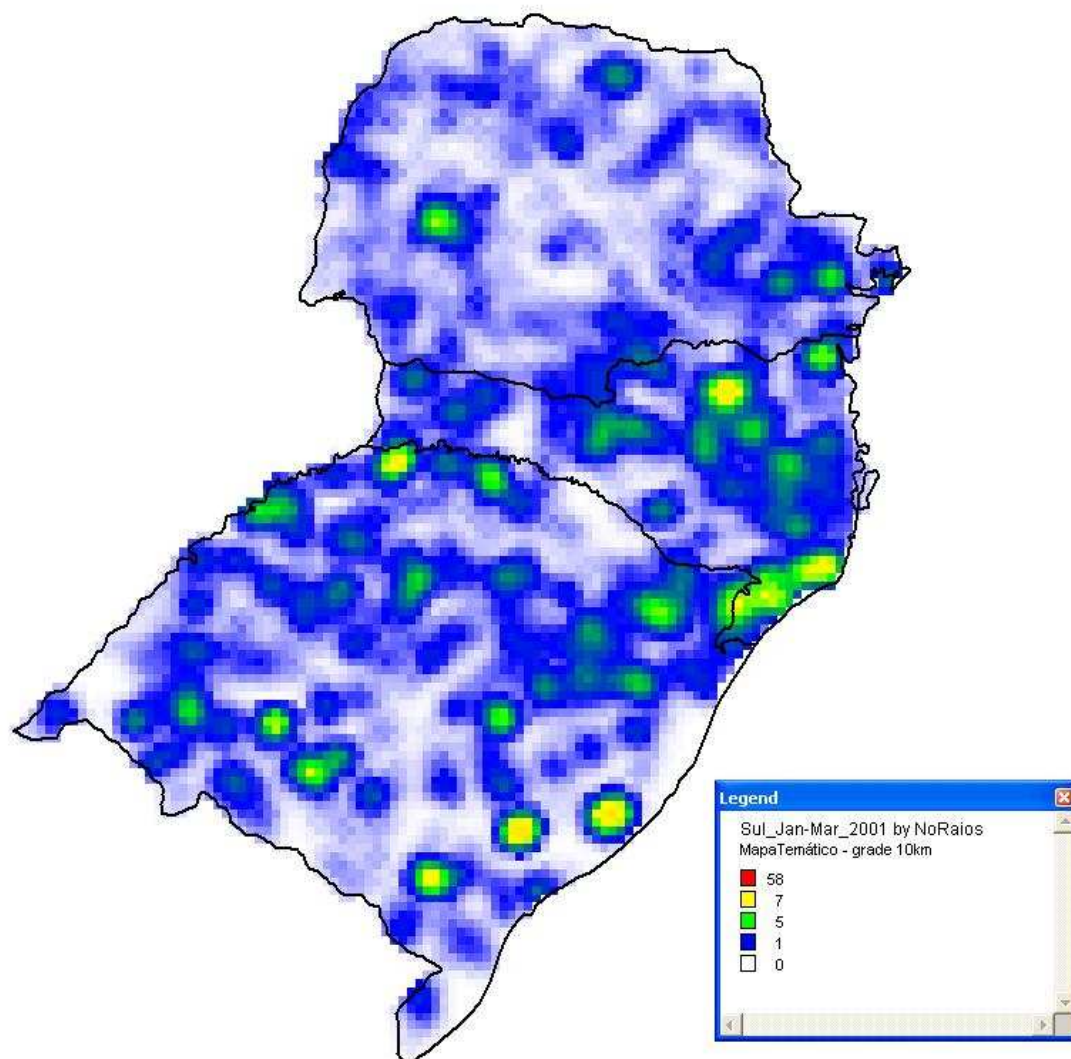


**Figura 19 – Gráfico do número de raios de 2000**

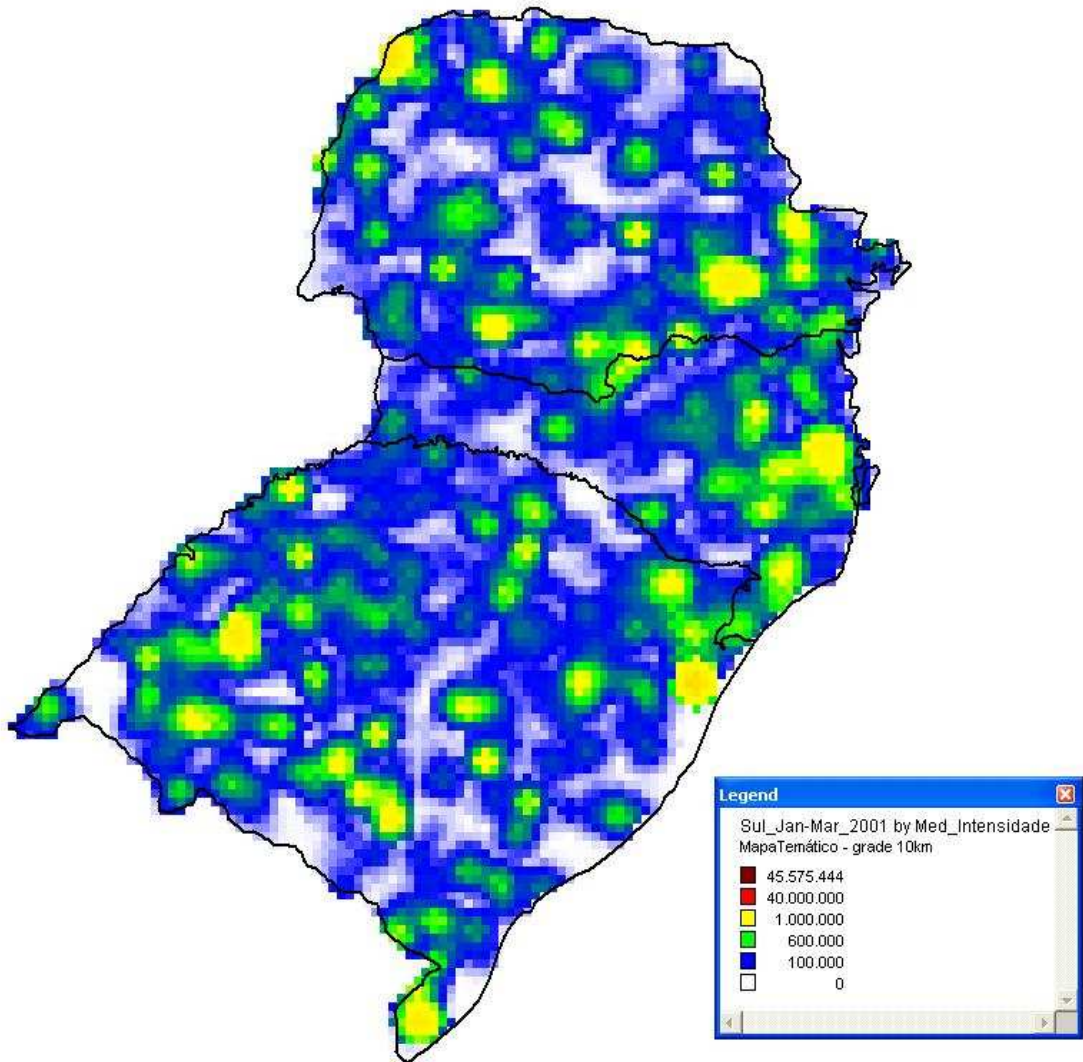


**Figura 20 – Gráfico da intensidade média de radiância de 2000**

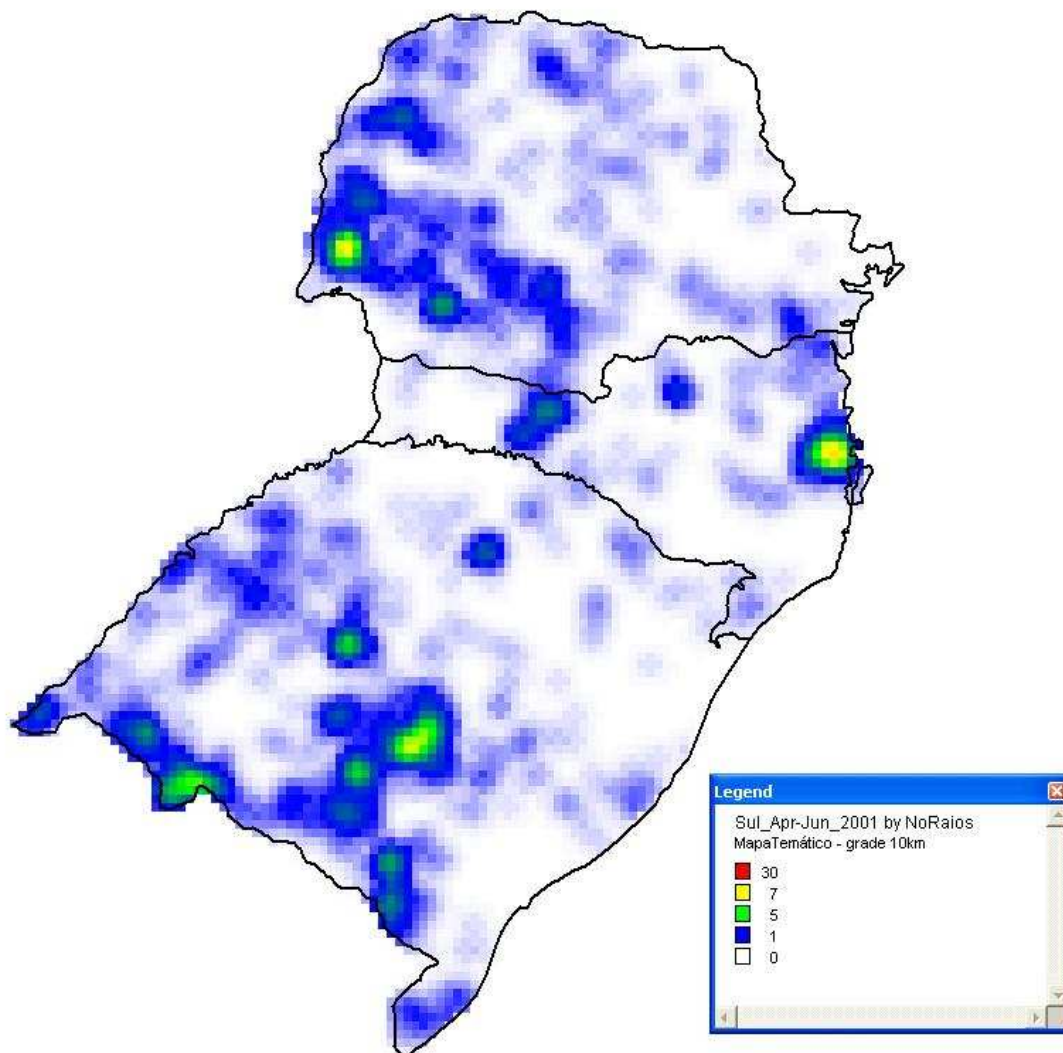




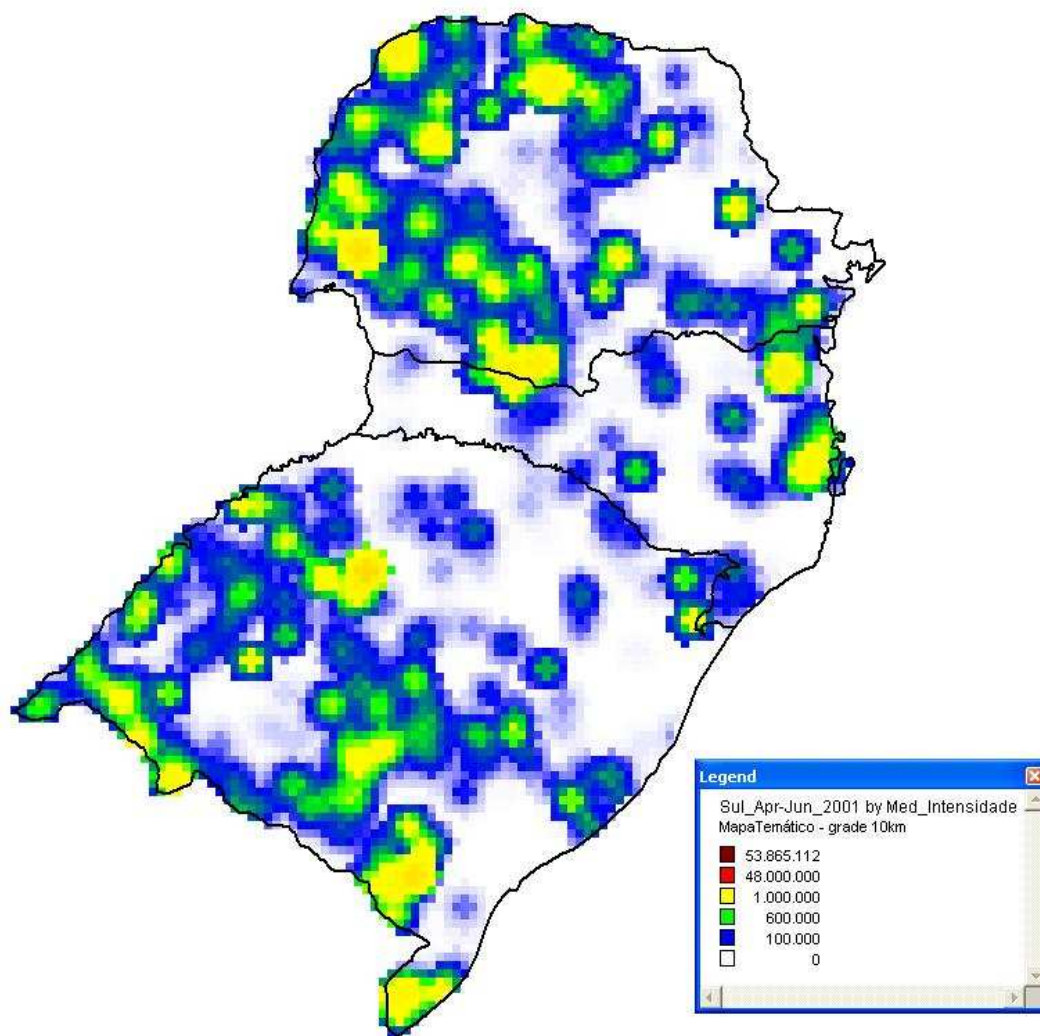
**Figura 21 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2001**



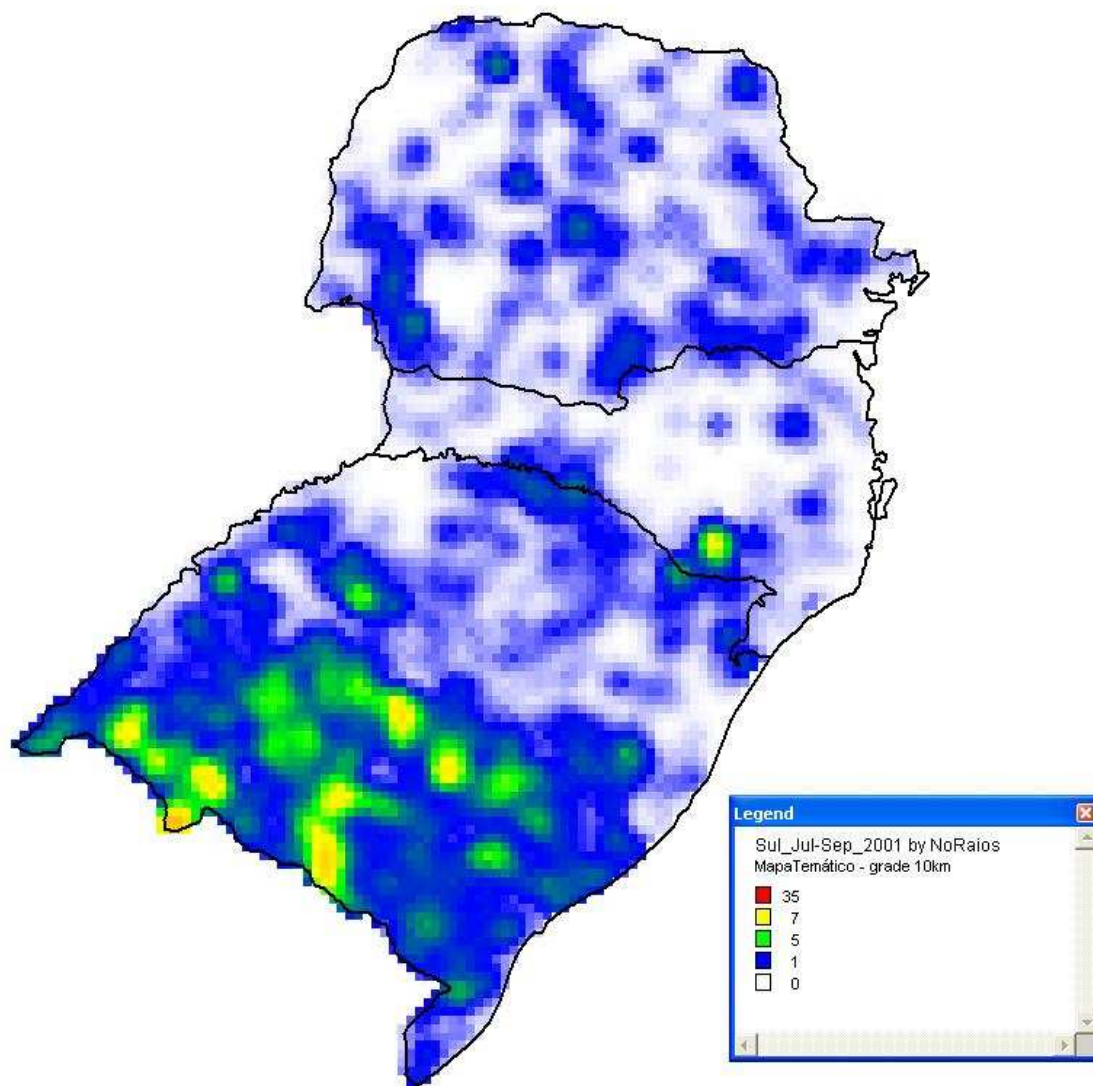
**Figura 22 - Intensidade média da radiância no trimestre de Janeiro – Março 2001**



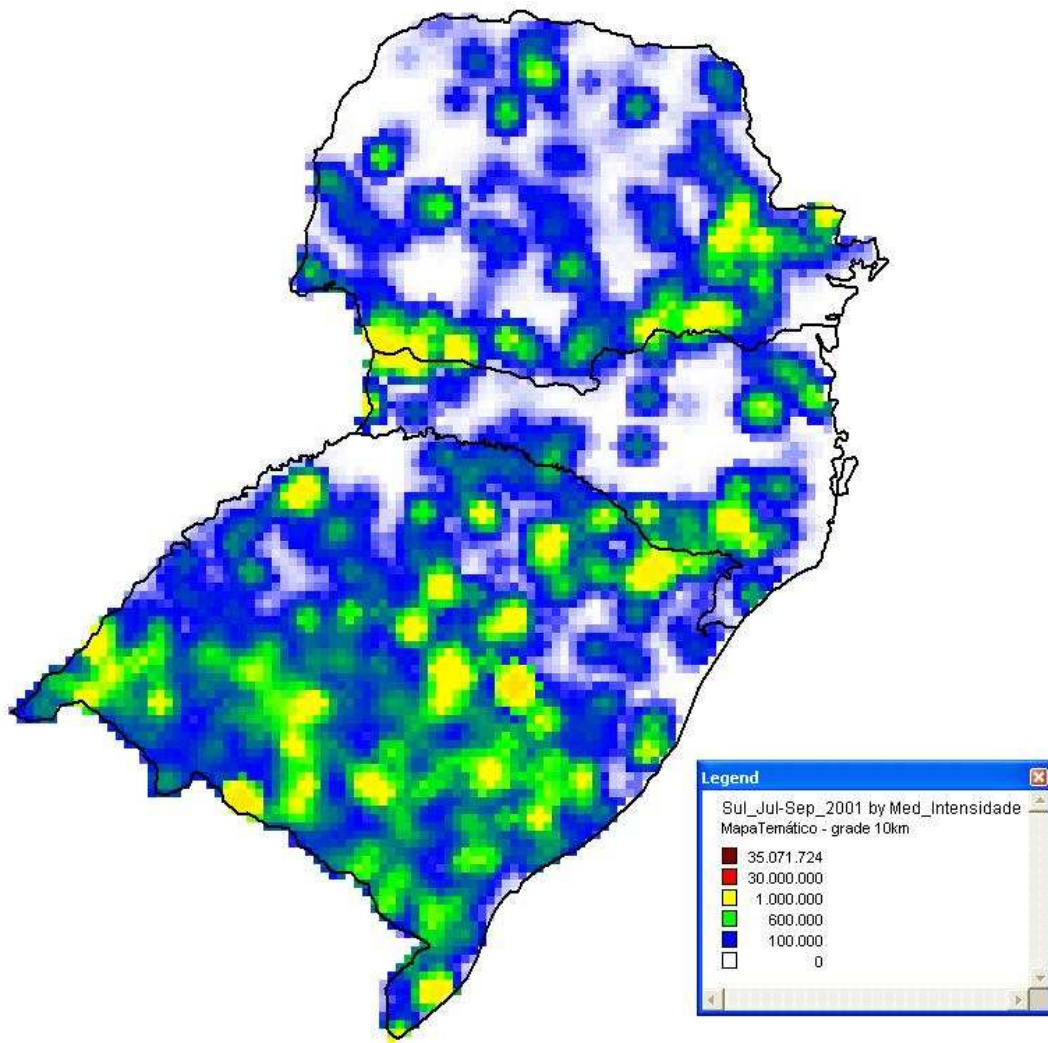
**Figura 23 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2001**



**Figura 24 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2001**



**Figura 25 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2001**



**Figura 26 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2001**

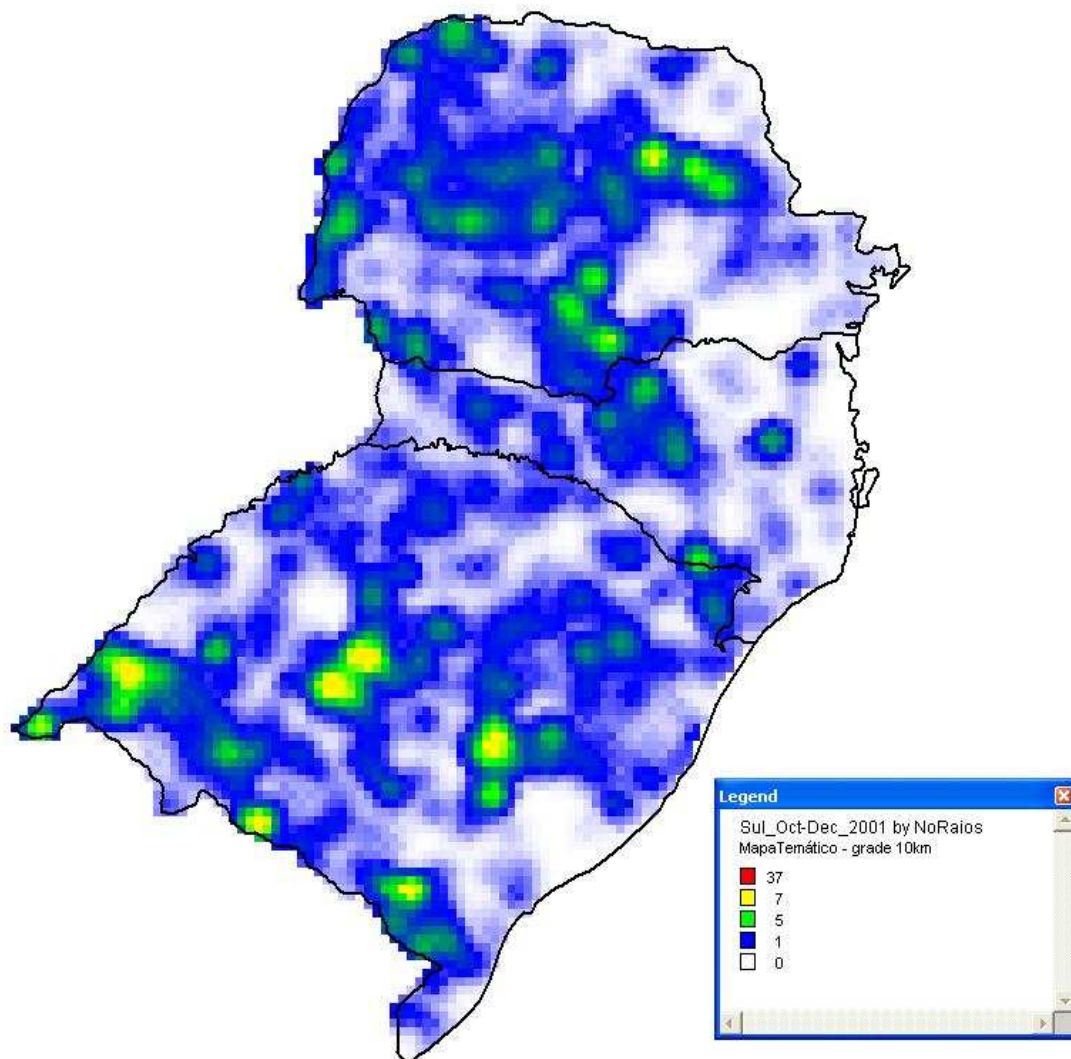
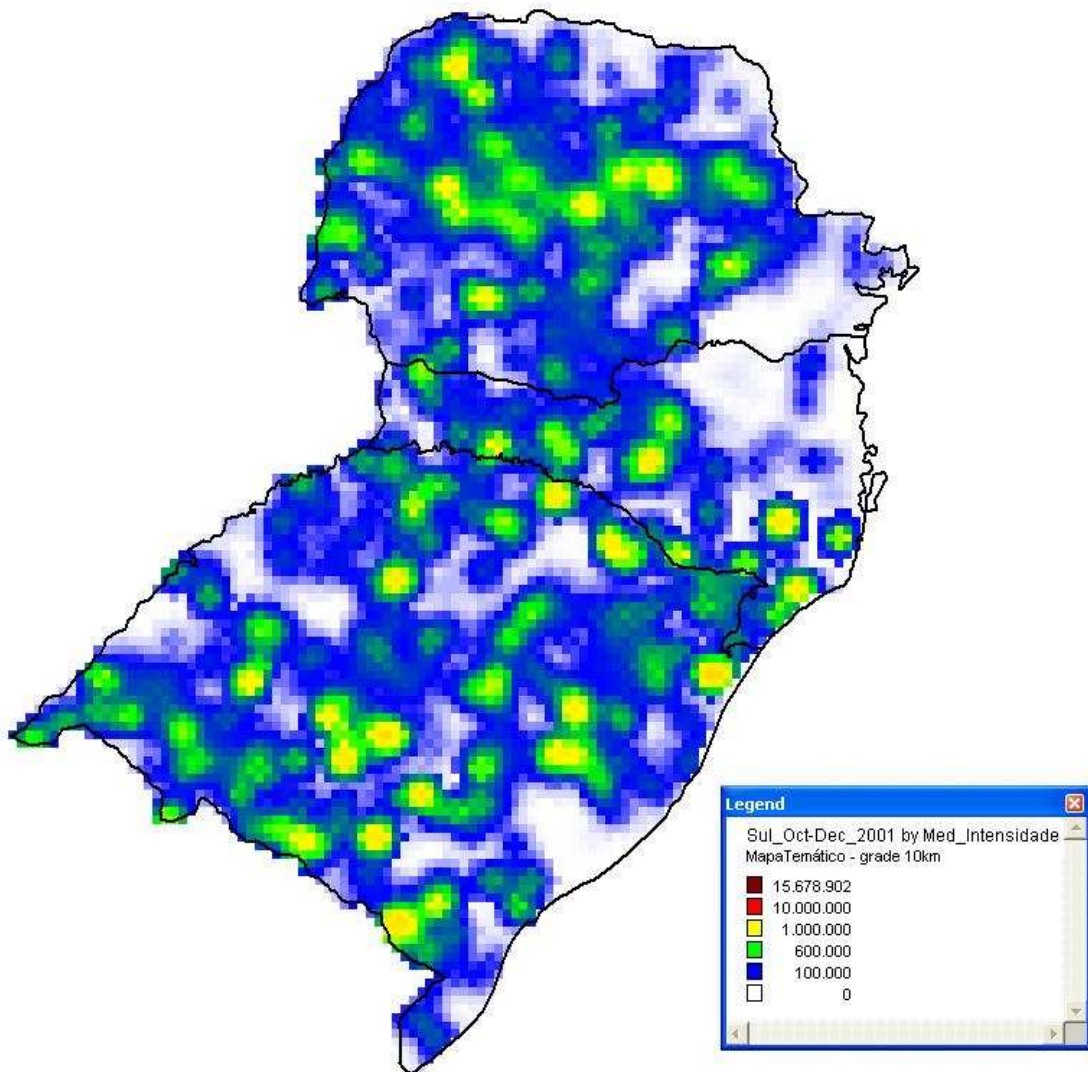
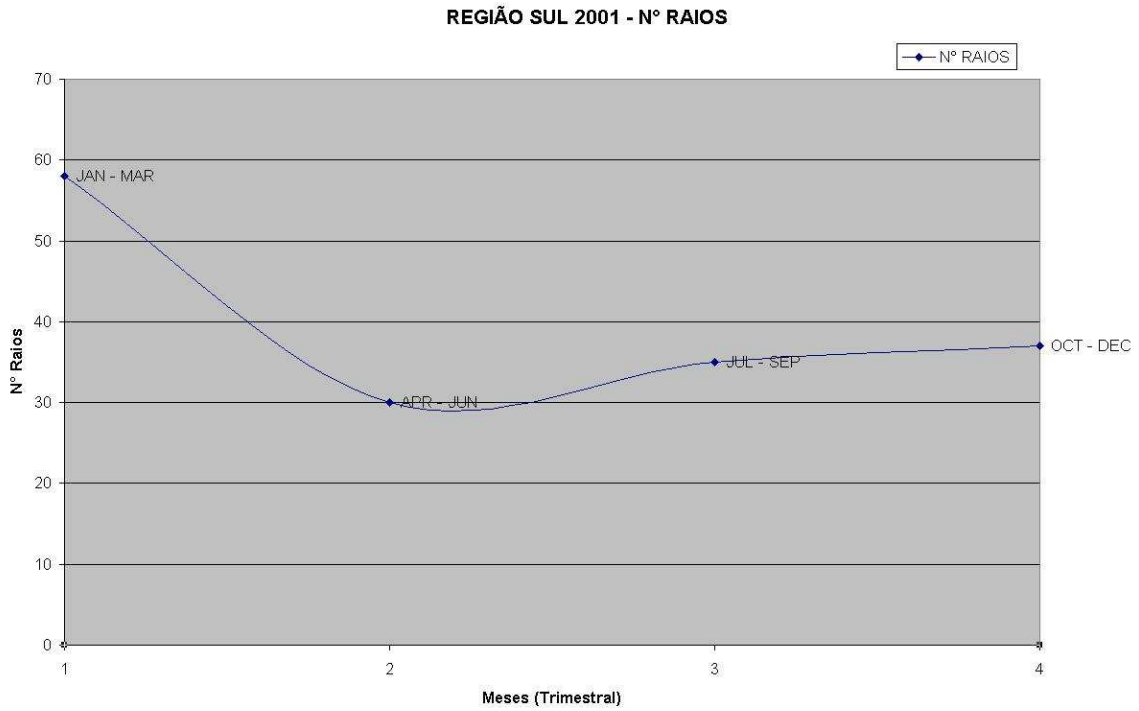


Figura 27 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2001

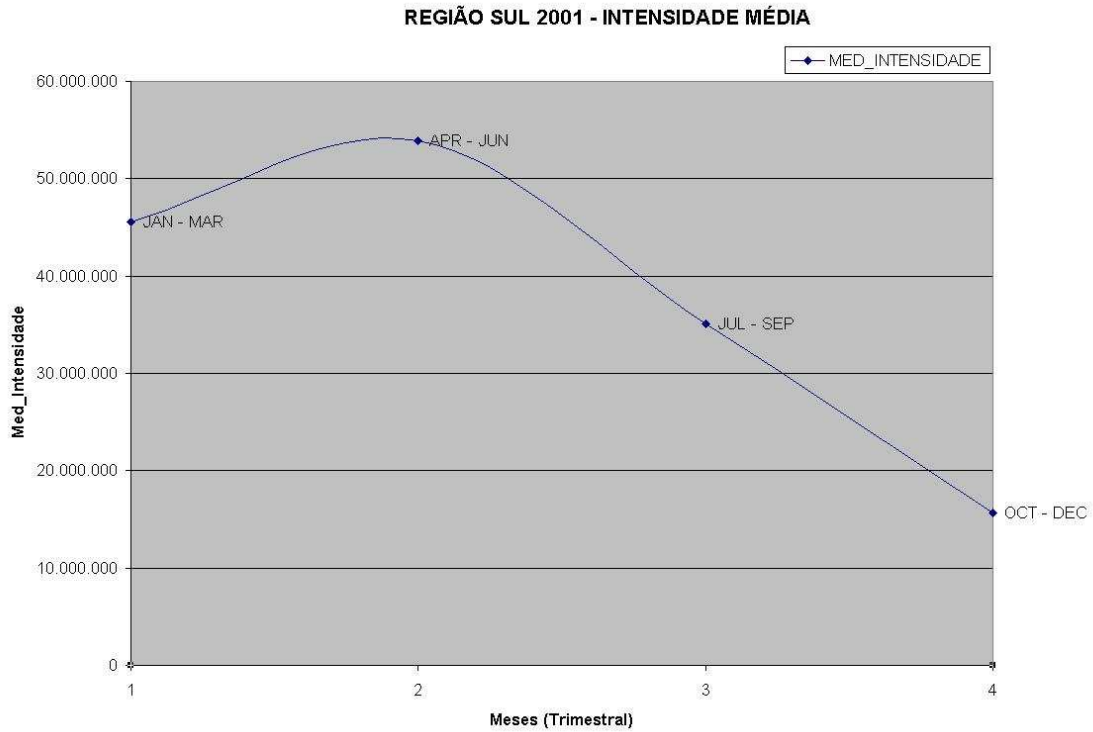


**Figura 28 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2001**

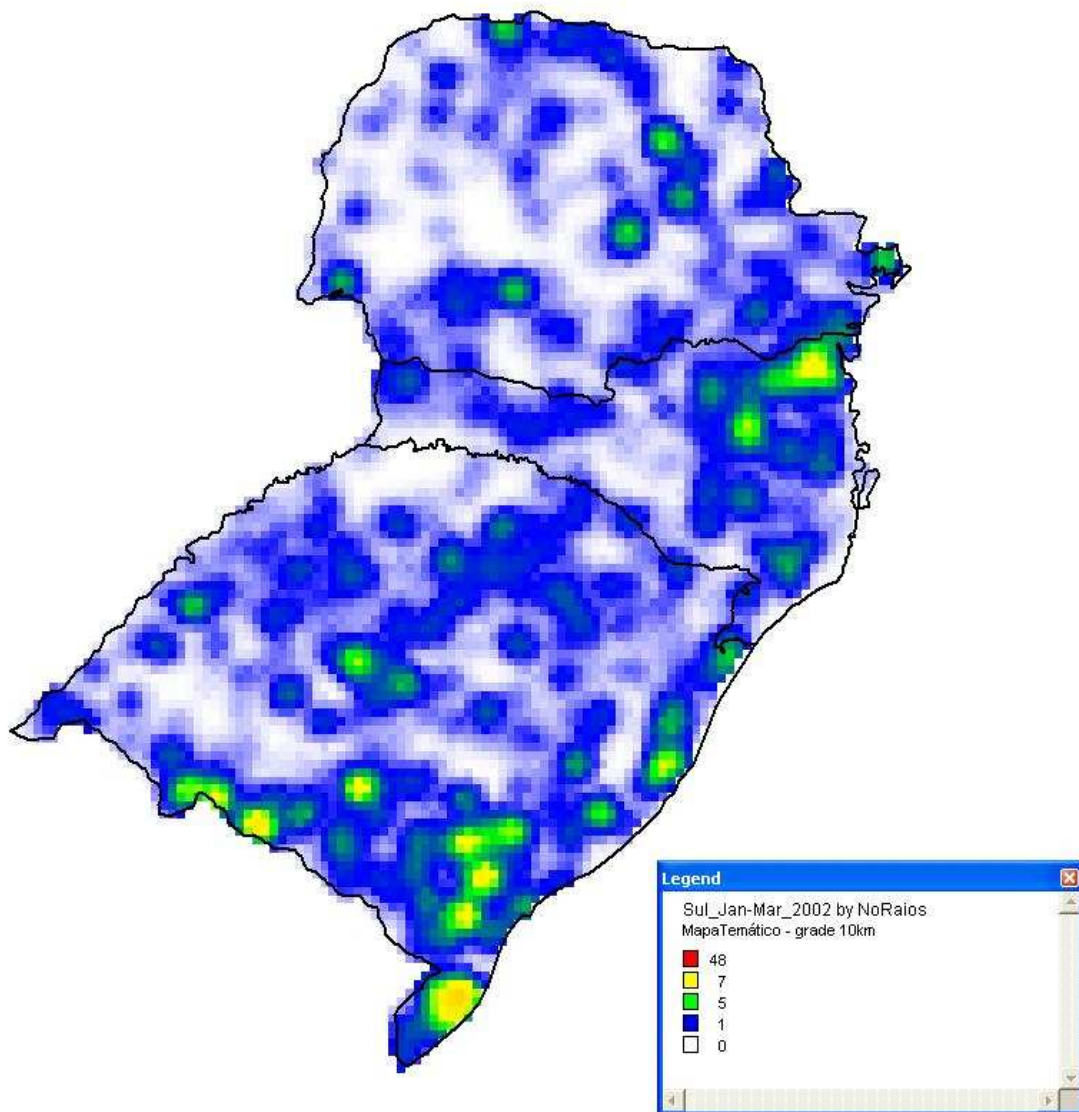




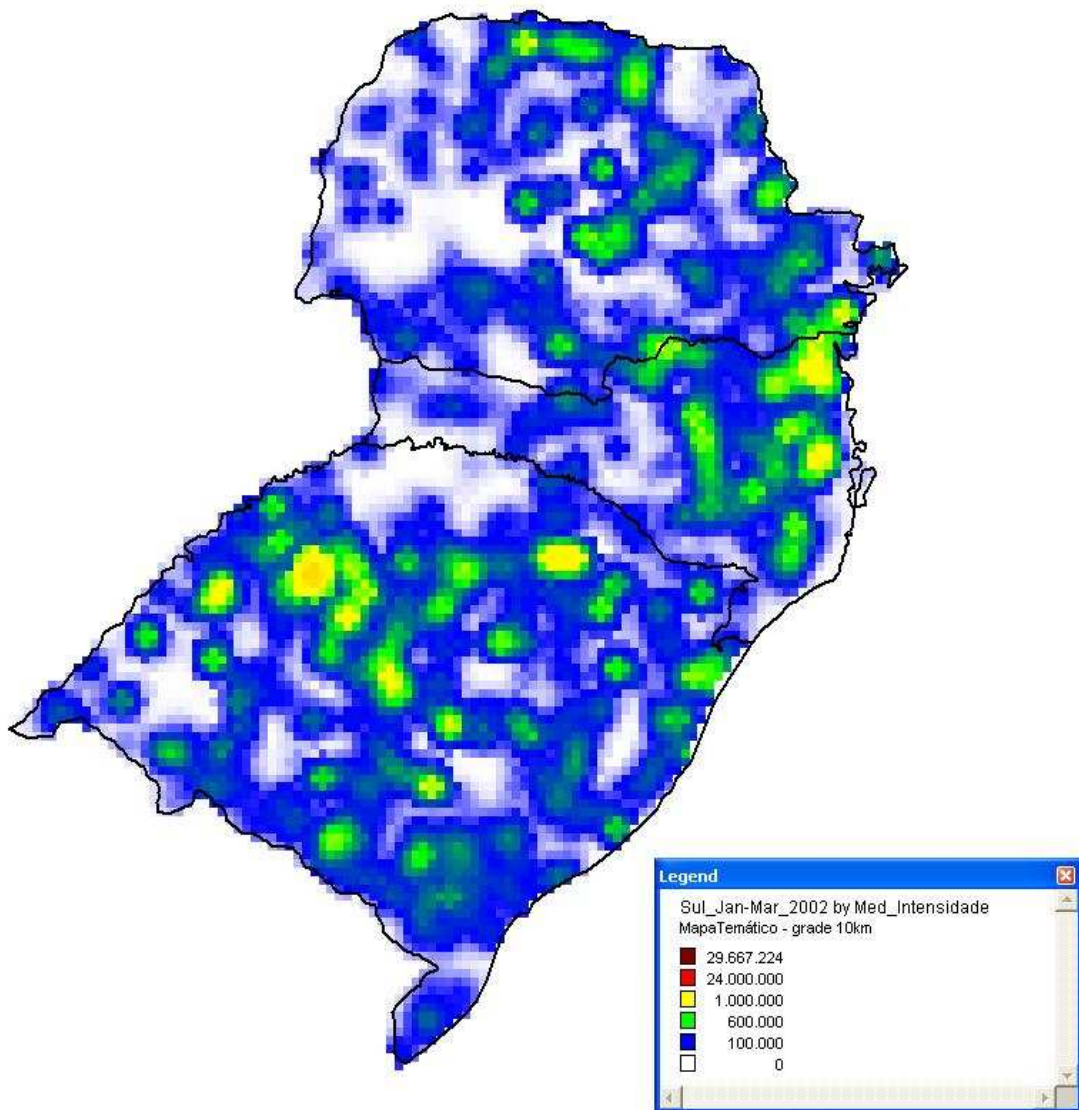
**Figura 29 – Gráfico do número de raios em 2001**



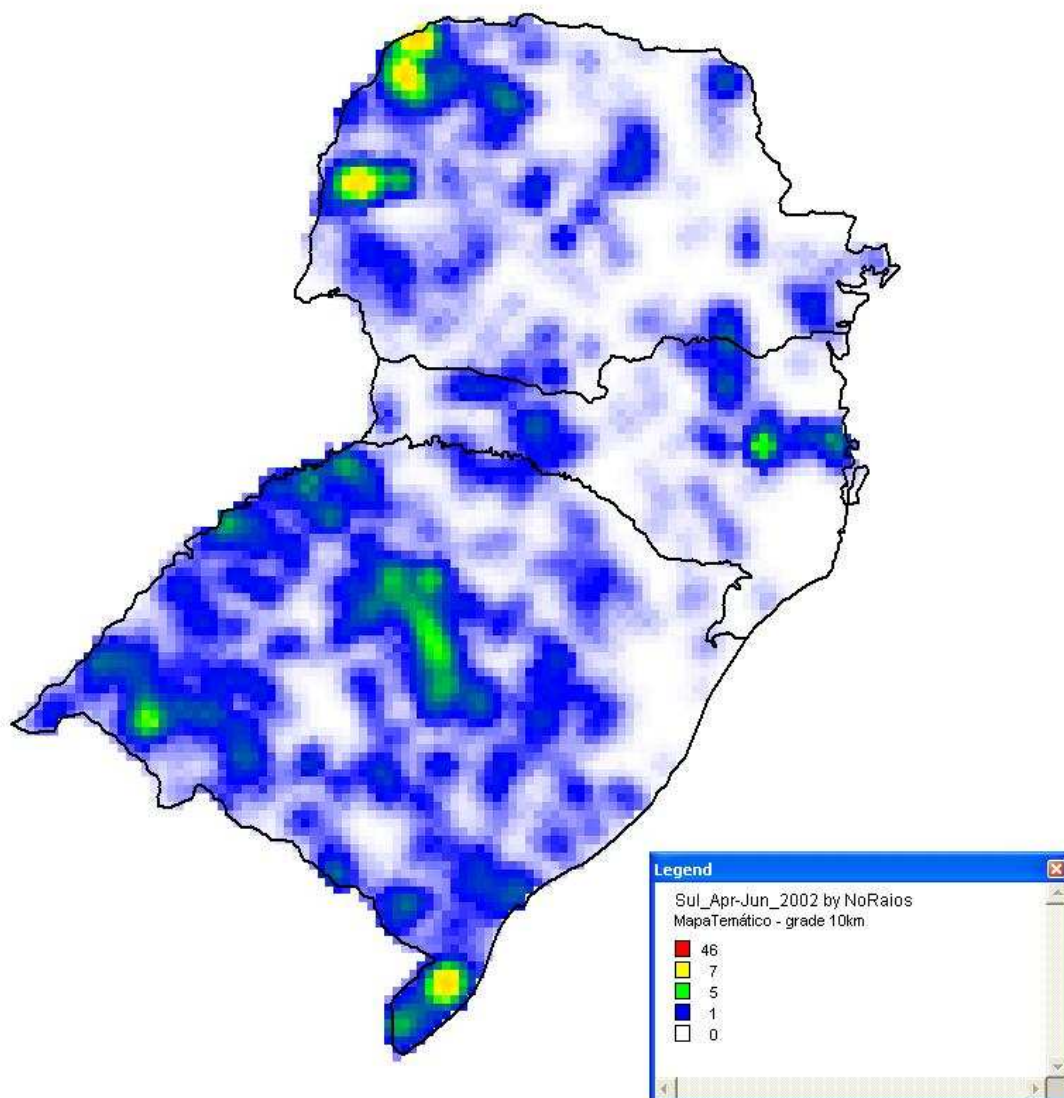
**Figura 30 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2001**



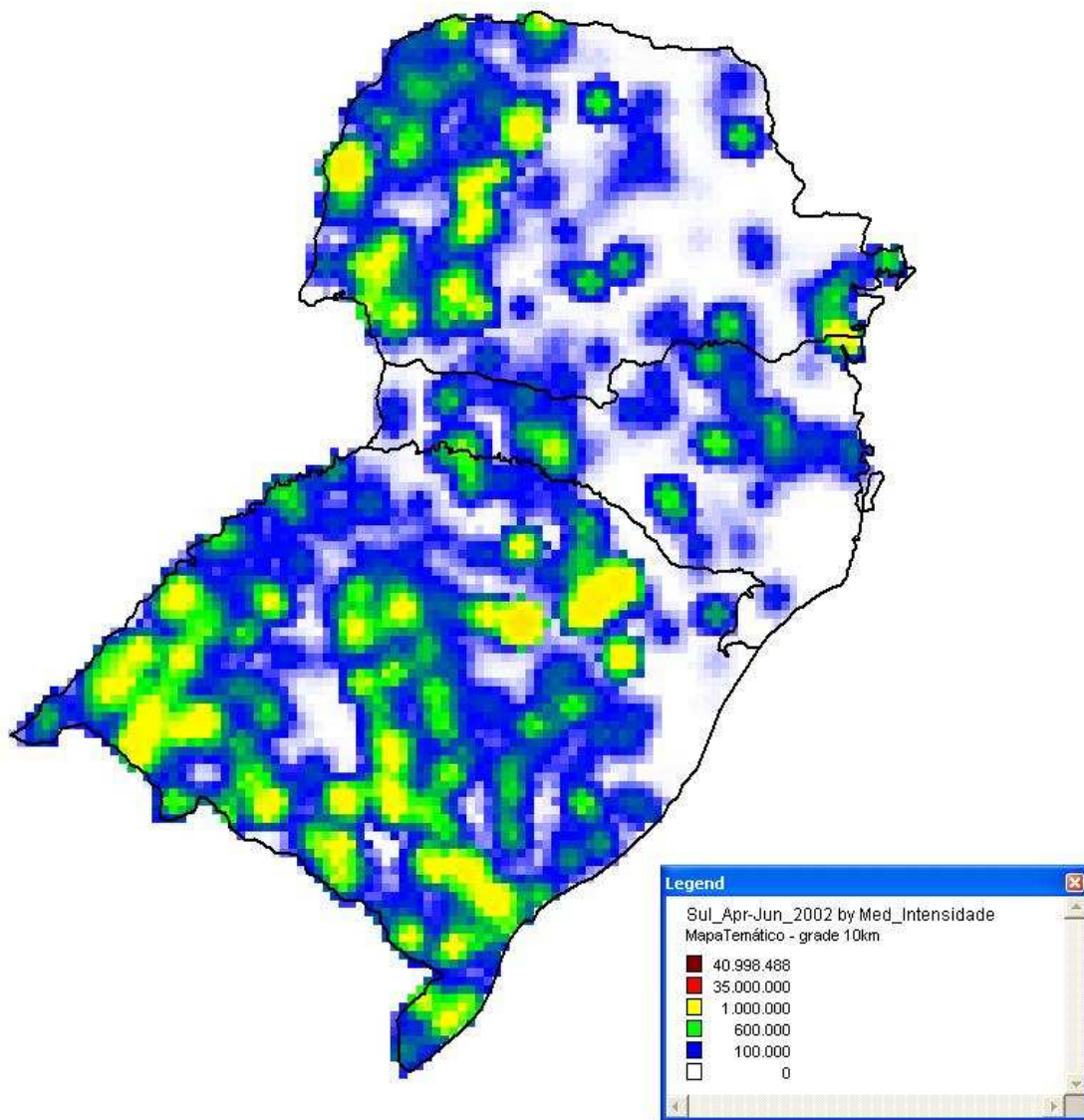
**Figura 31 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2002**



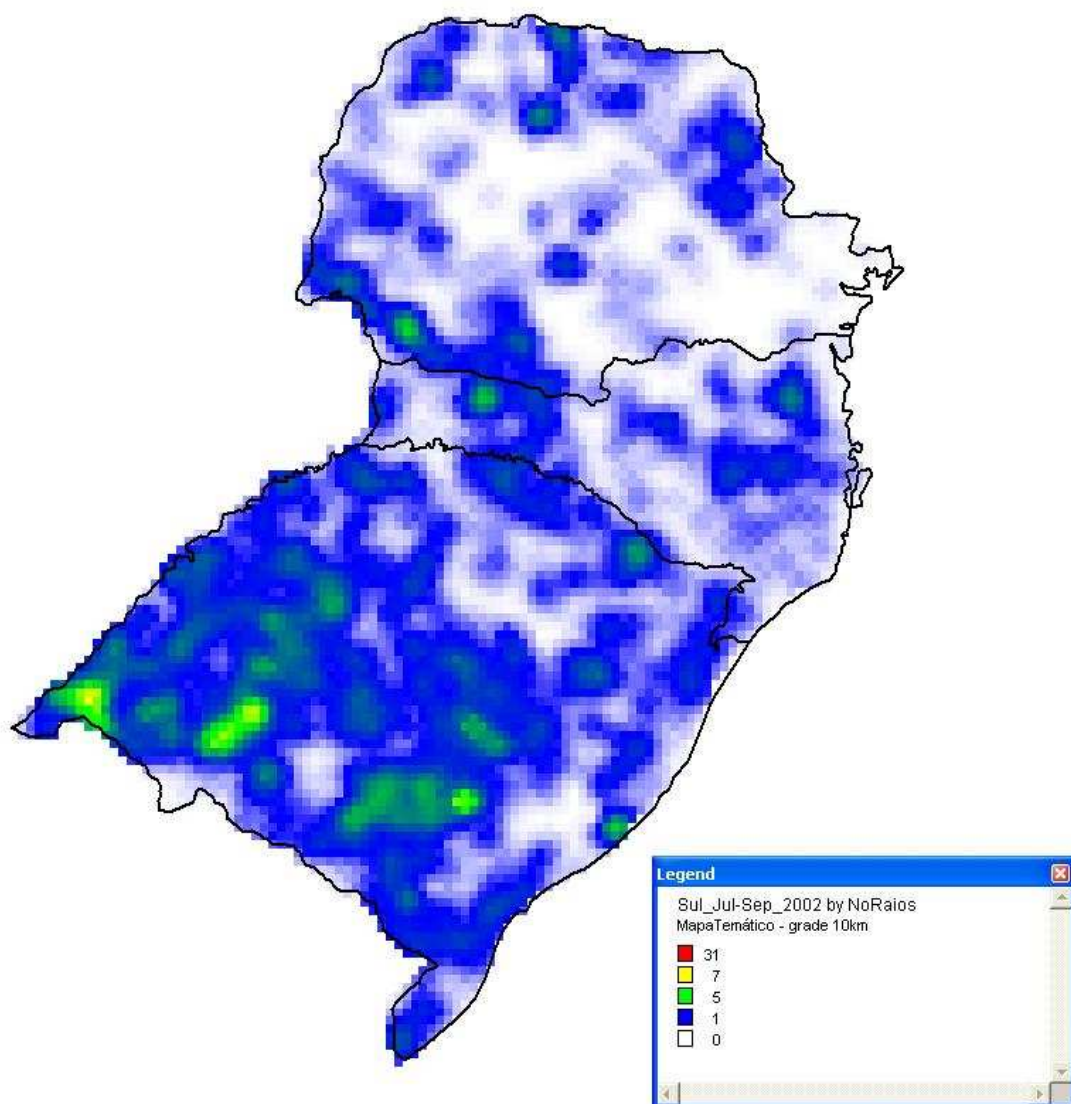
**Figura 32 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2002**



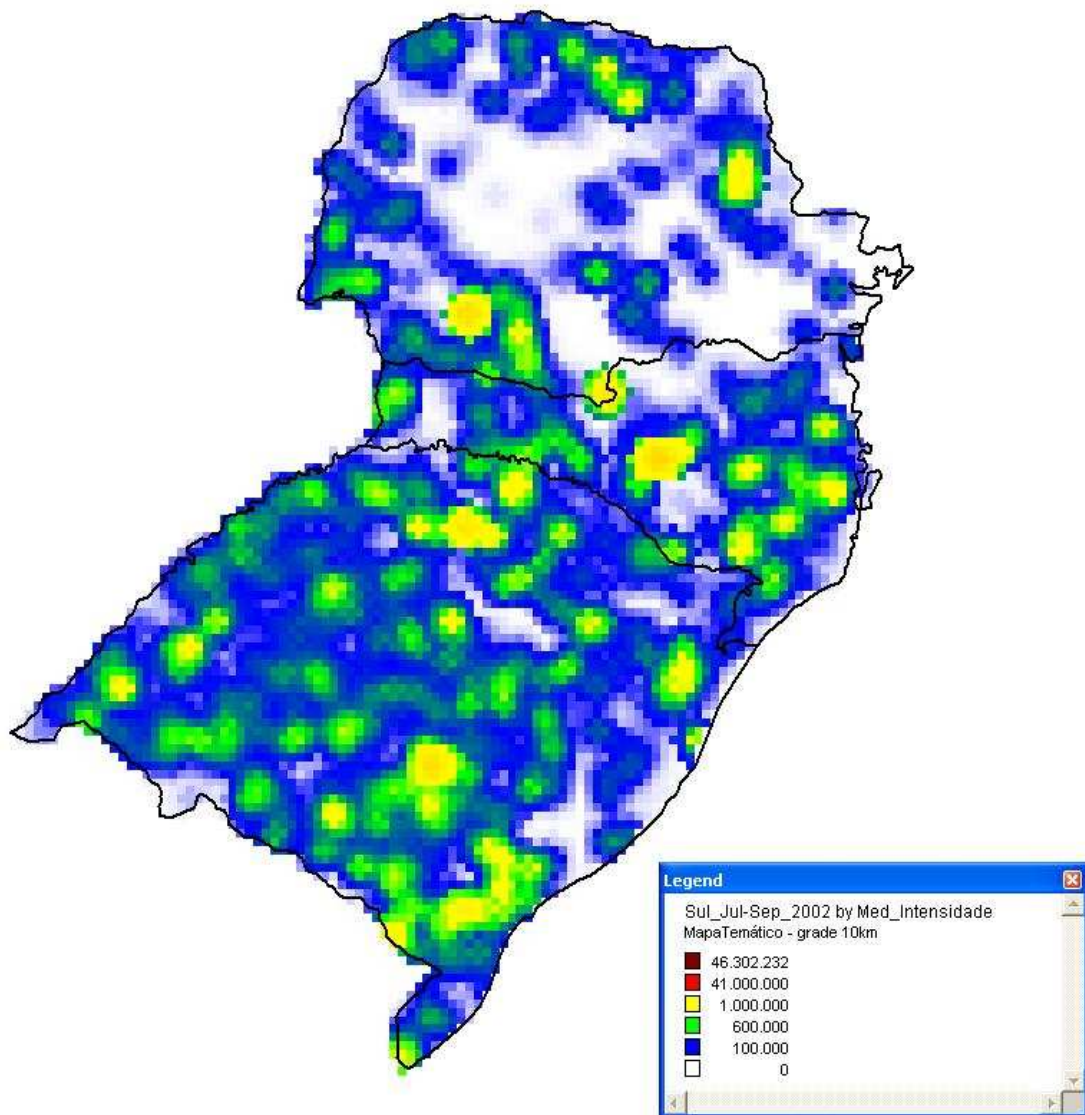
**Figura 33 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2002**



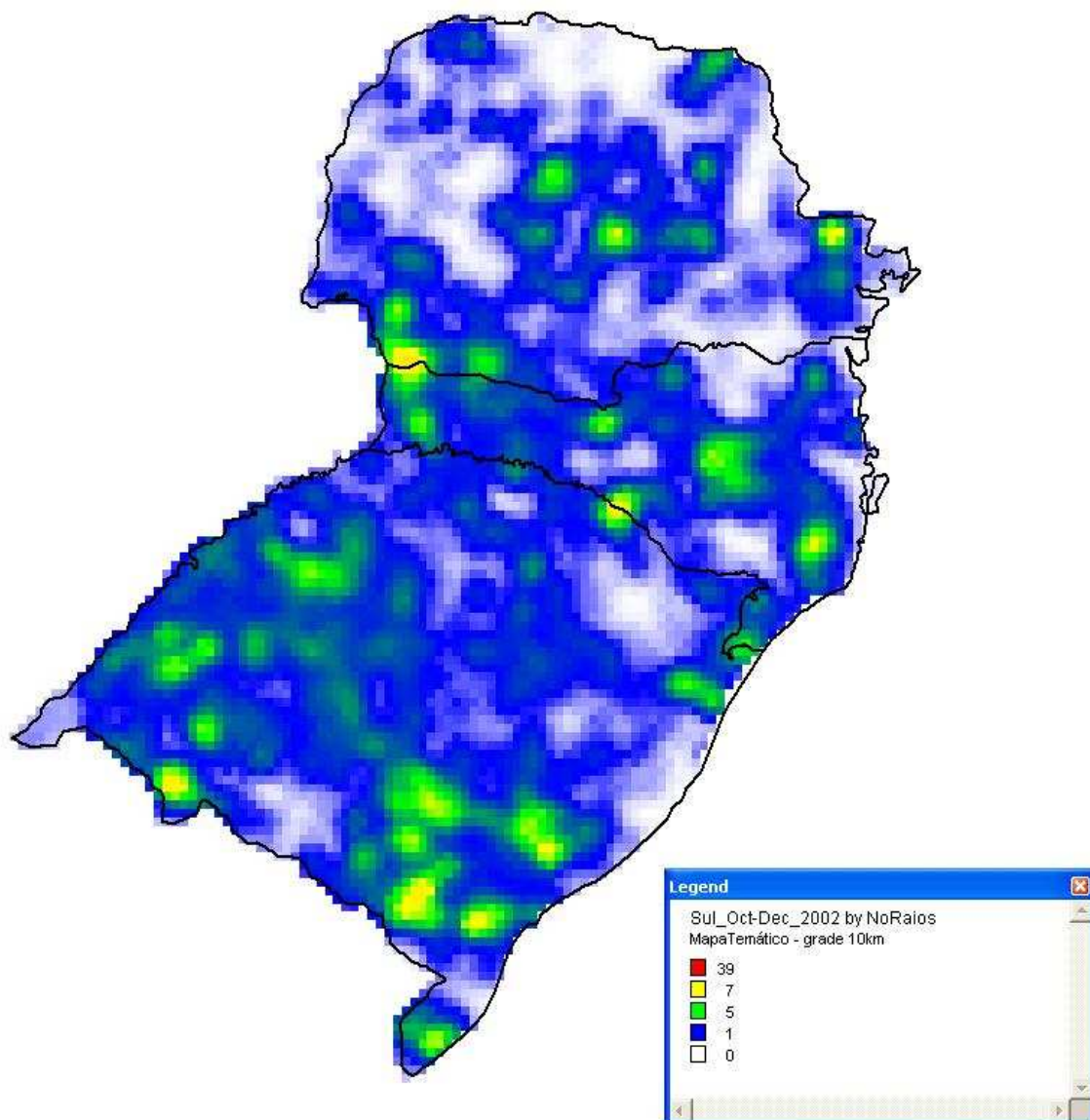
**Figura 34 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2002**



**Figura 35 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2002**

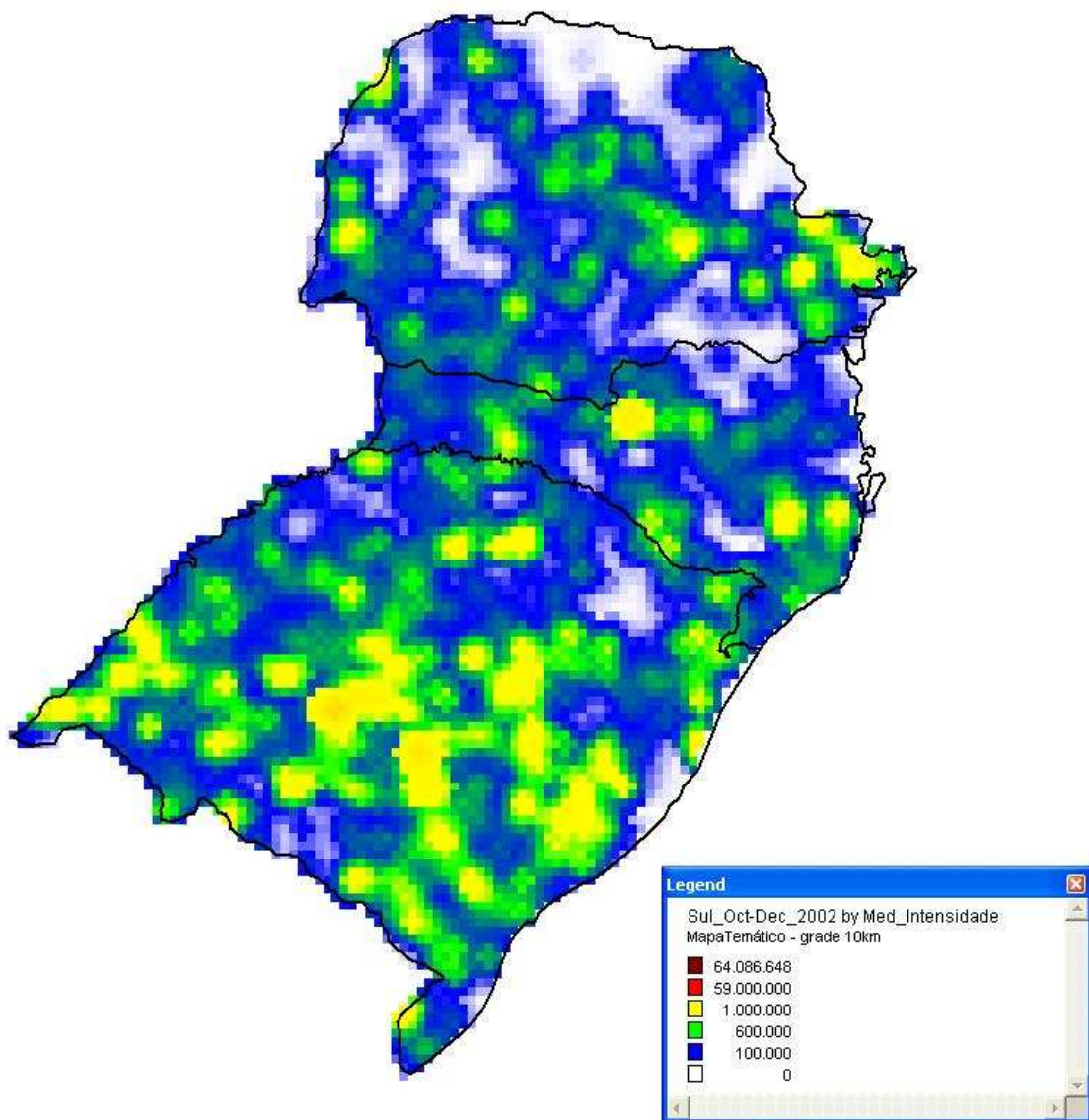


**Figura 36 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2002**

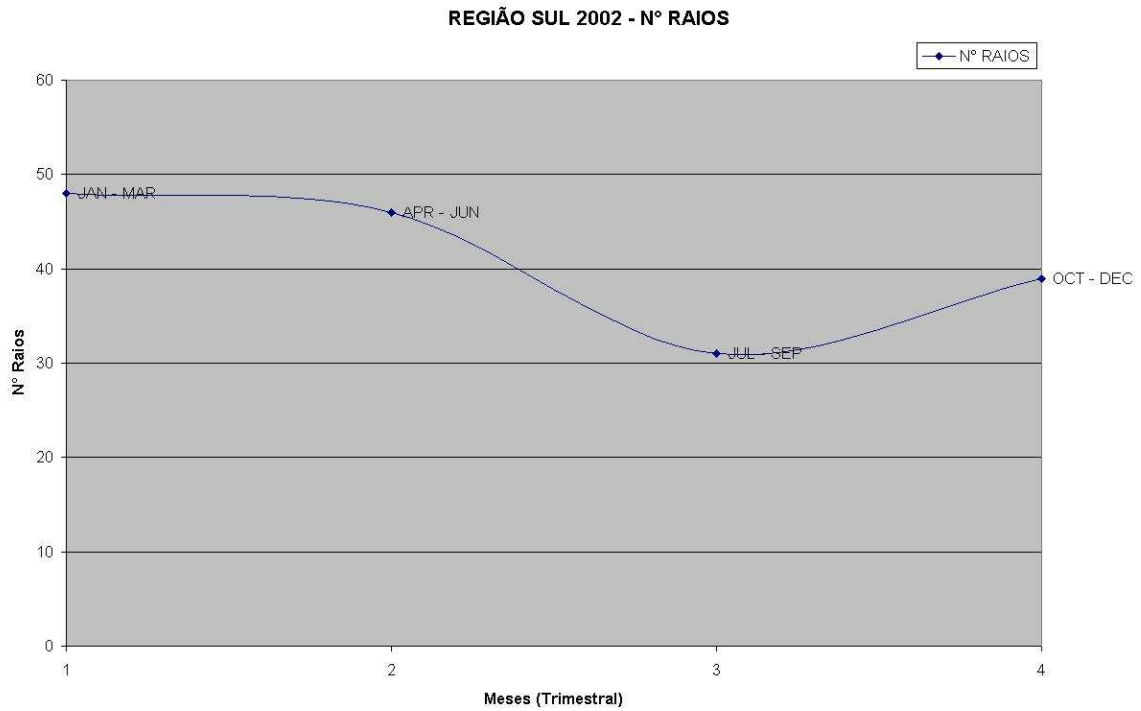


**Figura 37 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2002**

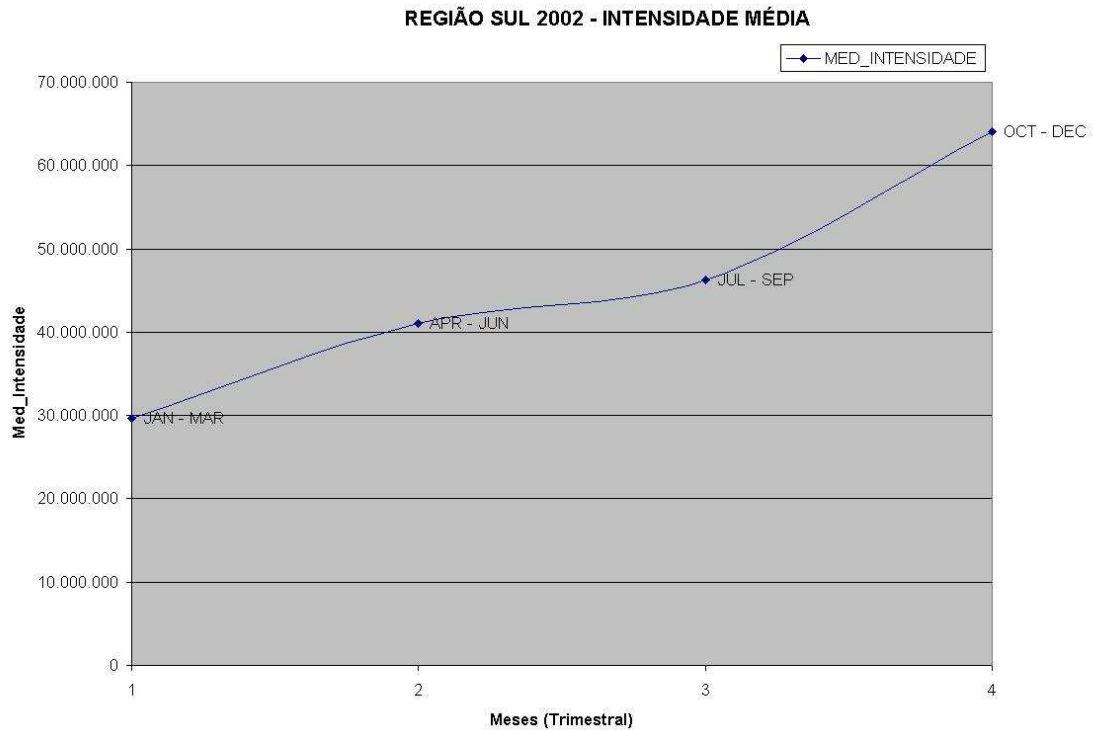




**Figura 38 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2002**



**Figura 39 – Gráfico do número de raios em 2002**



**Figura 40 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2002**

### 3.2 Região Sudeste

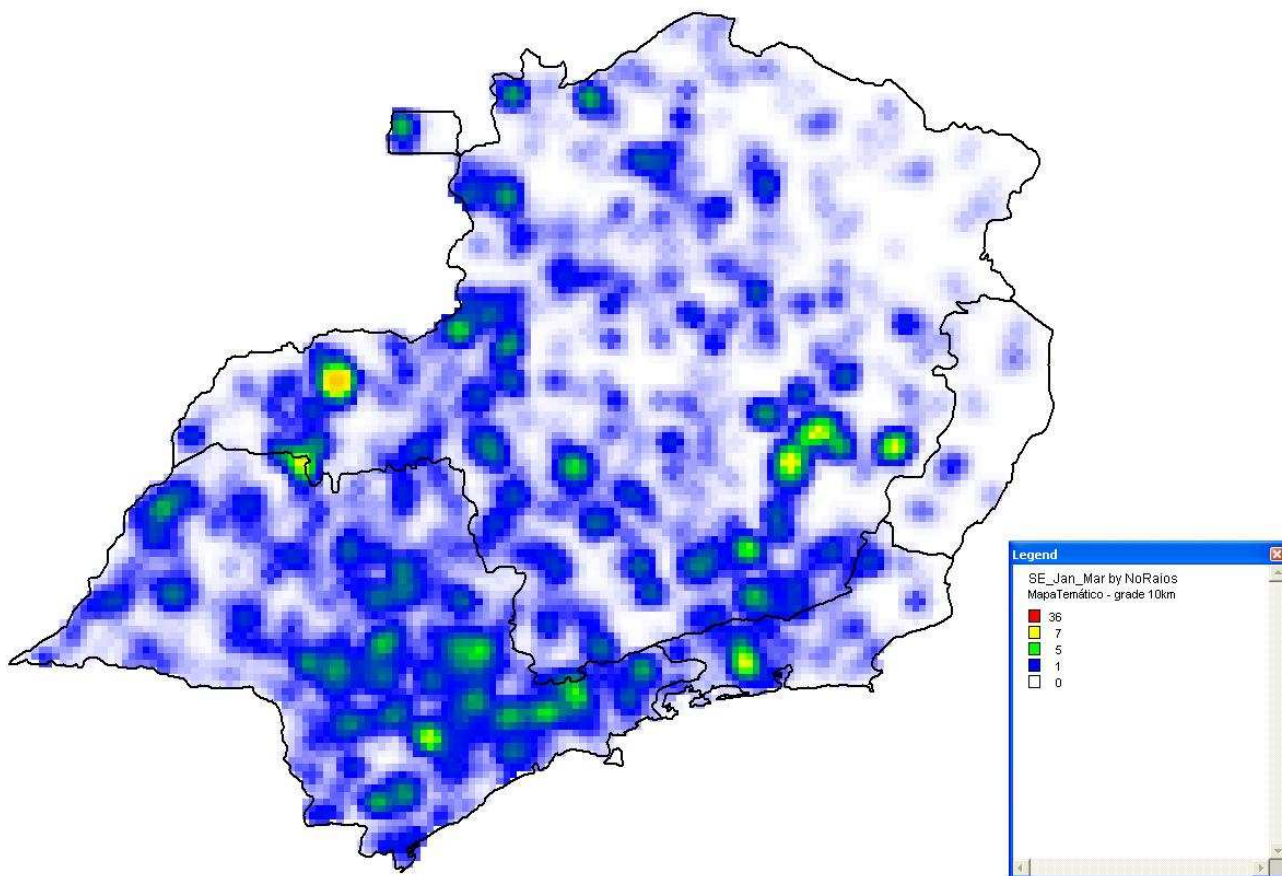
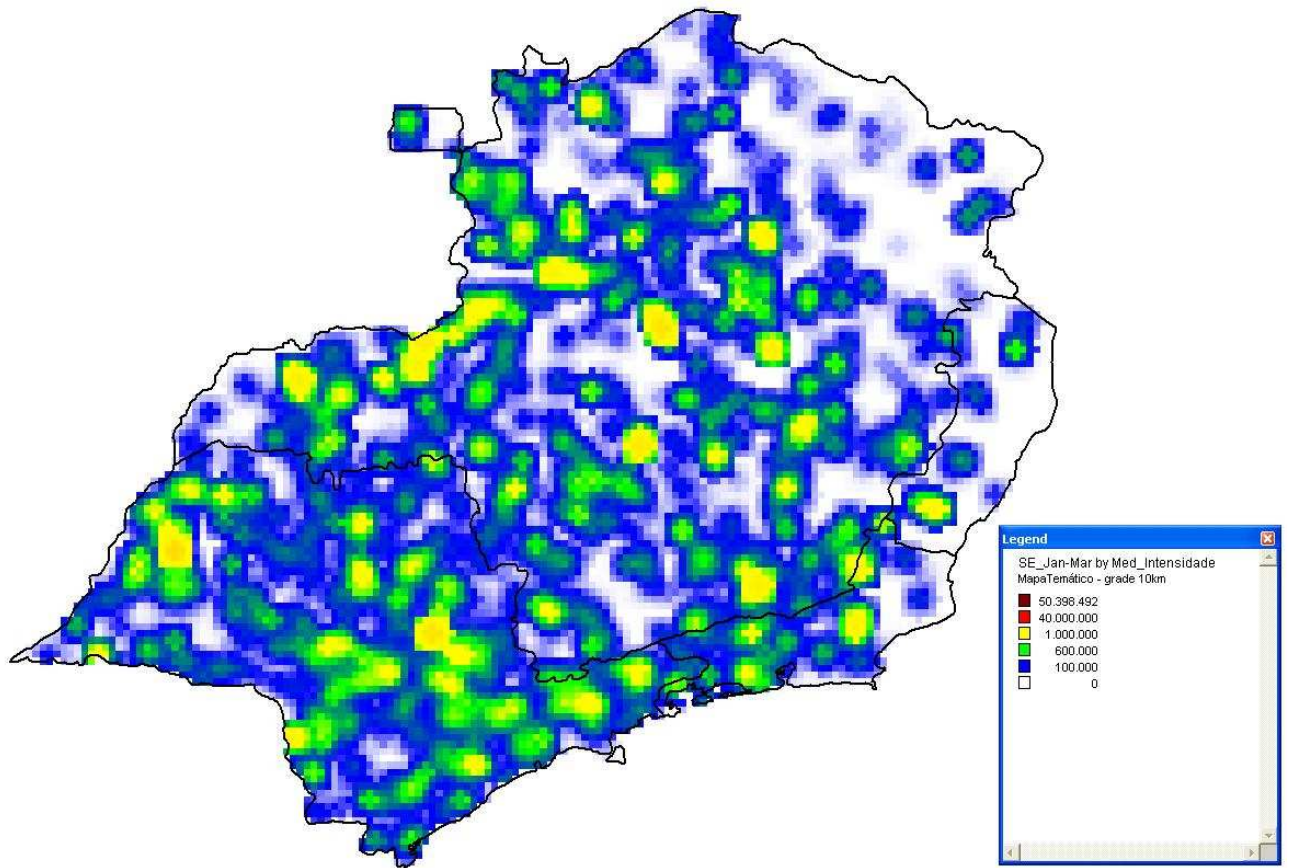
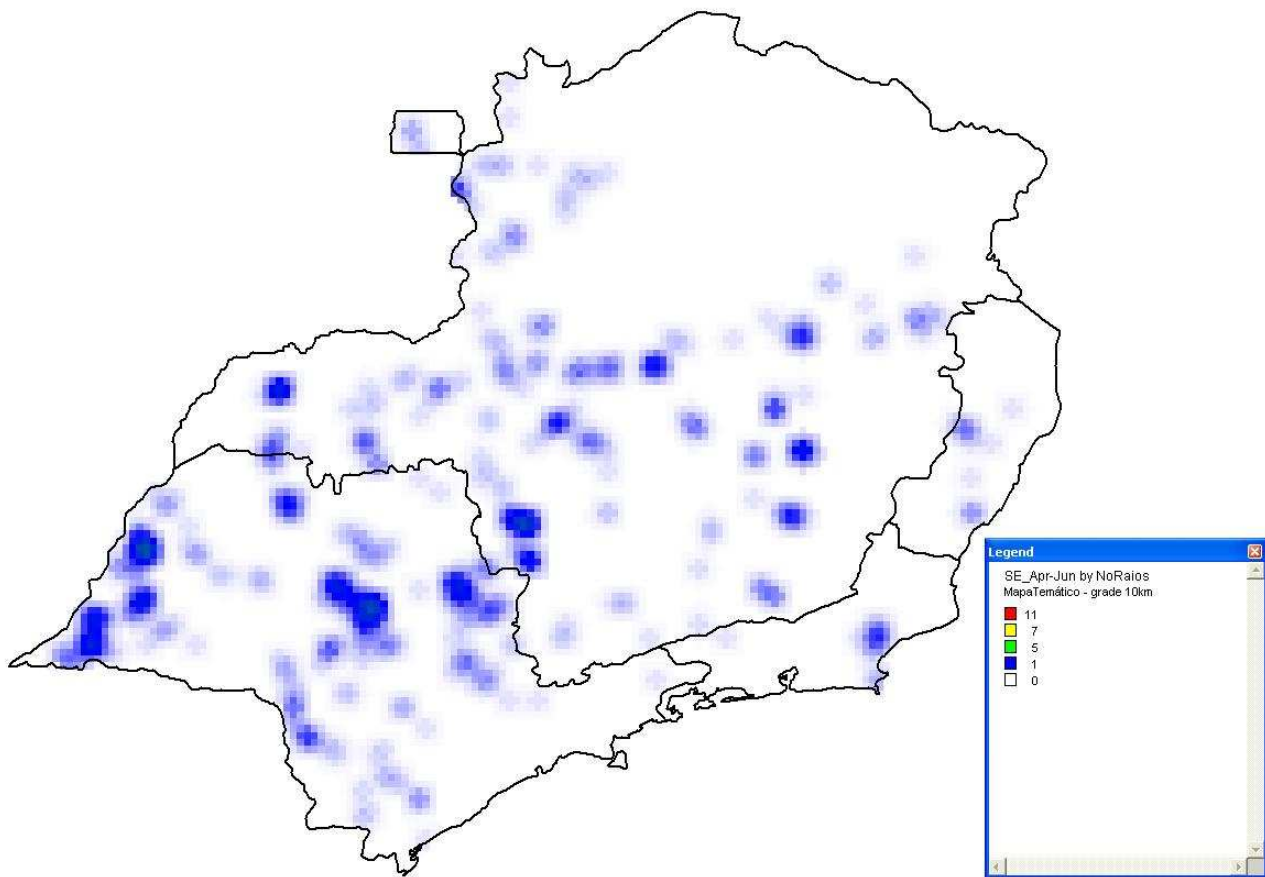


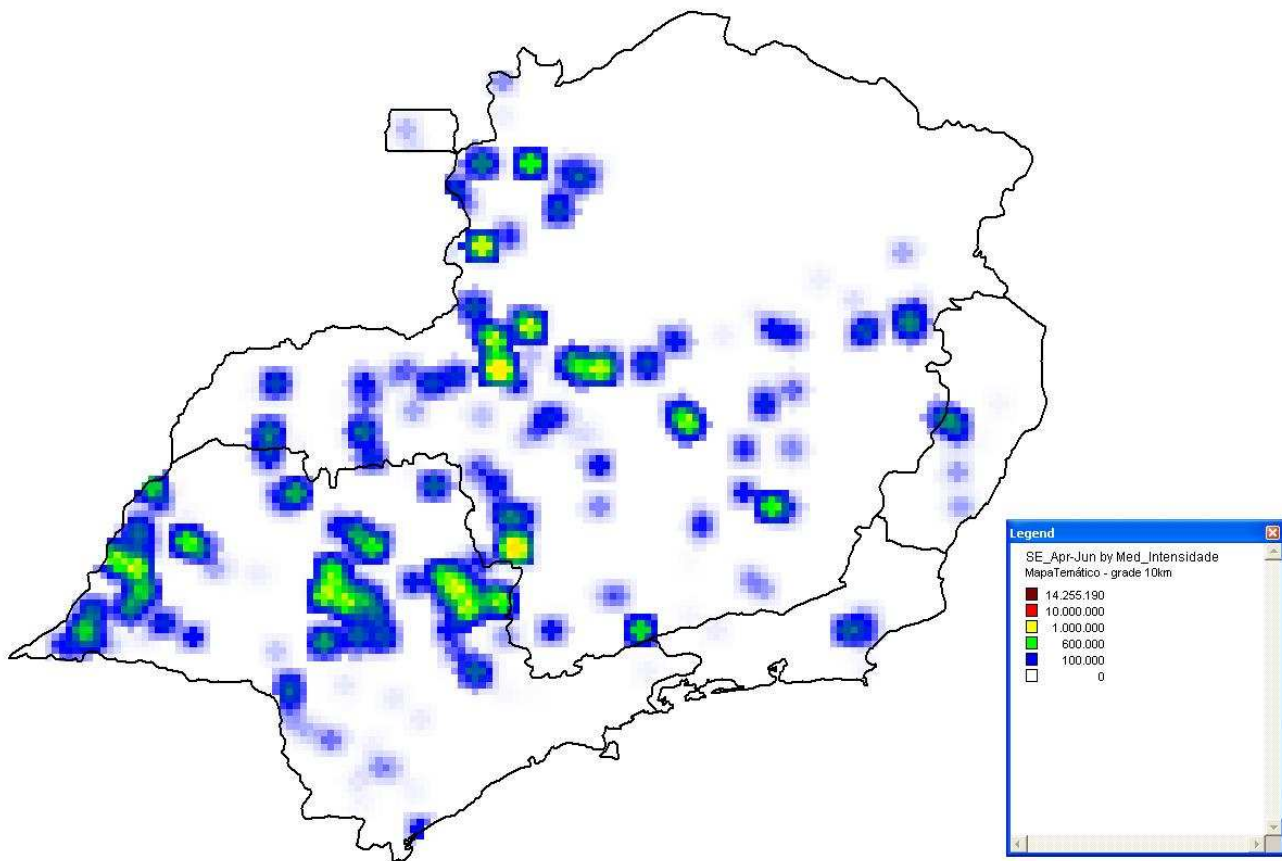
Figura 41 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 1999



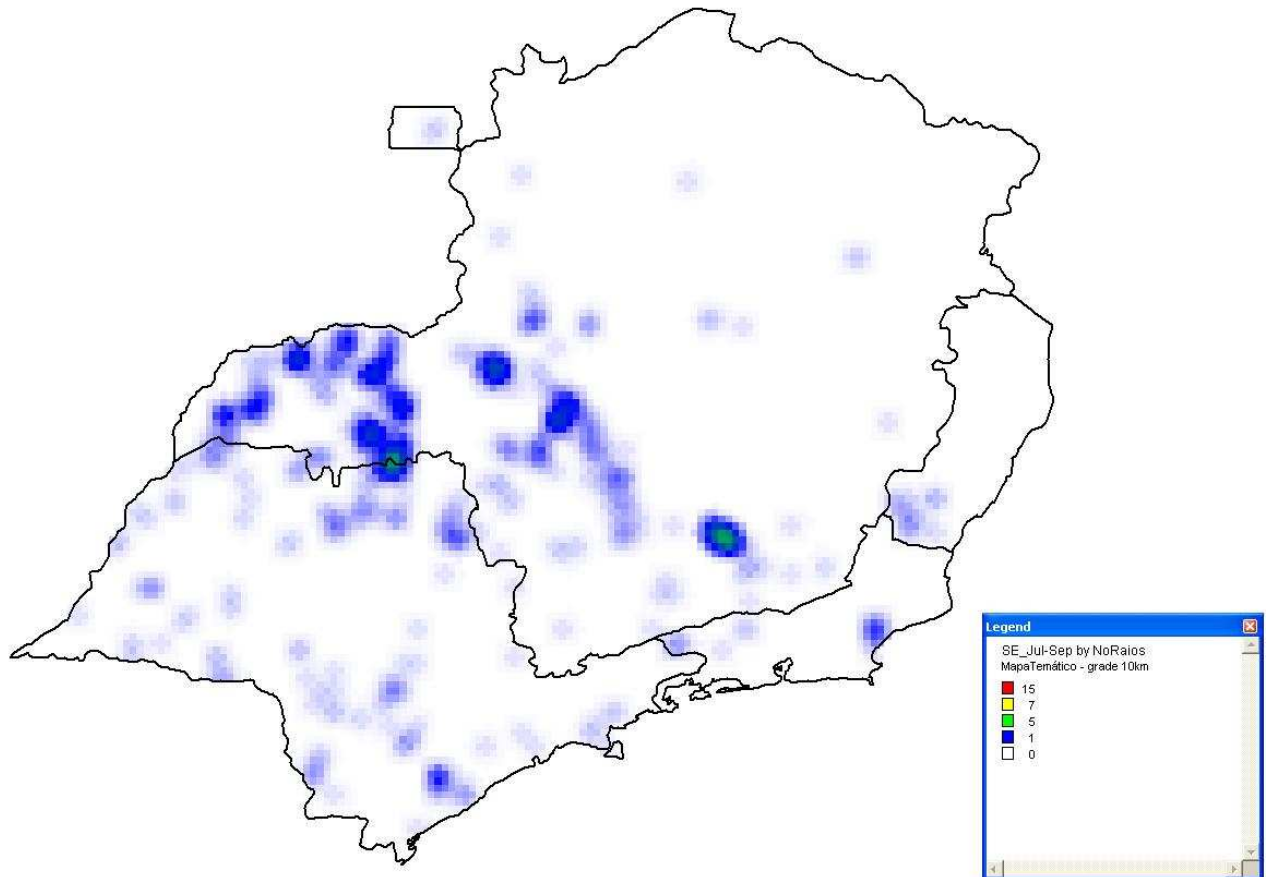
**Figura 42 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 1999**



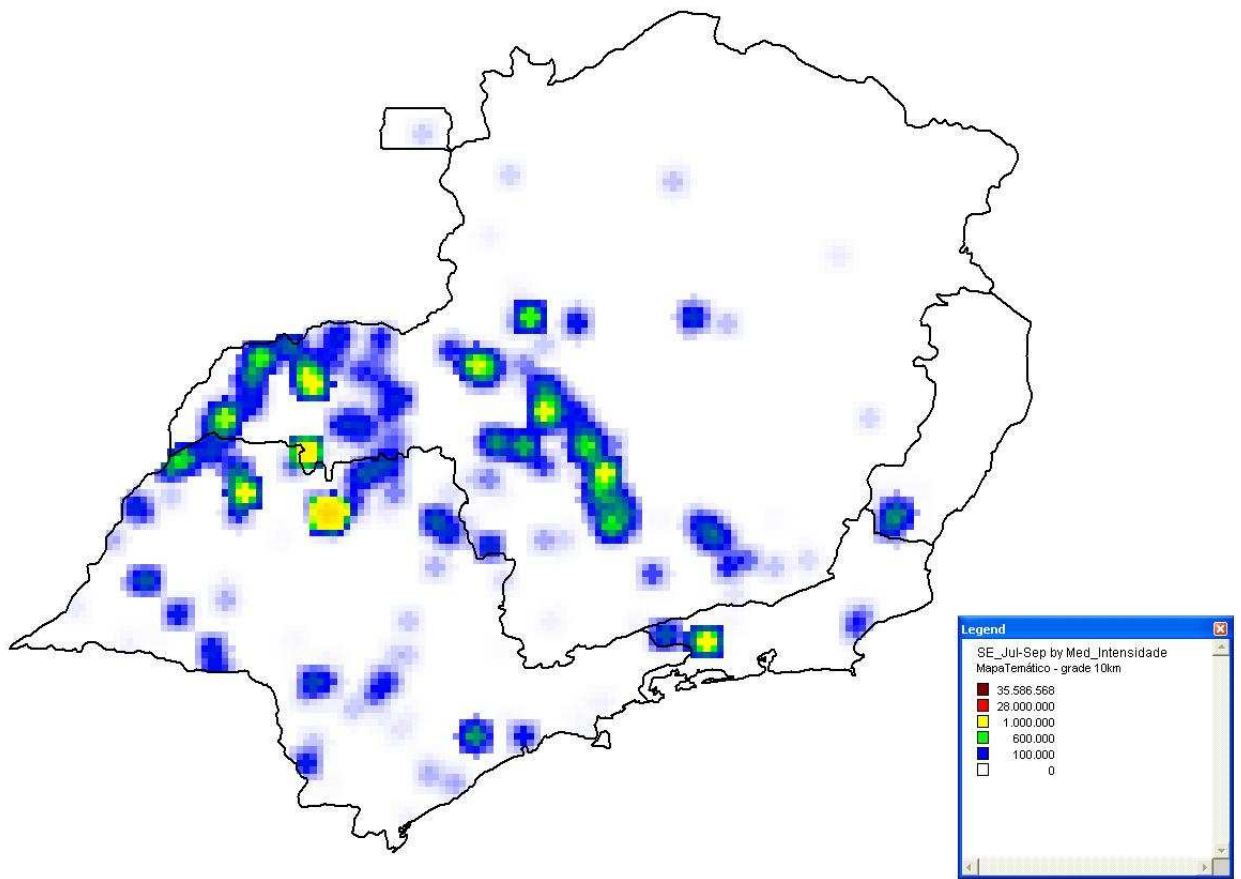
**Figura 43 – Números de raios no trimestre de Abril – Junho 1999**



**Figura 44 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 1999**

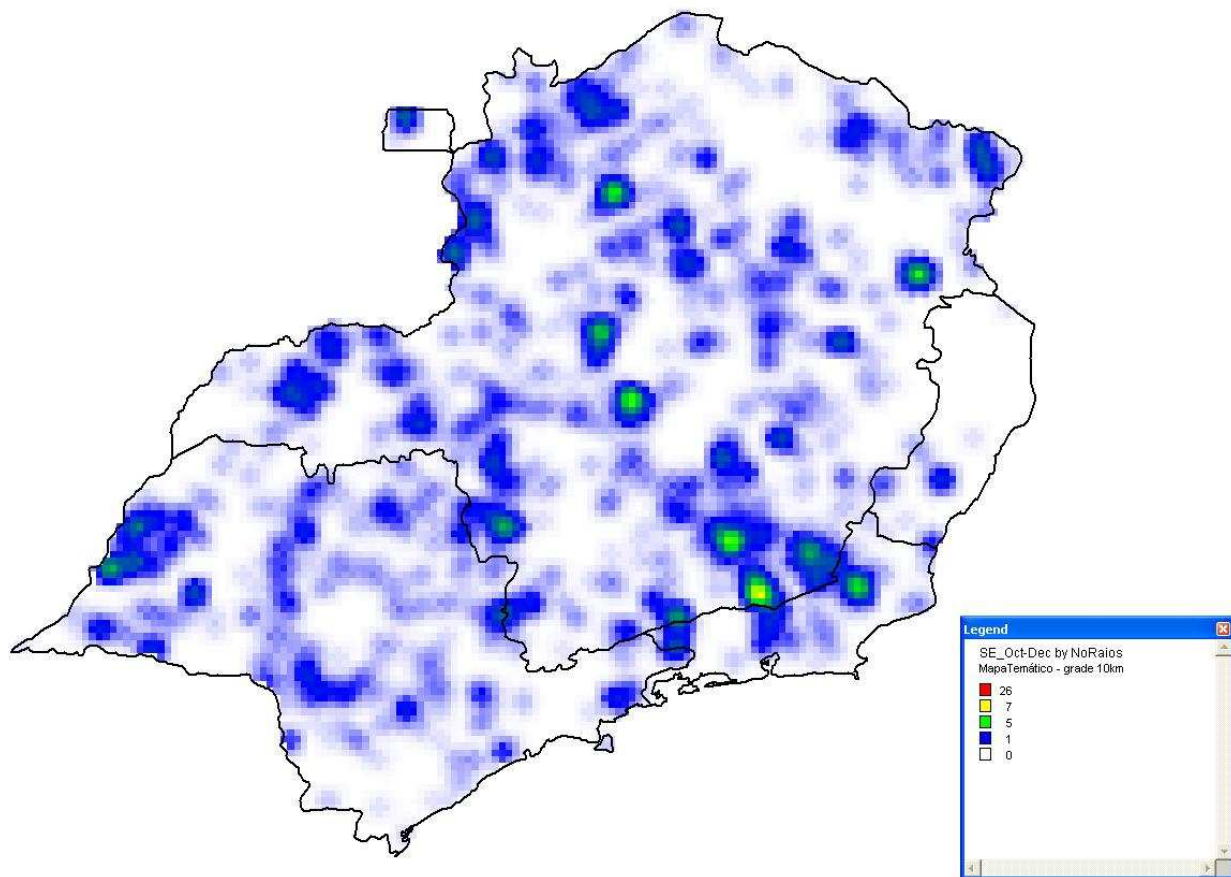


**Figura 45 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 1999**

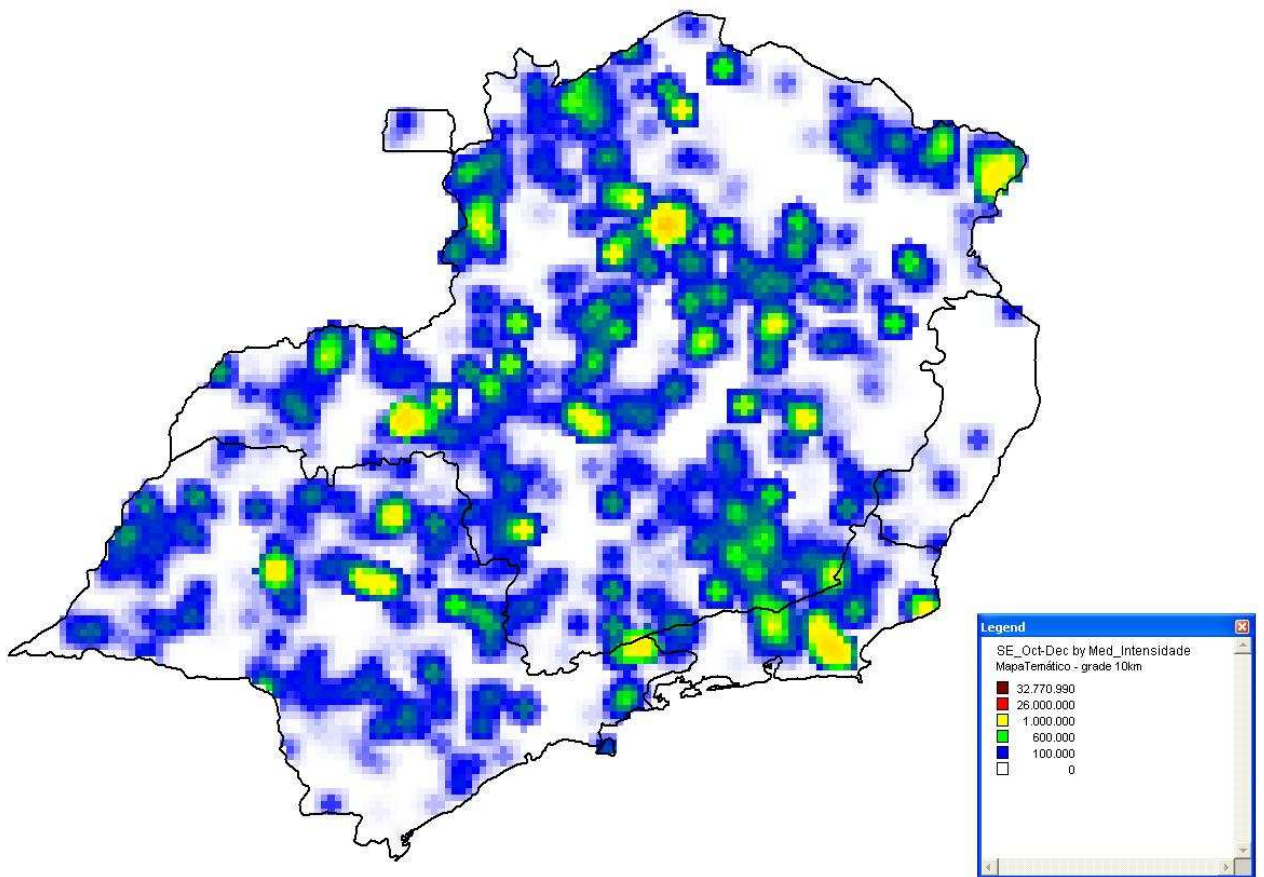


**Figura 46 - Intensidade média da radiância no trimestre de Julho – Setembro 1999**

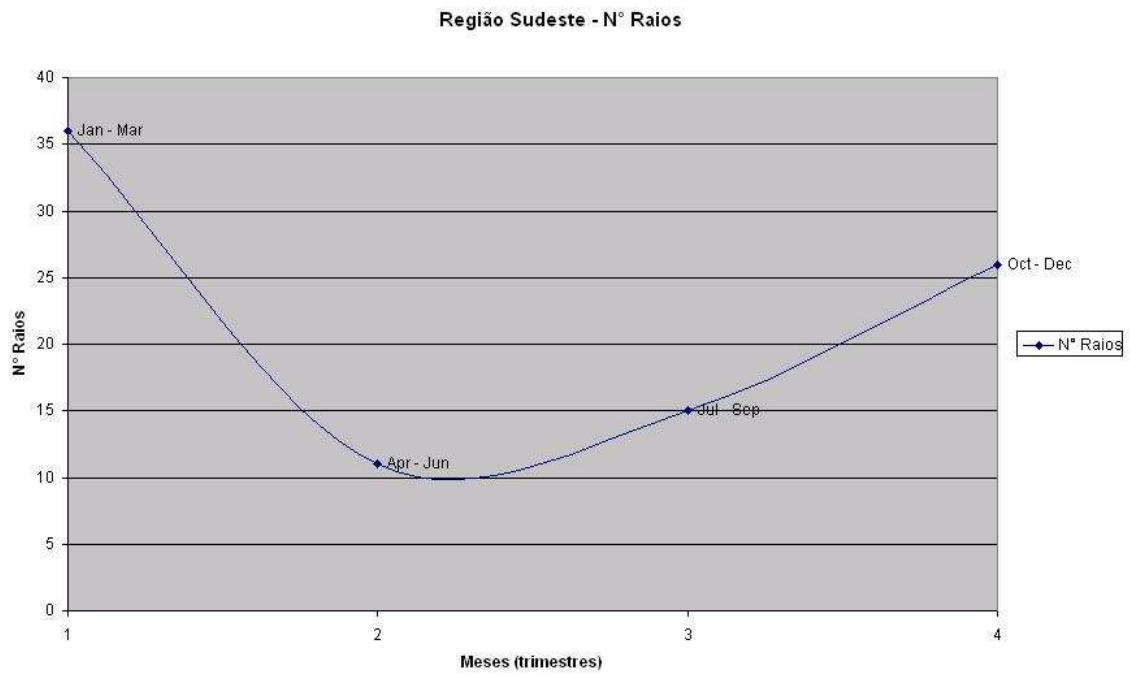




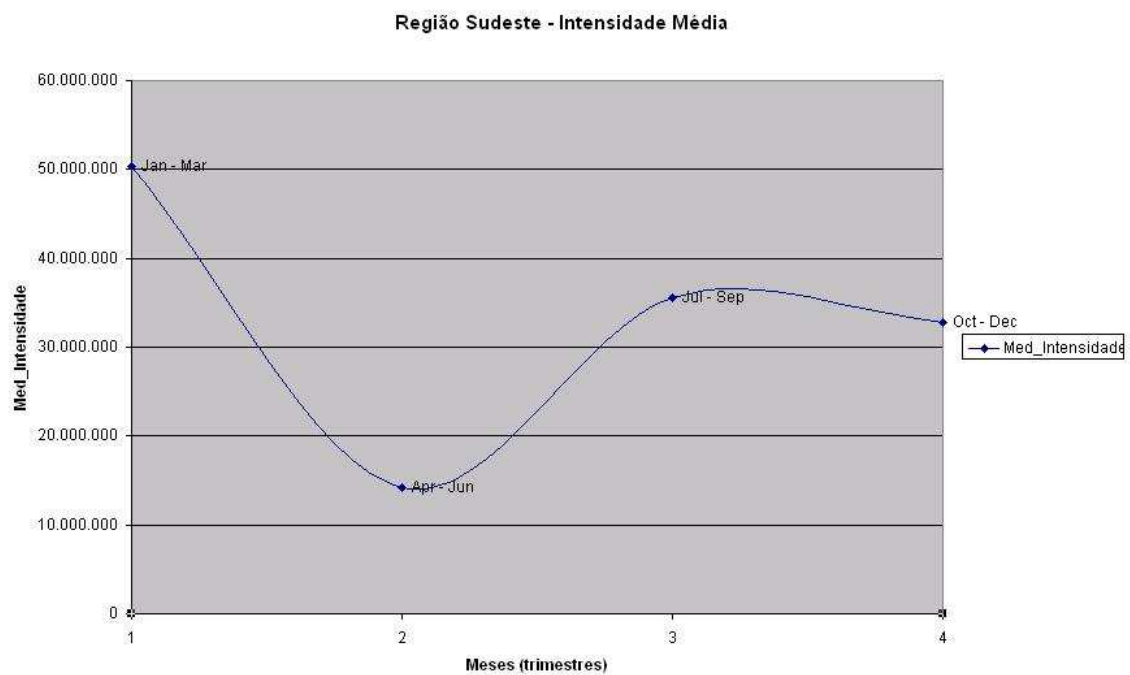
**Figura 47 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 1999**



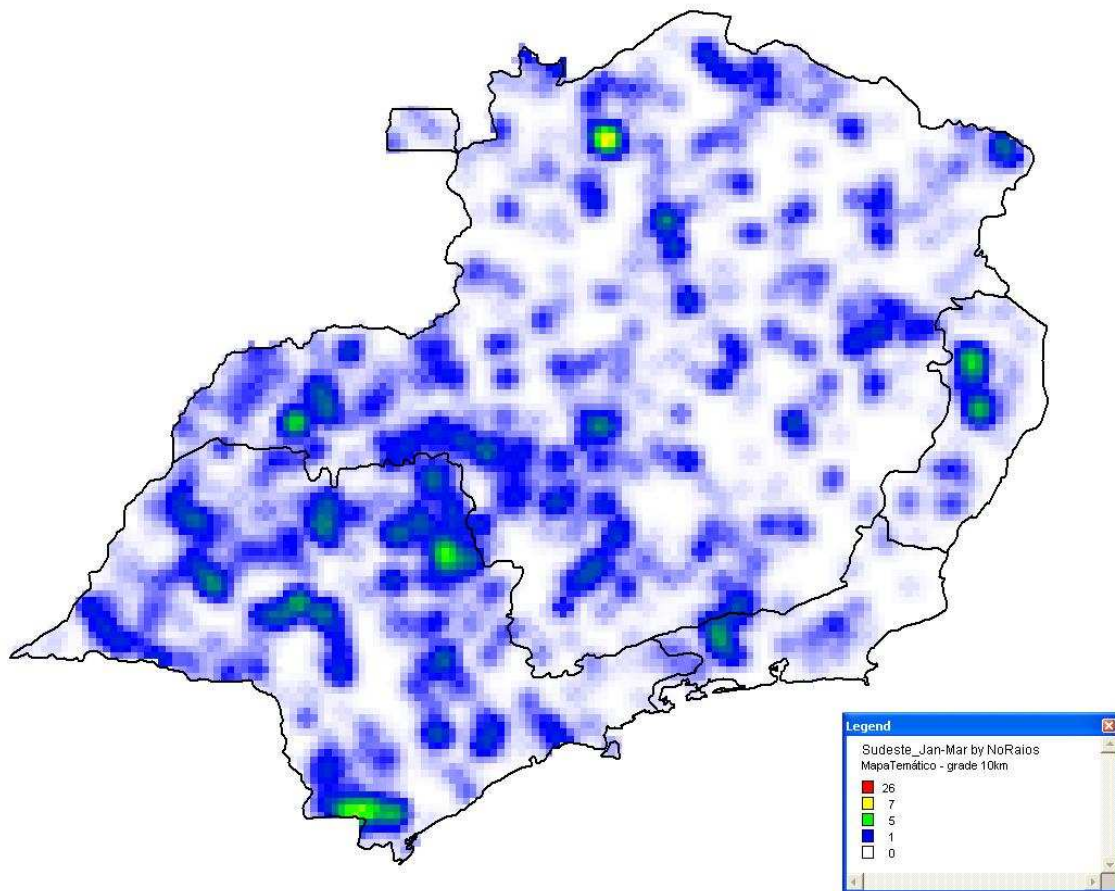
**Figura 48 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 1999**



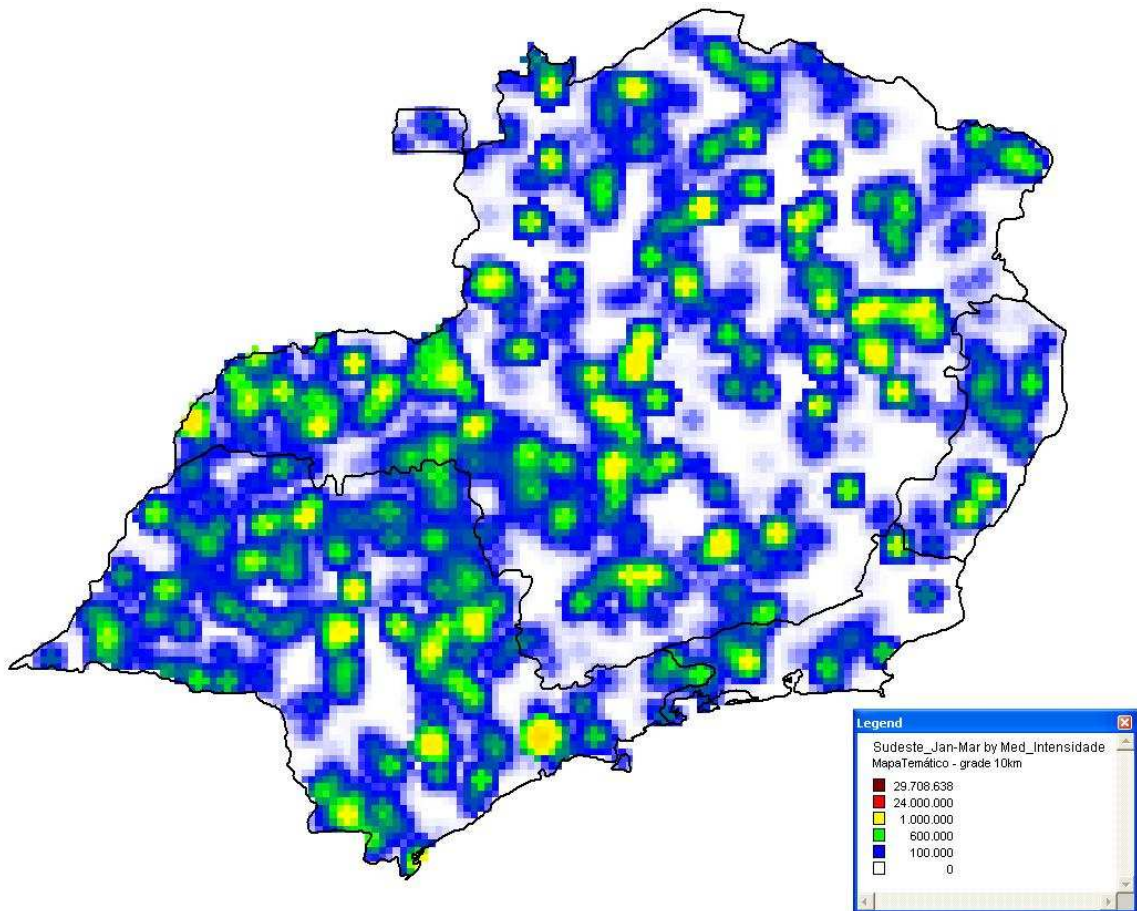
**Figura 49 – Gráfico do número de raios em 1999**



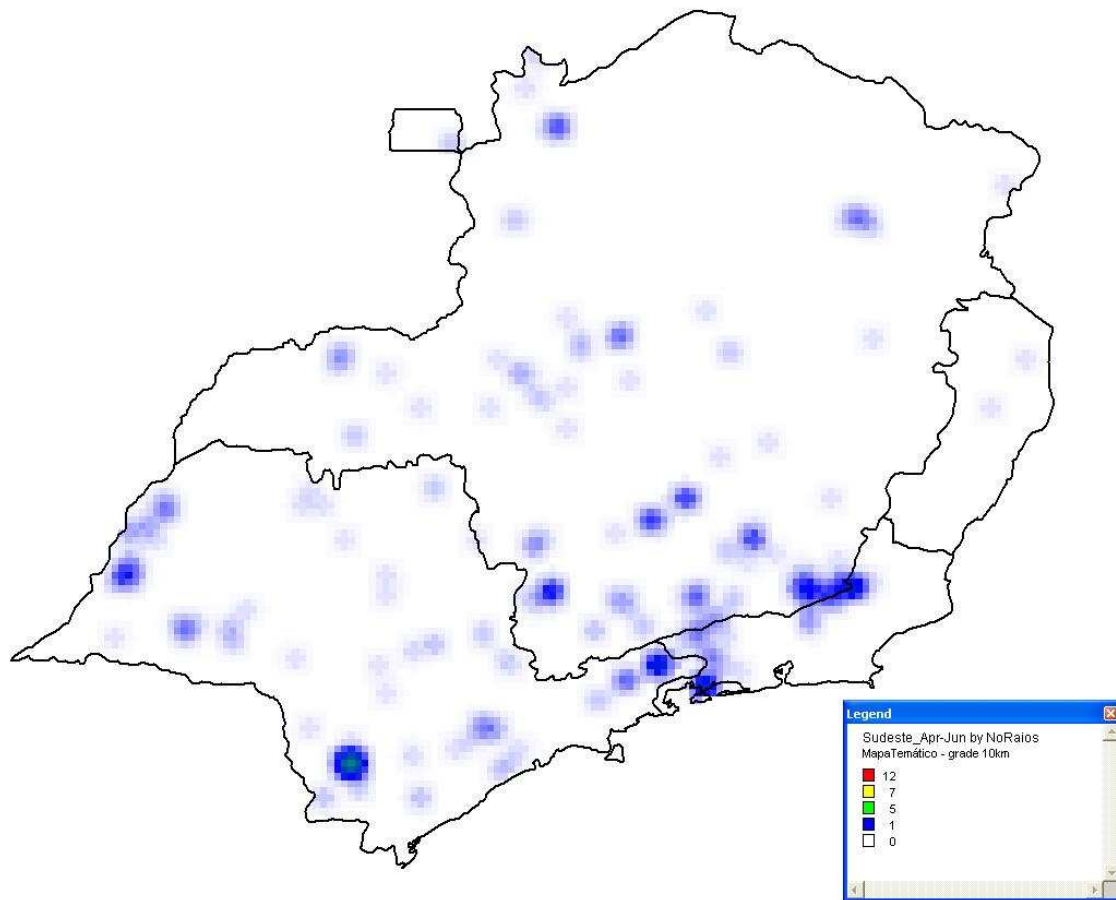
**Figura 50 – Gráfico da intensidade média de radiação em 1999**



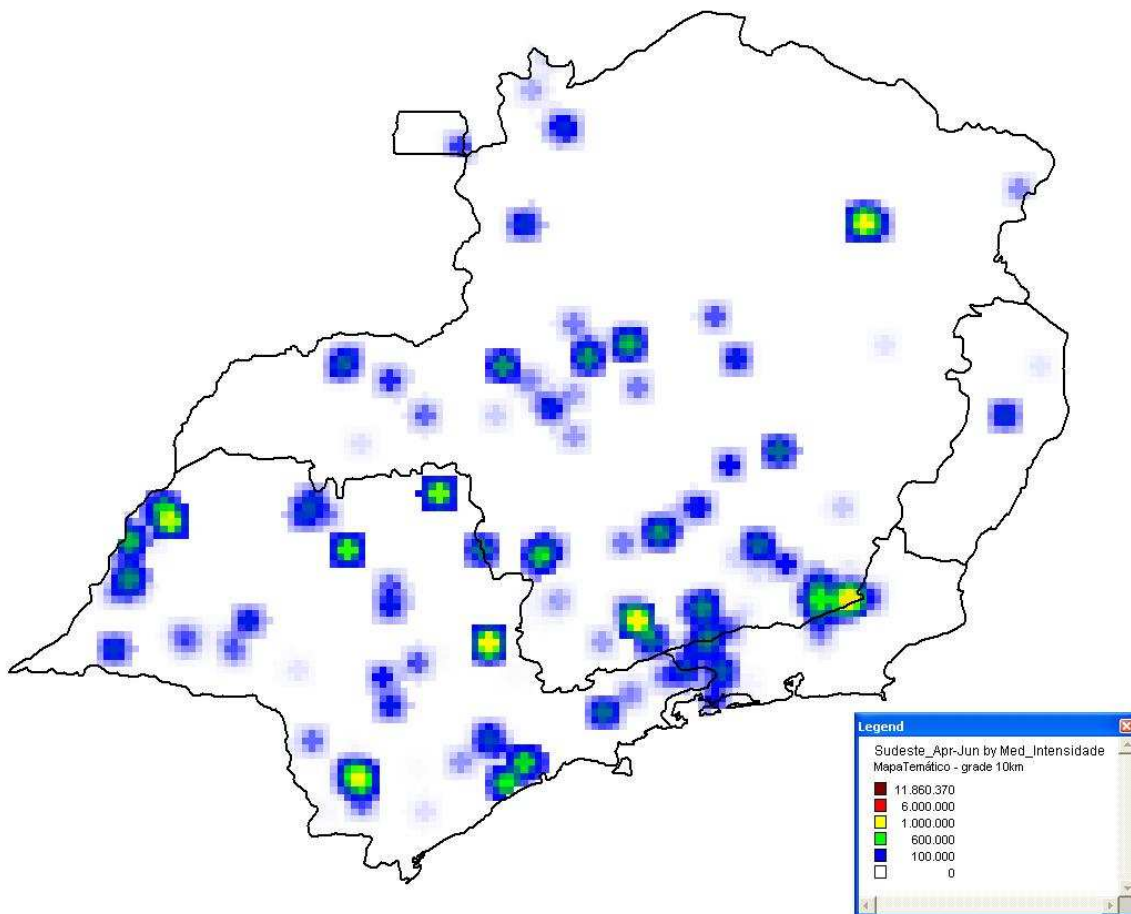
**Figura 51 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2000**



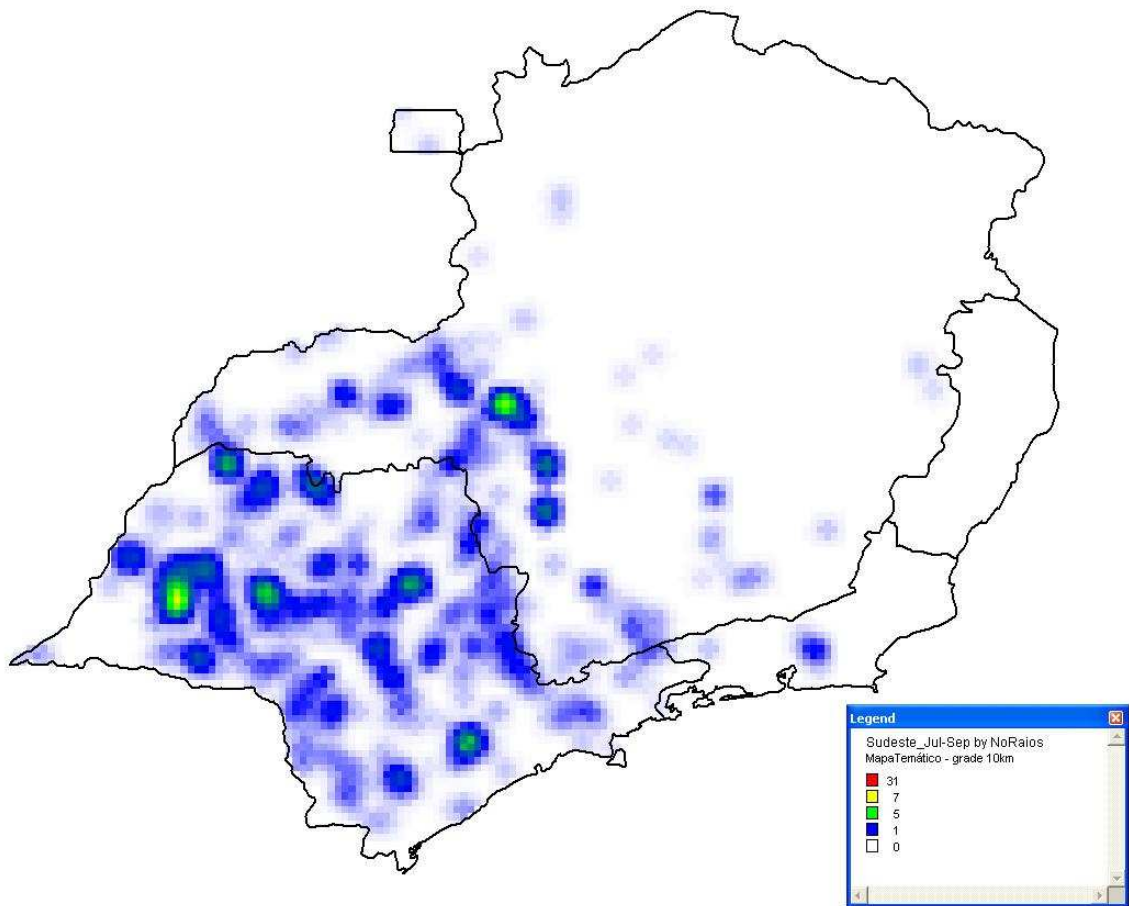
**Figura 52 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2000**



**Figura 53 – Número de raios radiância no trimestre de Abril – Junho 2000**

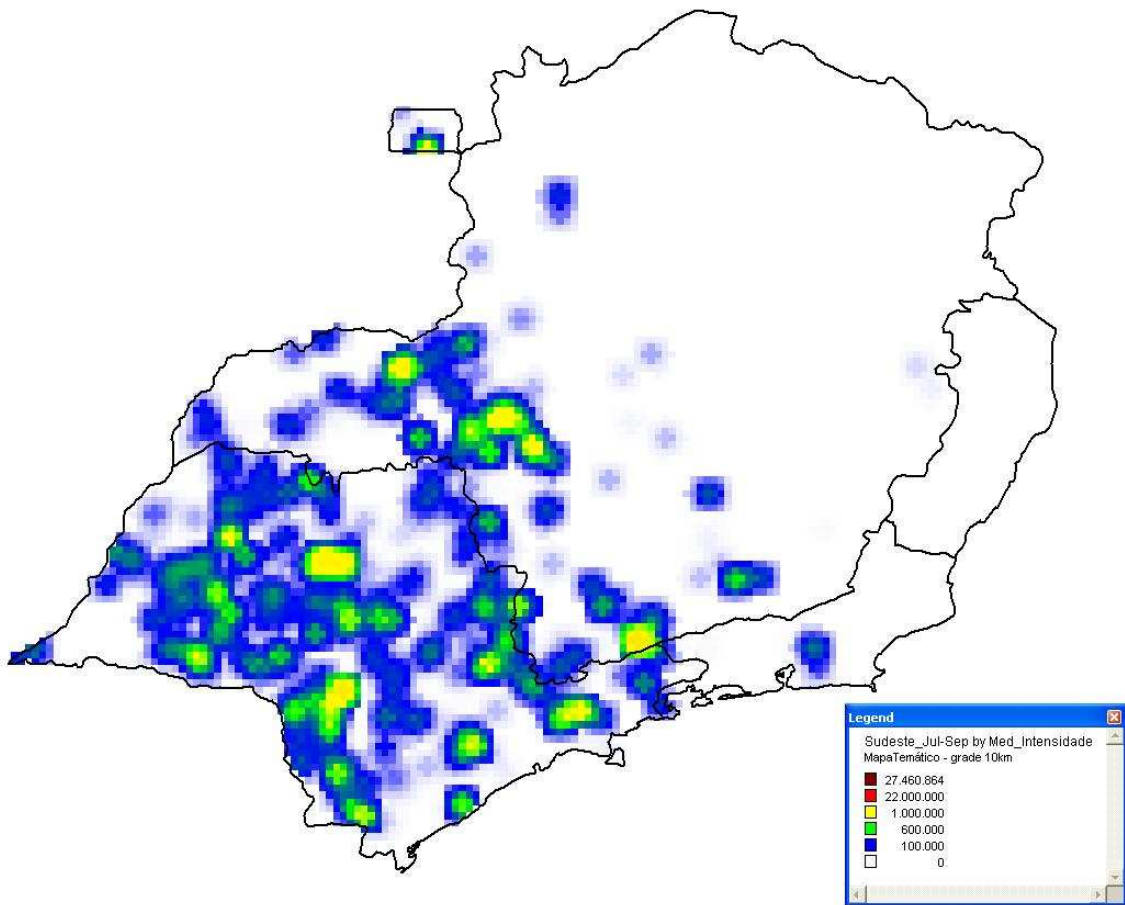


**Figura 54 \_ Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2000**

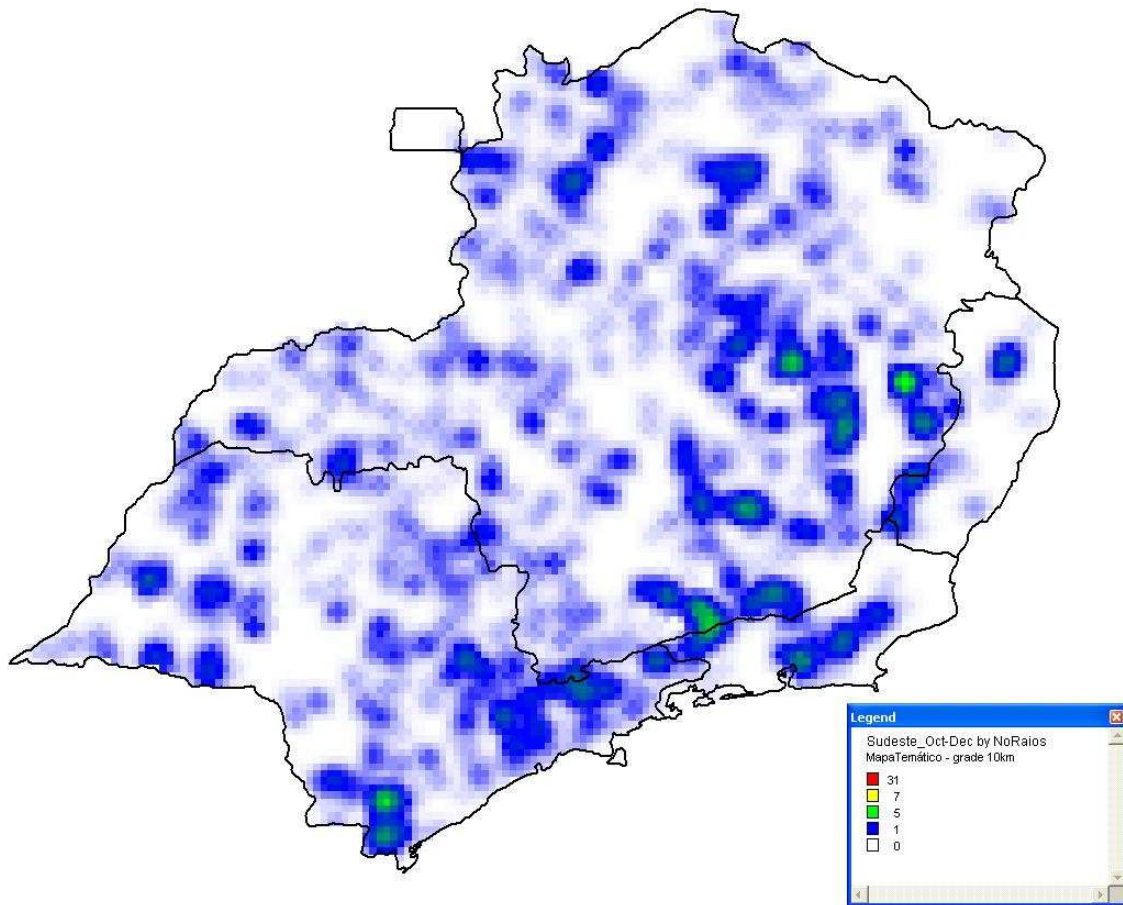


**Figura 55 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2000**

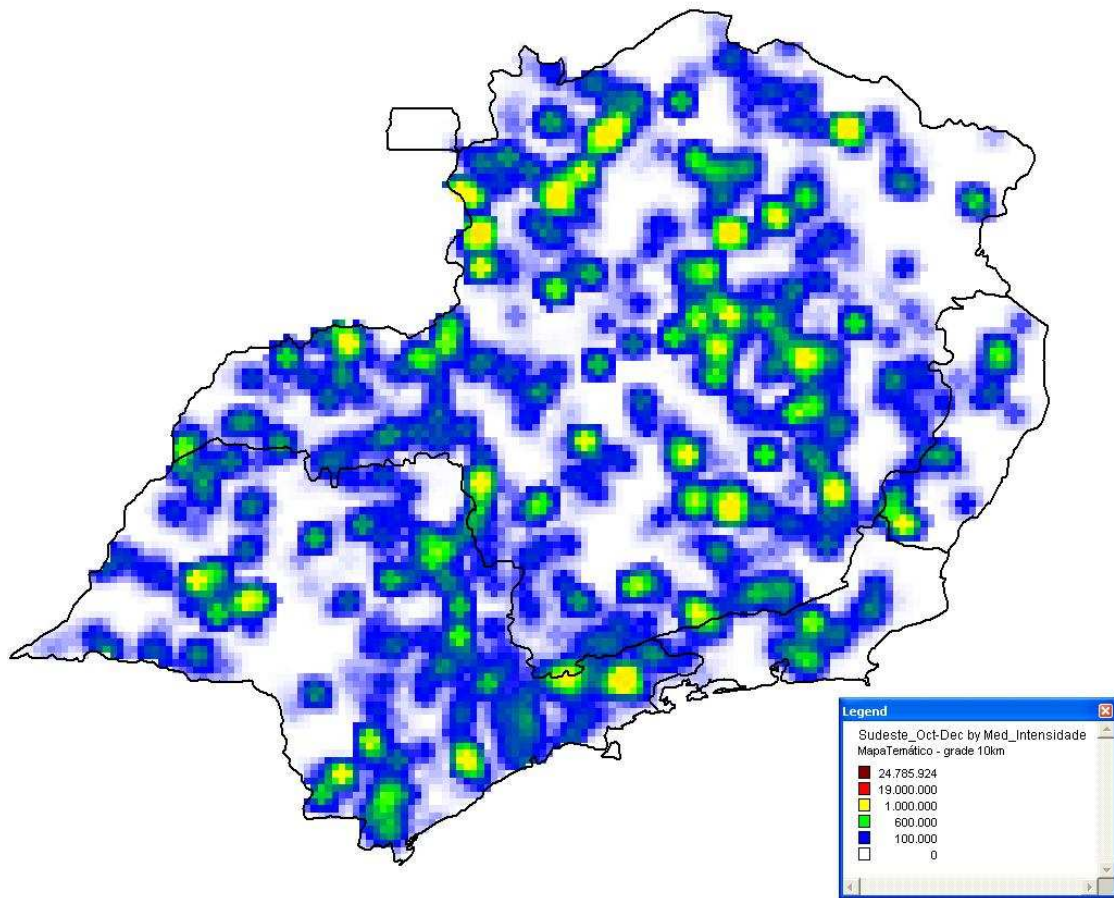




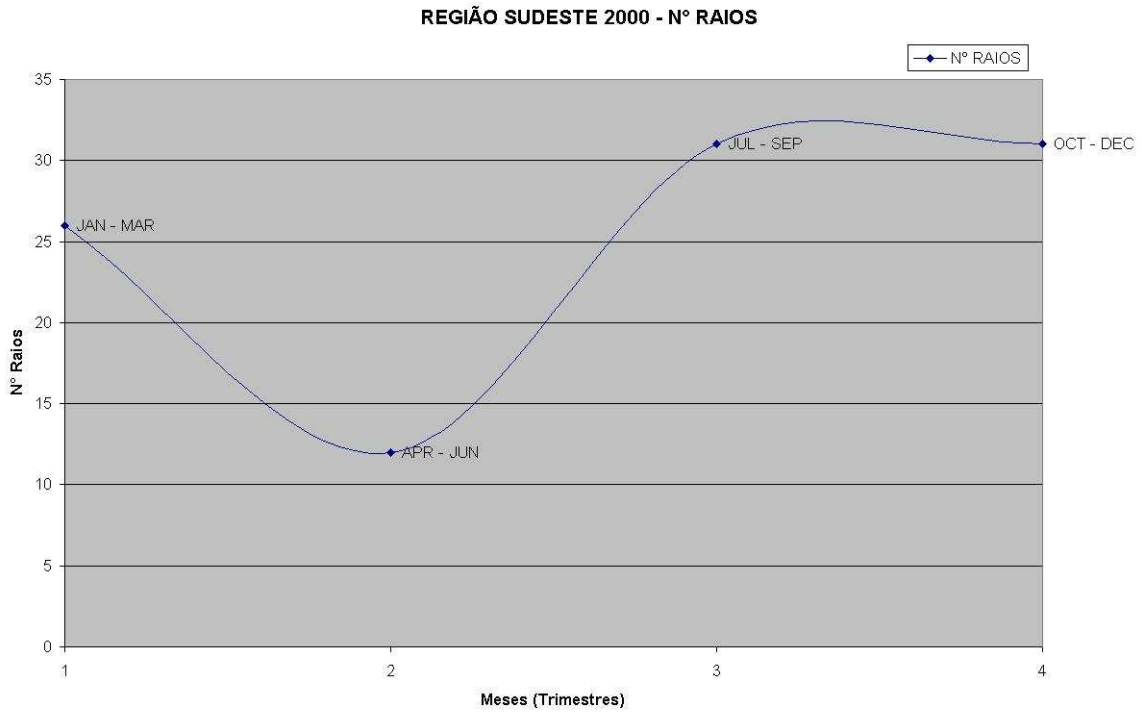
**Figura 56 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2000**



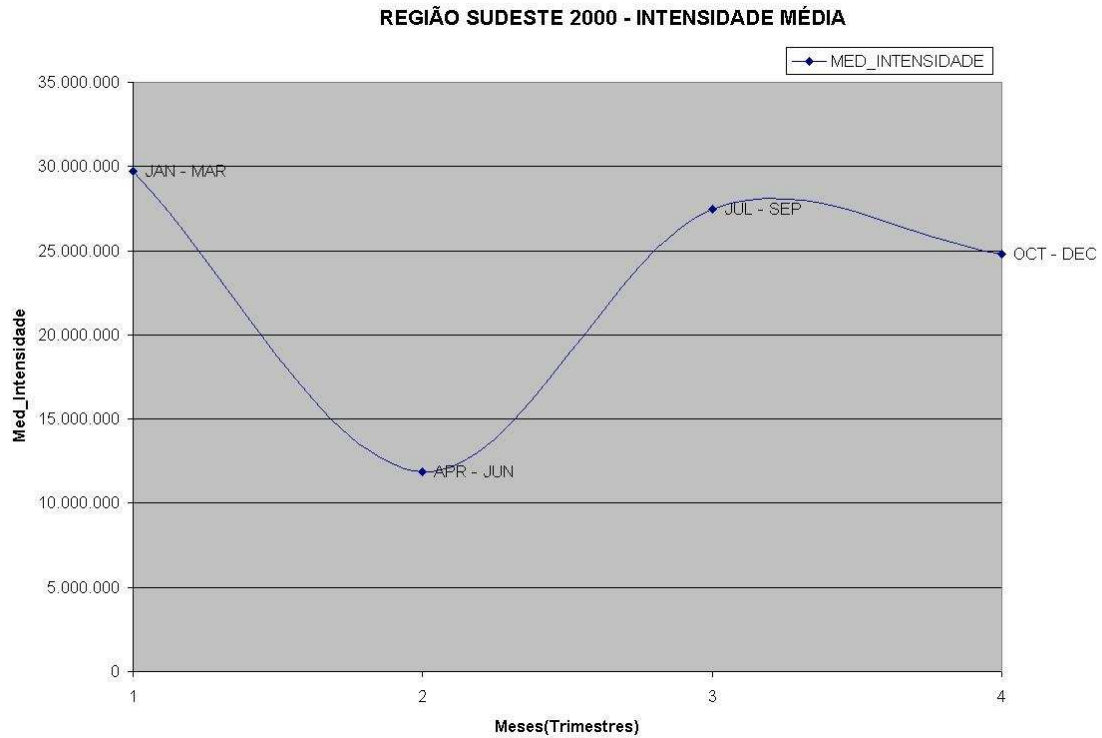
**Figura 57 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2000**



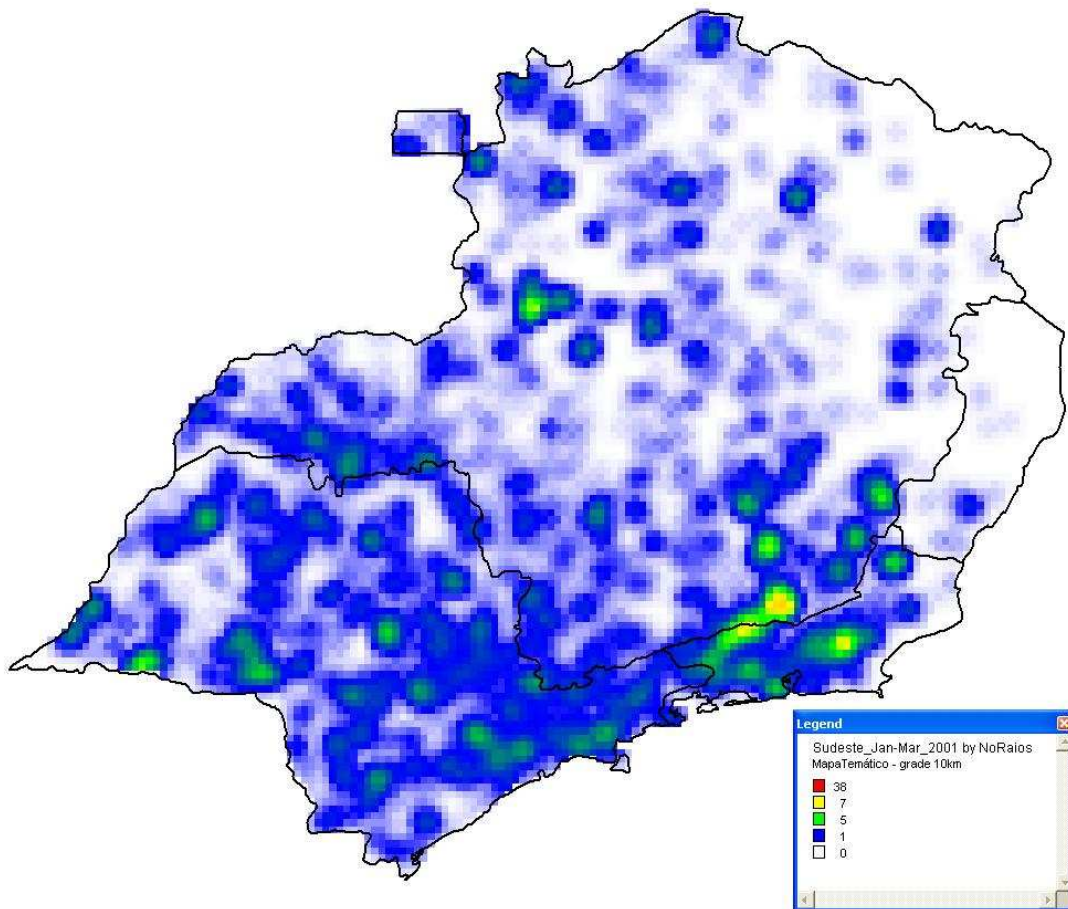
**Figura 58 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2000**



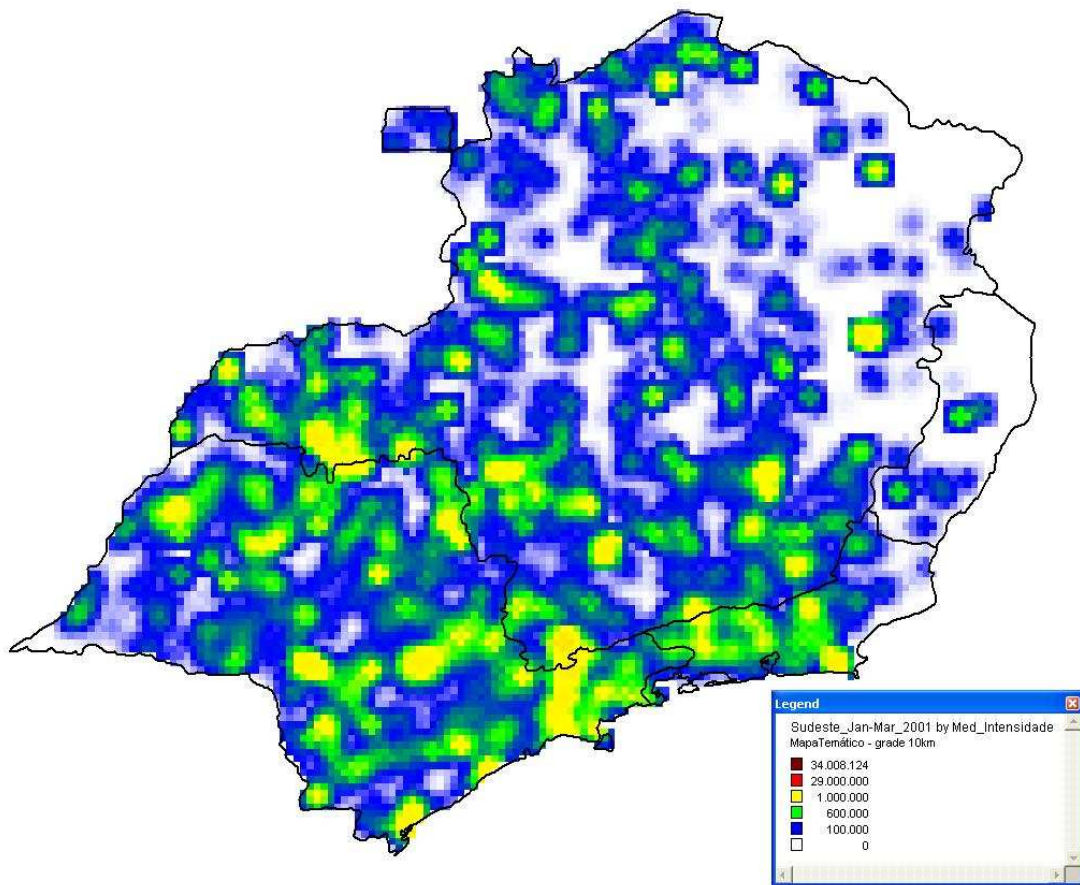
**Figura 59 – Gráfico do número de raios em 2000**



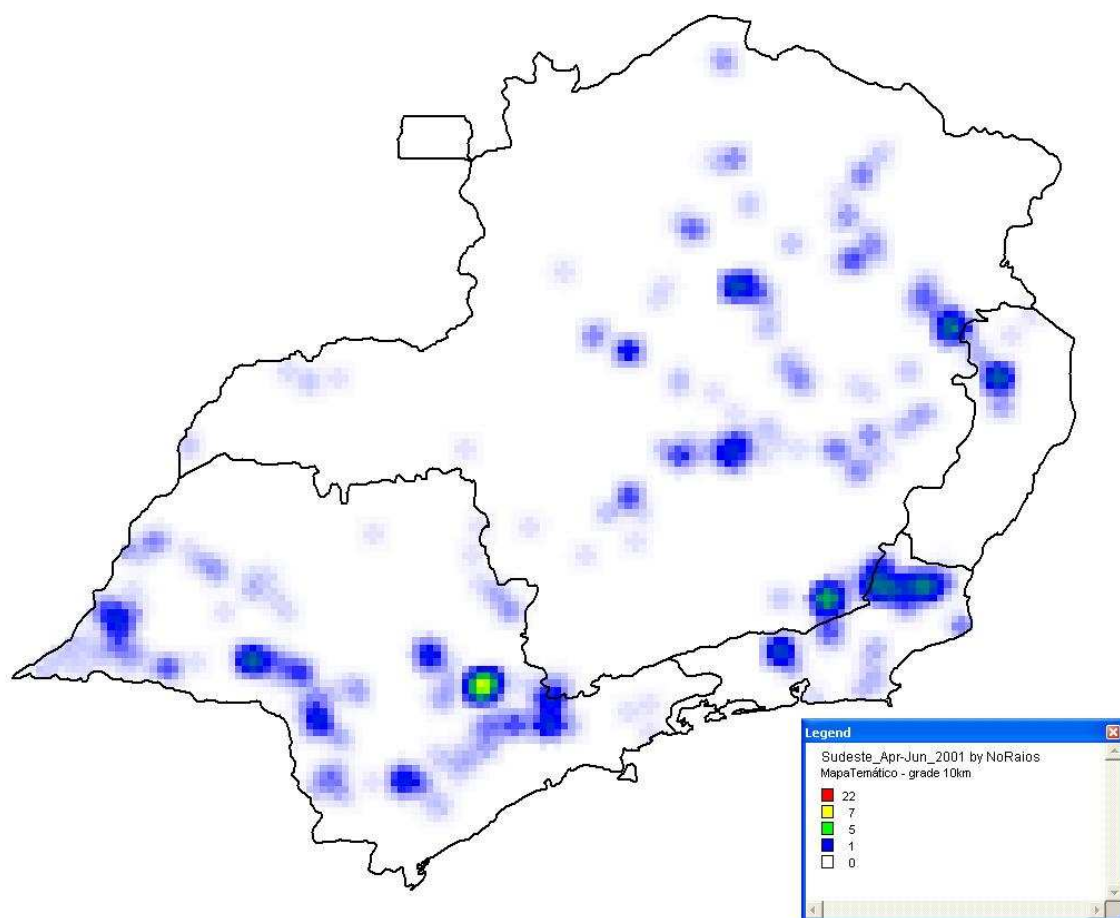
**Figura 60 – Gráfico da intensidade média da radiação em 2000**



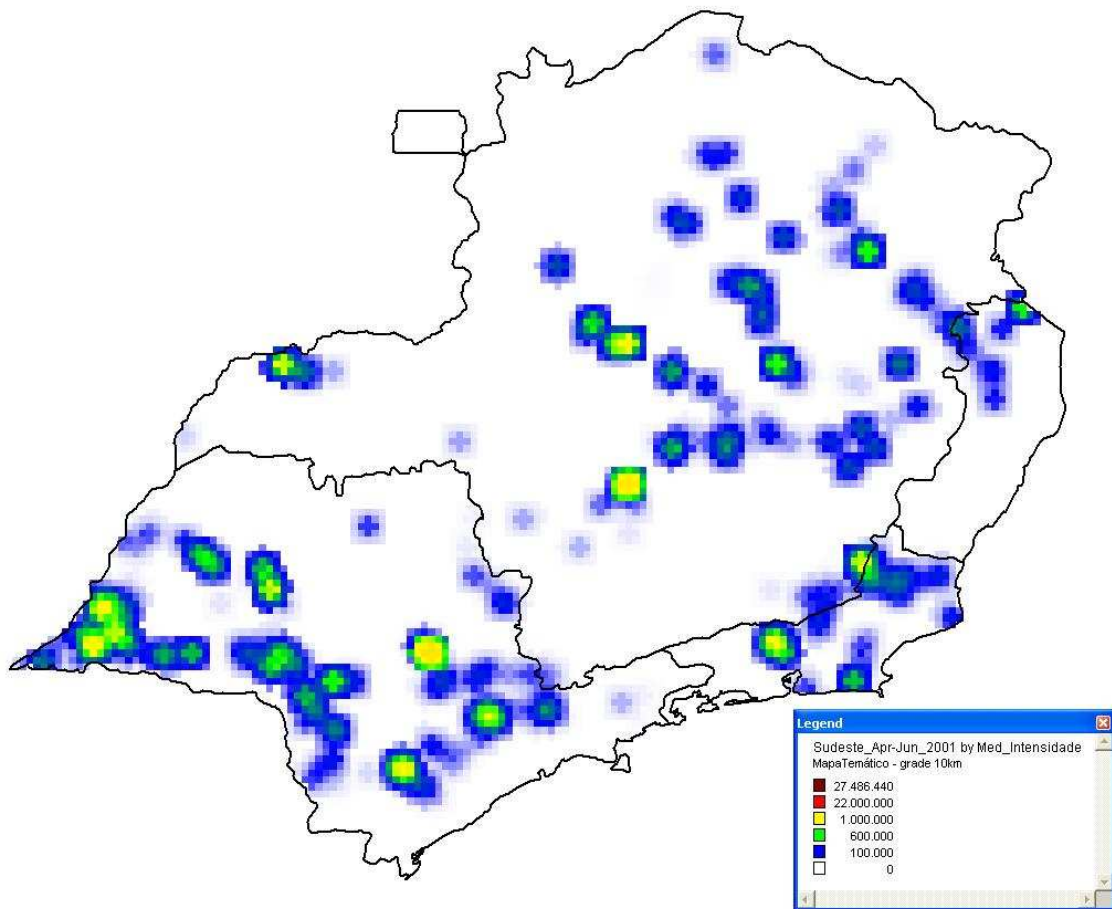
**Figura 61 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2001**



**Figura 62 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2001**

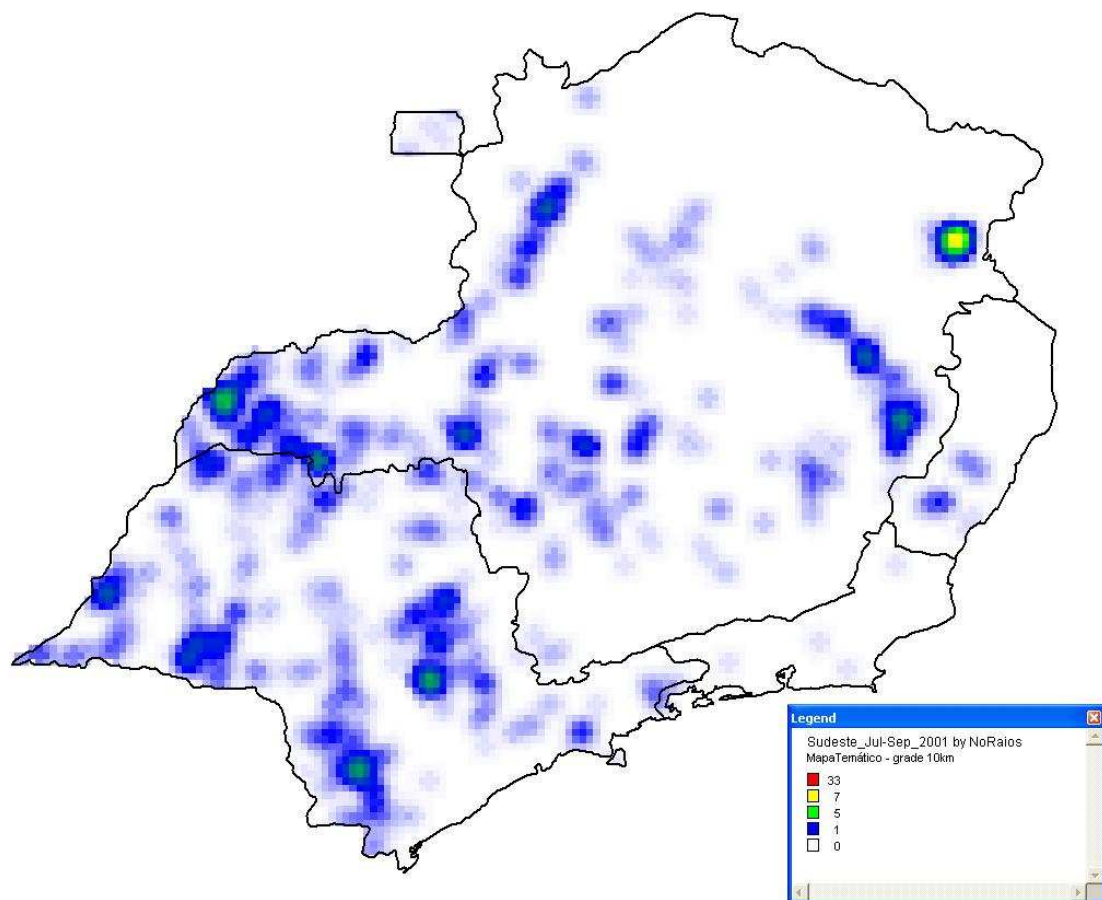


**Figura 63 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2001**

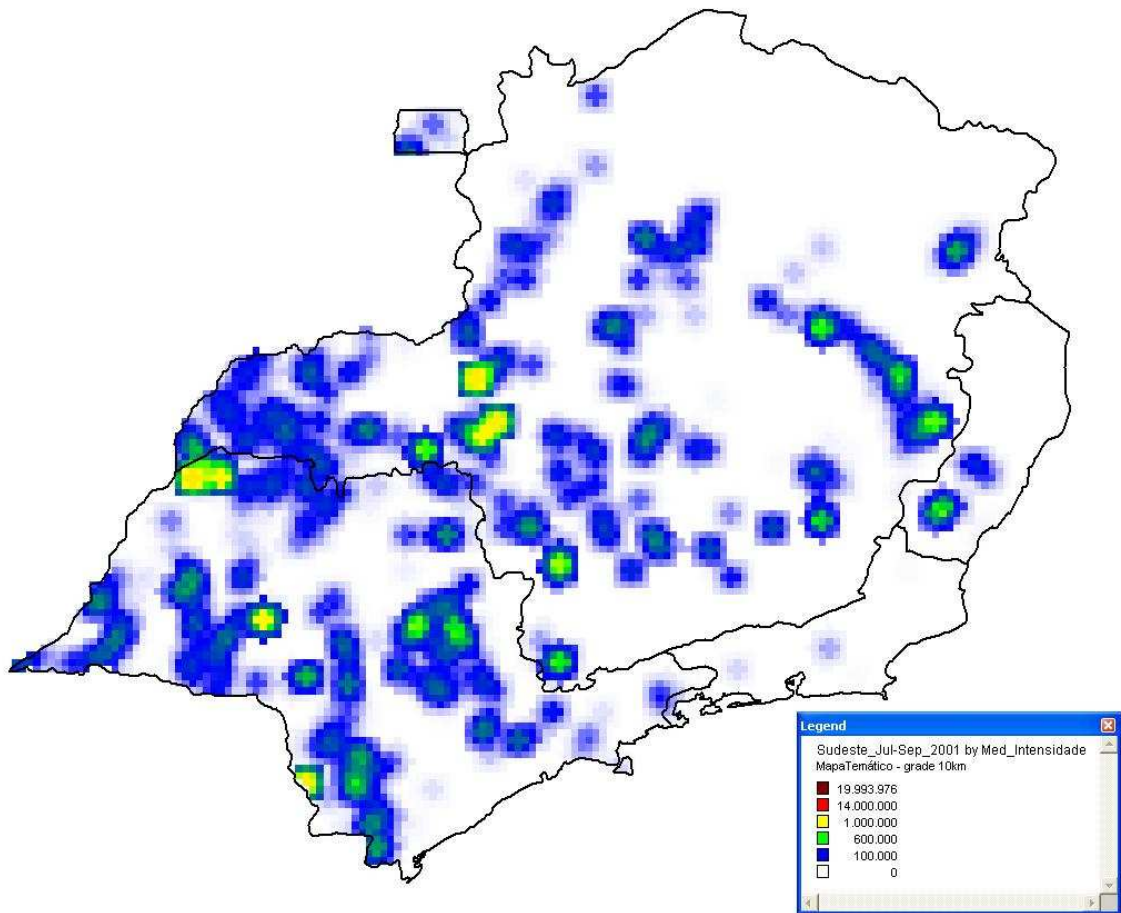


**Figura 64 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2001**

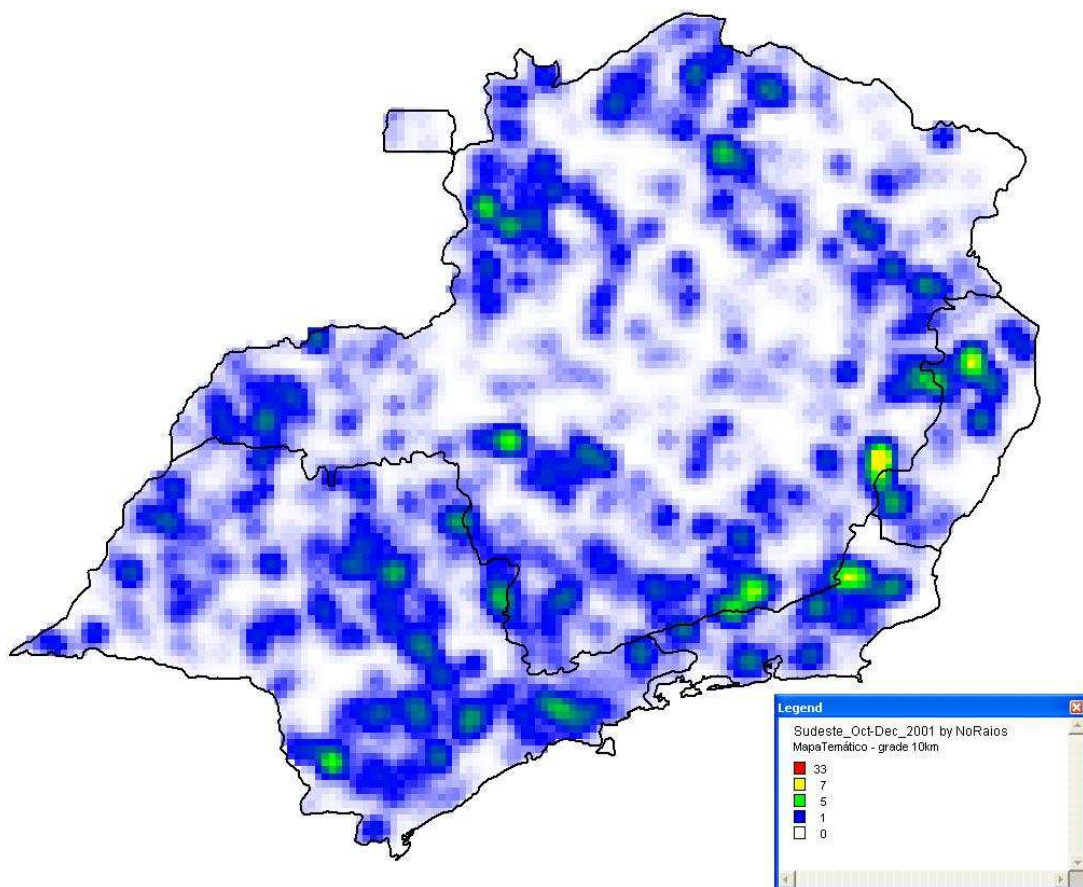




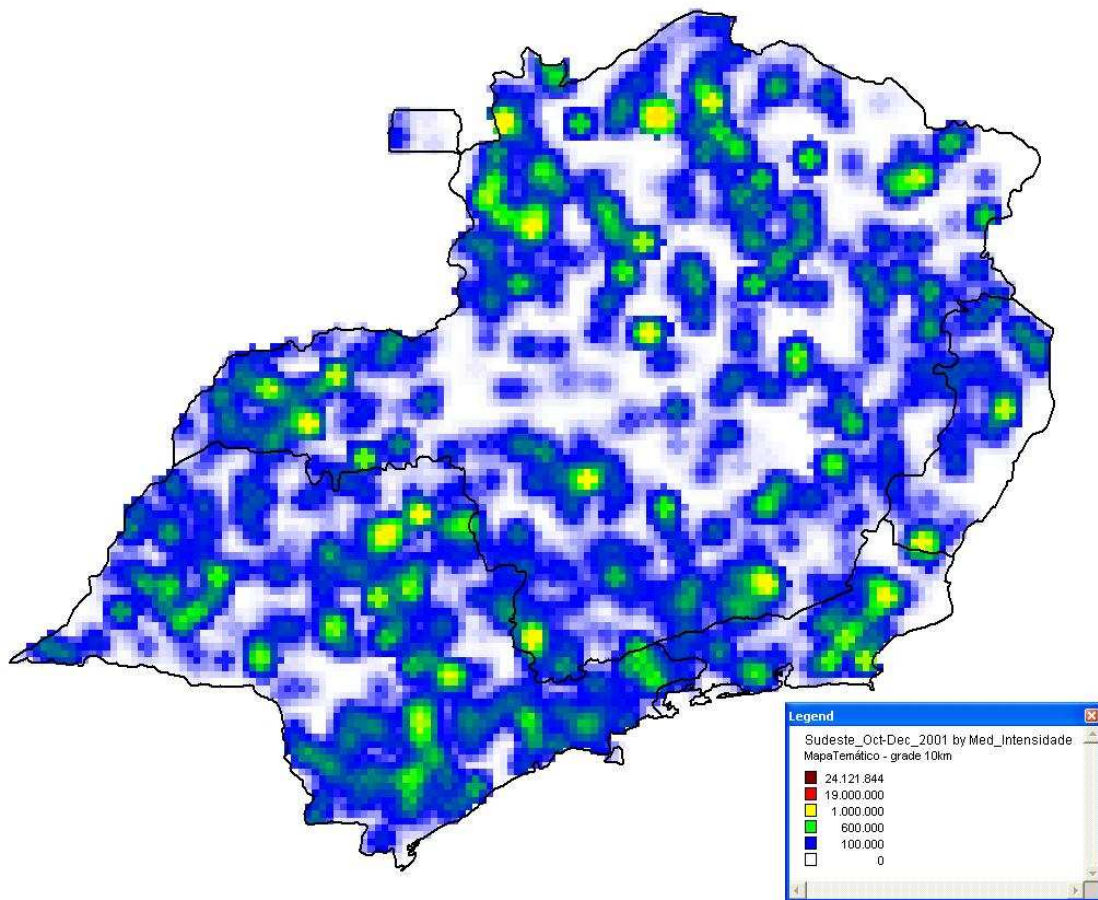
**Figura 65 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2001**



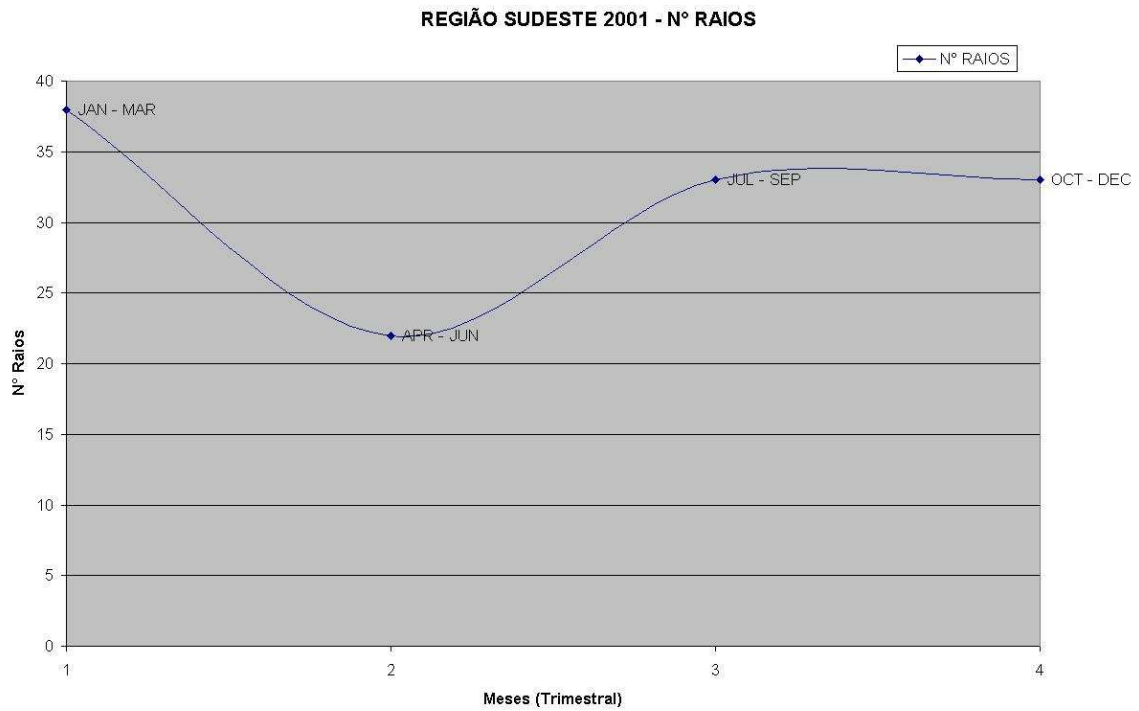
**Figura 66 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2001**



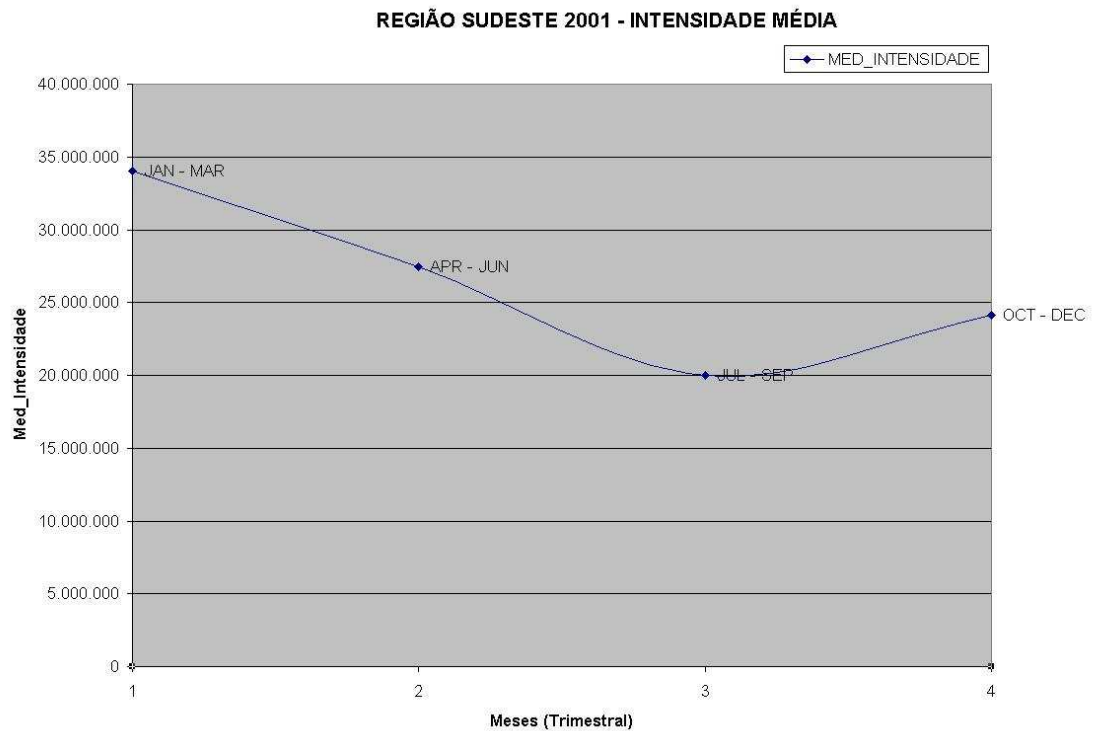
**Figura 67 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2001**



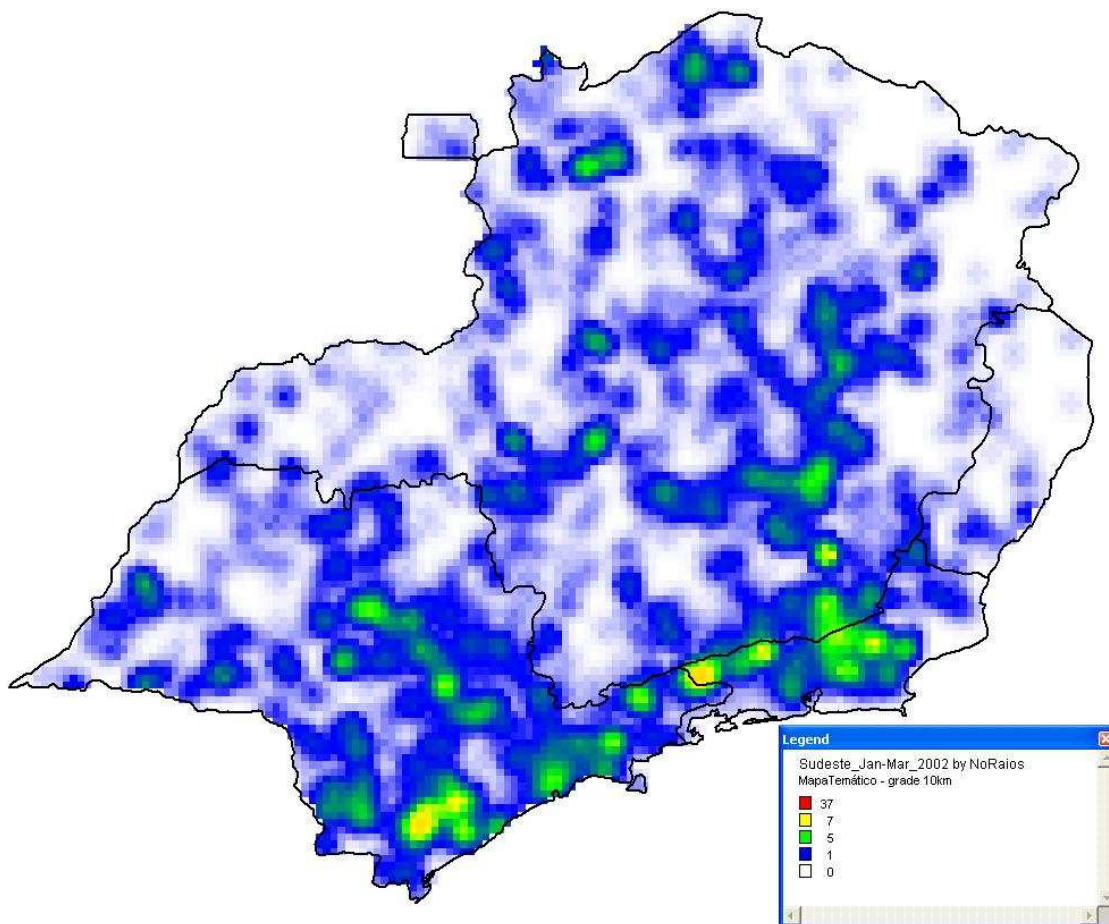
**Figura 68 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2001**



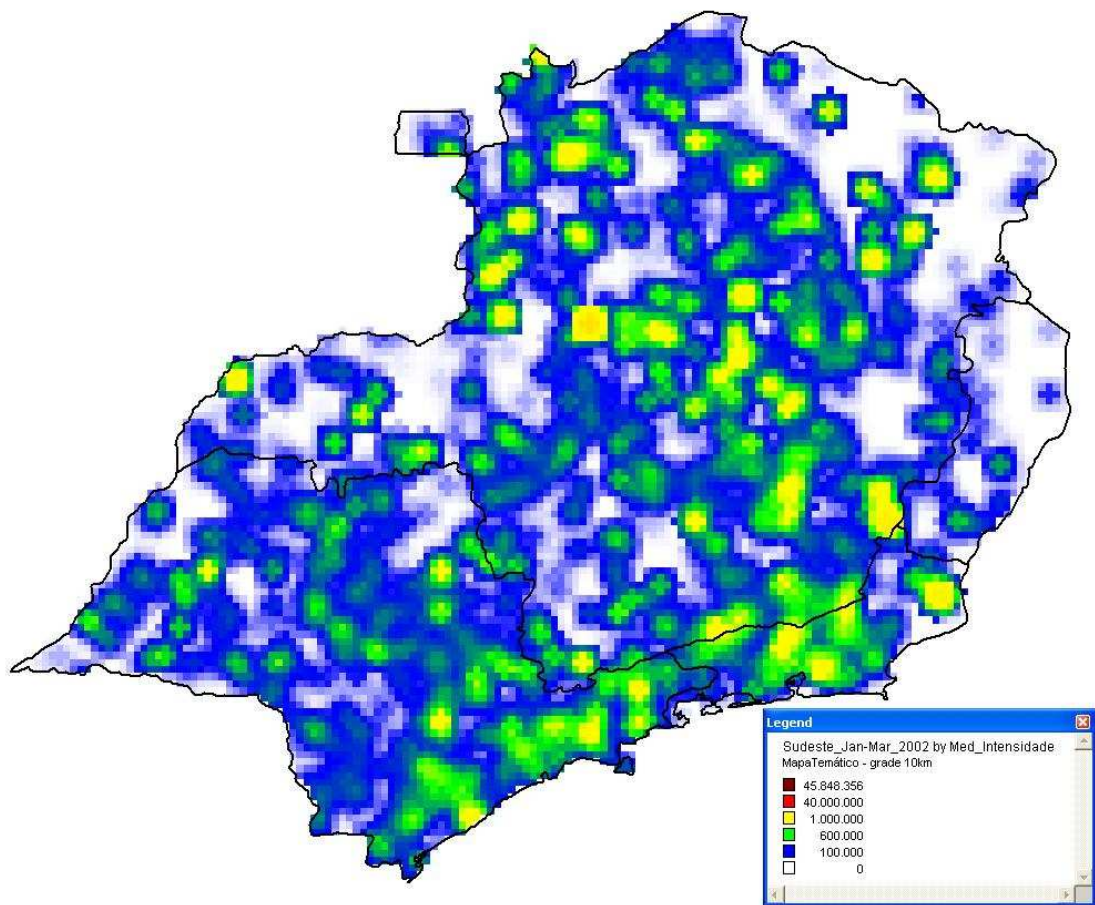
**Figura 69 – Gráfico do número de raios de 2001**



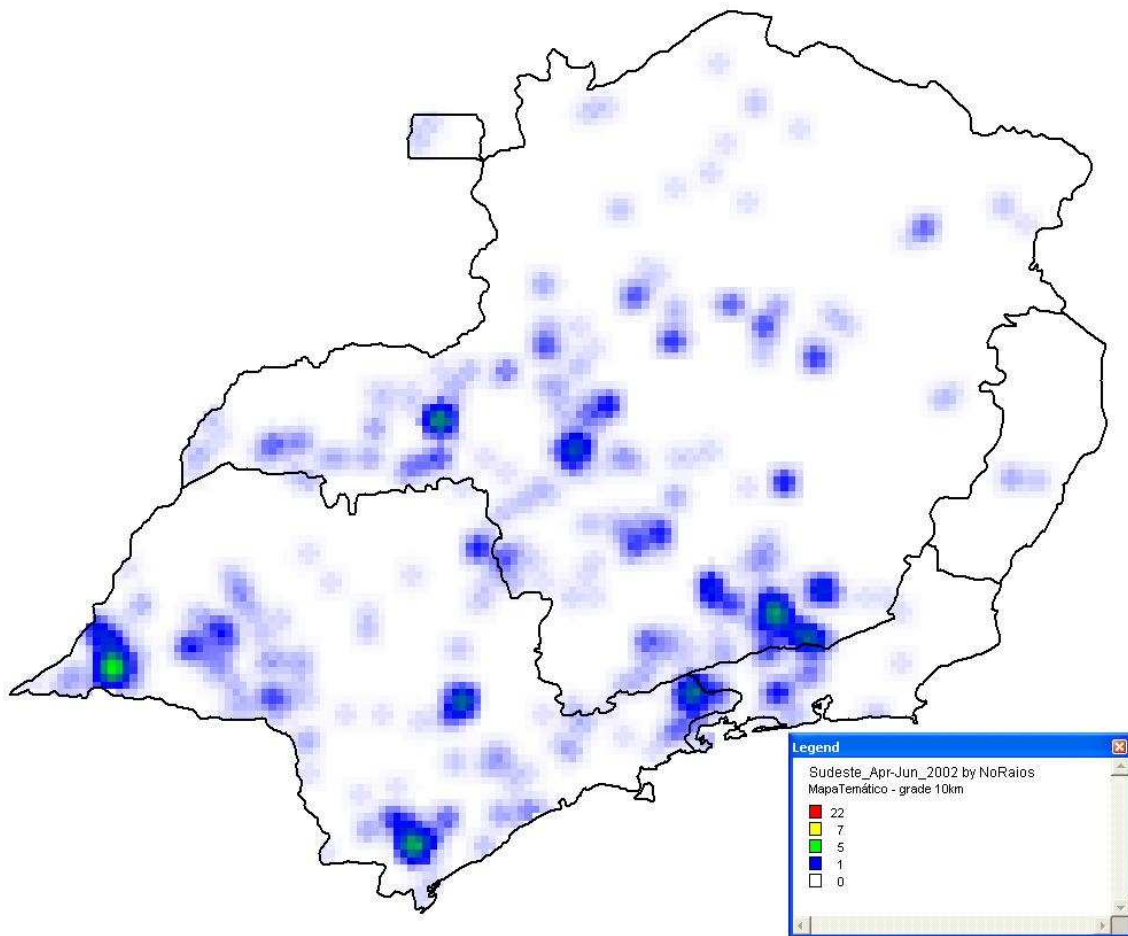
**Figura 70 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2001**



**Figura 71 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2002**

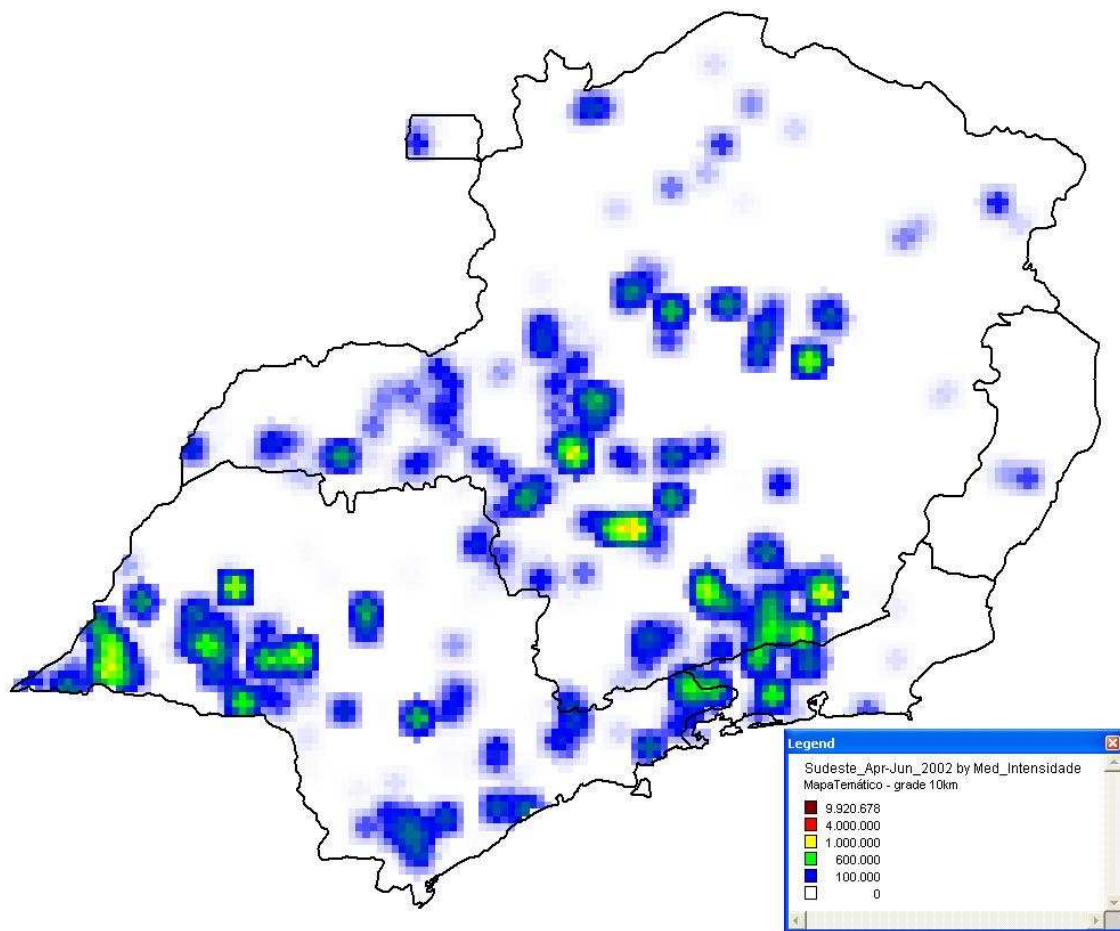


**Figura 72 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2002**

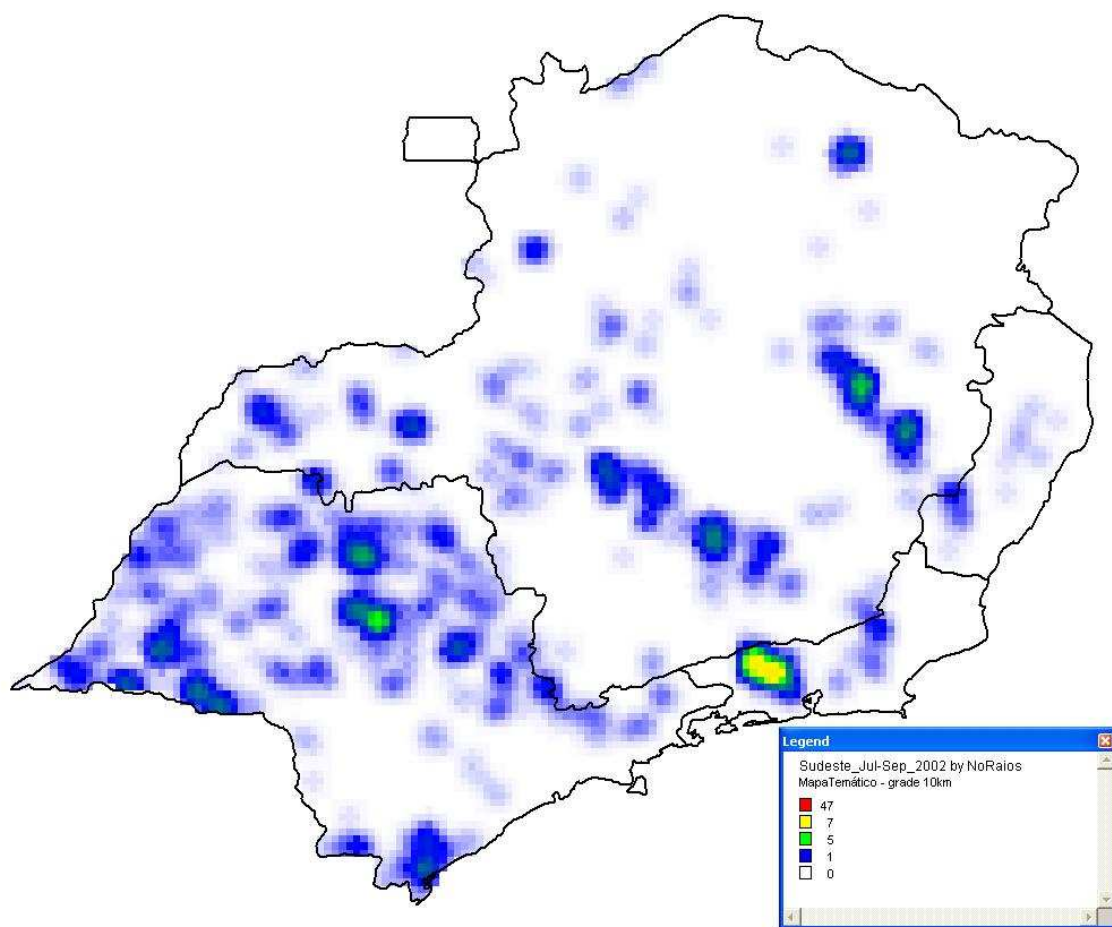


**Figura 73 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2002**

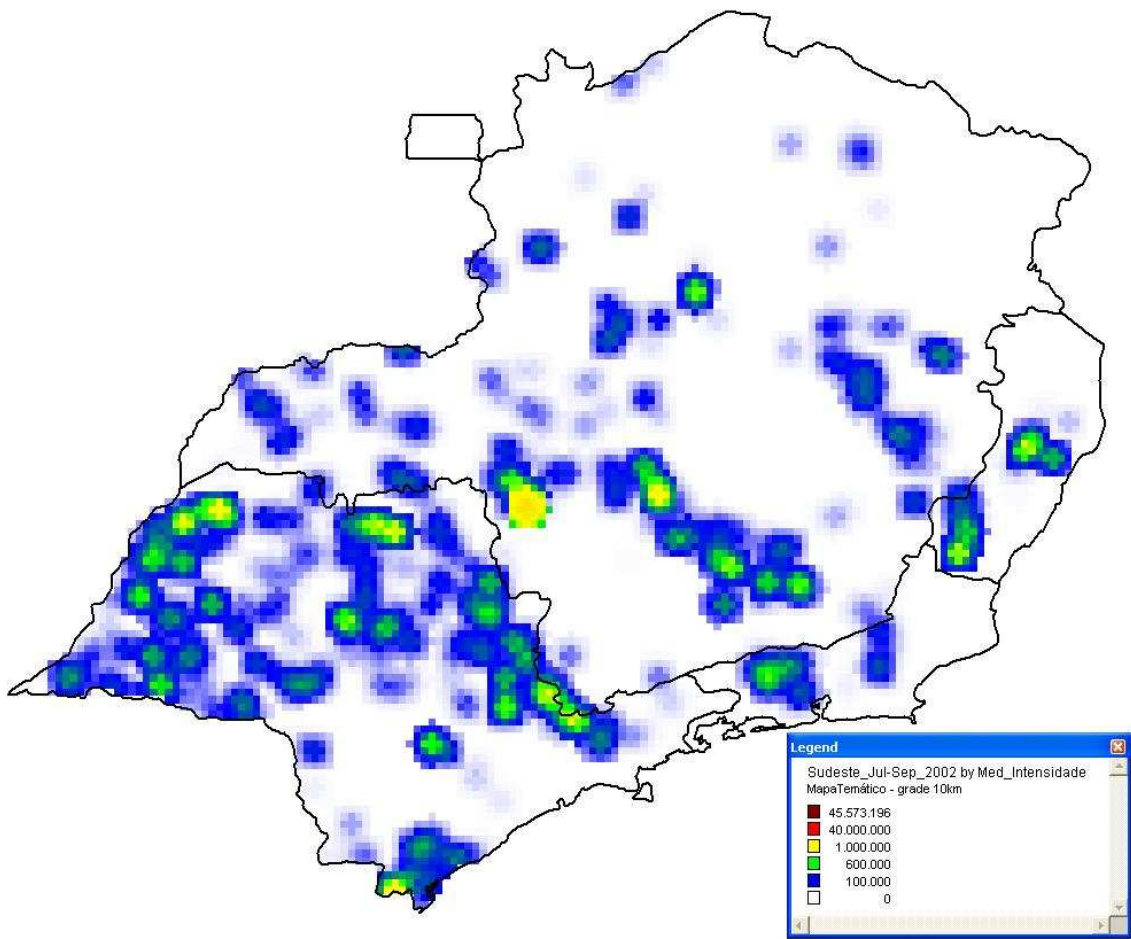




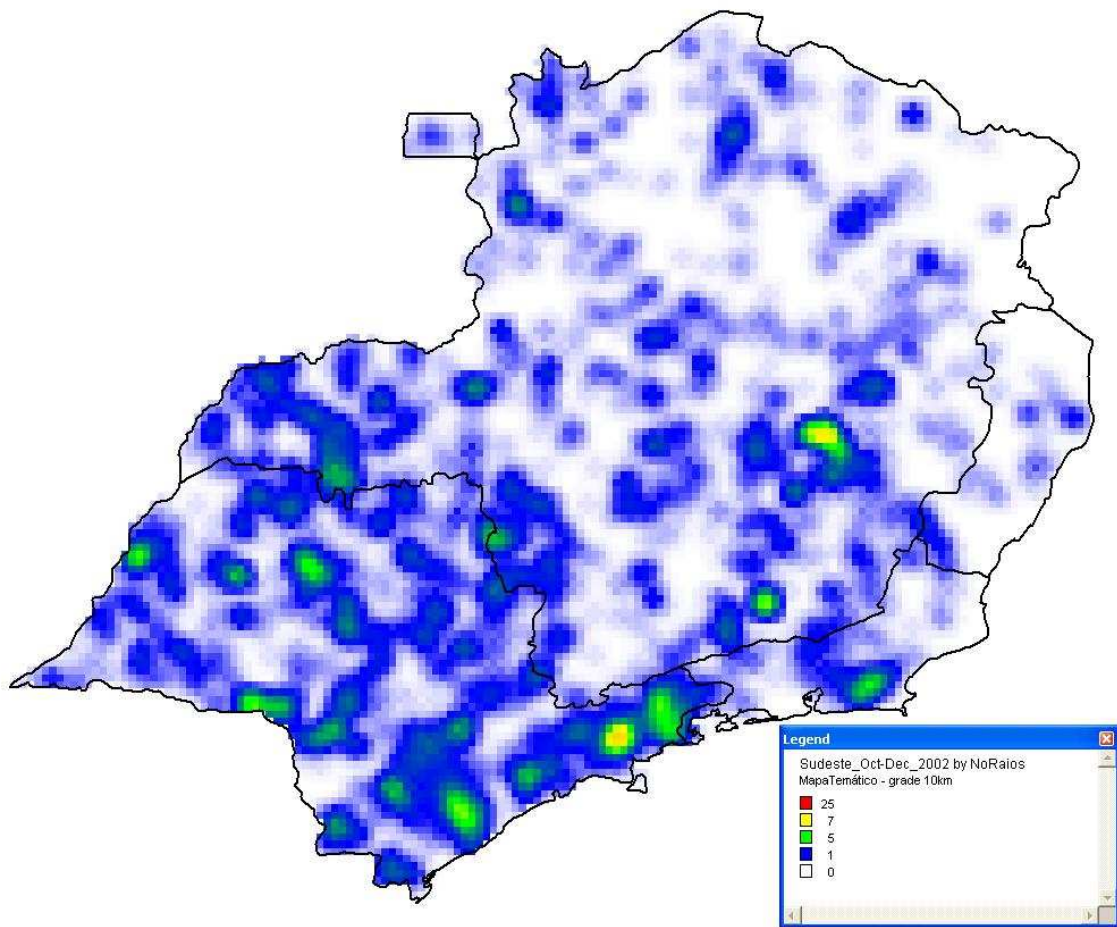
**Figura 74 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2002**



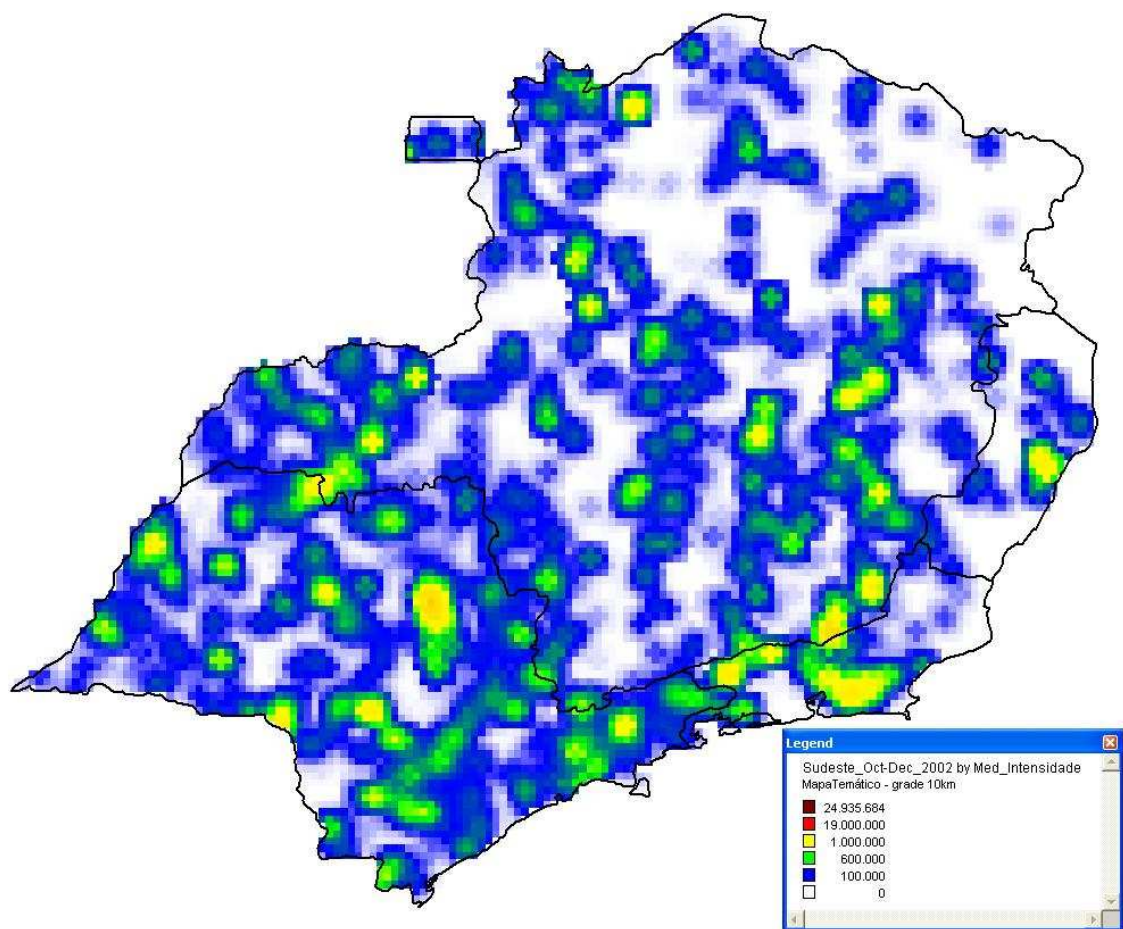
**Figura 75 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2002**



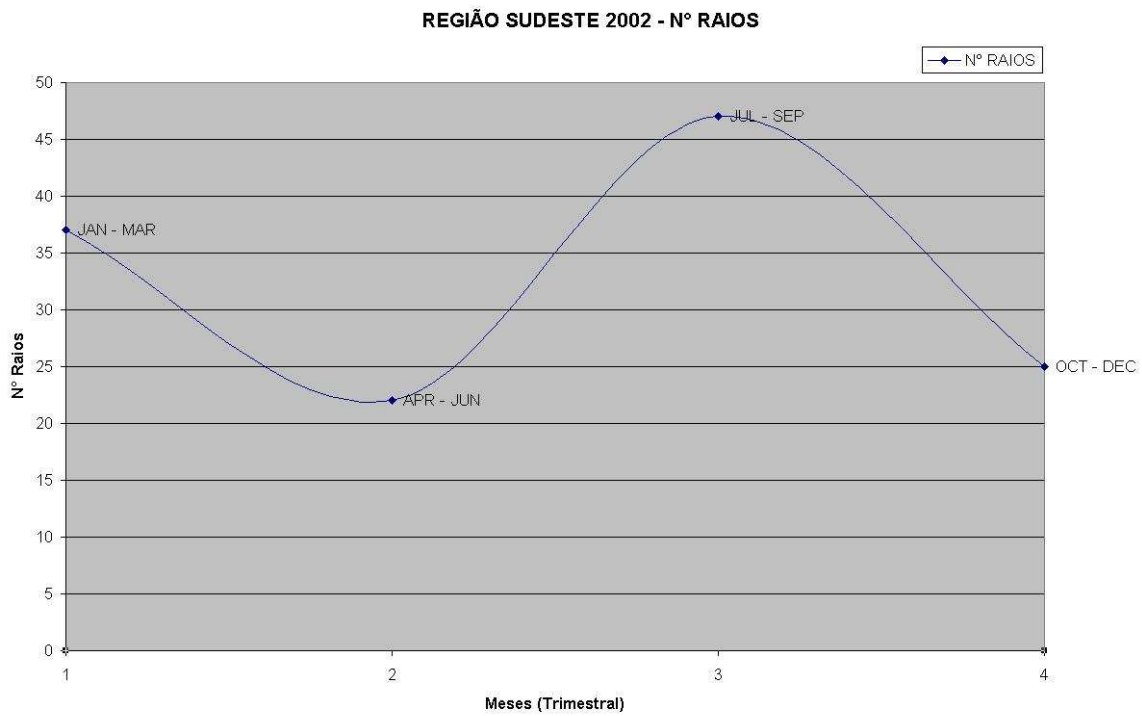
**Figura 76 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2002**



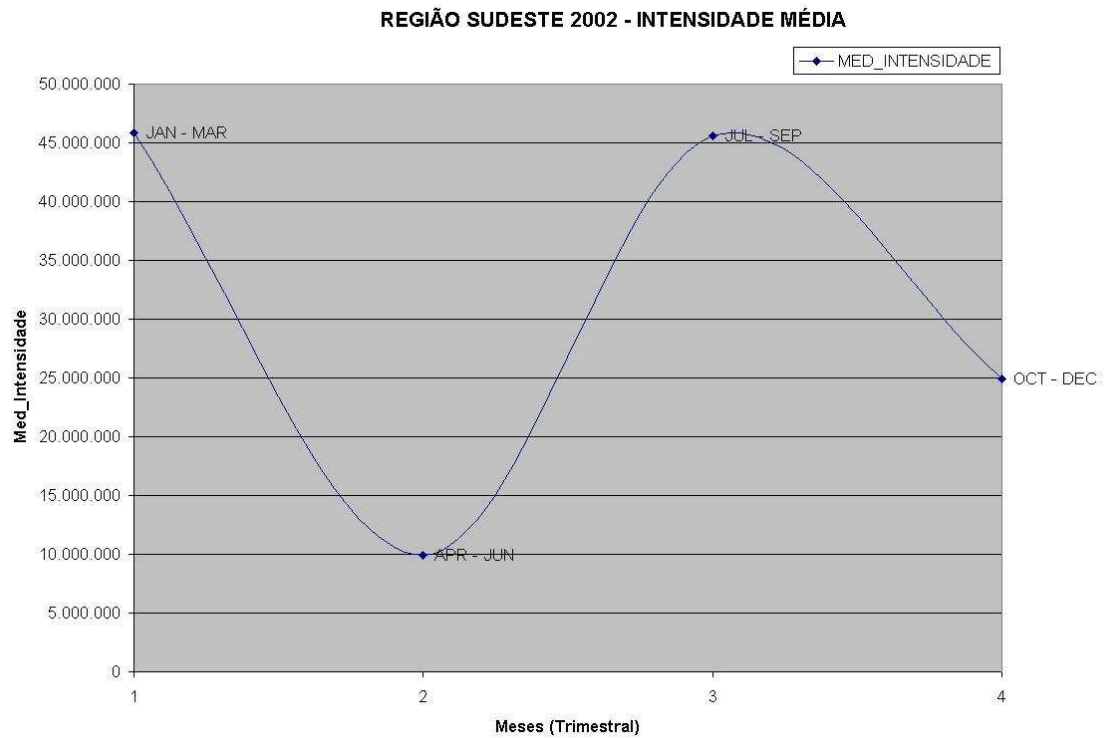
**Figura 77 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2002**



**Figura 78 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2002**



**Figura 79 – Gráfico do número de raios em 2002**



**Figura 80 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2002**

### 3.3 Região Centro – Oeste

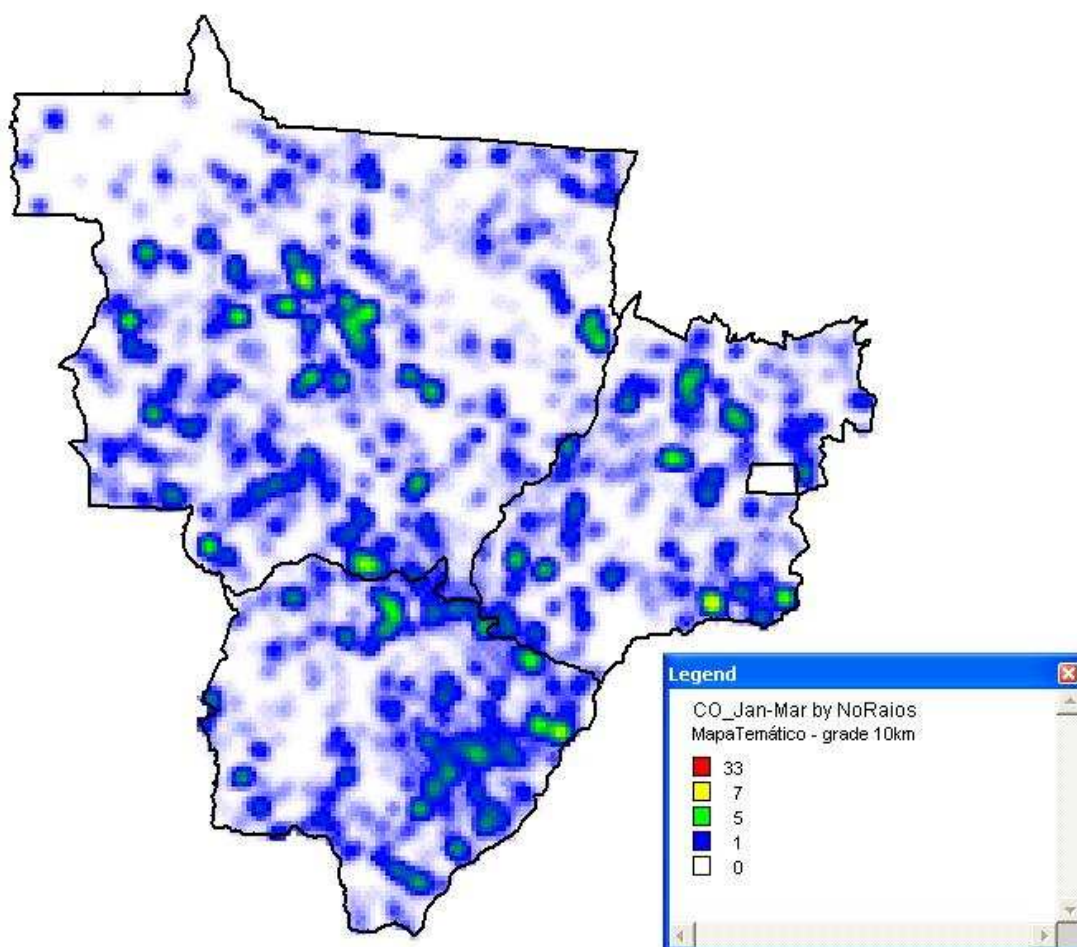
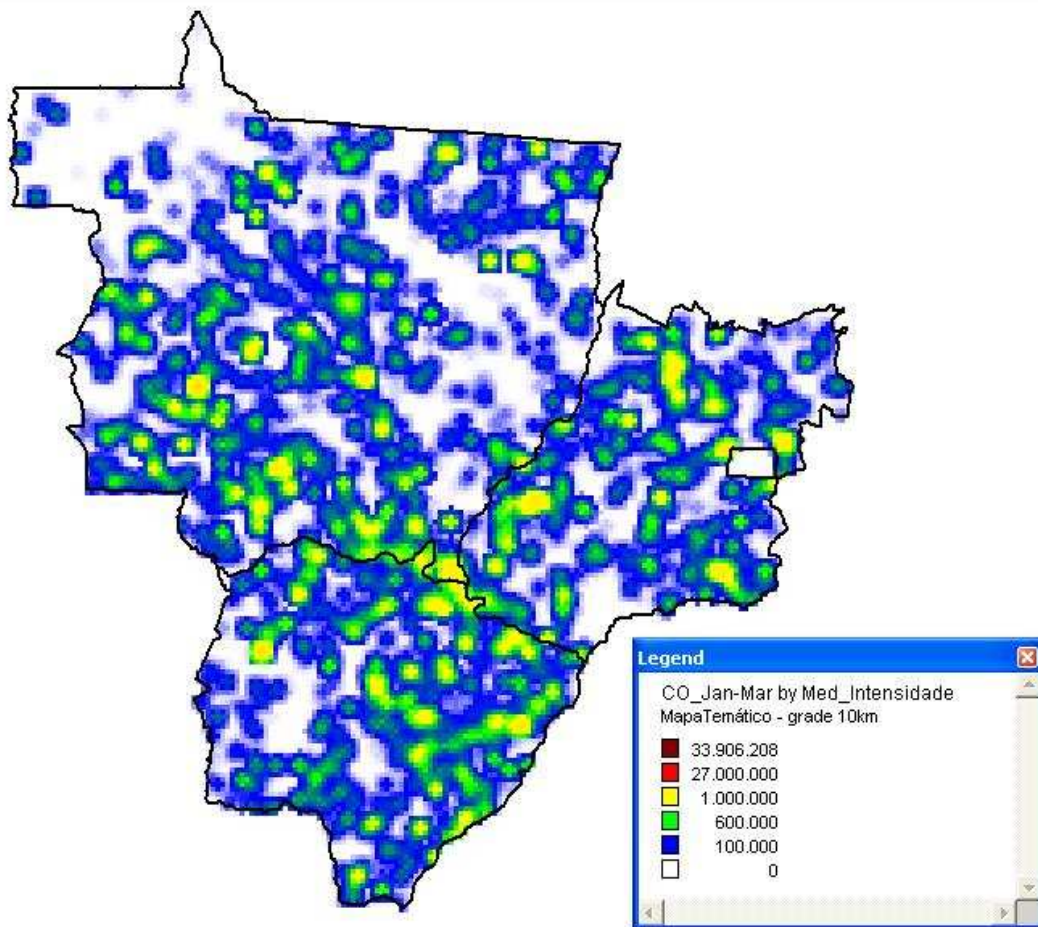
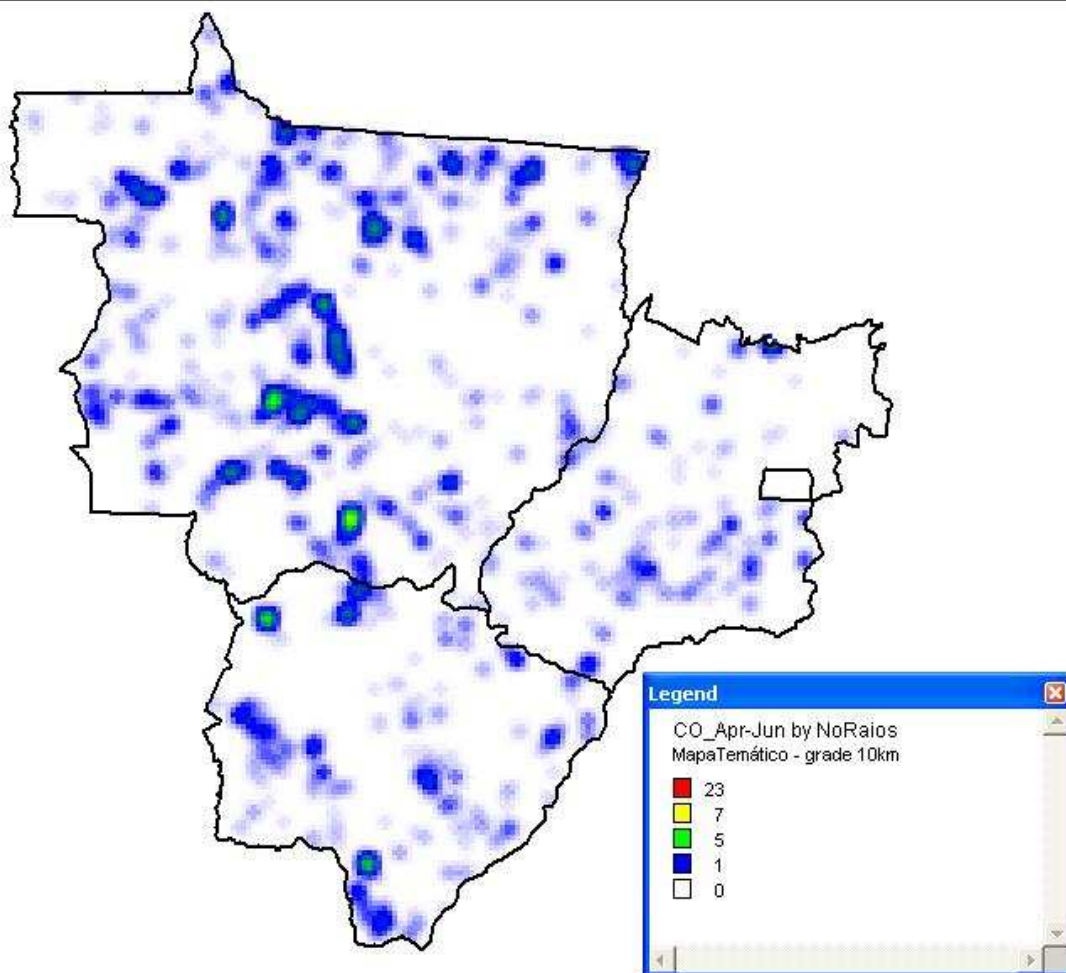


Figura 81 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 1999

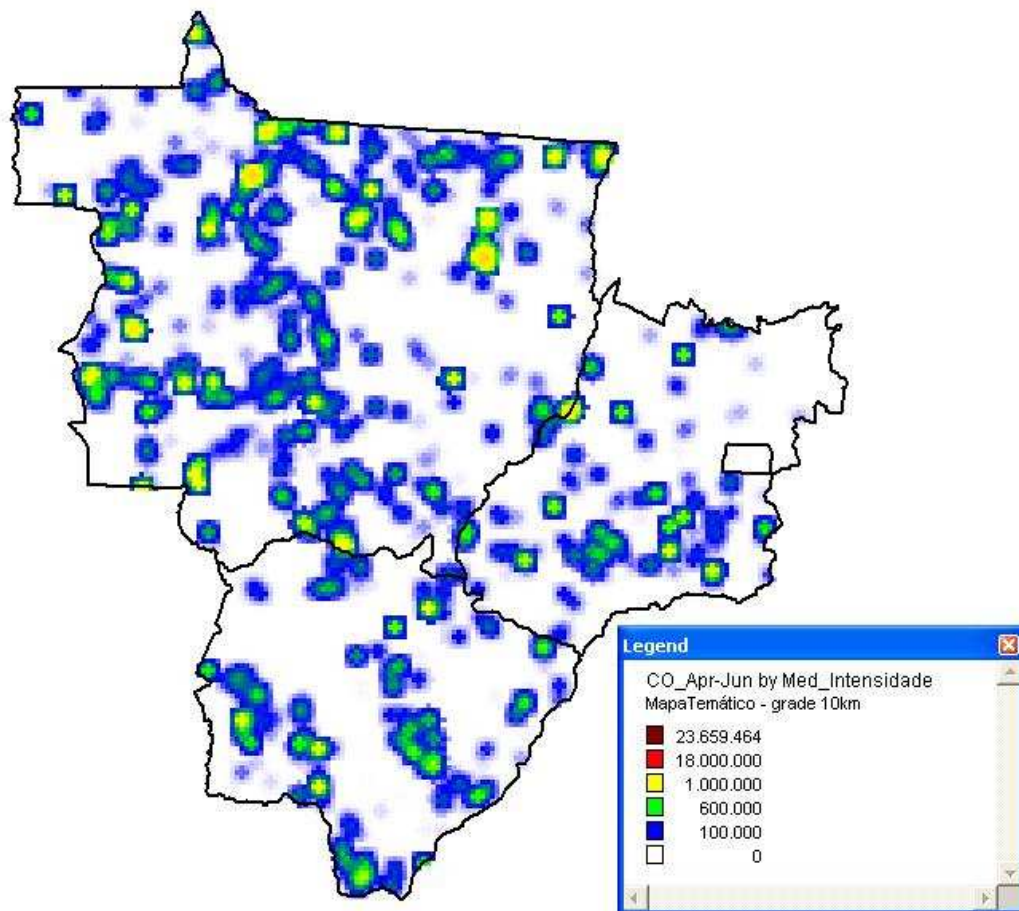


**Figura 82 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 1999**

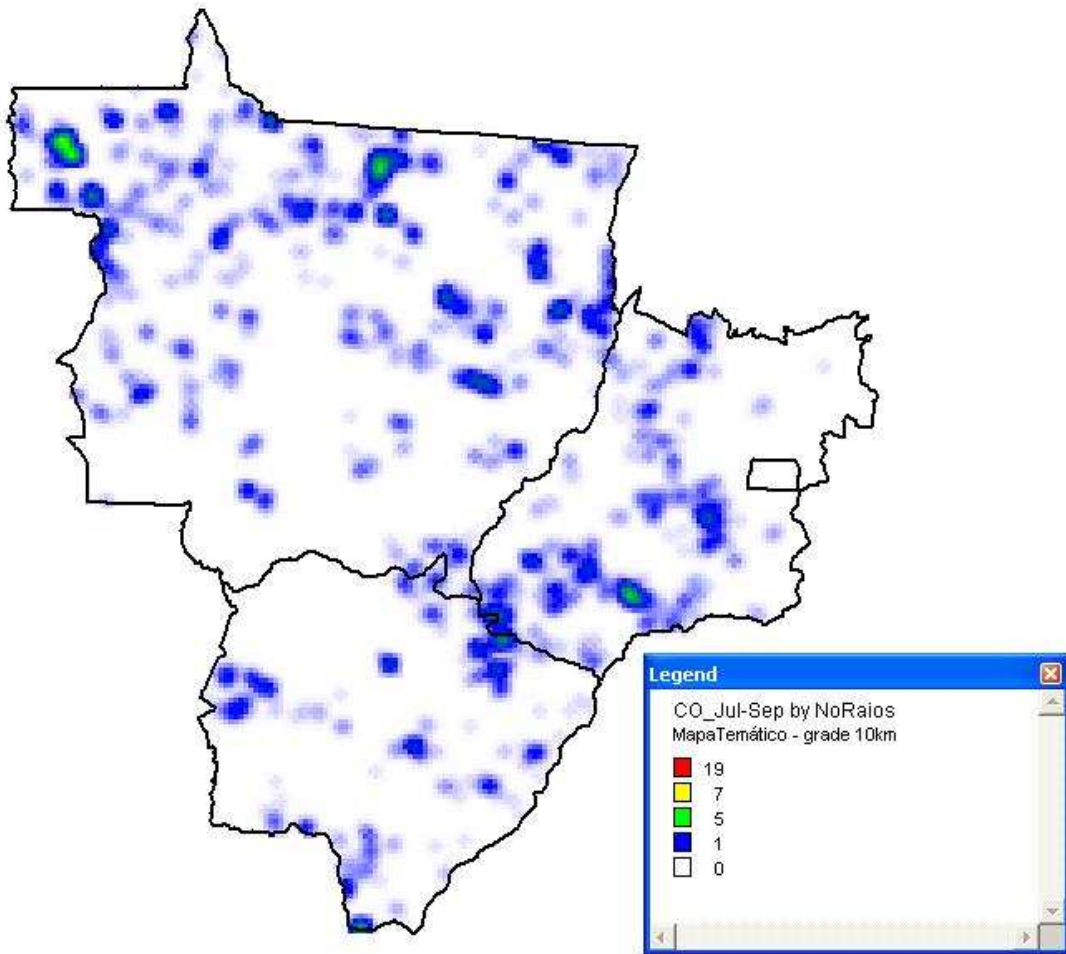




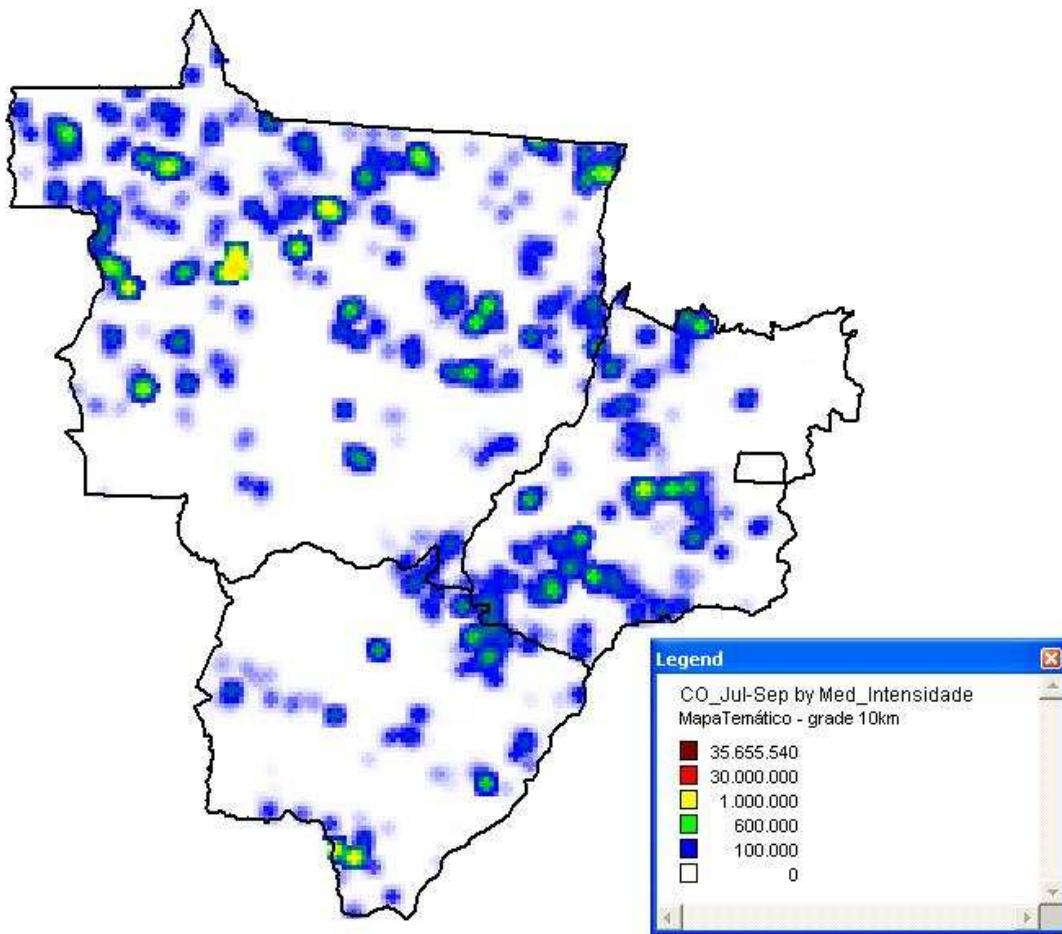
**Figura 83 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 1999**



**Figura 84 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 1999**



**Figura 85 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 1999**



**Figura 86 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 1999**

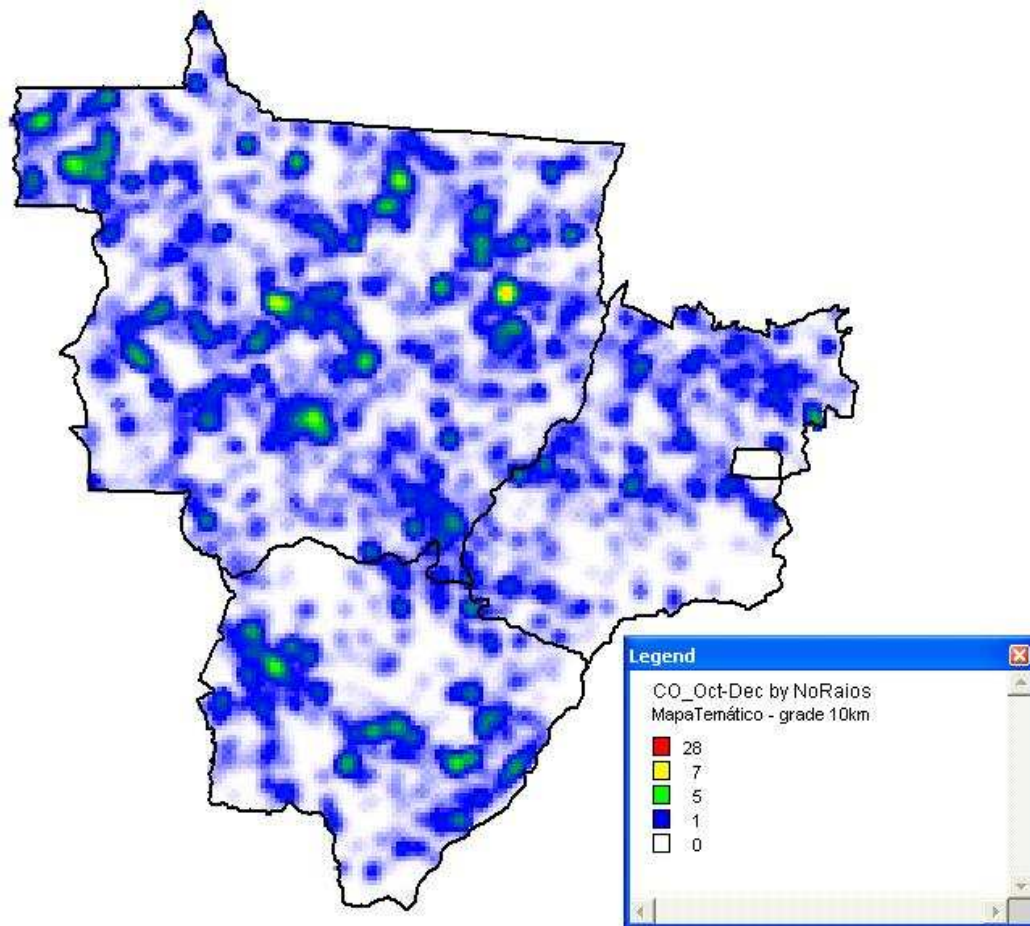
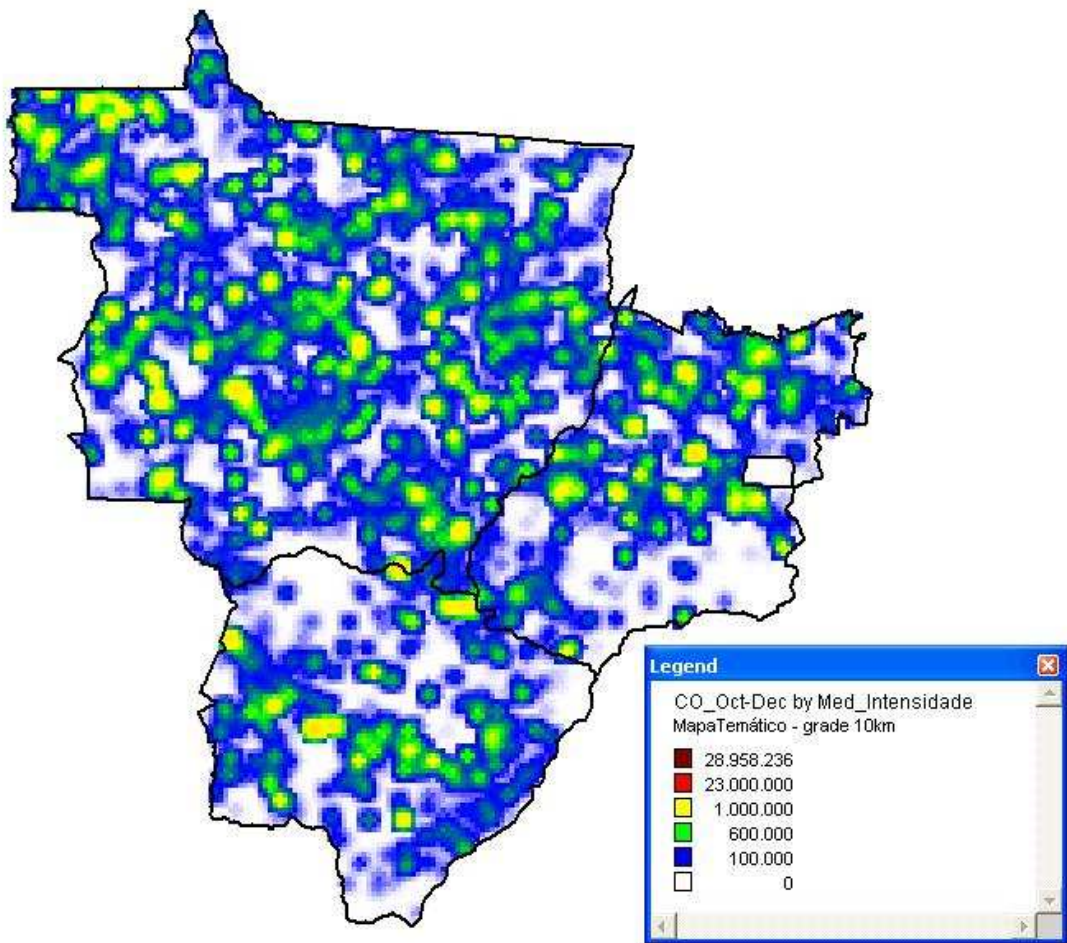
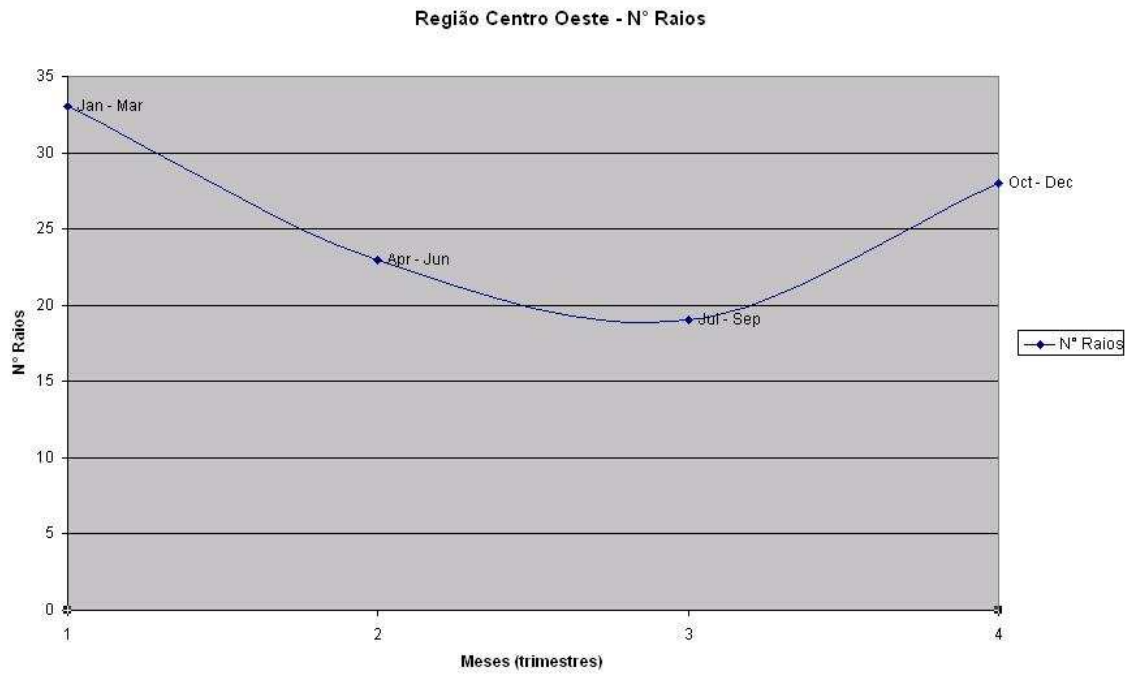


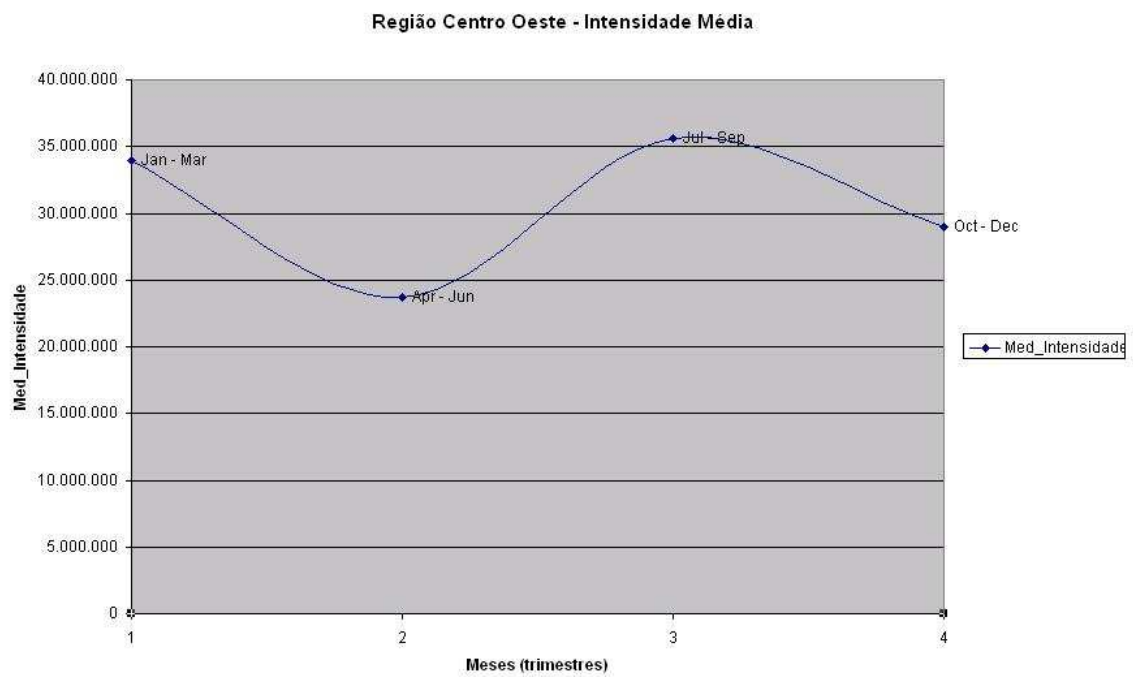
Figura 87 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 1999



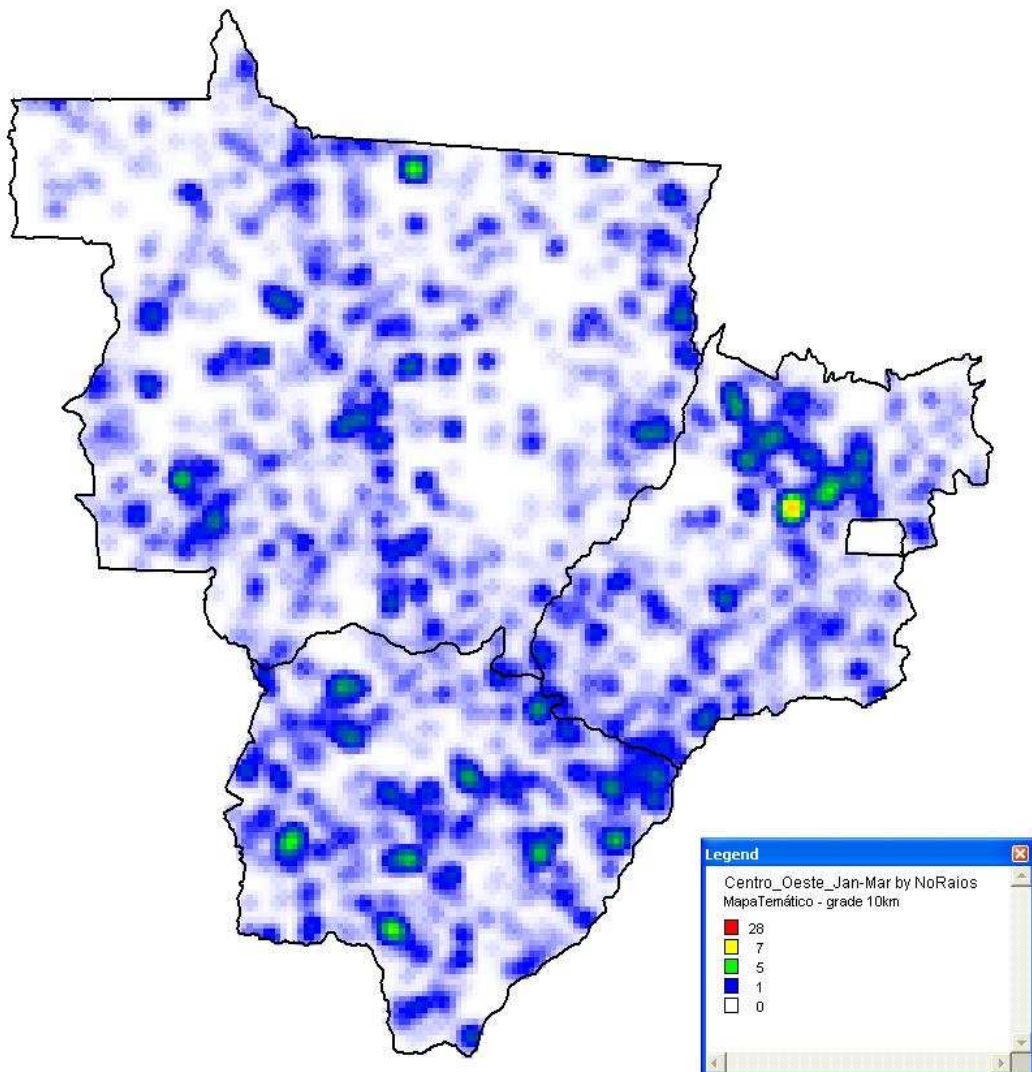
**Figura 88 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 1999**



**Figura 89 – Gráfico do número de raios em 1999**

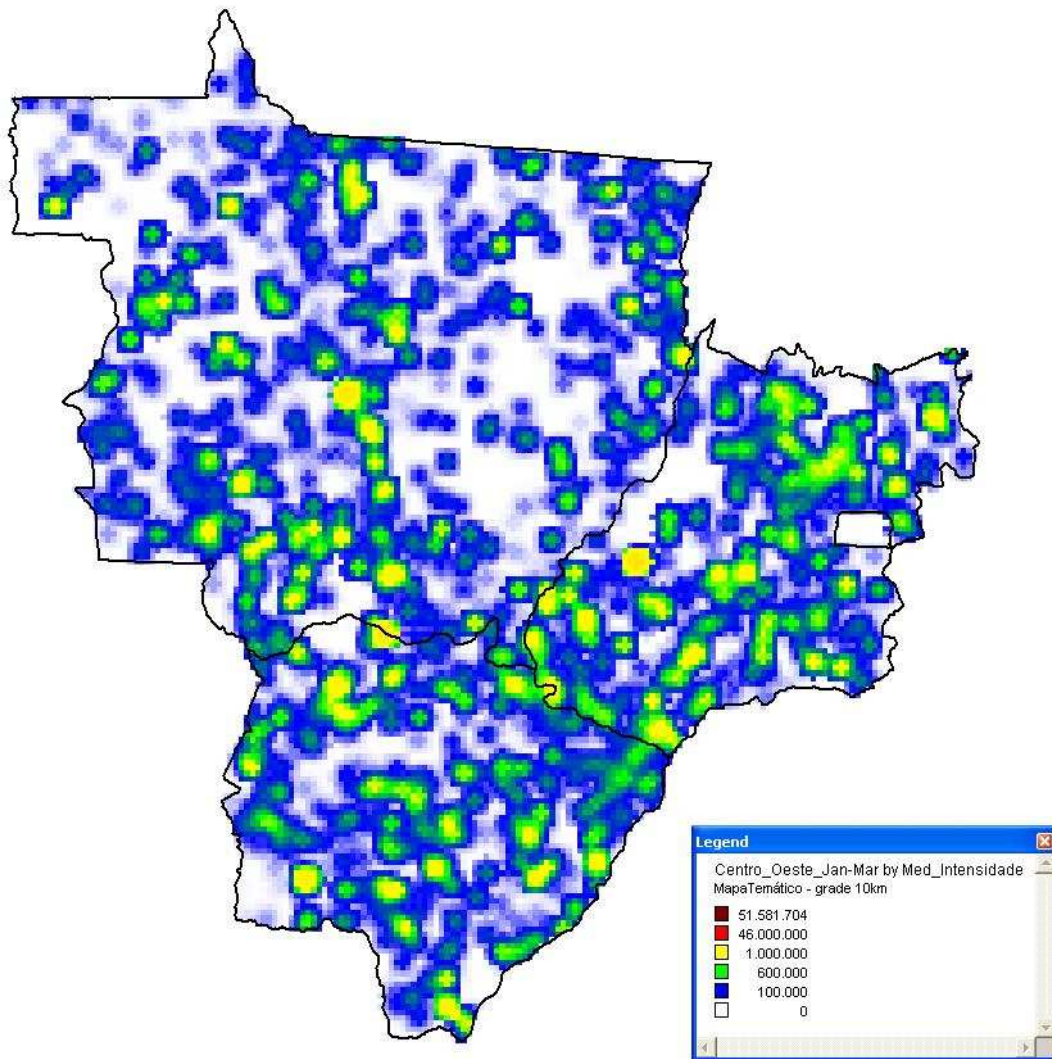


**Figura 90 – Gráfico da intensidade média de radiação em 1999**

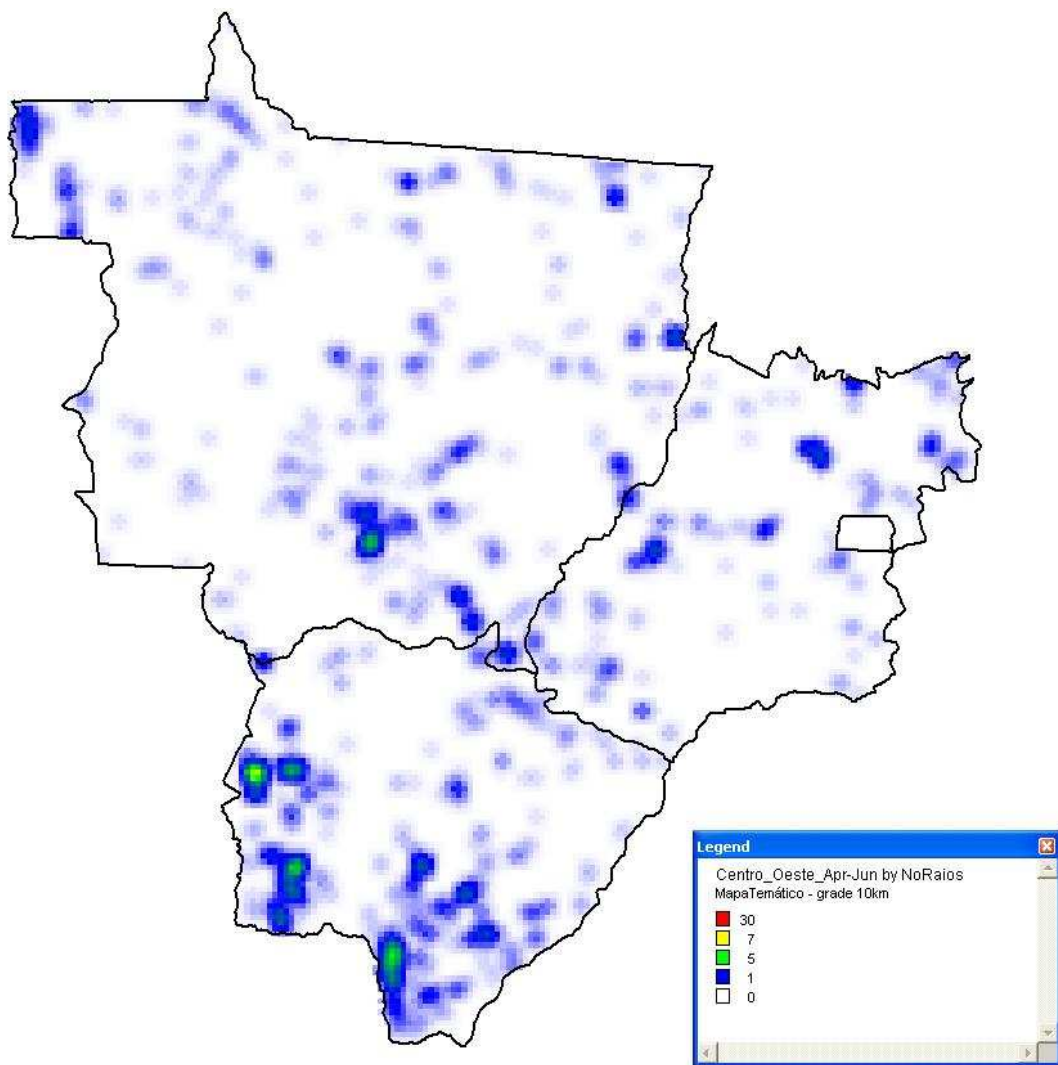


**Figura 91 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2000**

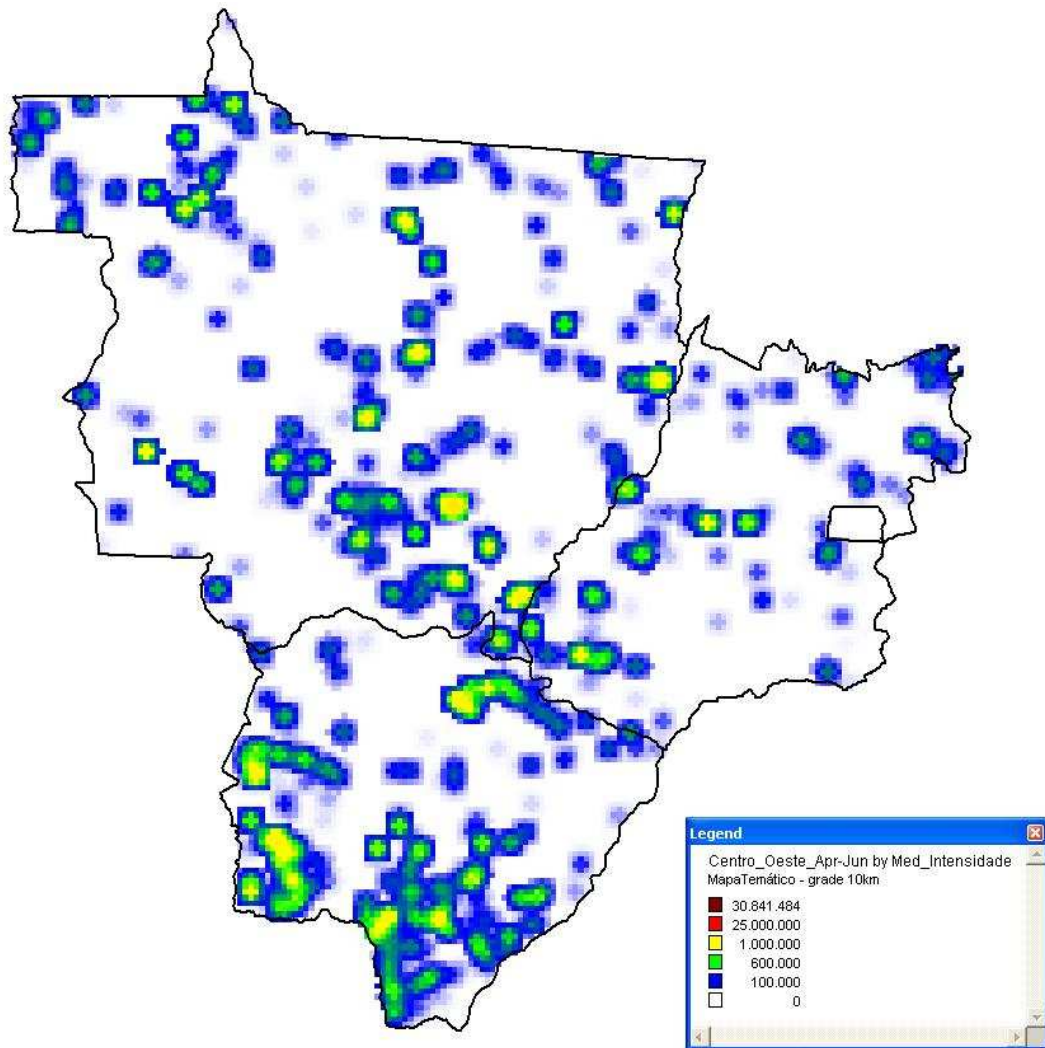




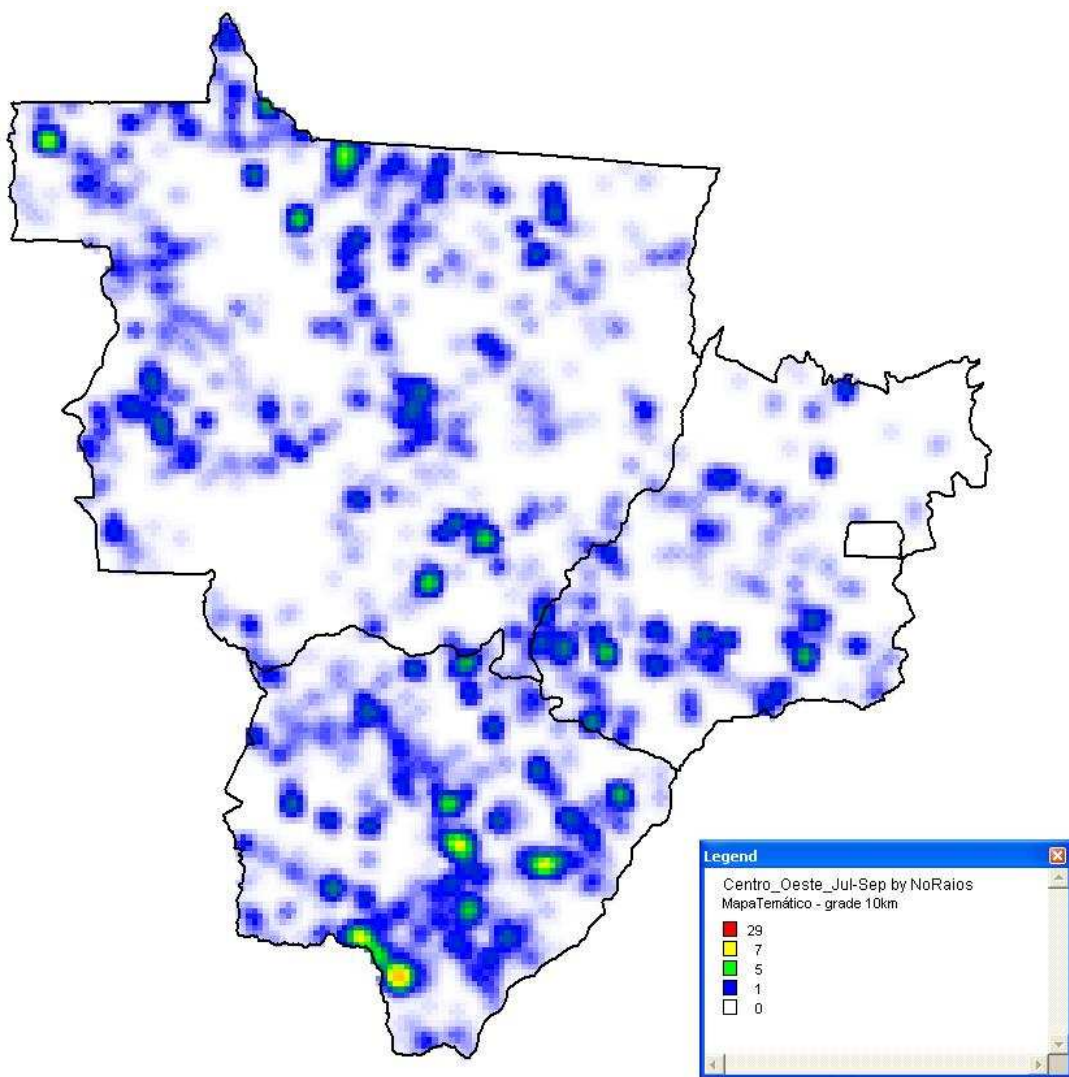
**Figura 92 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2000**



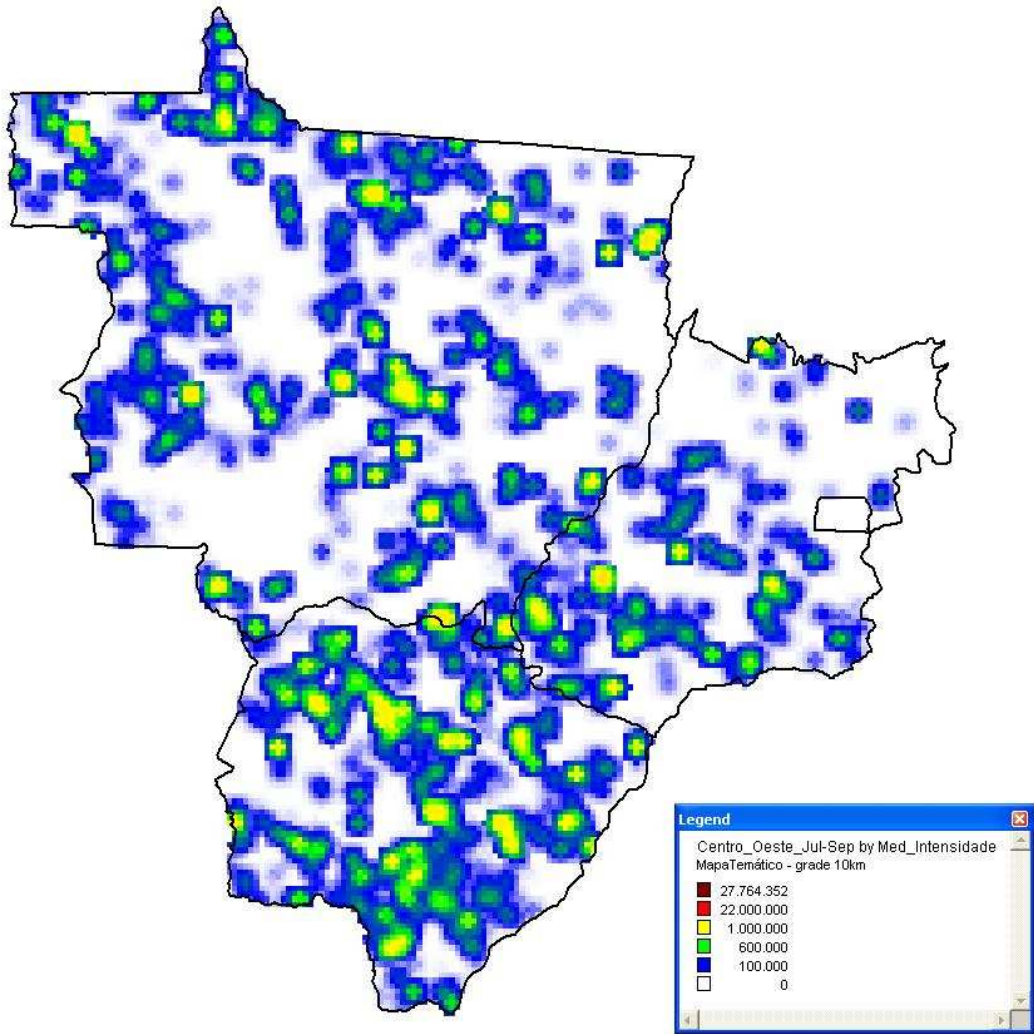
**Figura 93 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2000**



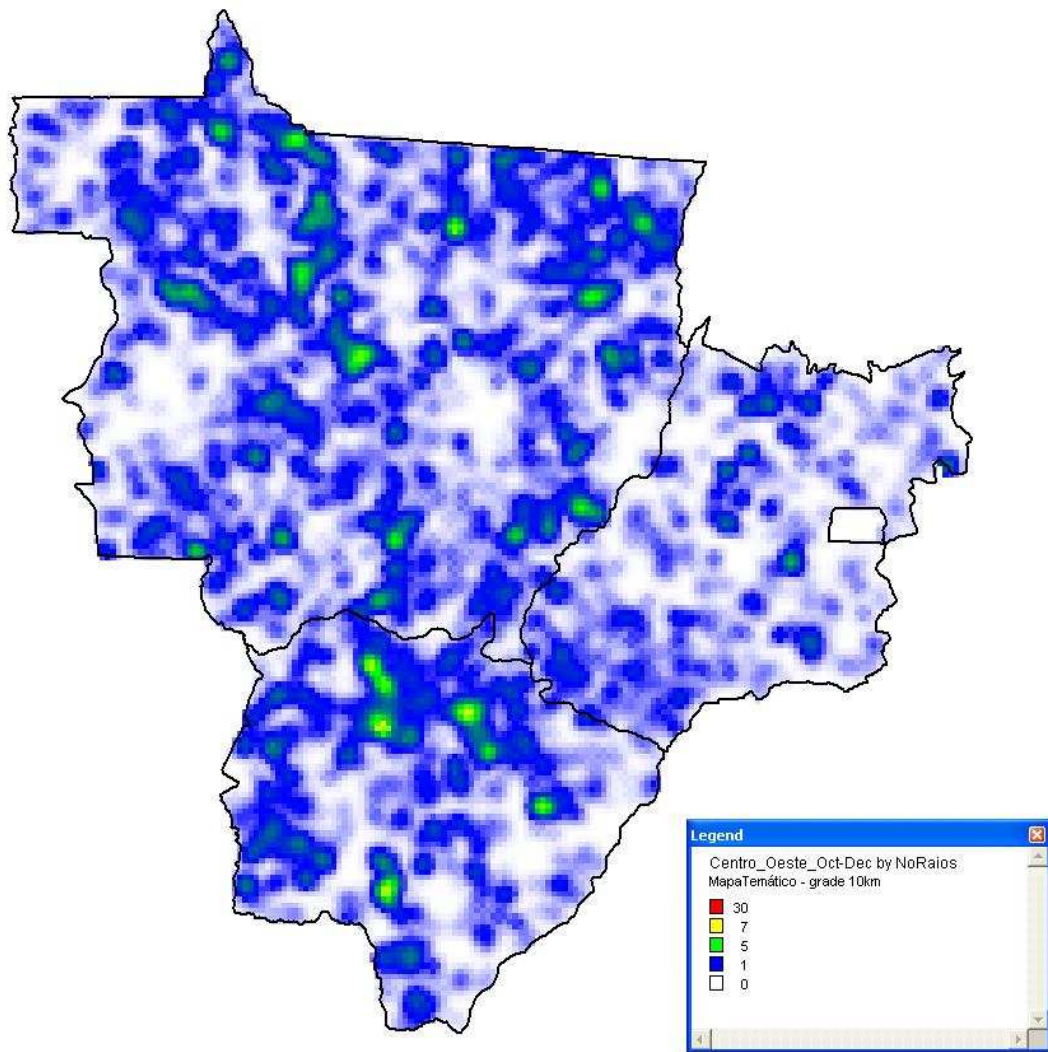
**Figura 94 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2000**



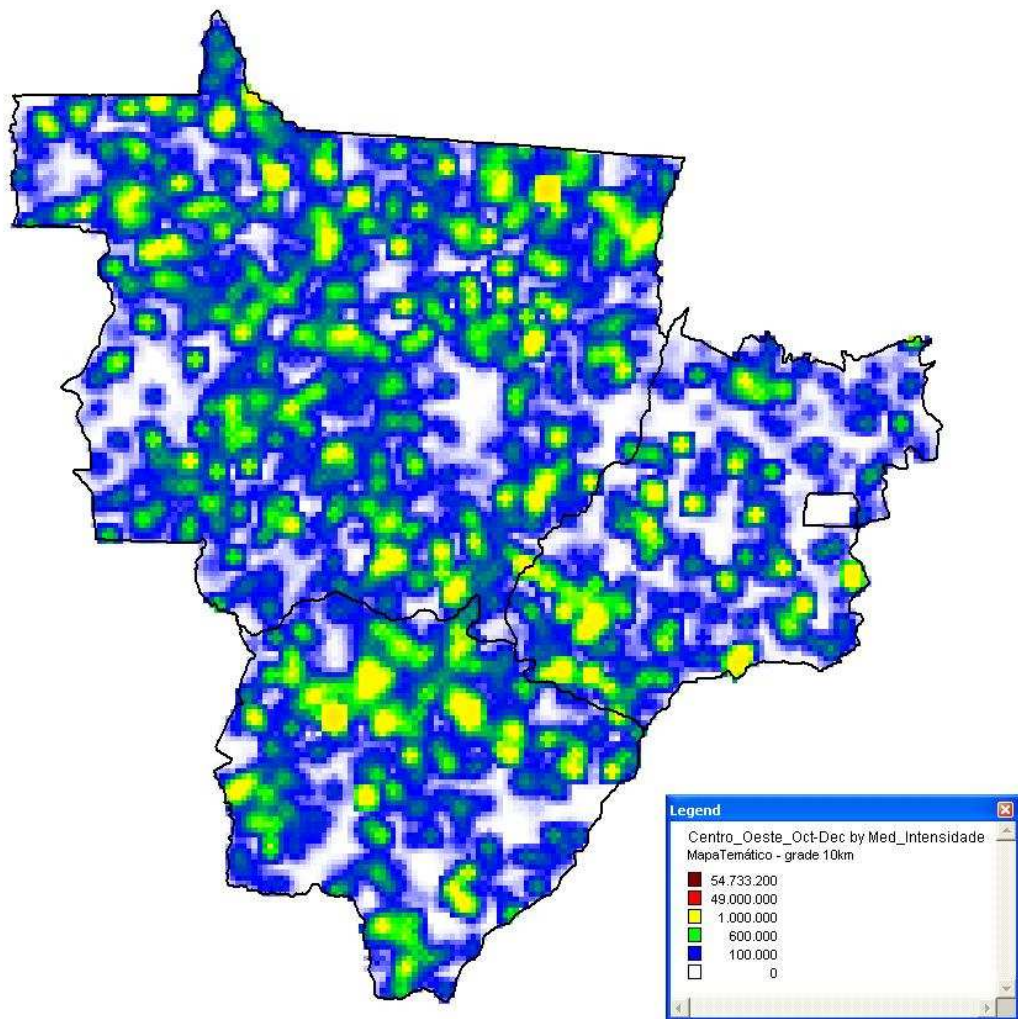
**Figura 95 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2000**



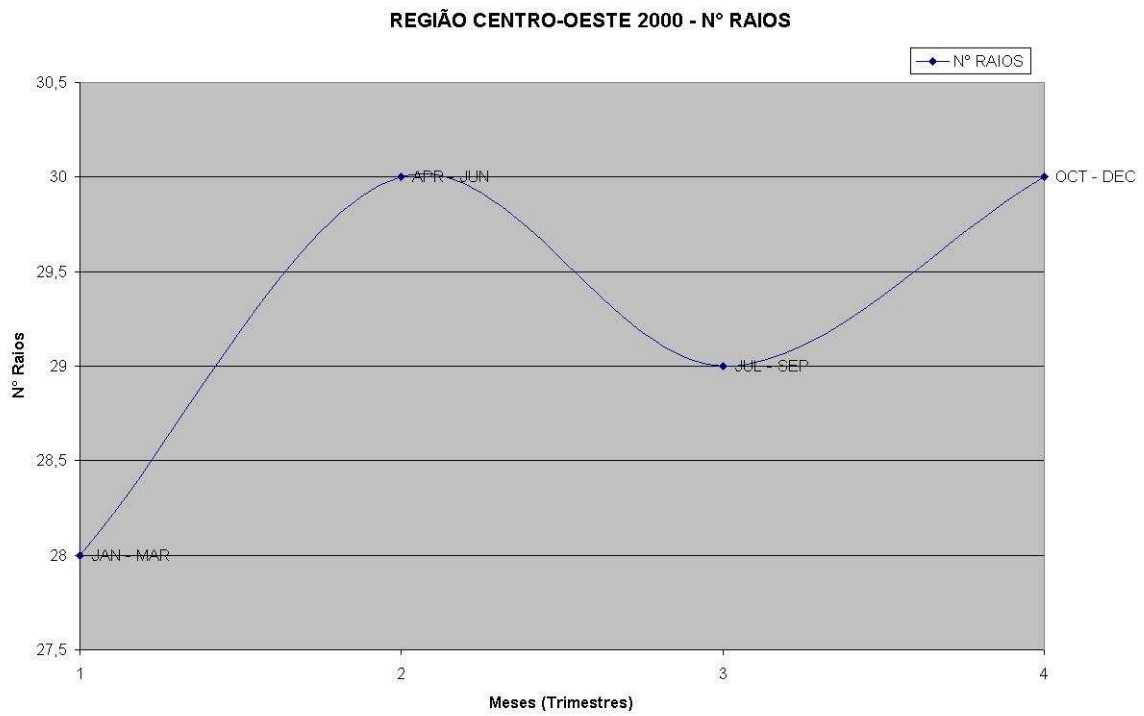
**Figura 96 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2000**



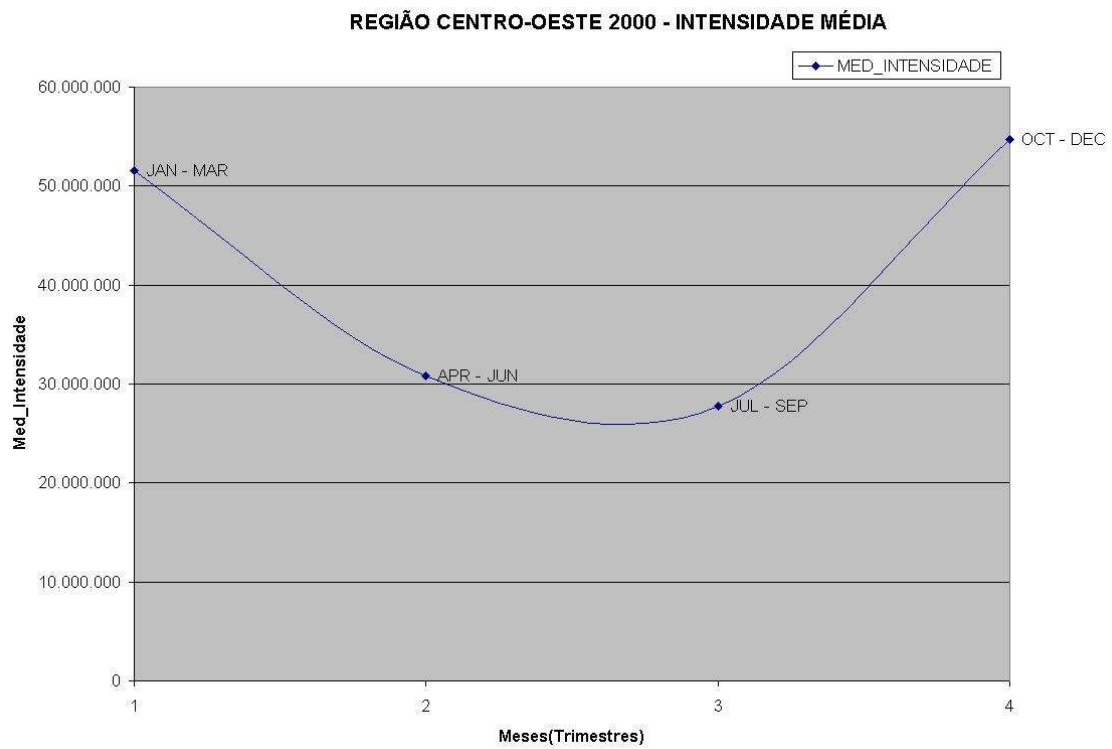
**Figura 97 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2000**



**Figura 98 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2000**

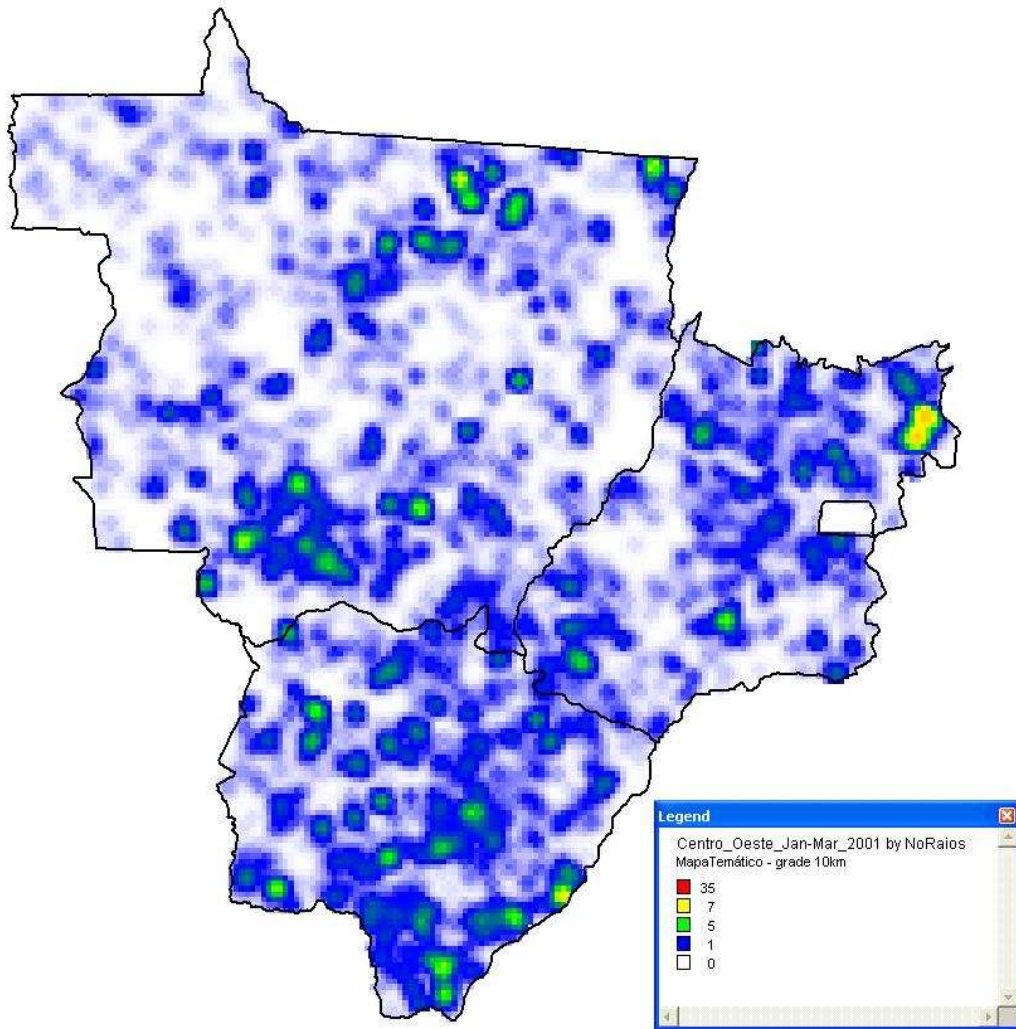


**Figura 99 – Gráfico do número de raios em 2000**

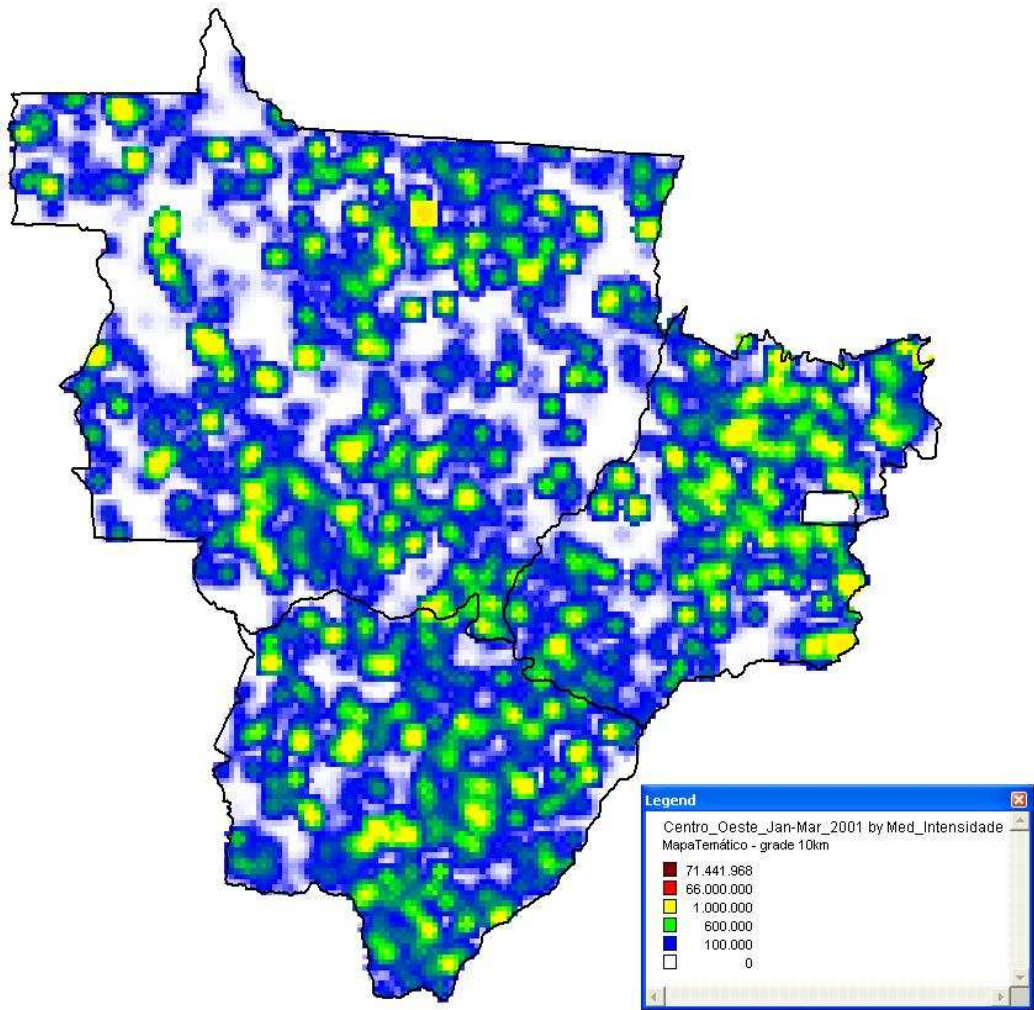


**Figura 100 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2000**

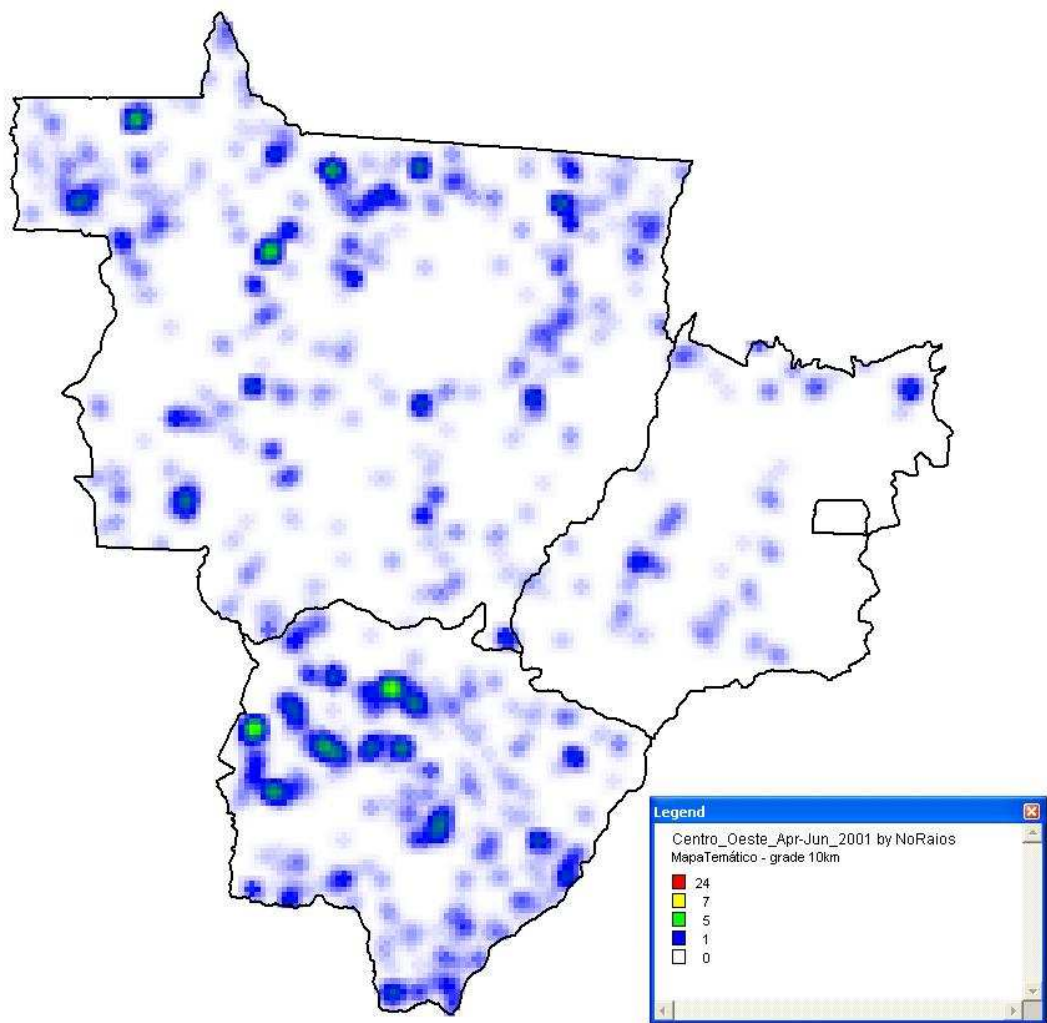




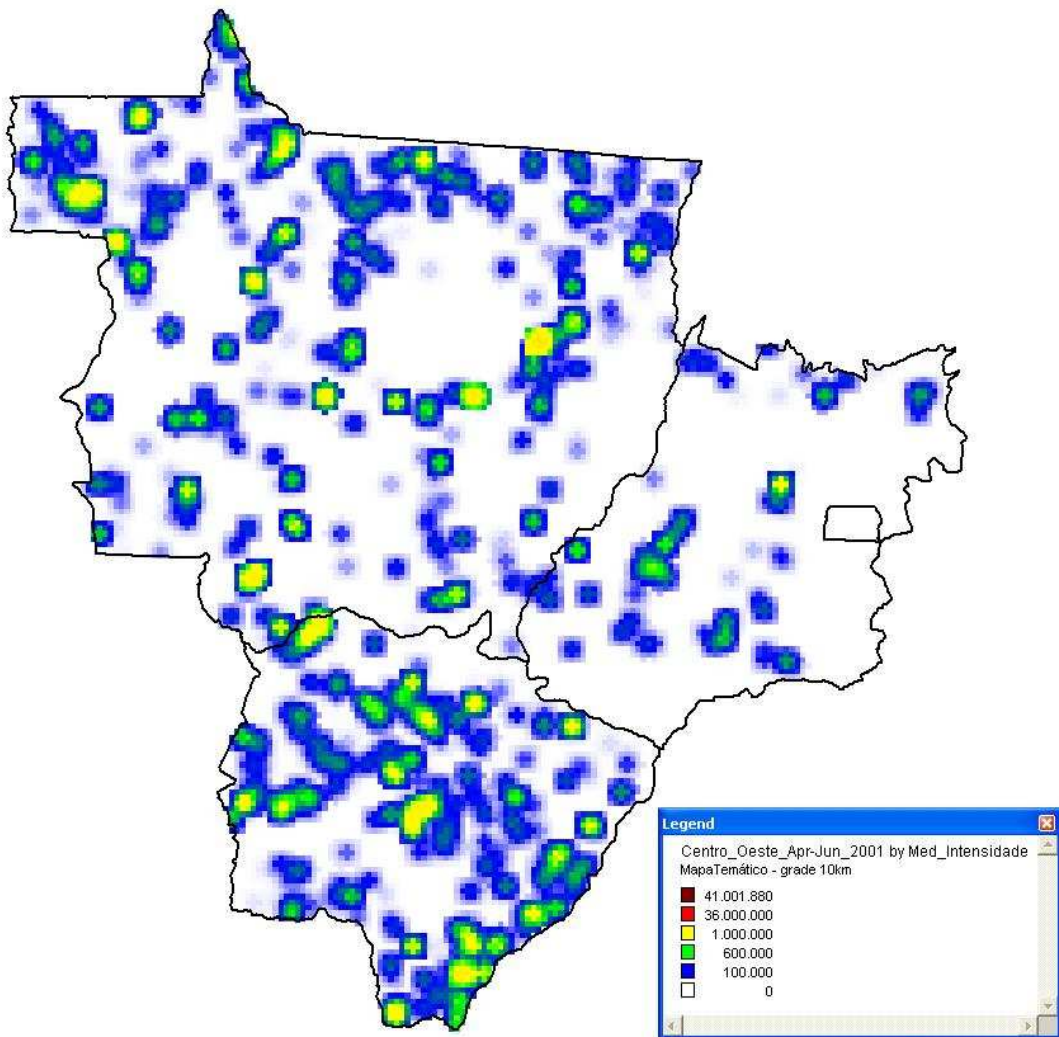
**Figura 101 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2001**



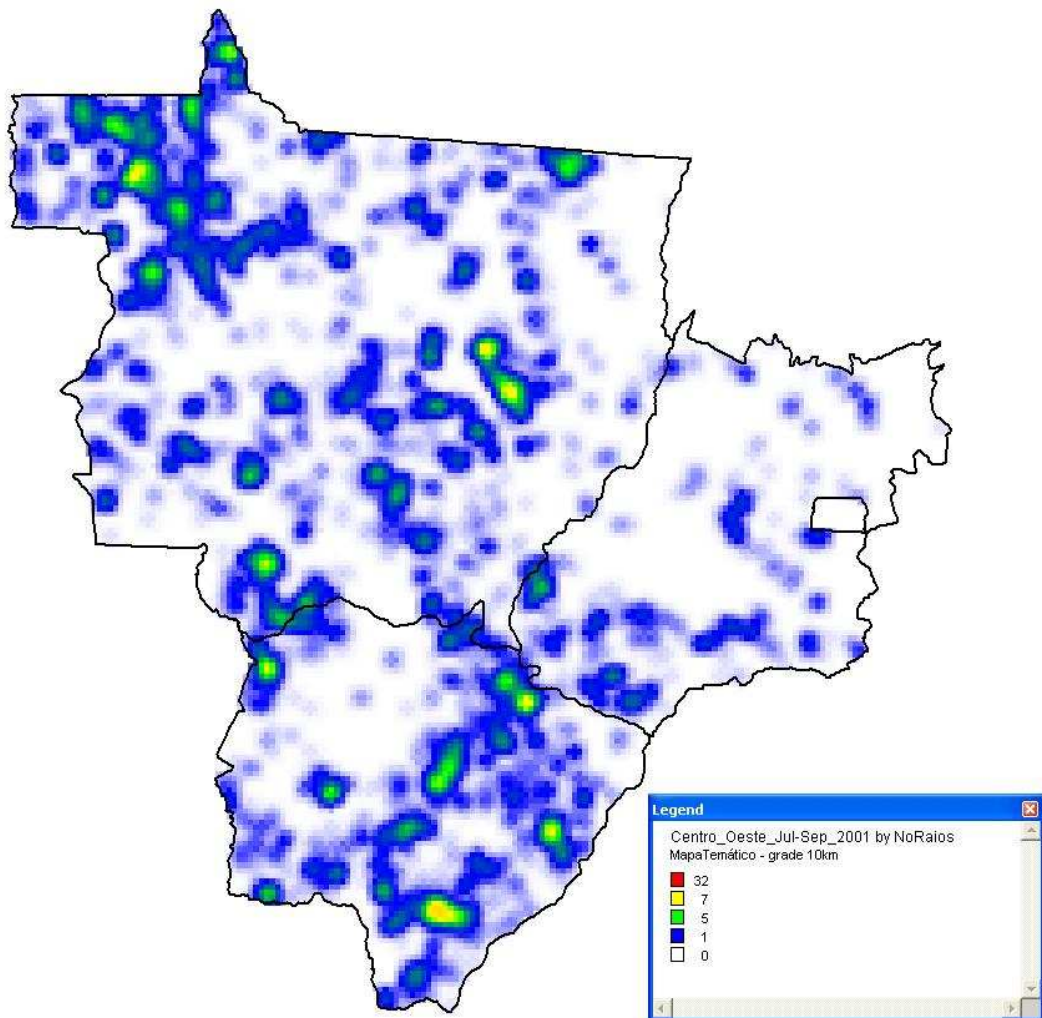
**Figura 102 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2001**



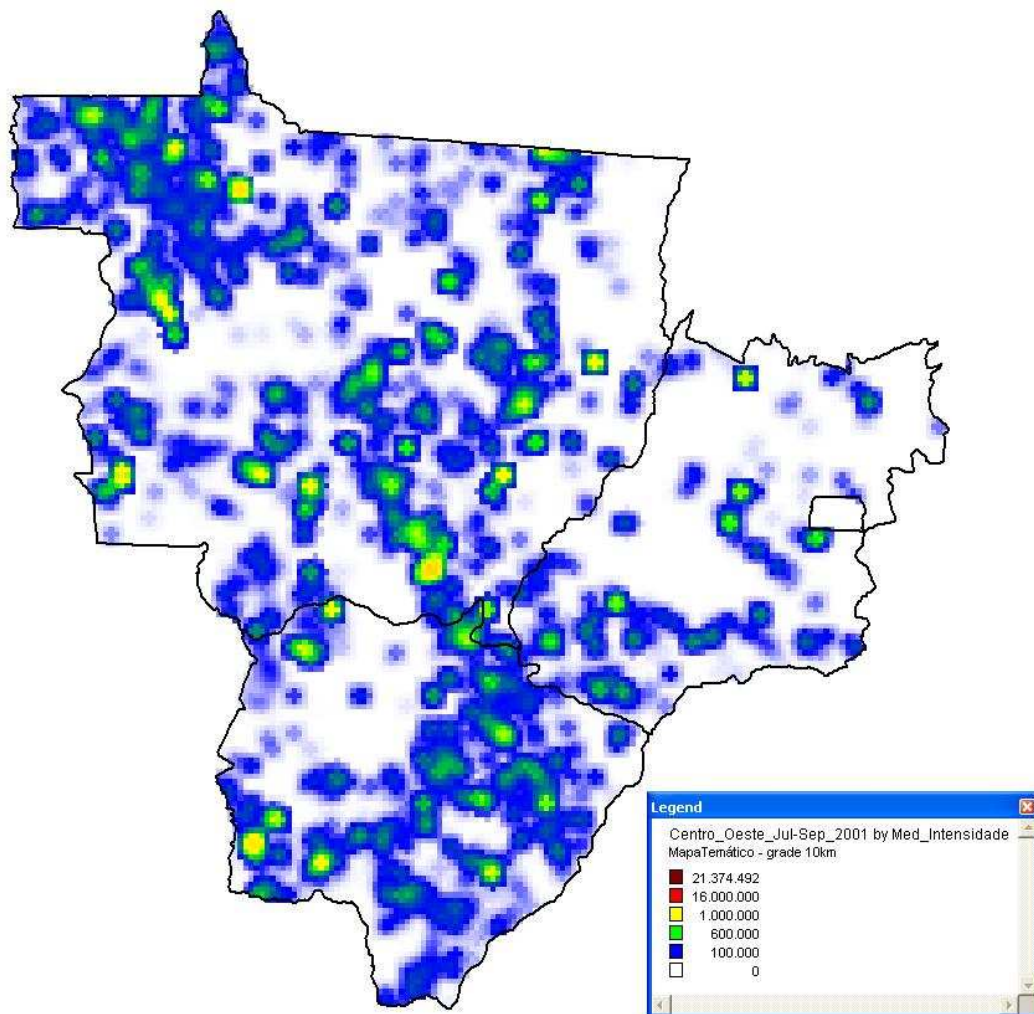
**Figura 103 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2001**



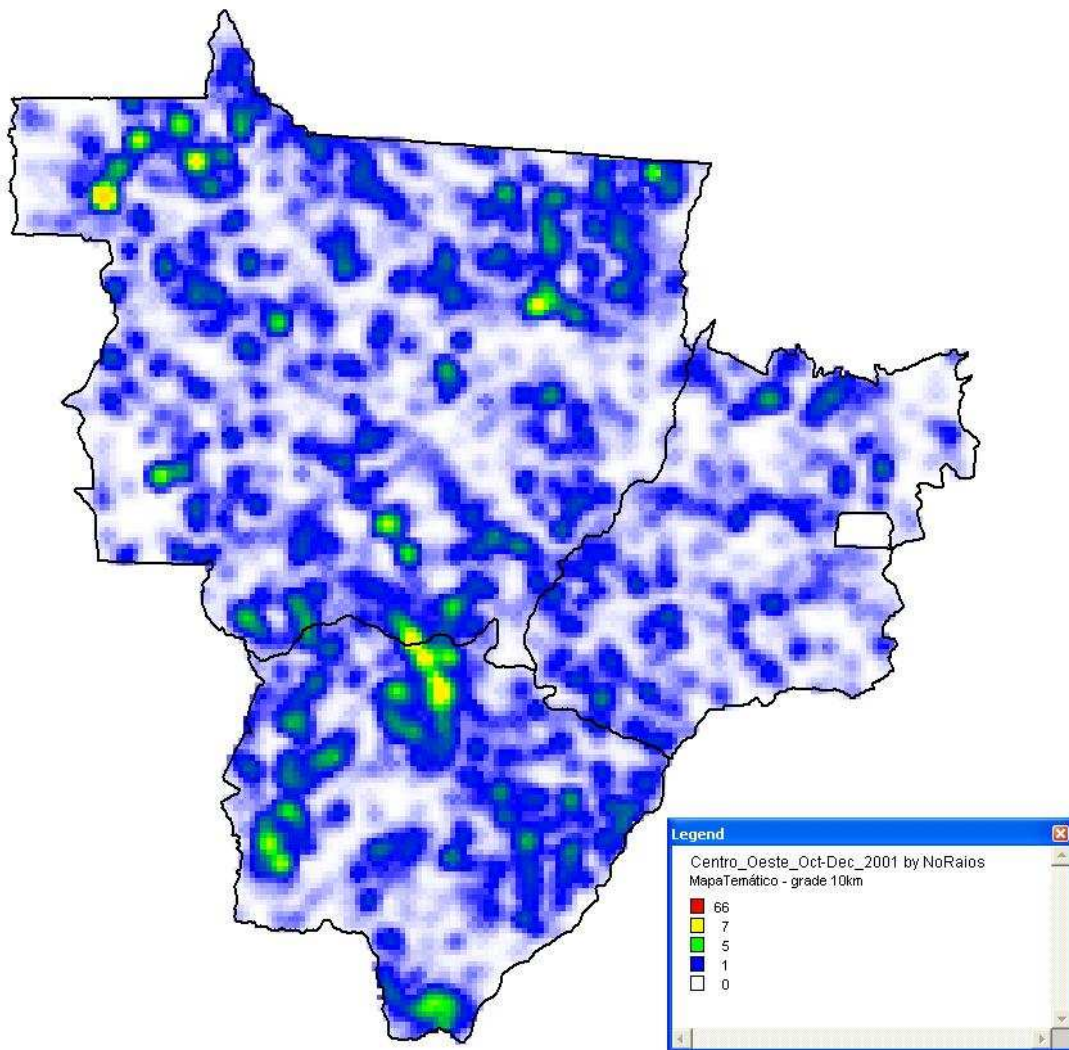
**Figura 104 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2001**



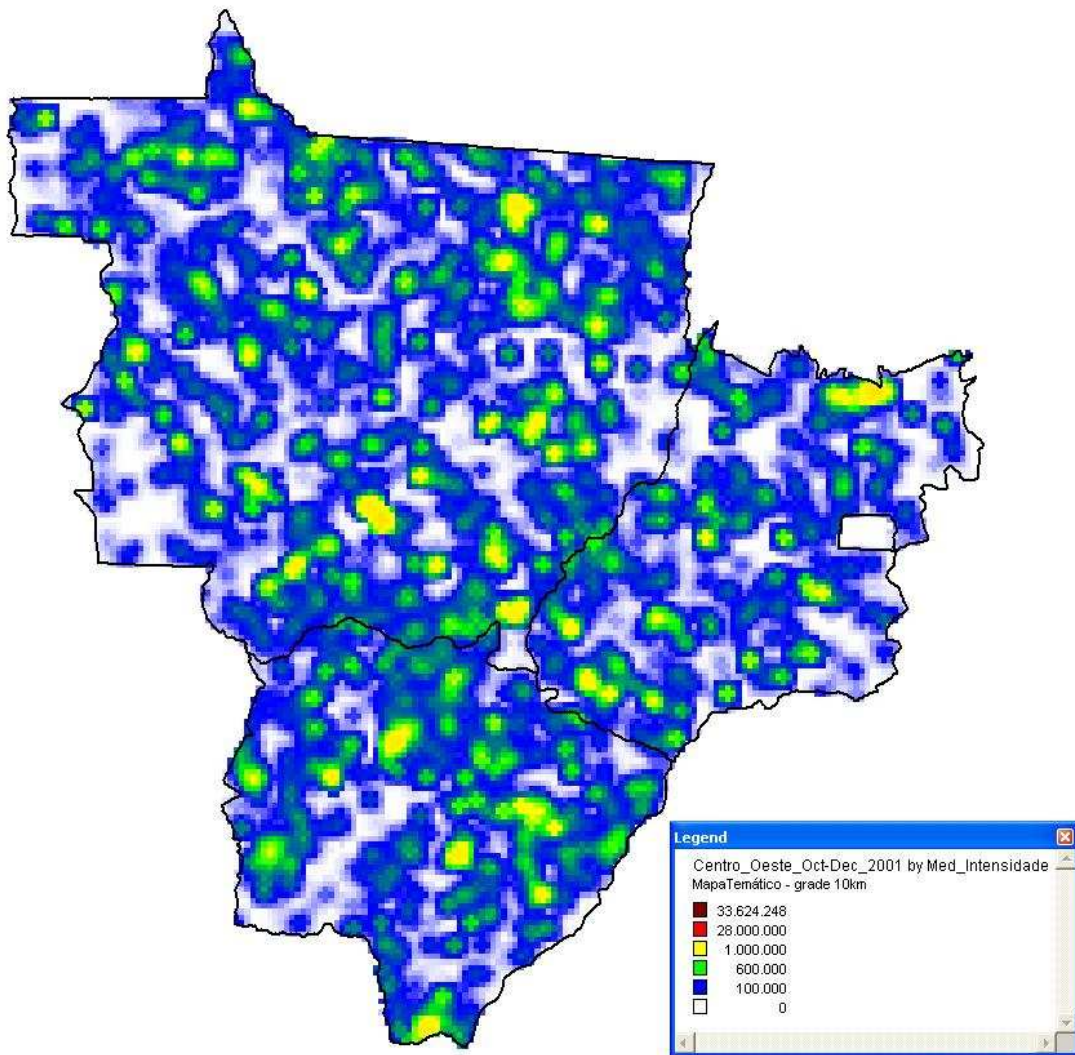
**Figura 105 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2001**



**Figura 106 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2001**

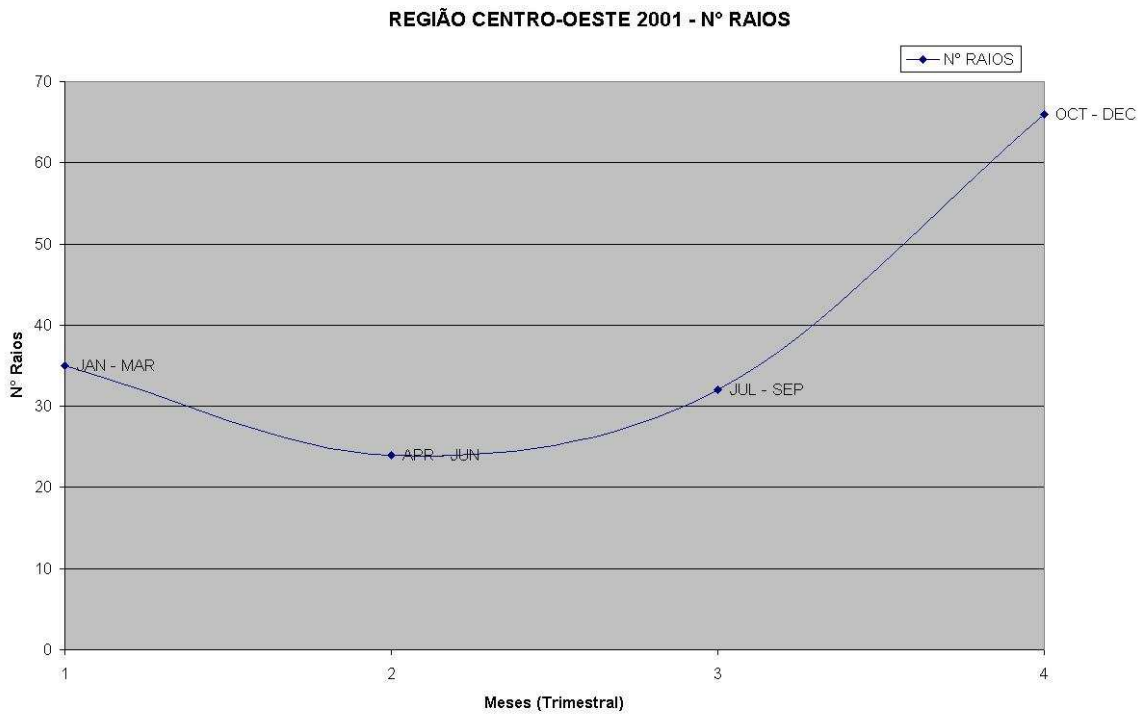


**Figura 107 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2001**

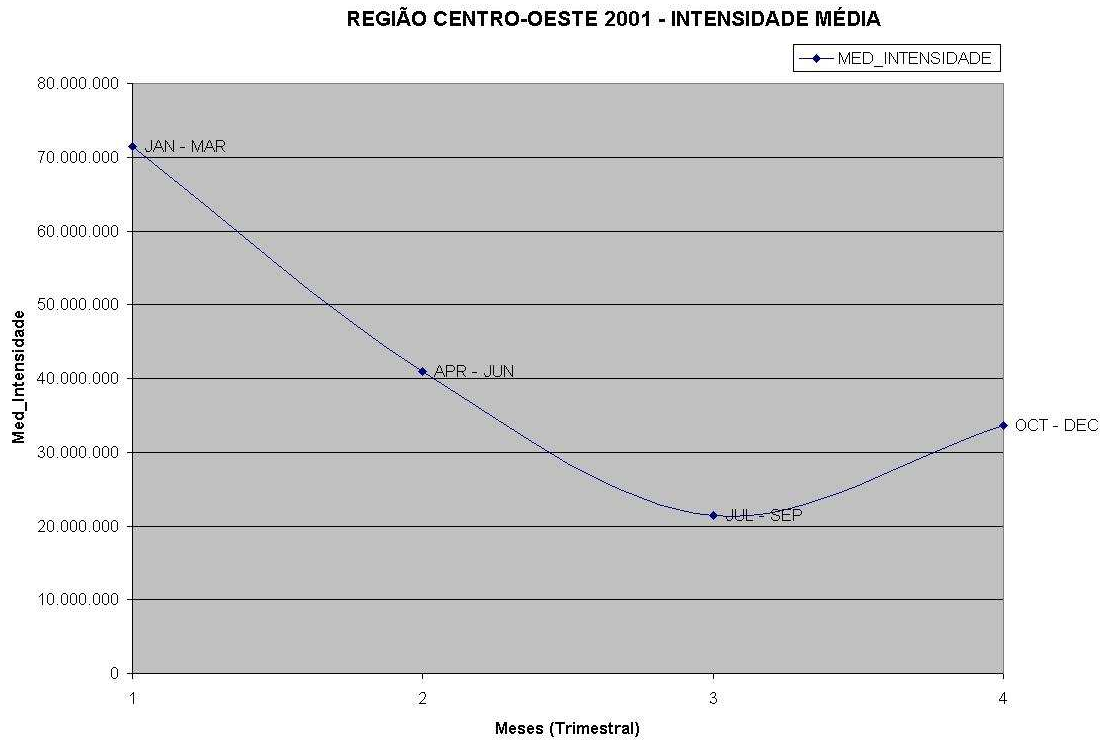


**Figura 108 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2001**

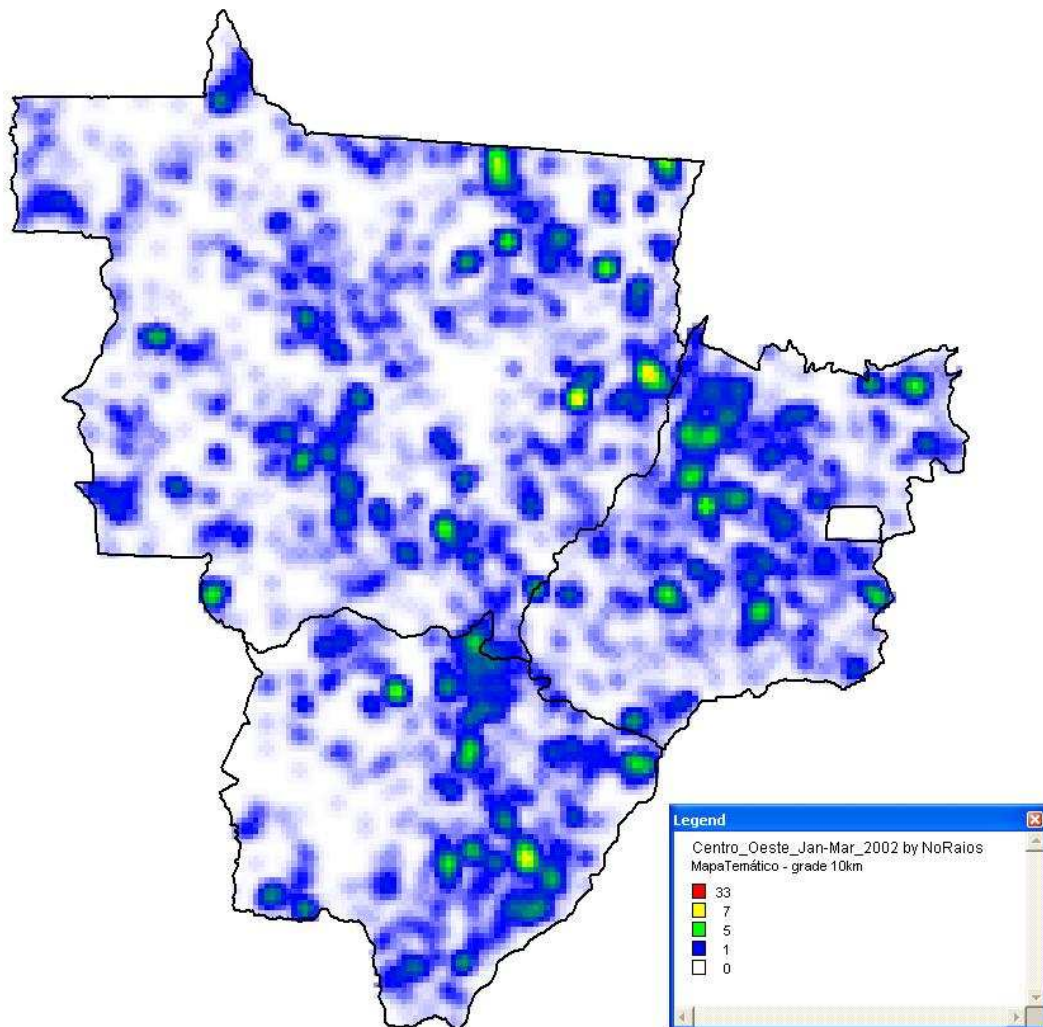




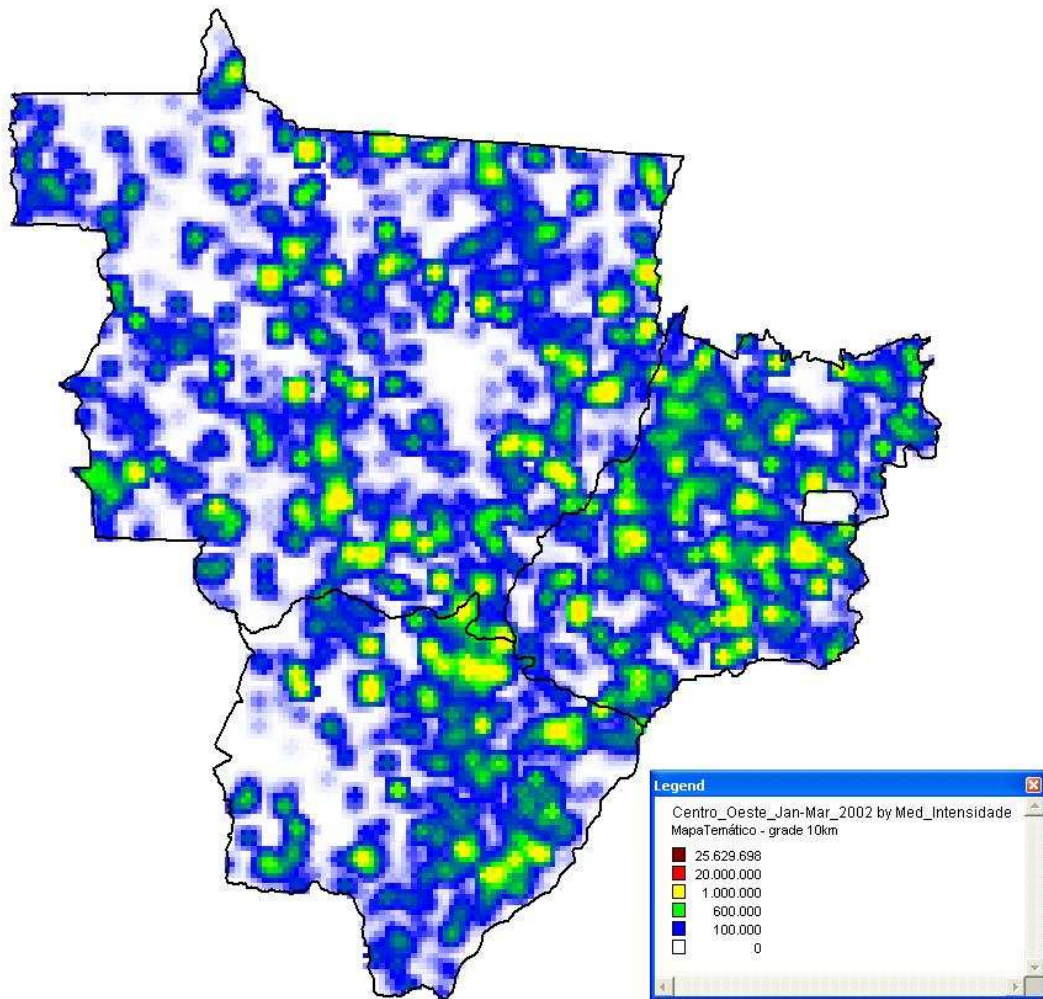
**Figura 109 – Gráfico do número de raios em 2001**



**Figura 110 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2001**



**Figura 111 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2002**



**Figura 112 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2002**

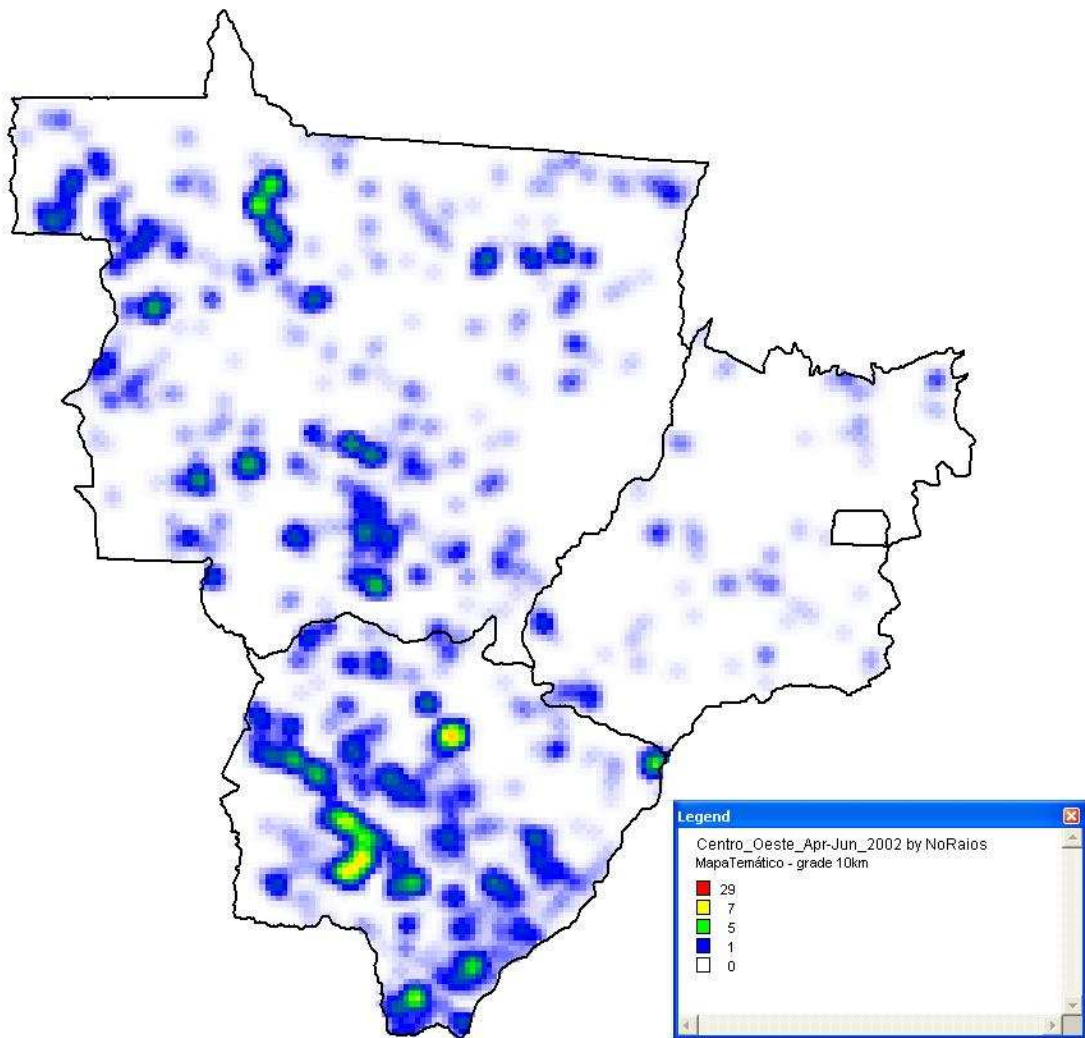
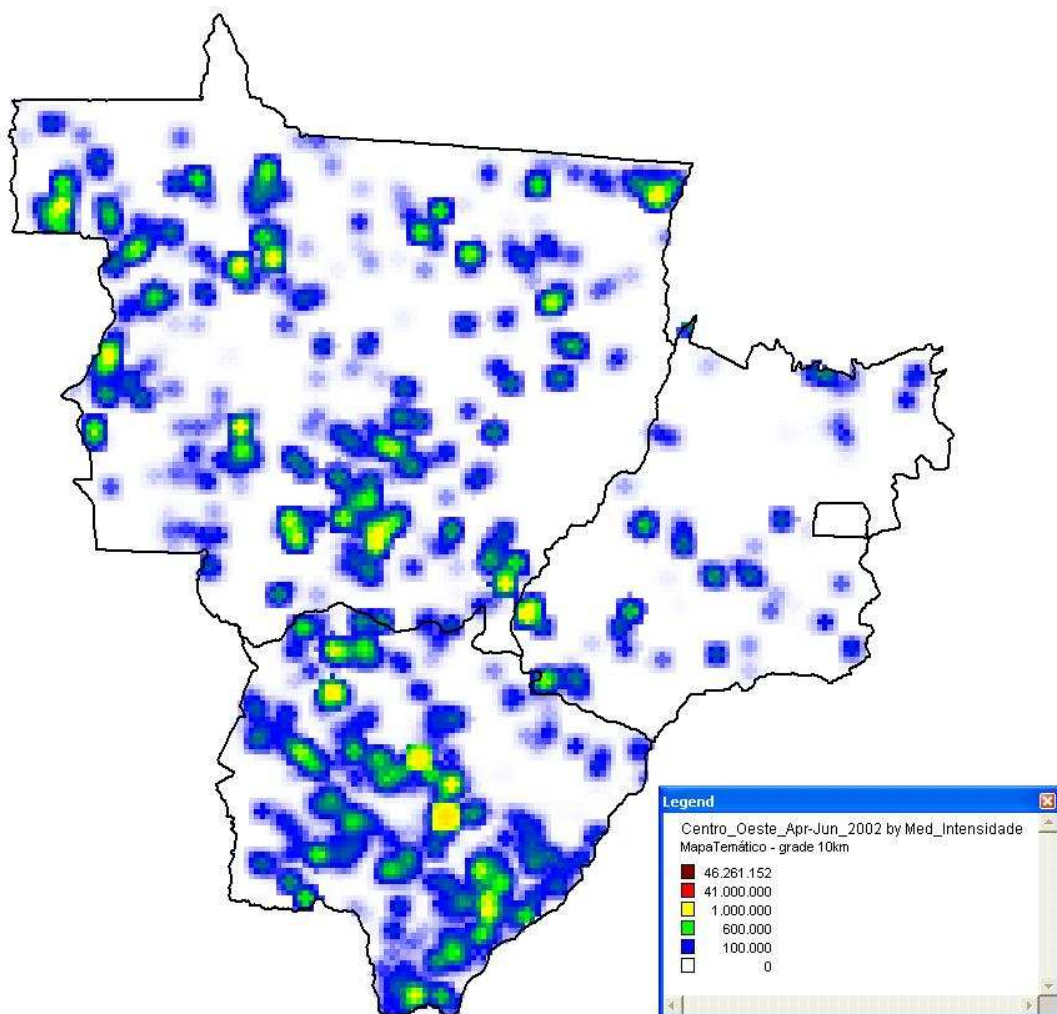
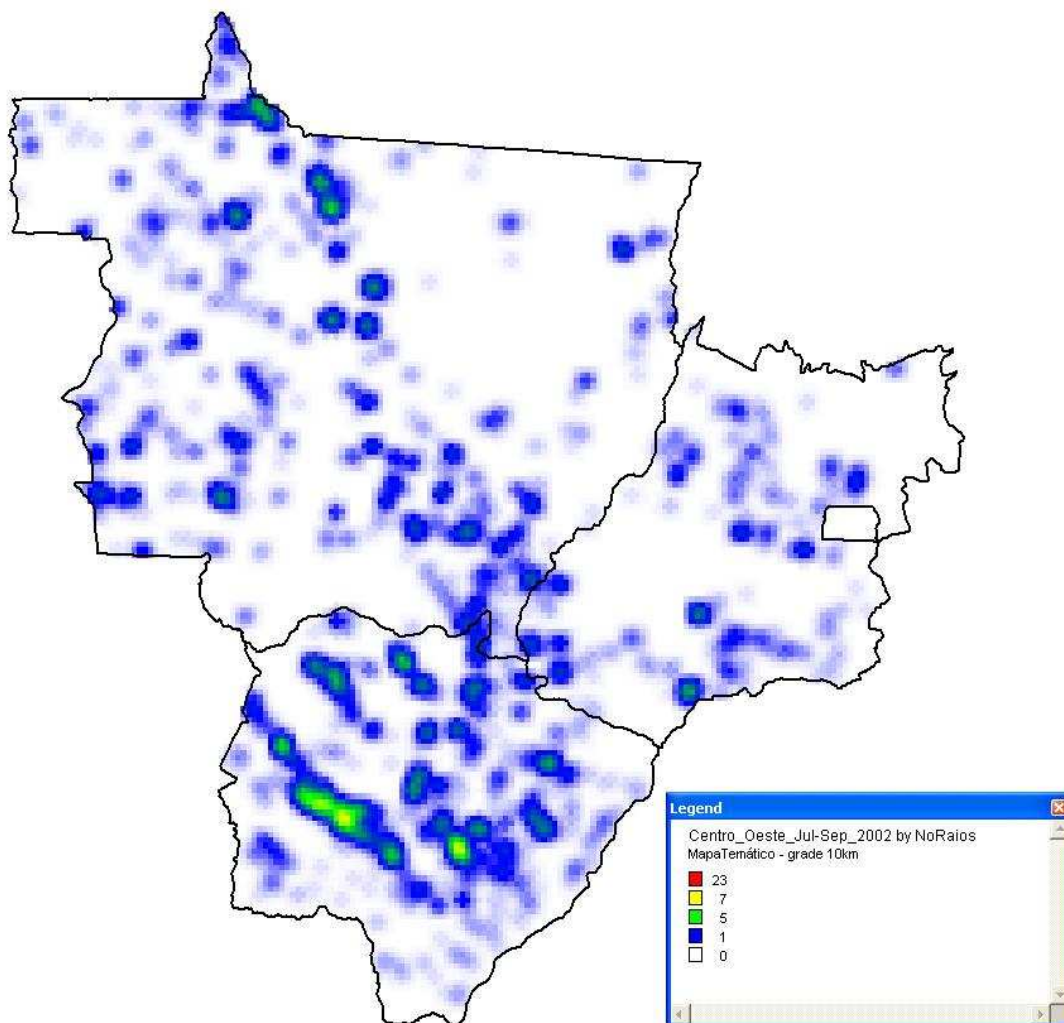


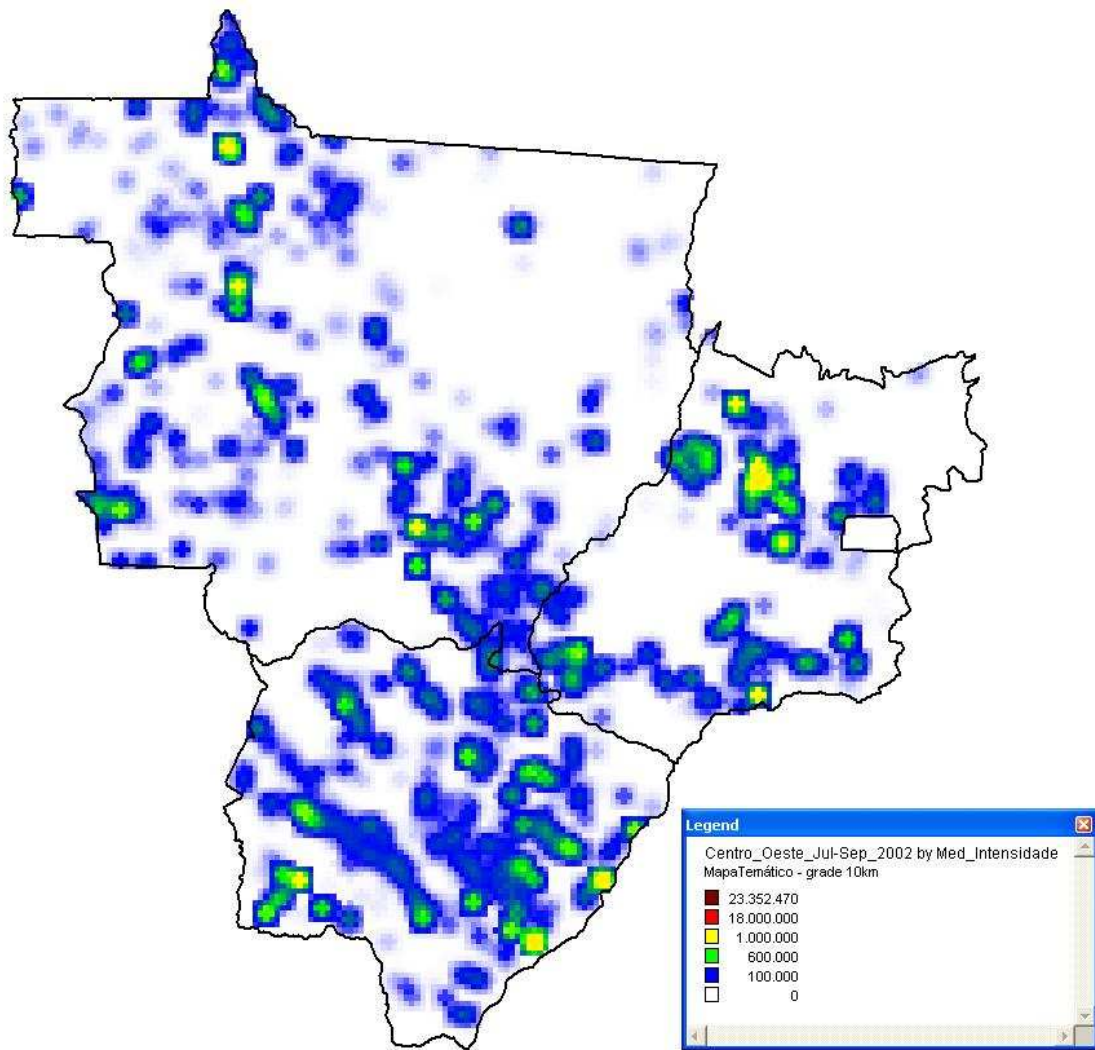
Figura 113 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2002



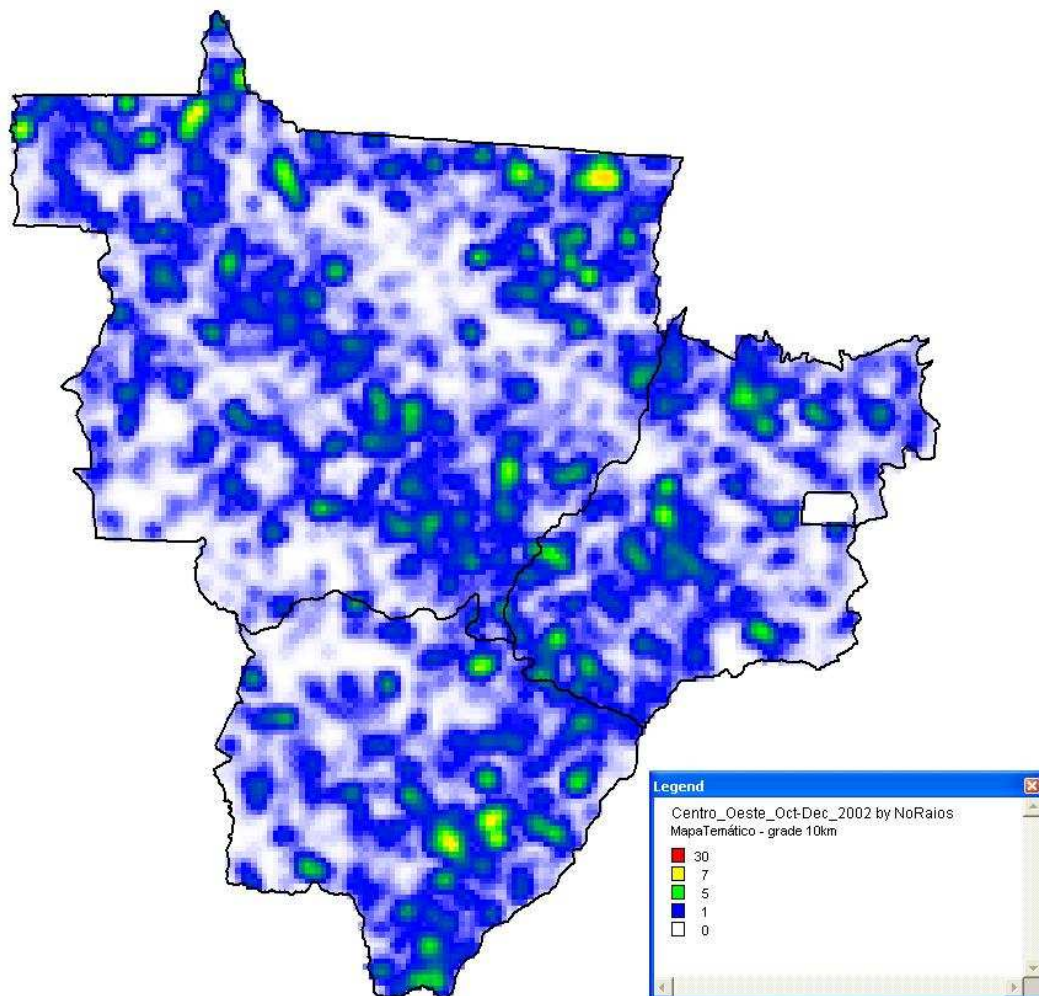
**Figura 114 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2002**



**Figura 115 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2002**

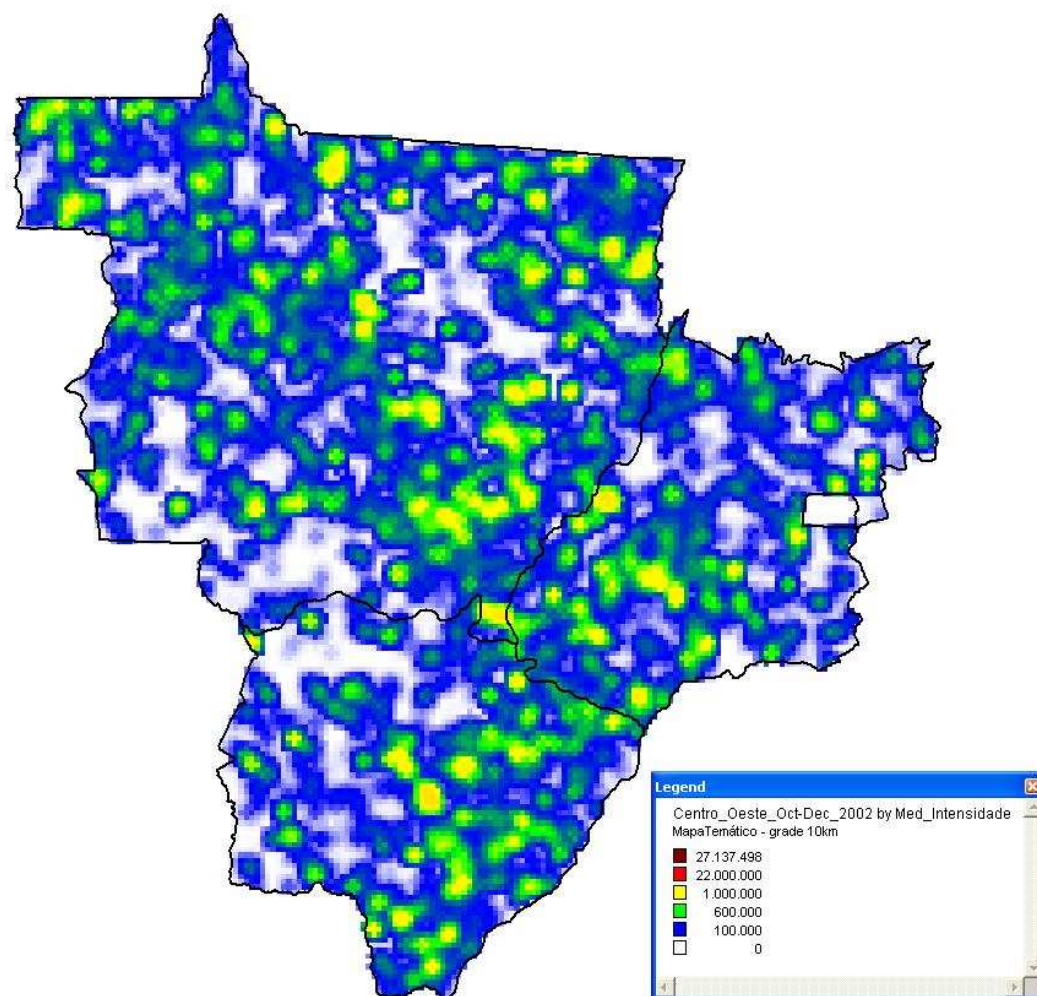


**Figura 116 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2002**

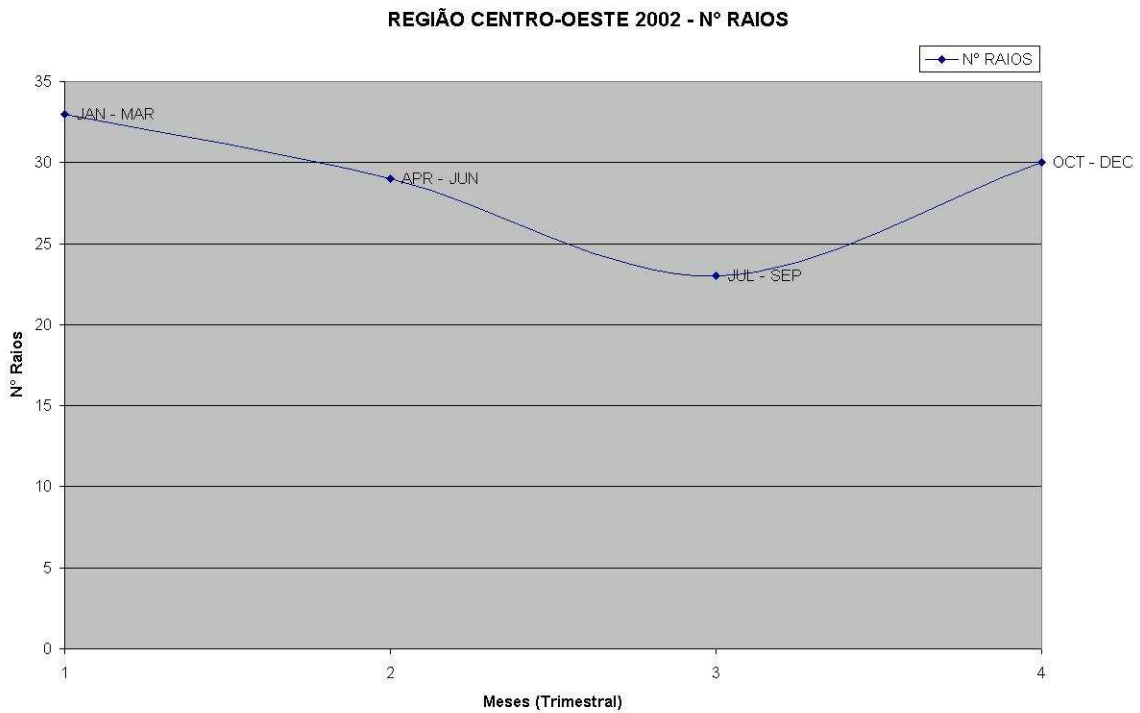


**Figura 117 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2002**

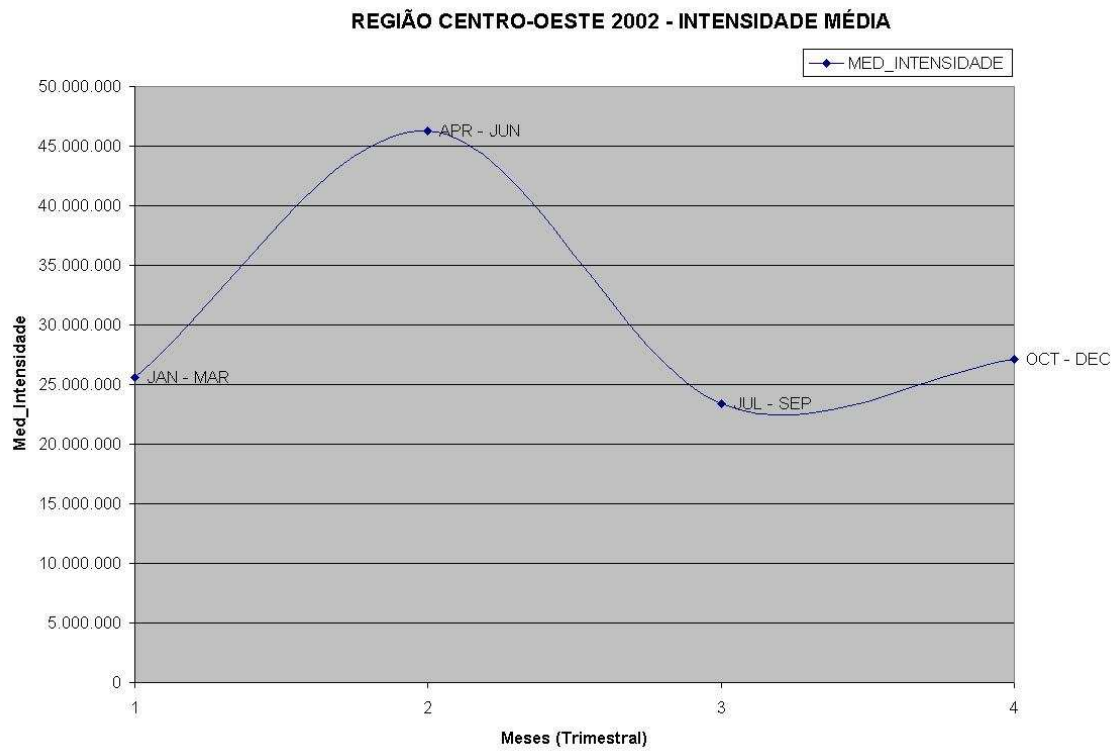




**Figura 118 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2002**



**Figura 119 – Gráfico do número de raios em 2002**



**Figura 120 – Gráfico da intensidade média de radiância em 2002**

### 3.4 Região Nordeste

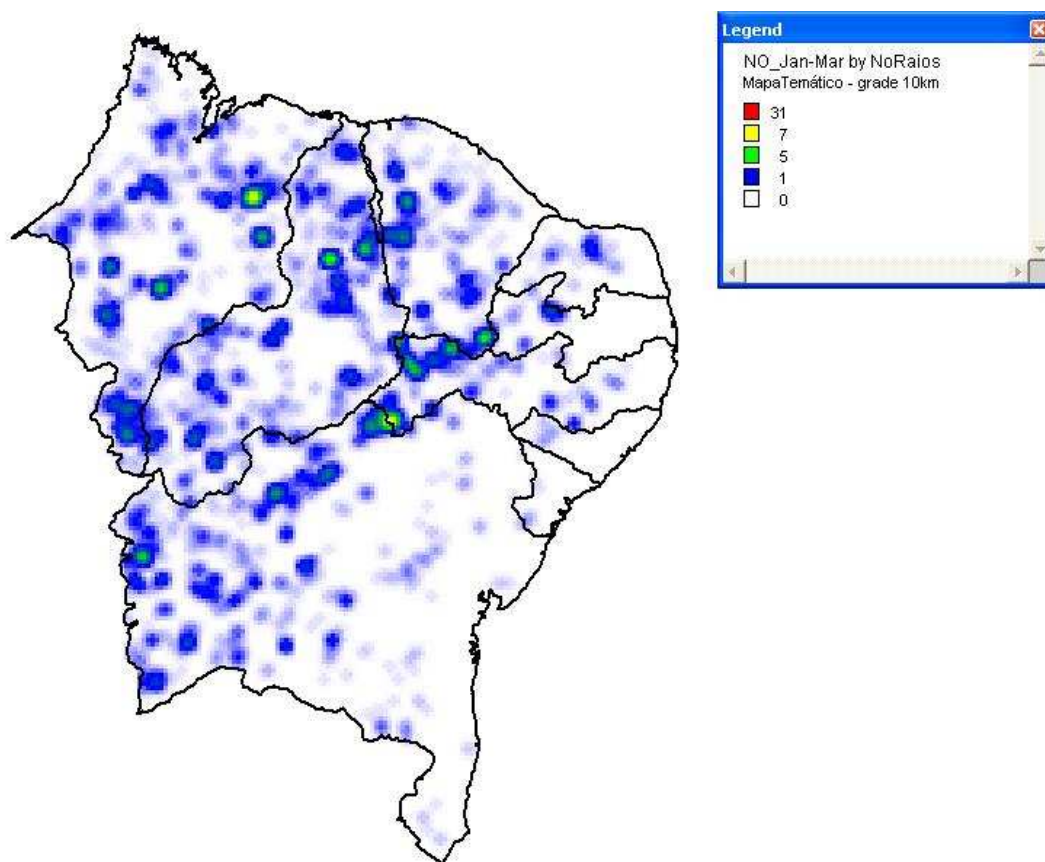
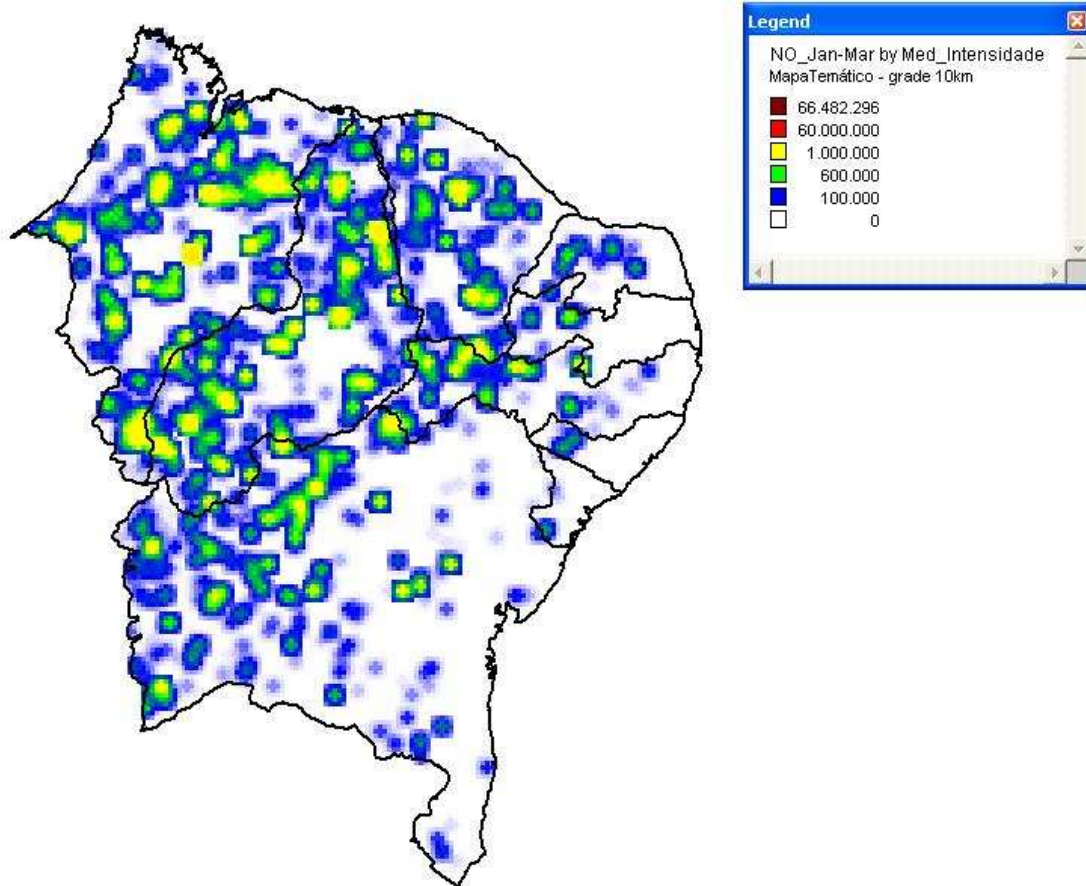
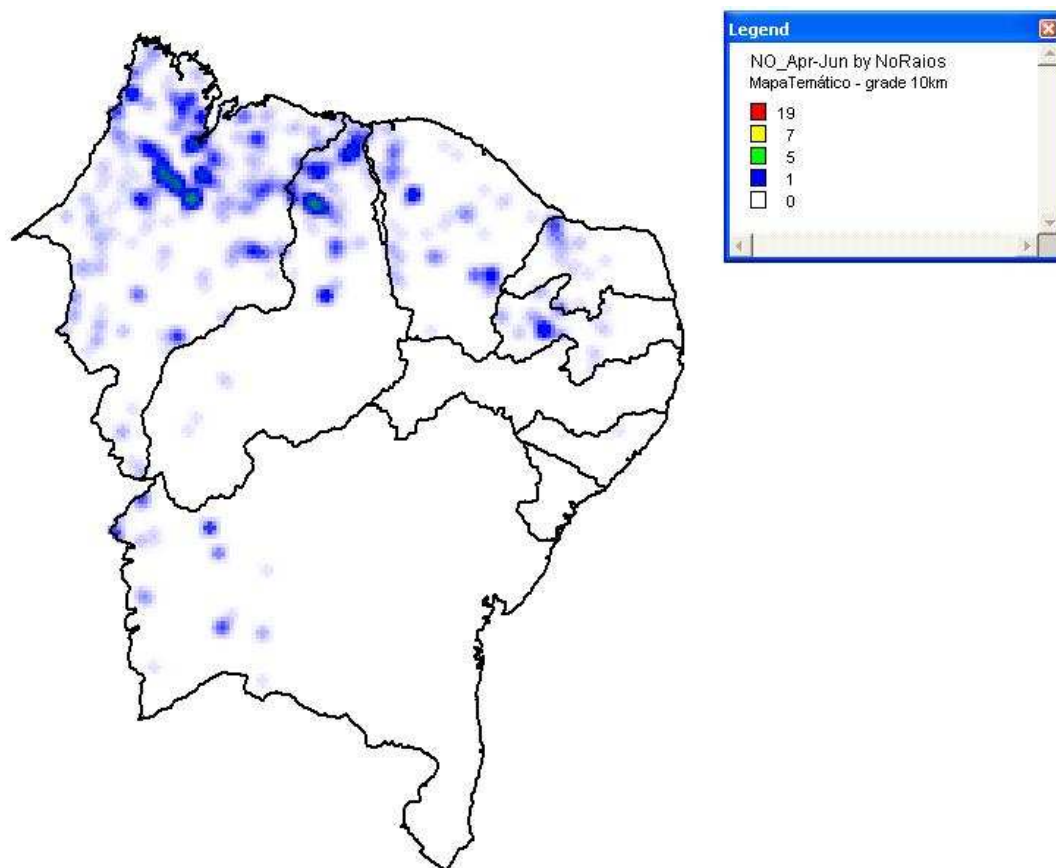


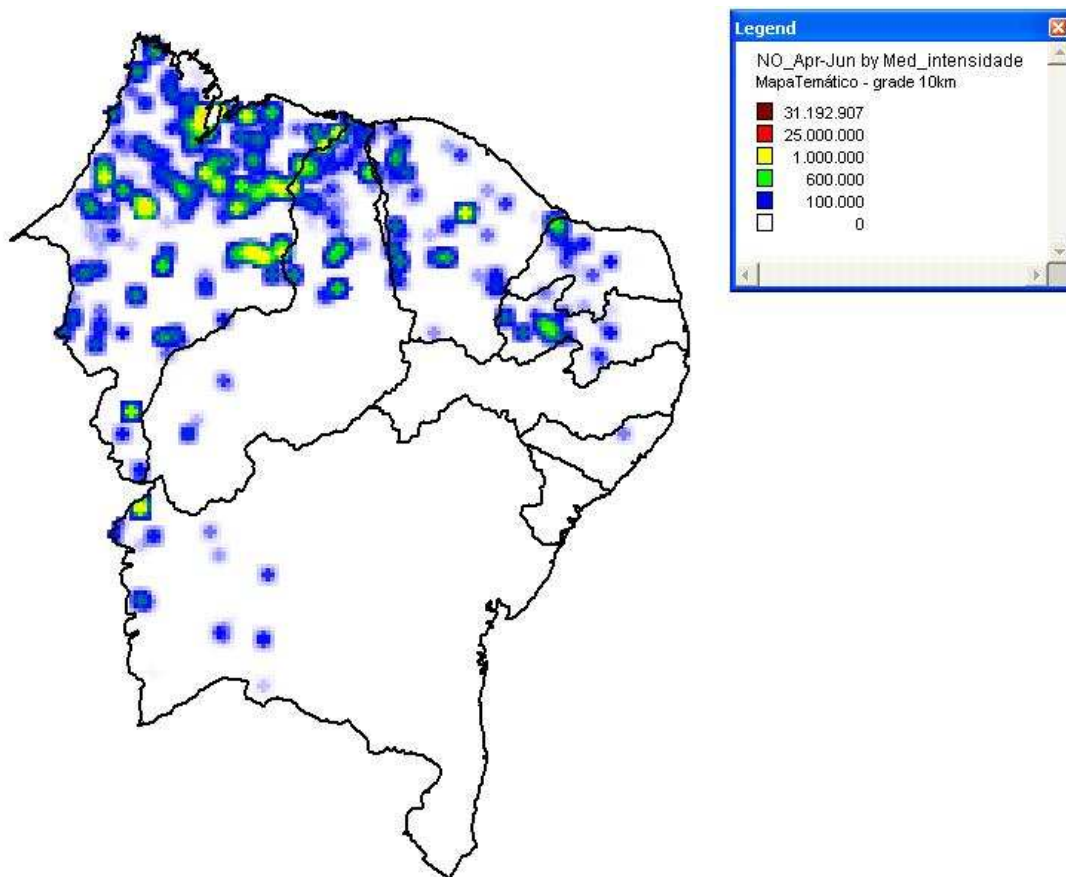
Figura 121 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 1999



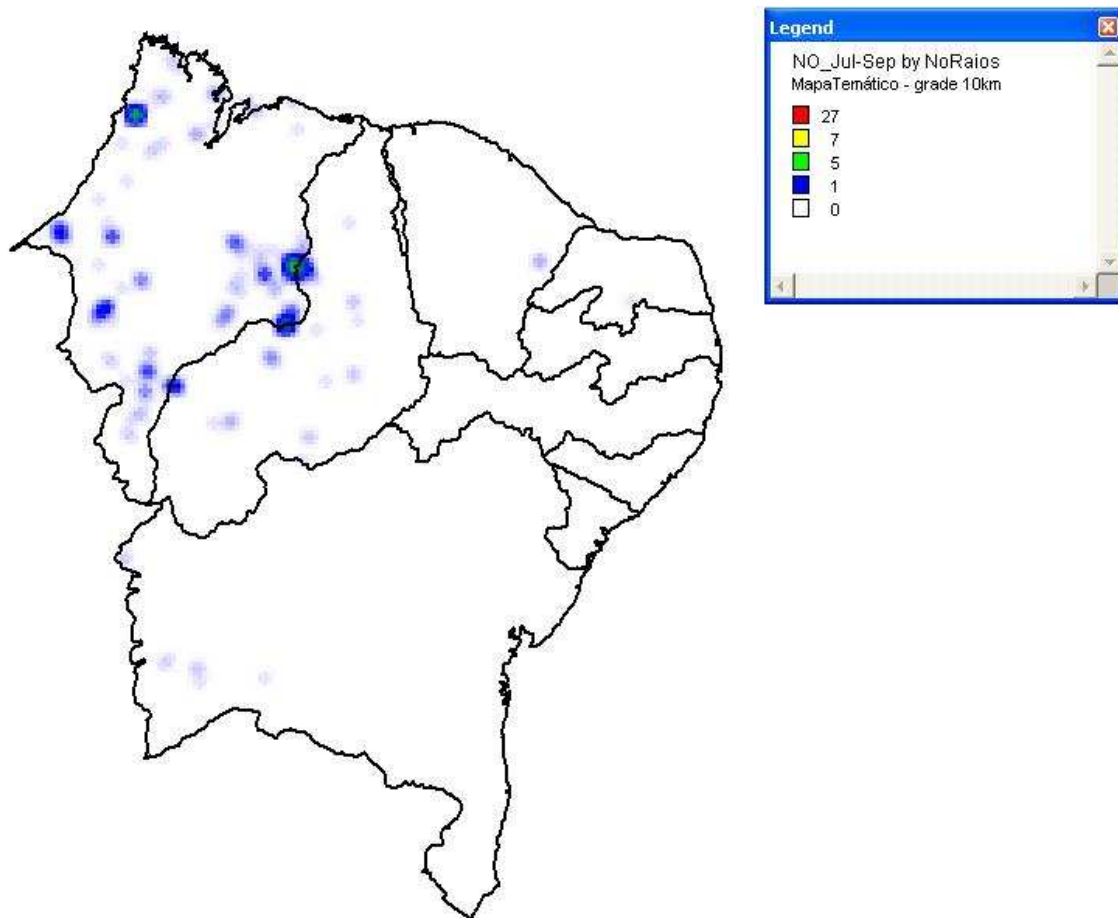
**Figura 122 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 1999**



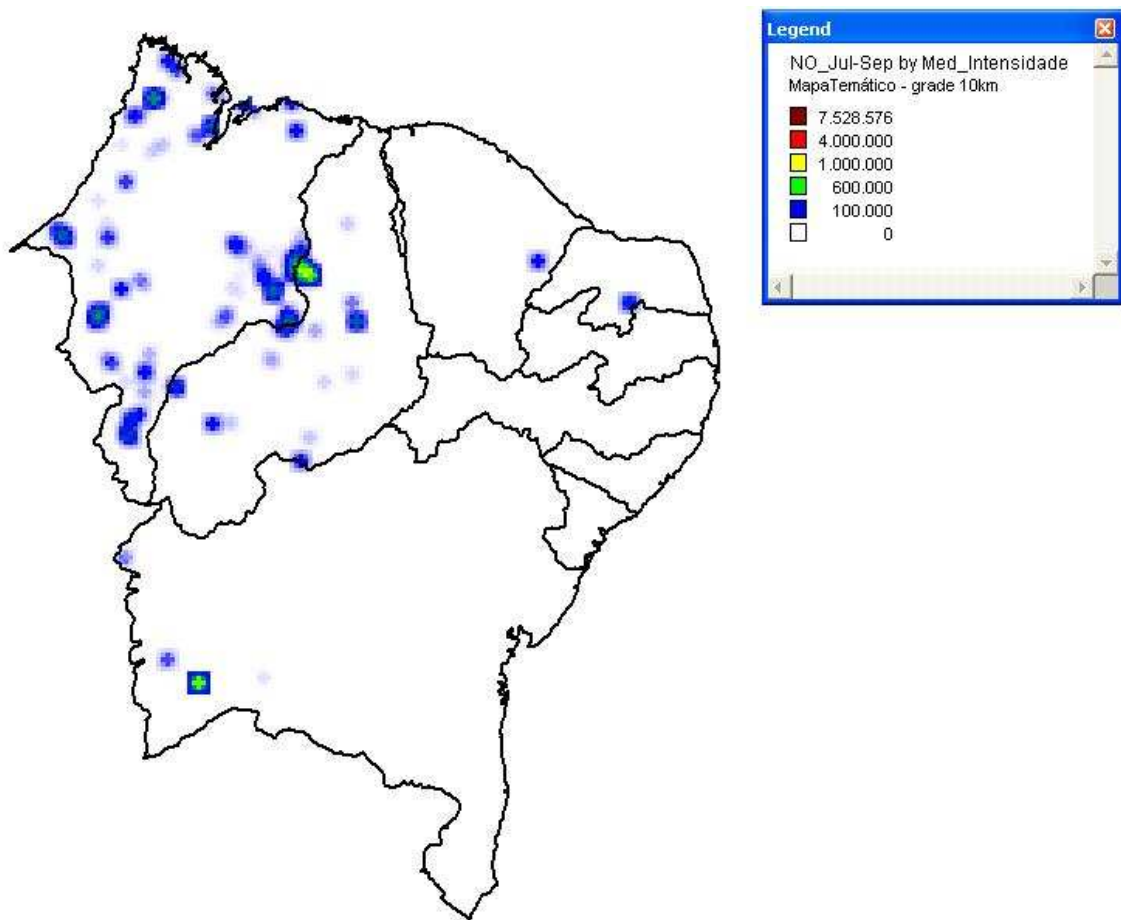
**Figura 123 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 1999**



**Figura 124 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 1999**

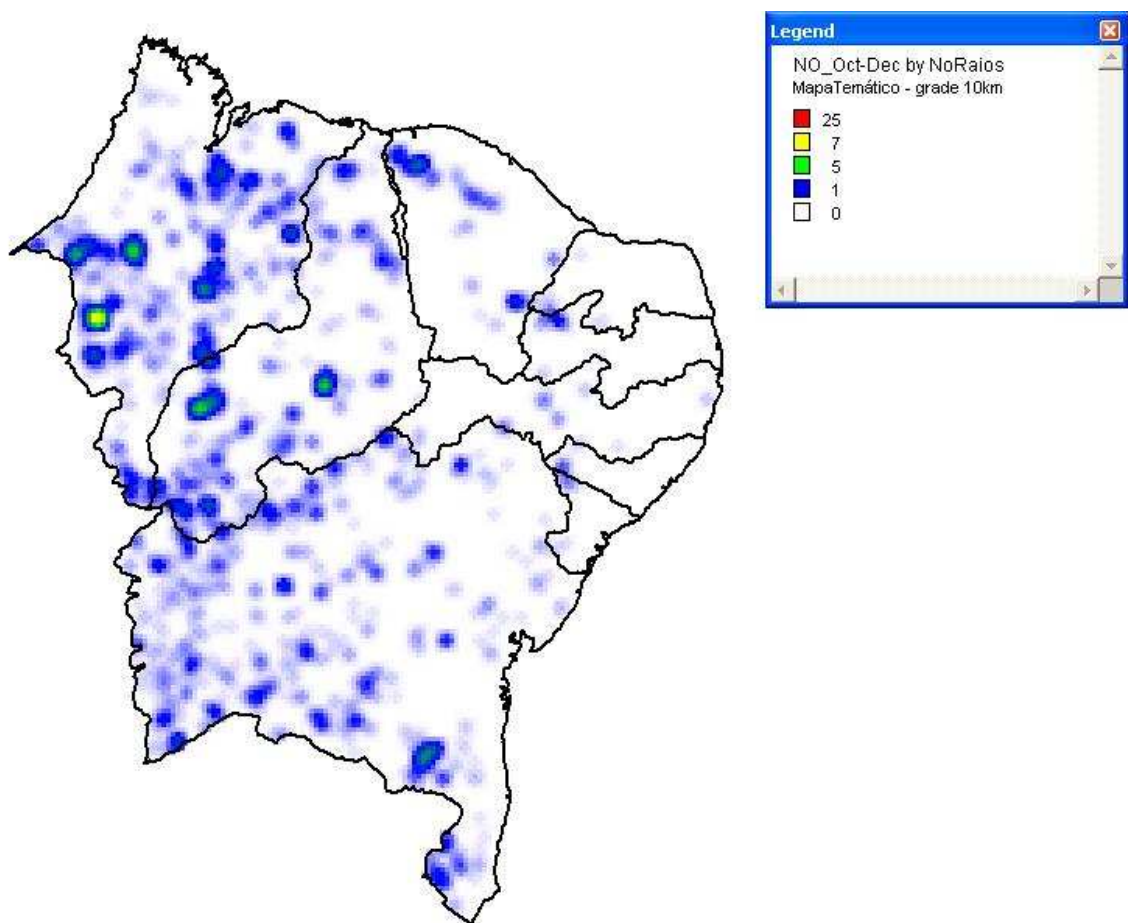


**Figura 125 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 1999**

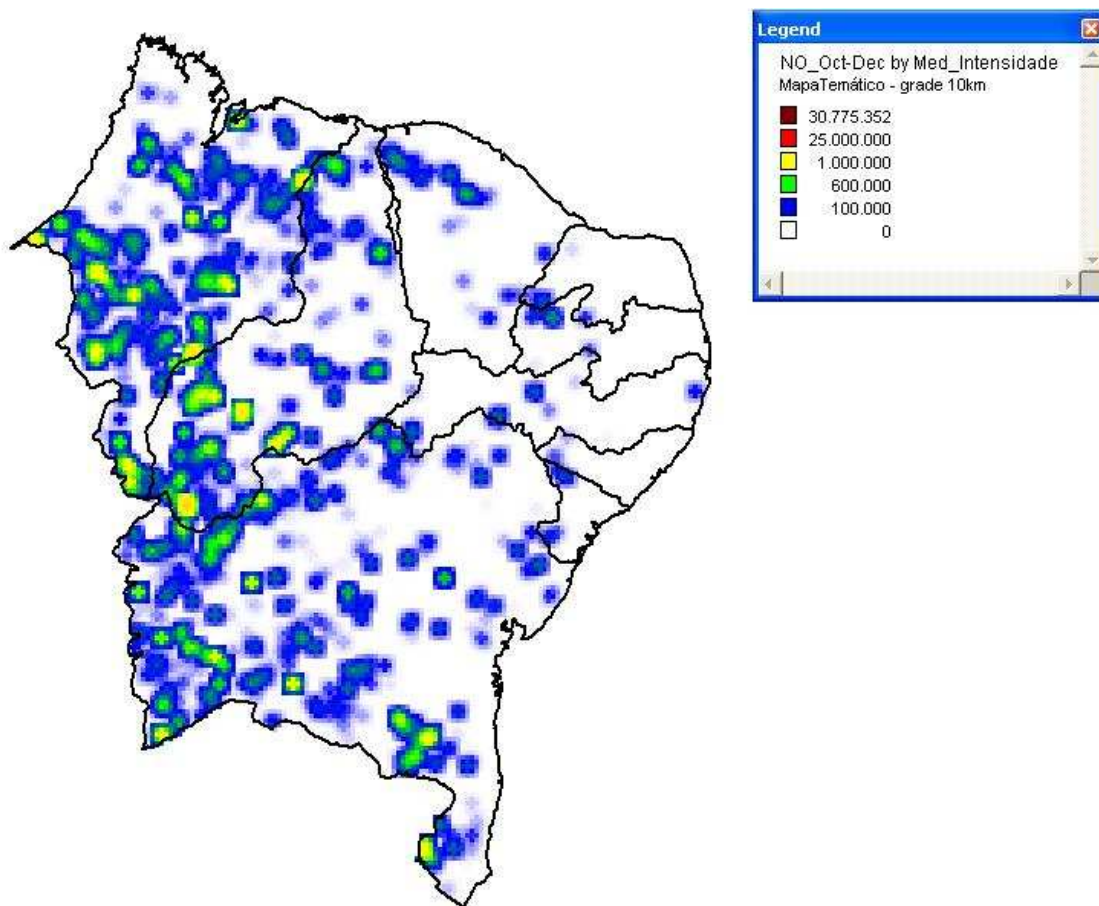


**Figura 126 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 1999**

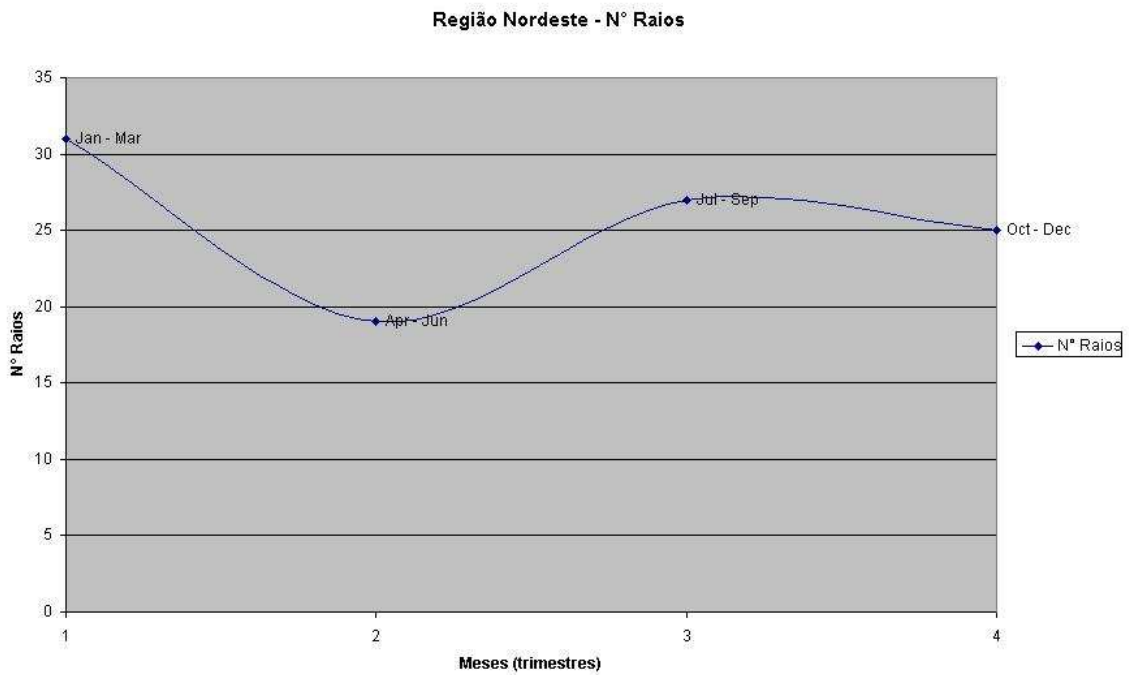




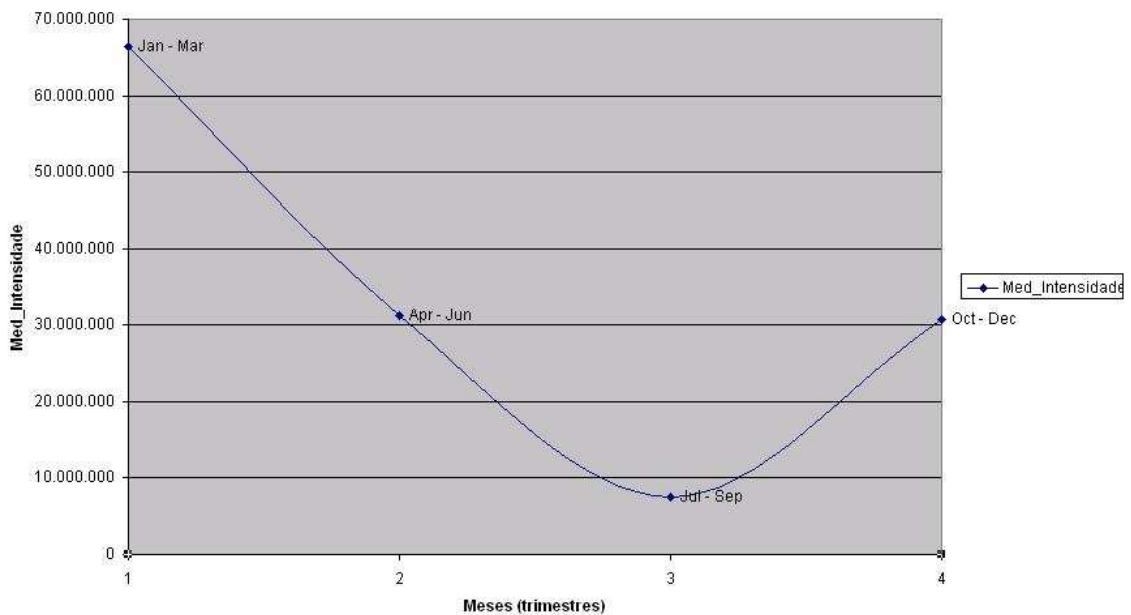
**Figura 127 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 1999**



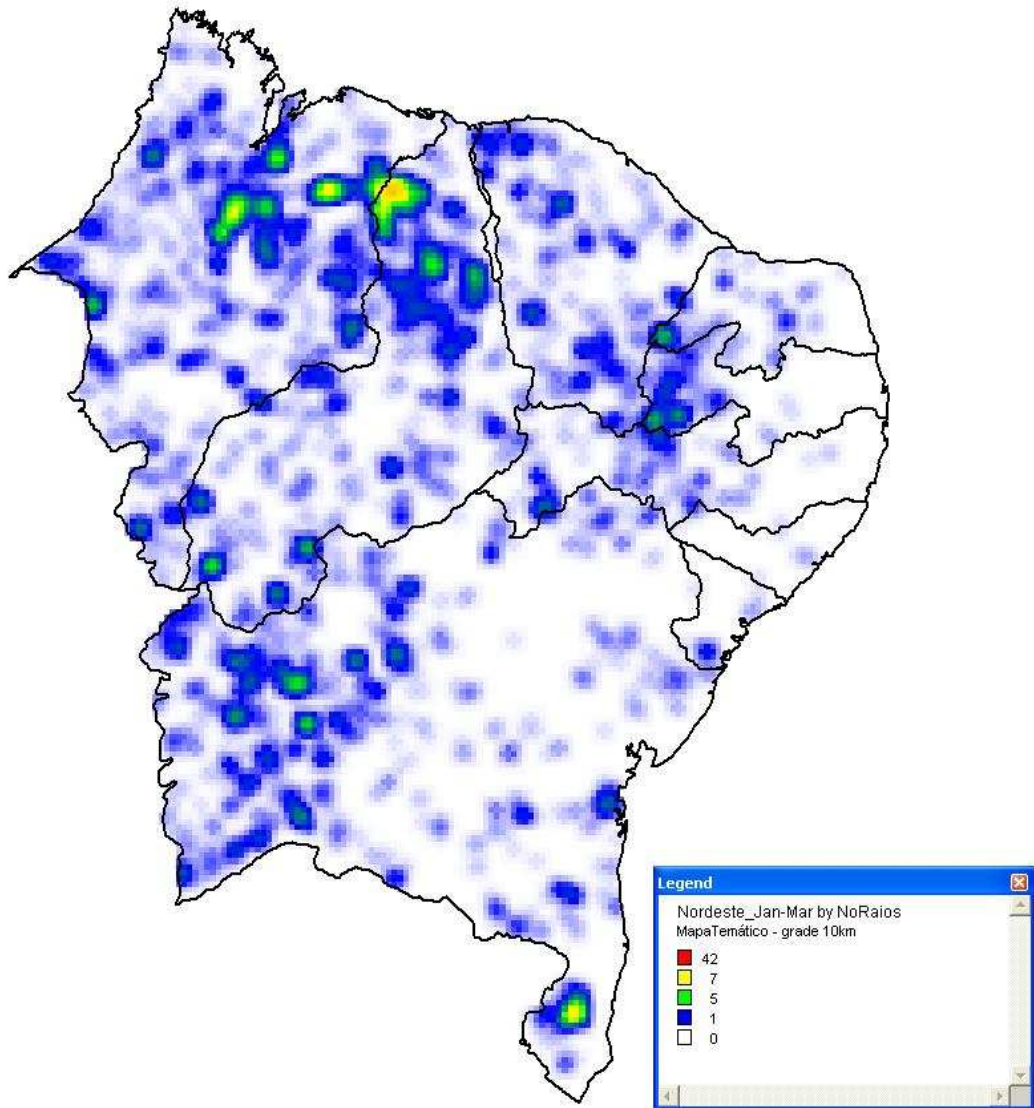
**Figura 128 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 1999**



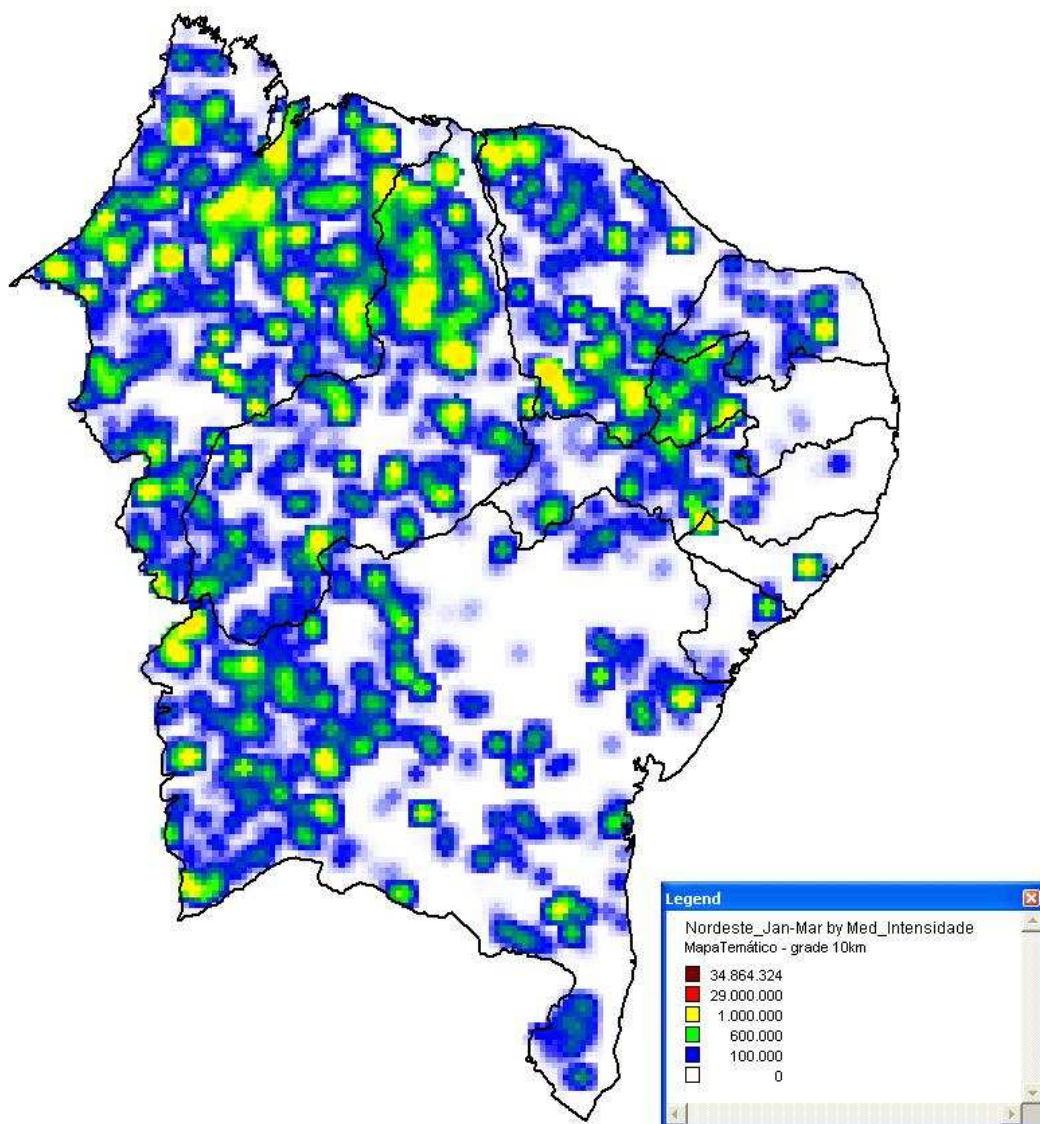
**Figura 129 – Gráfico do número de raios em 1999**  
Região Nordeste - Intensidade Média



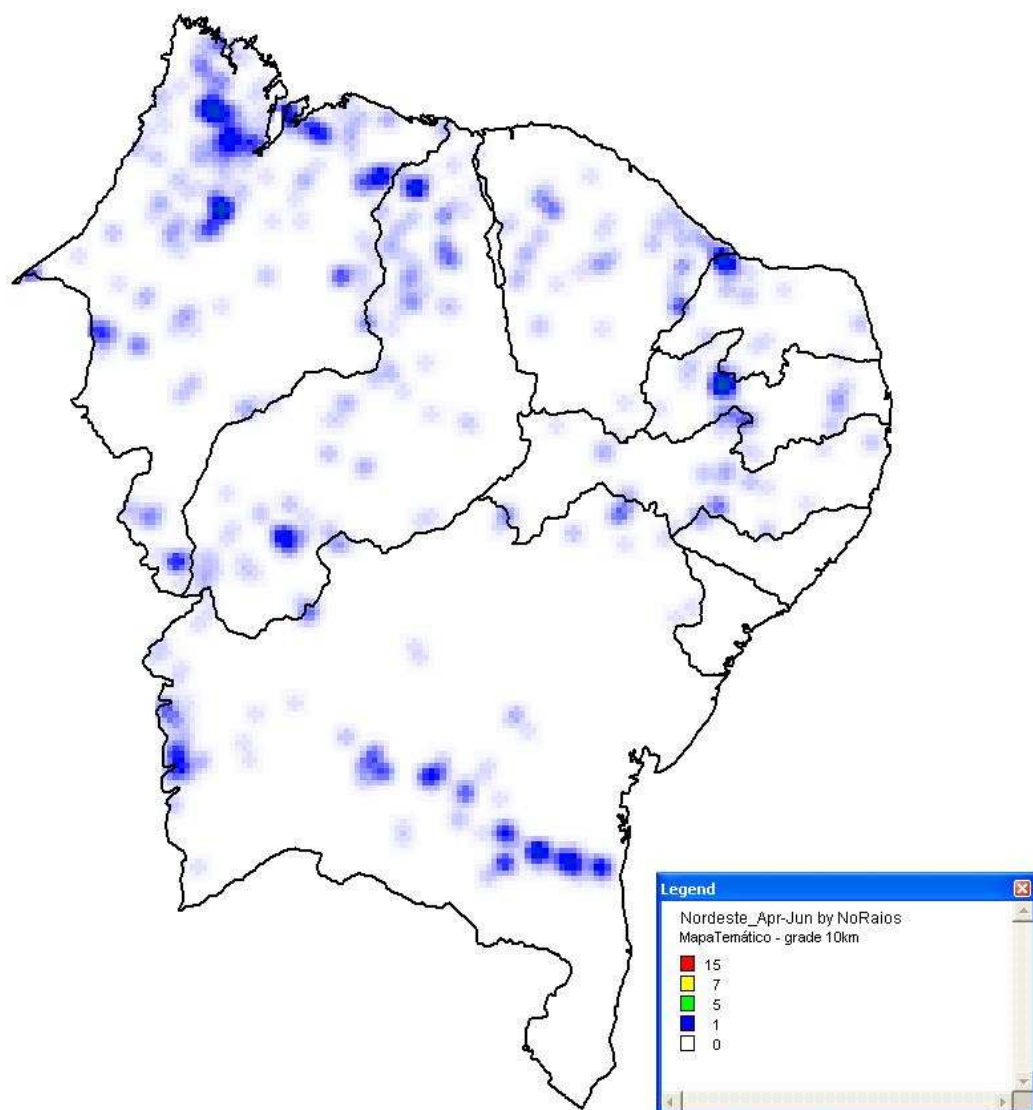
**Figura 130 – Gráfico da intensidade média da radiação em 1999**



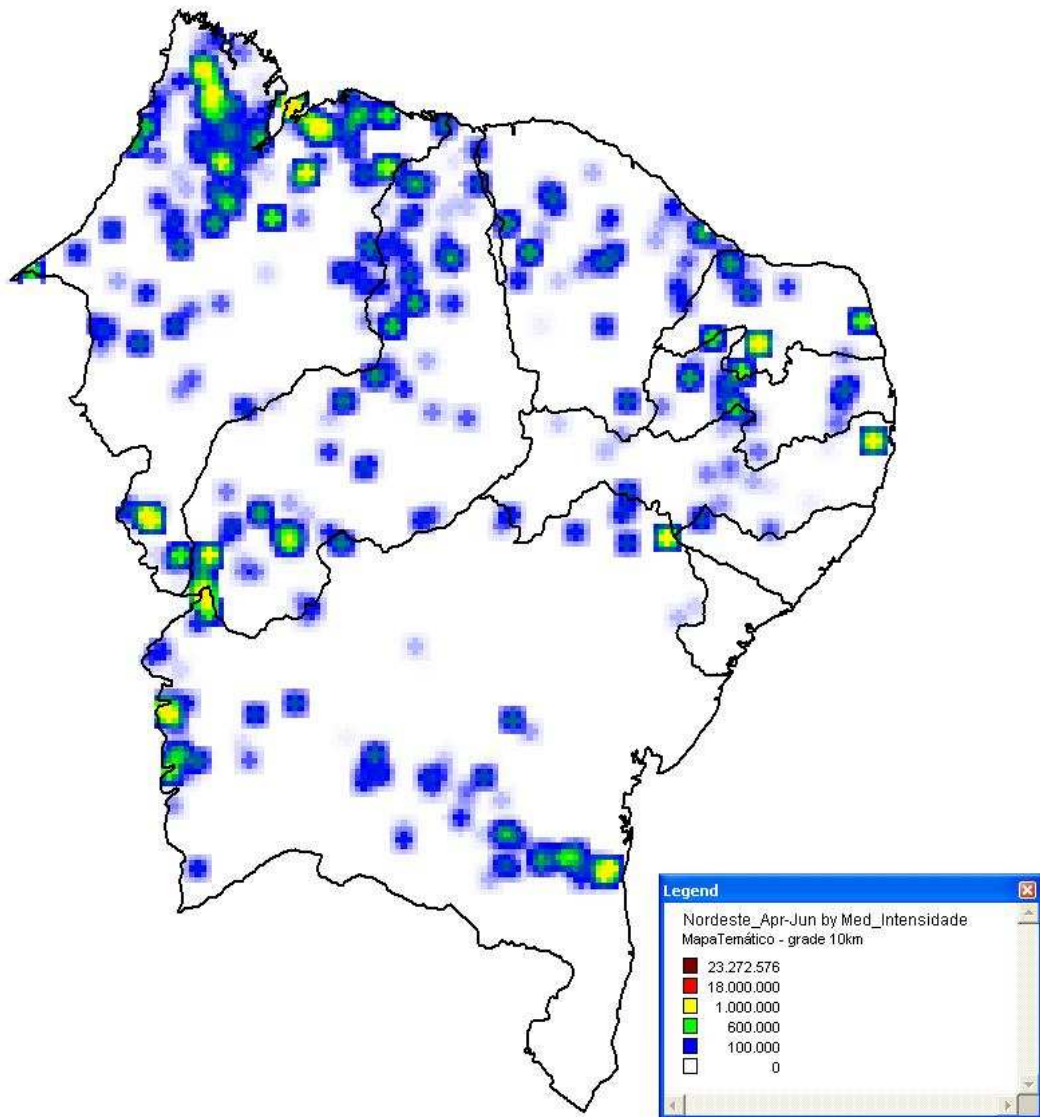
**Figura 131 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2000**



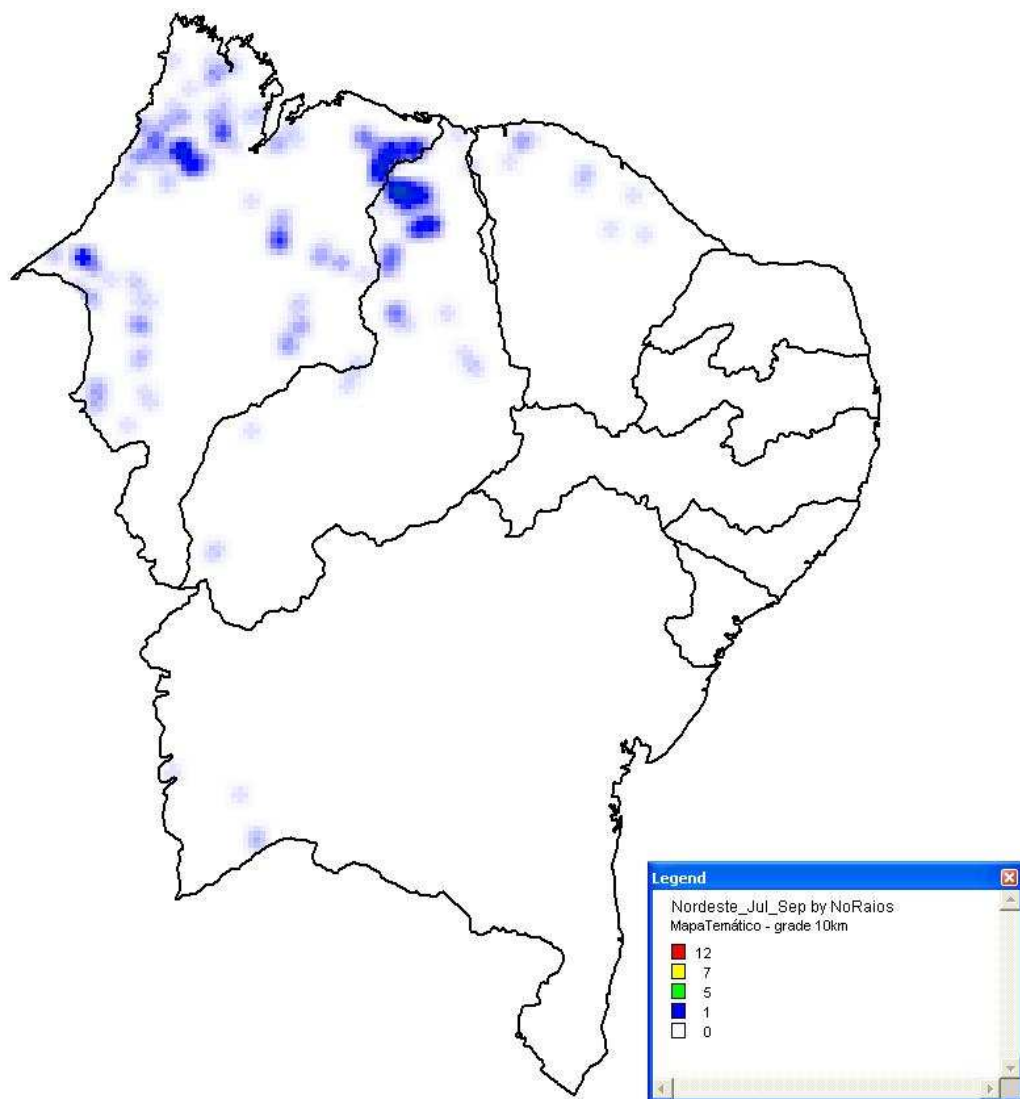
**Figura 132 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2000**



**Figura 133 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2000**

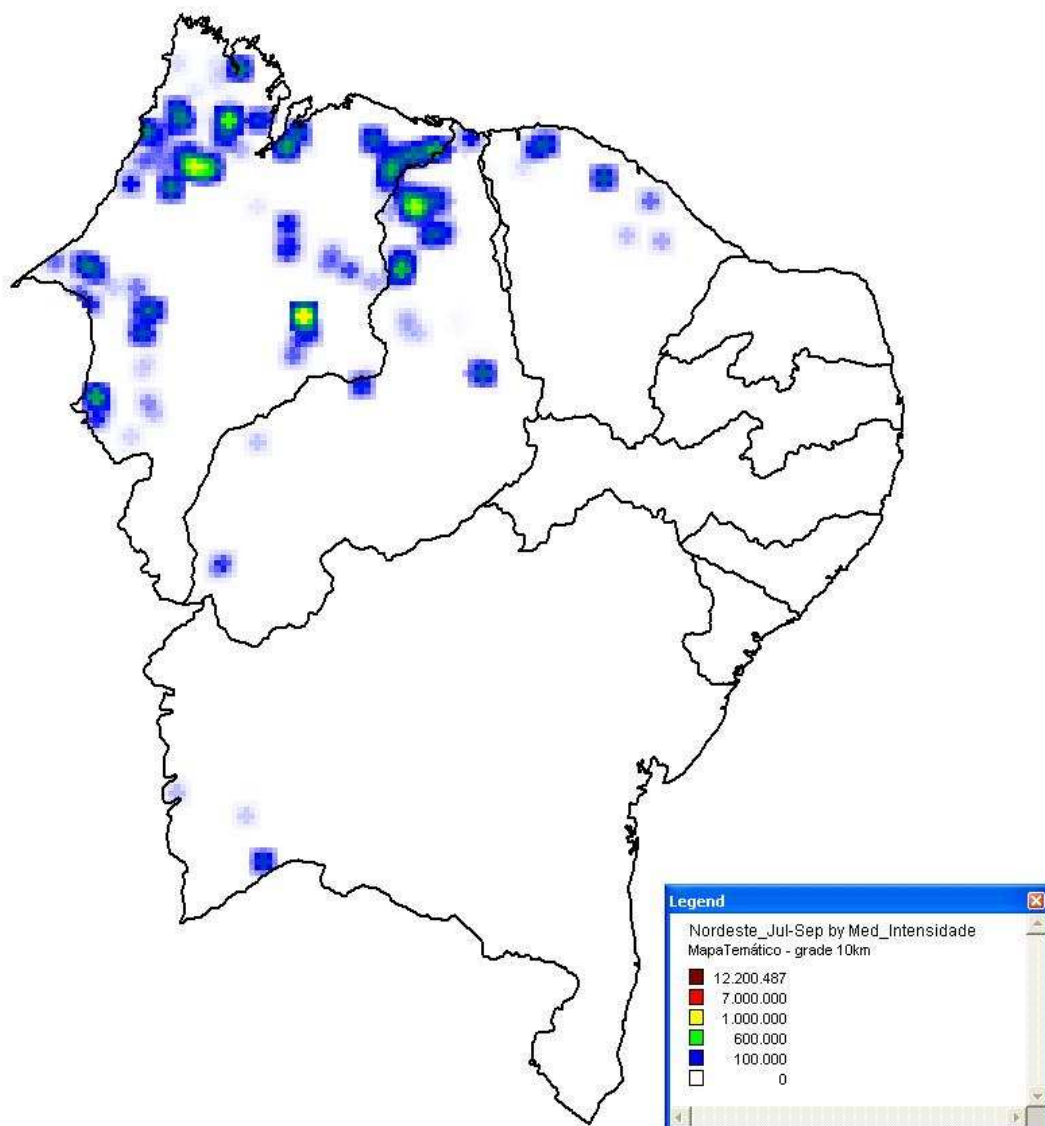


**Figura 134 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2000**

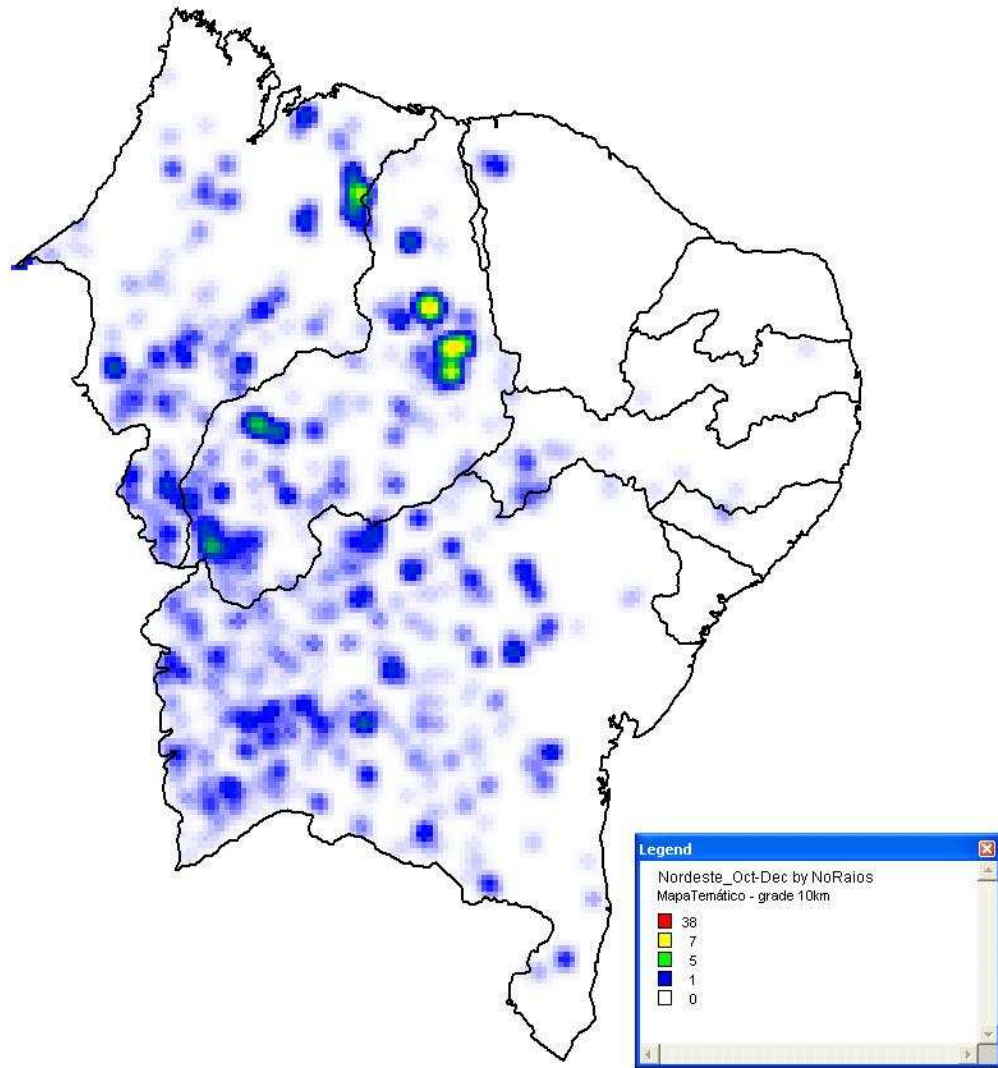


**Figura 135 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2000**

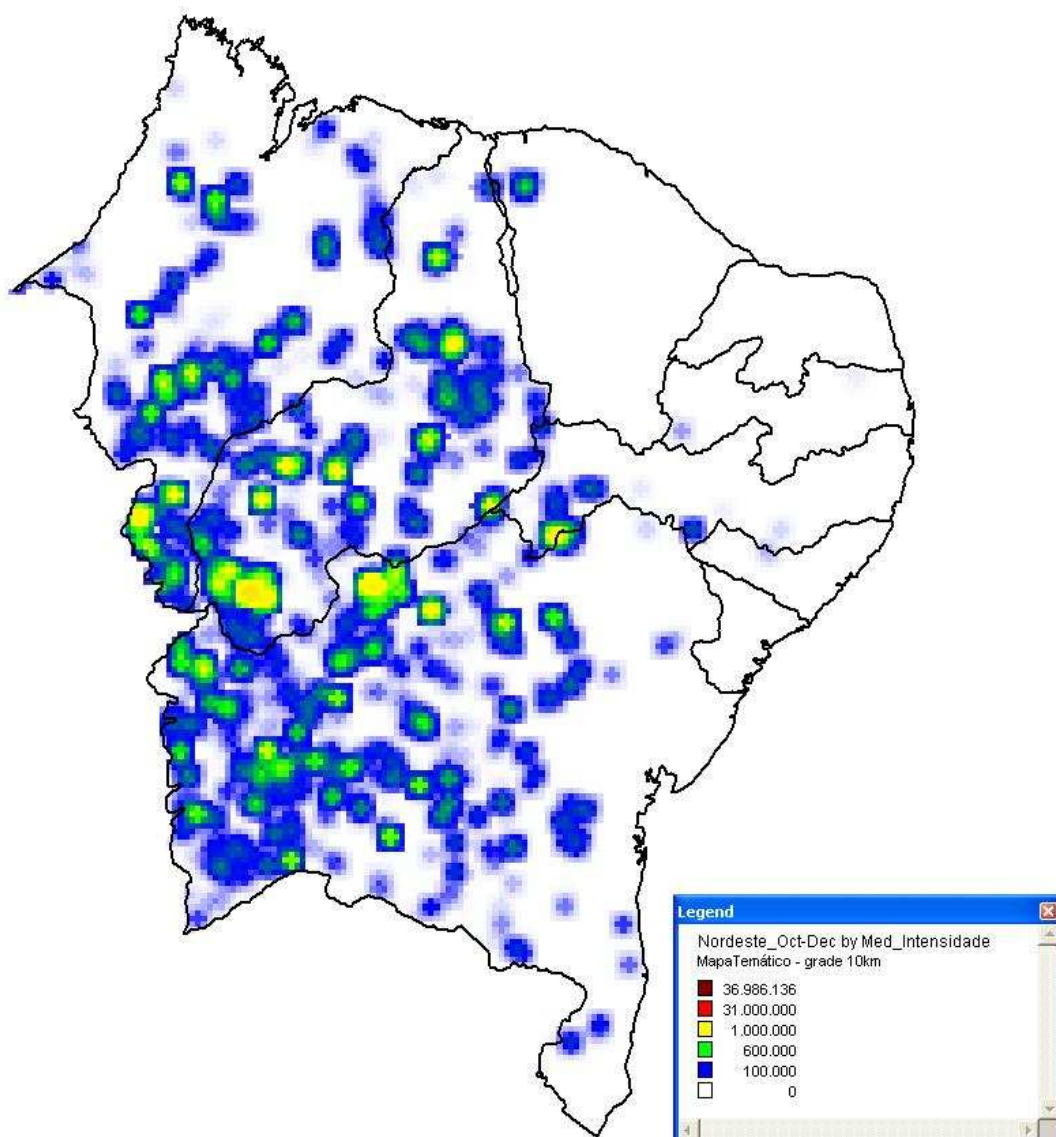




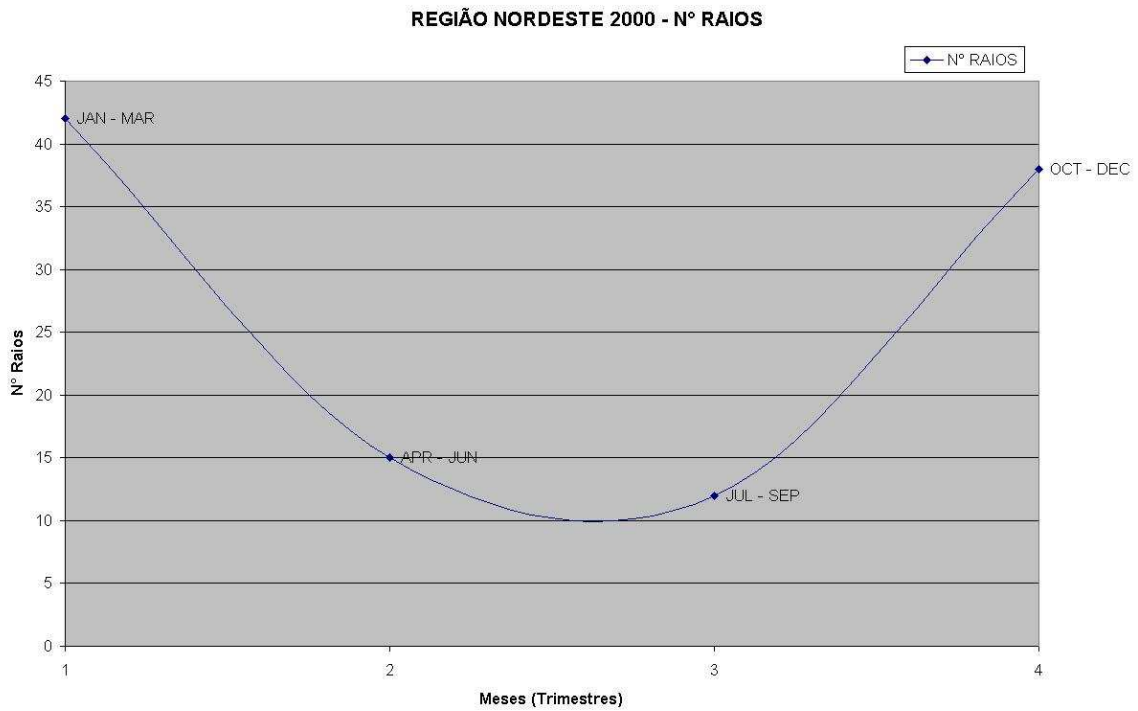
**Figura 136 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2000**



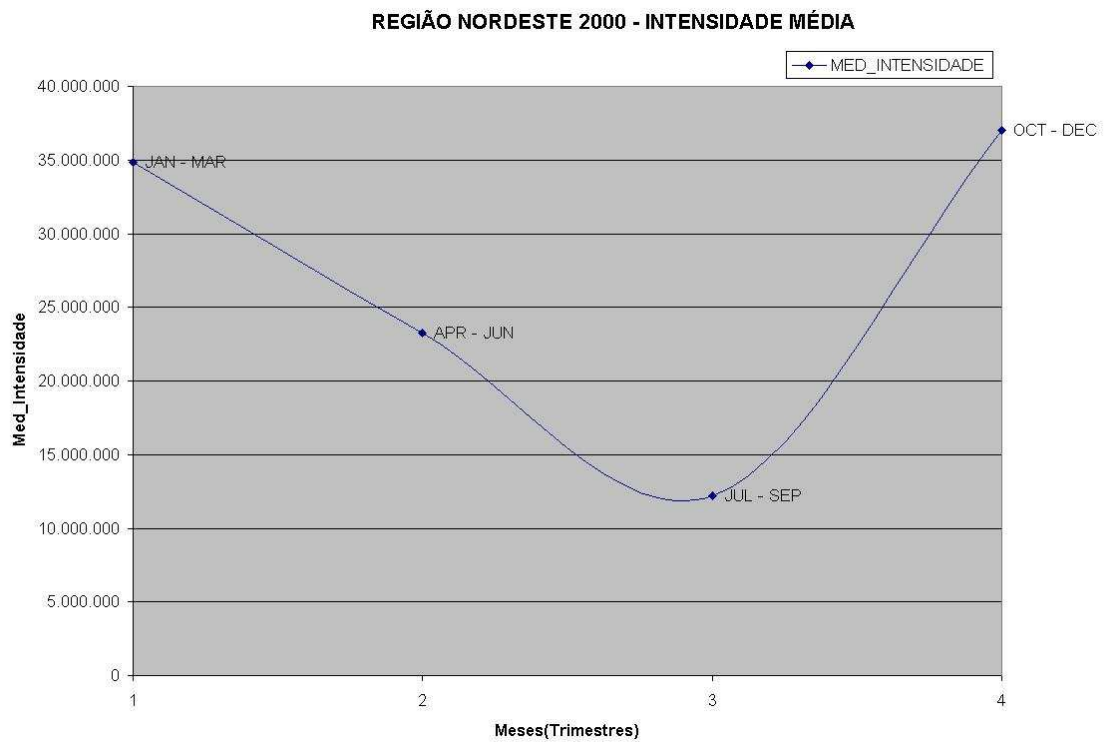
**Figura 137 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2000**



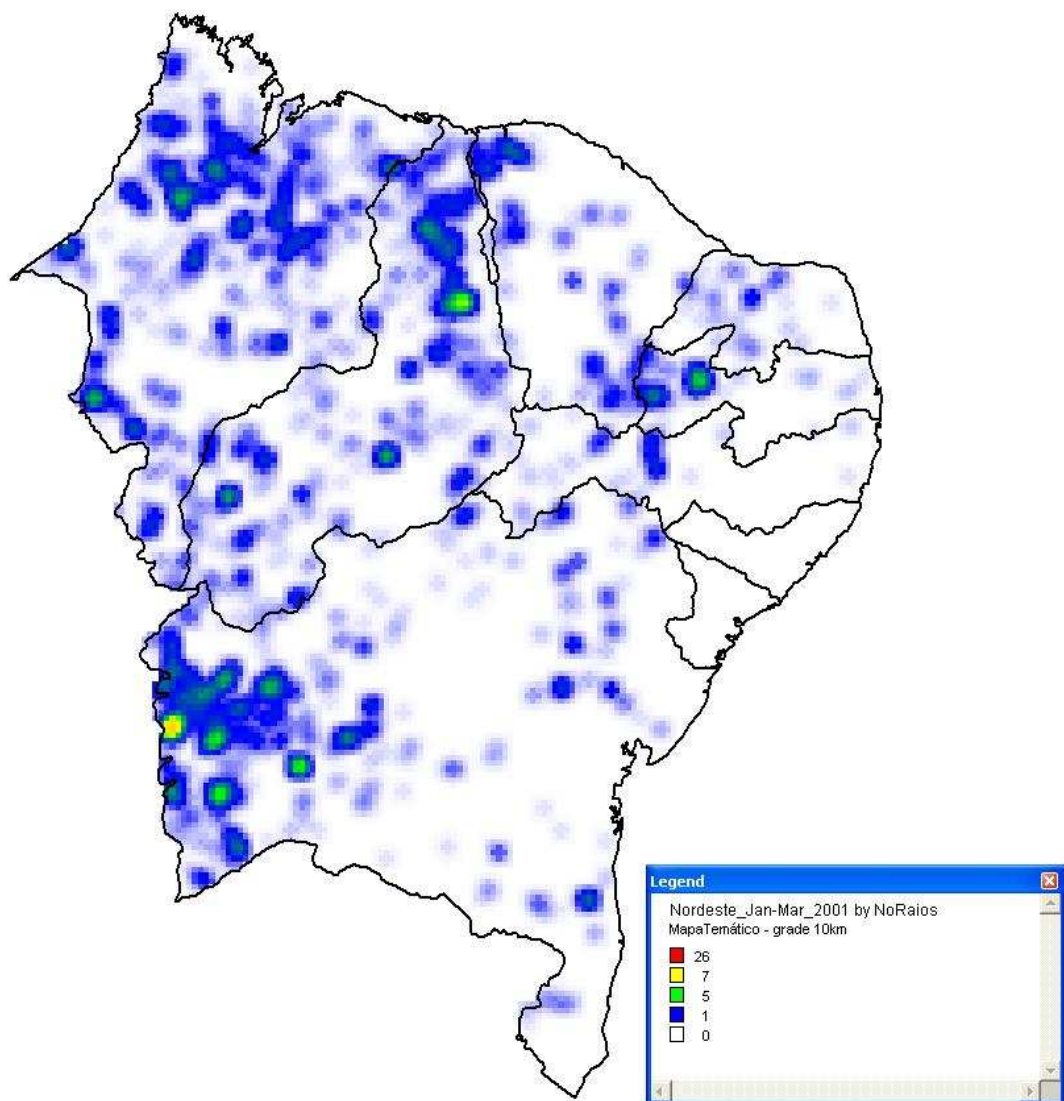
**Figura 138 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2000**



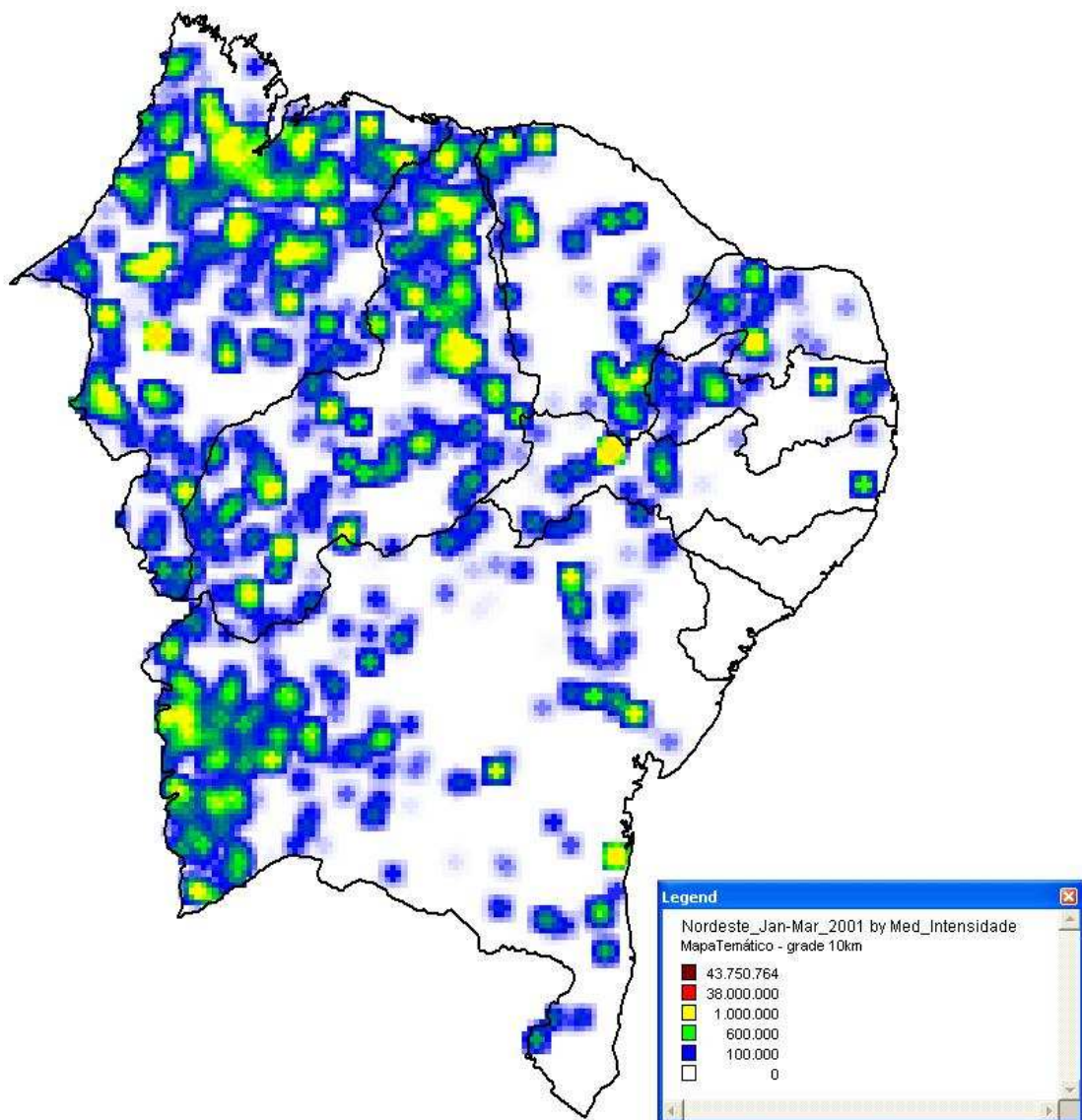
**Figura 139 – Gráfico do número de raios em 2000**



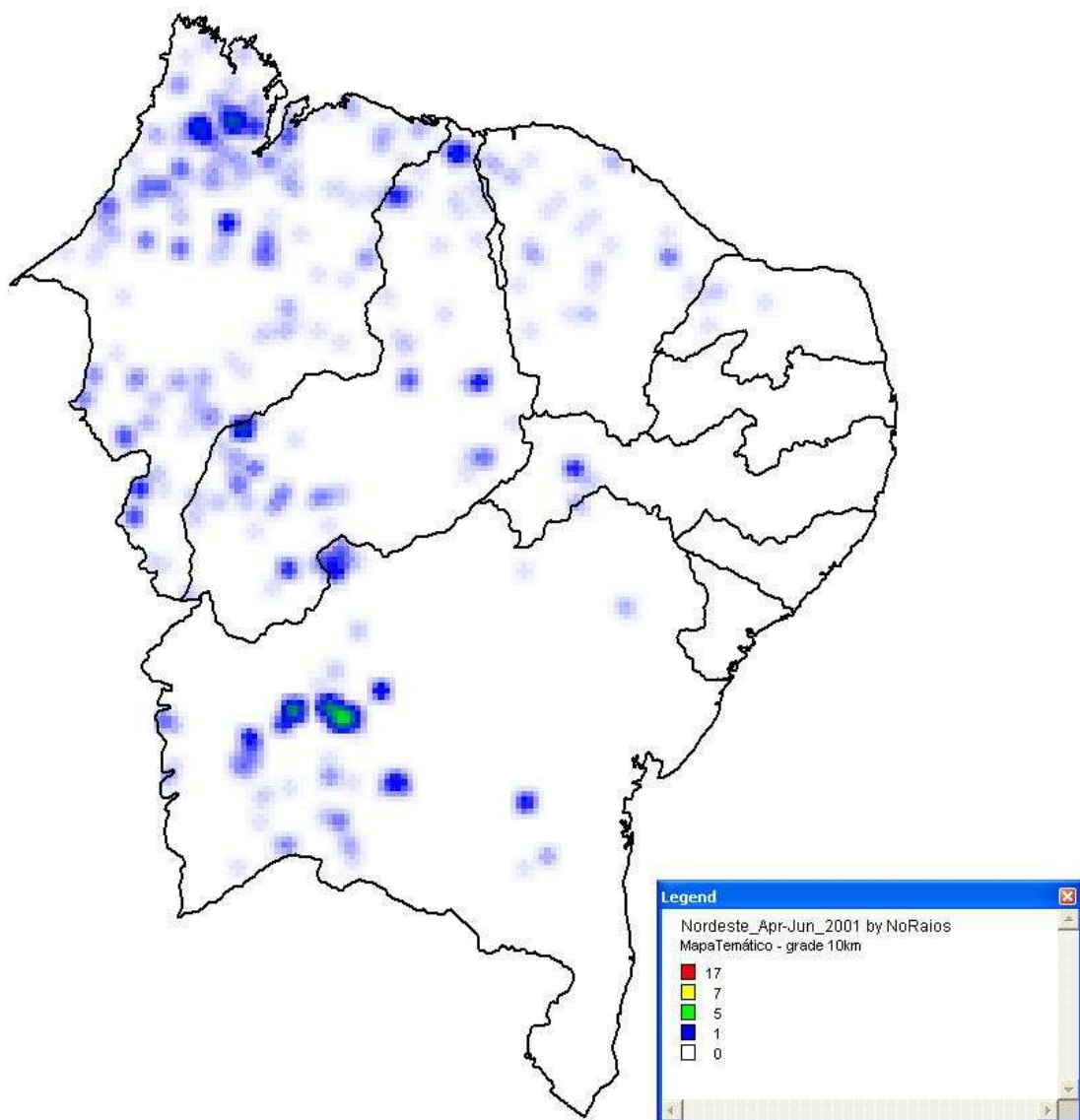
**Figura 140 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2000**



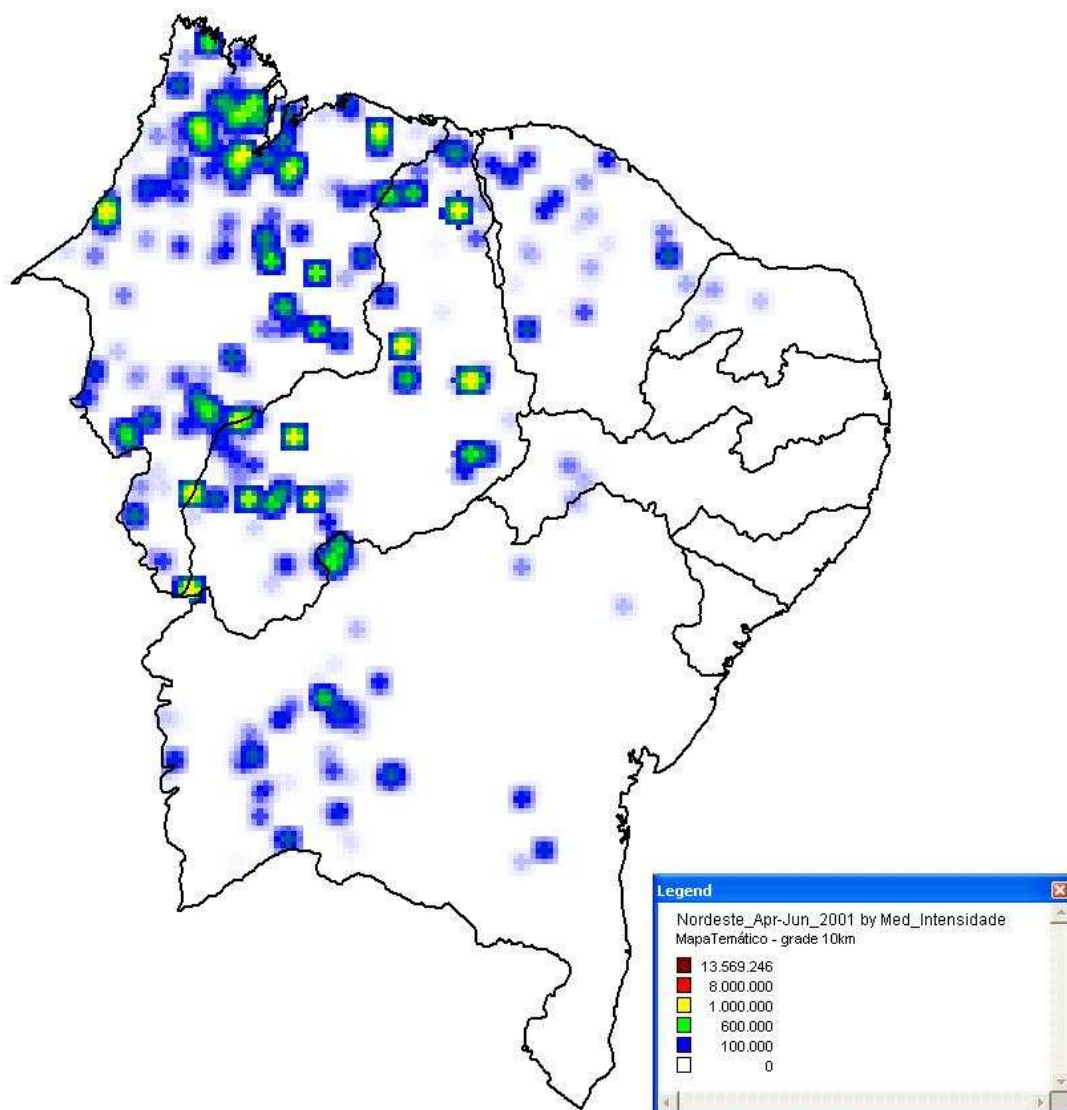
**Figura 141 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2001**



**Figura 142 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2001**

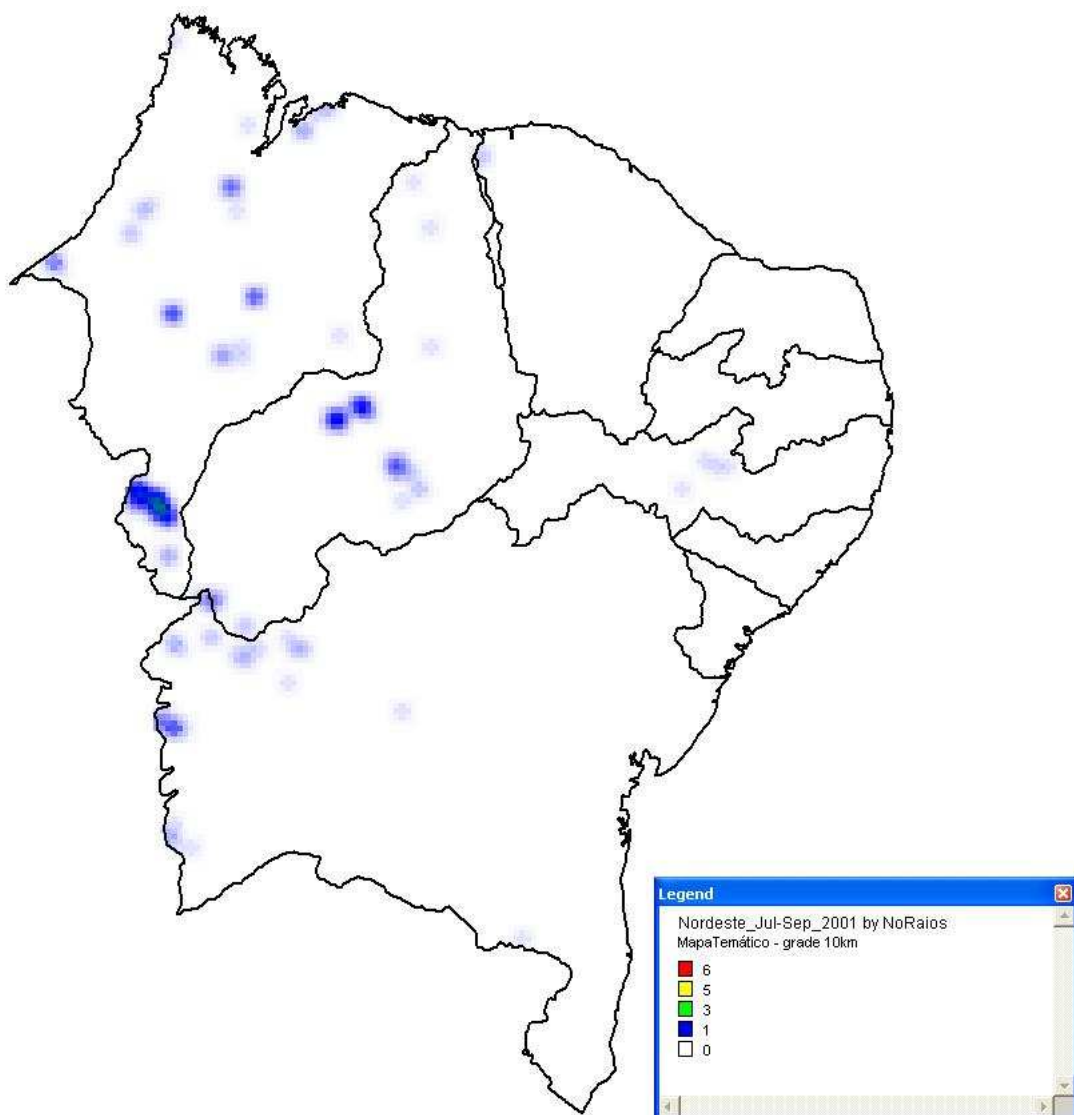


**Figura 143 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2001**

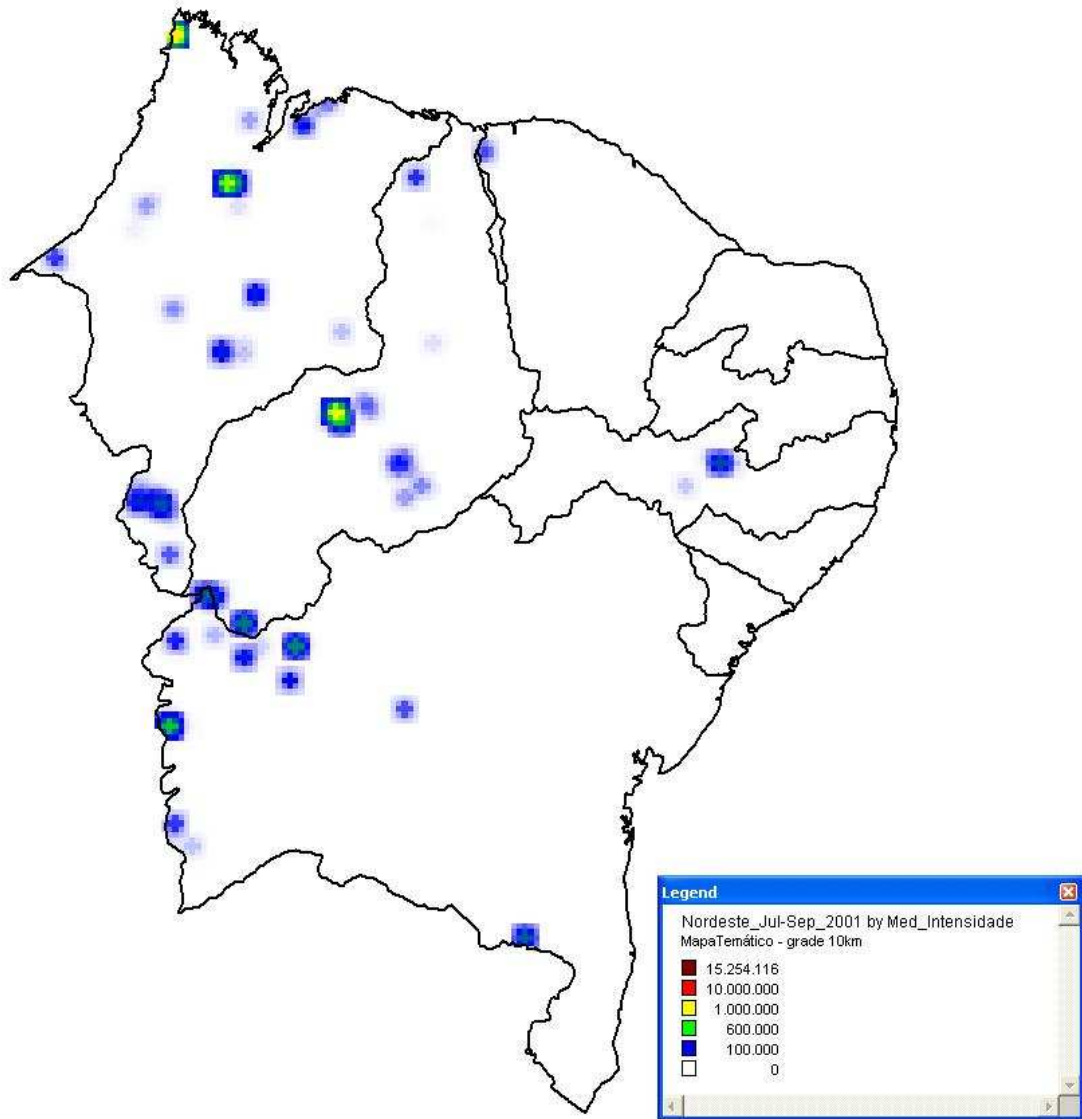


**Figura 144 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2001**

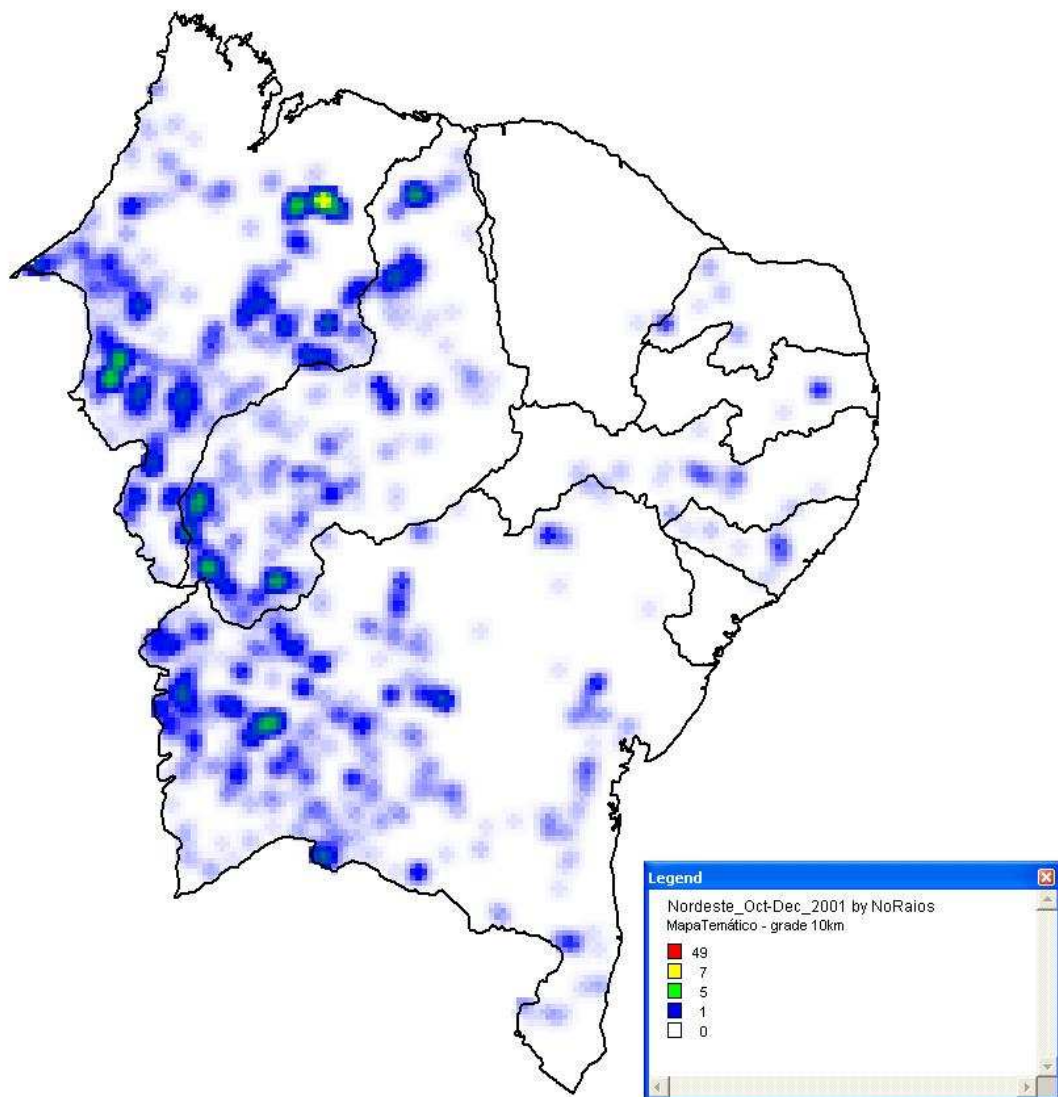




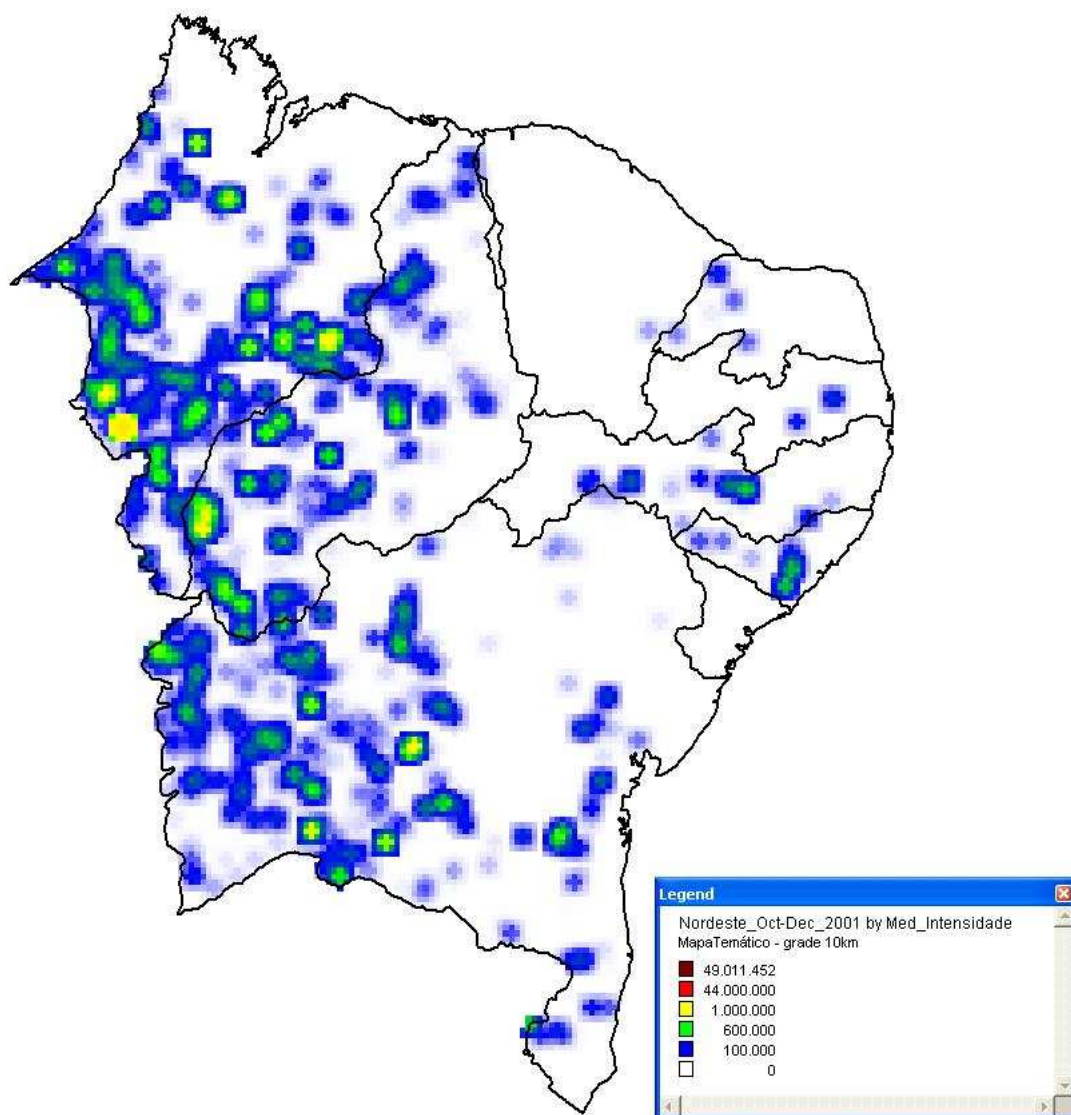
**Figura 145 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2001**



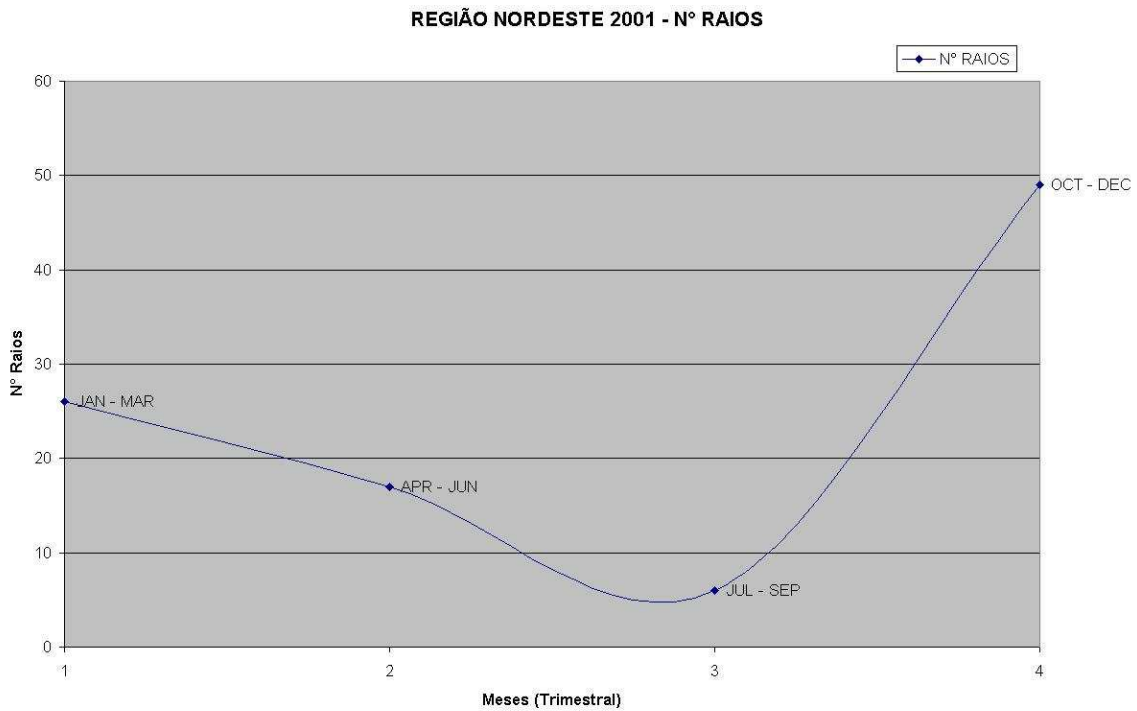
**Figura 146 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2001**



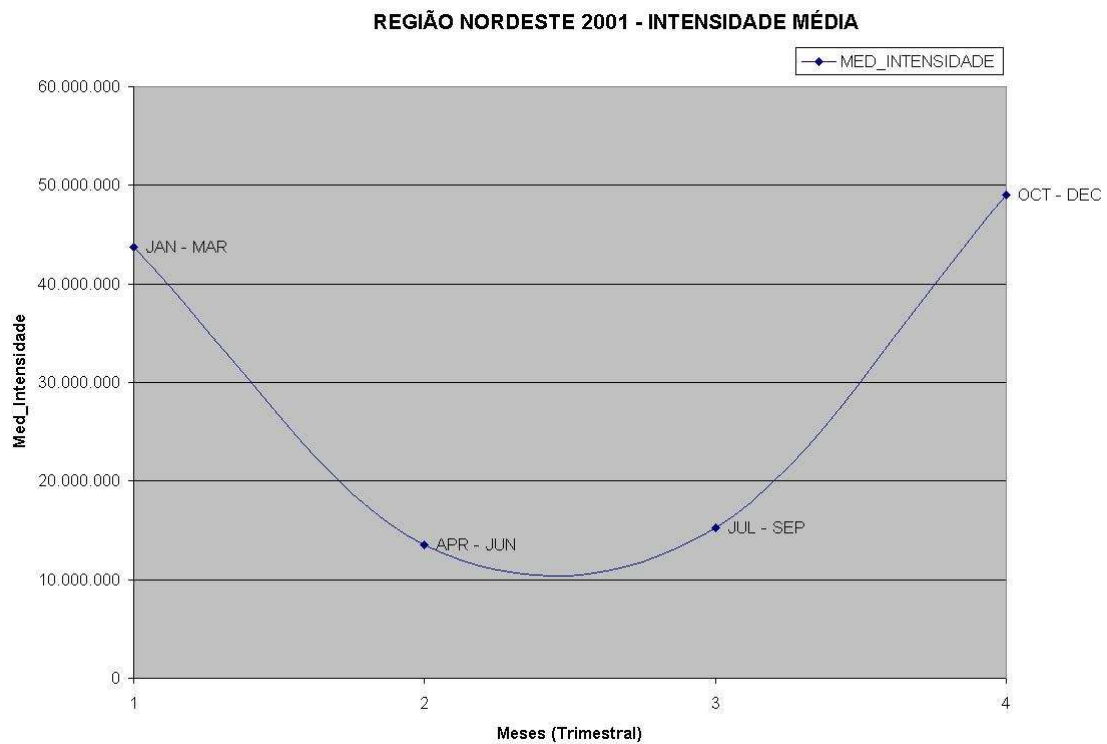
**Figura 147 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2001**



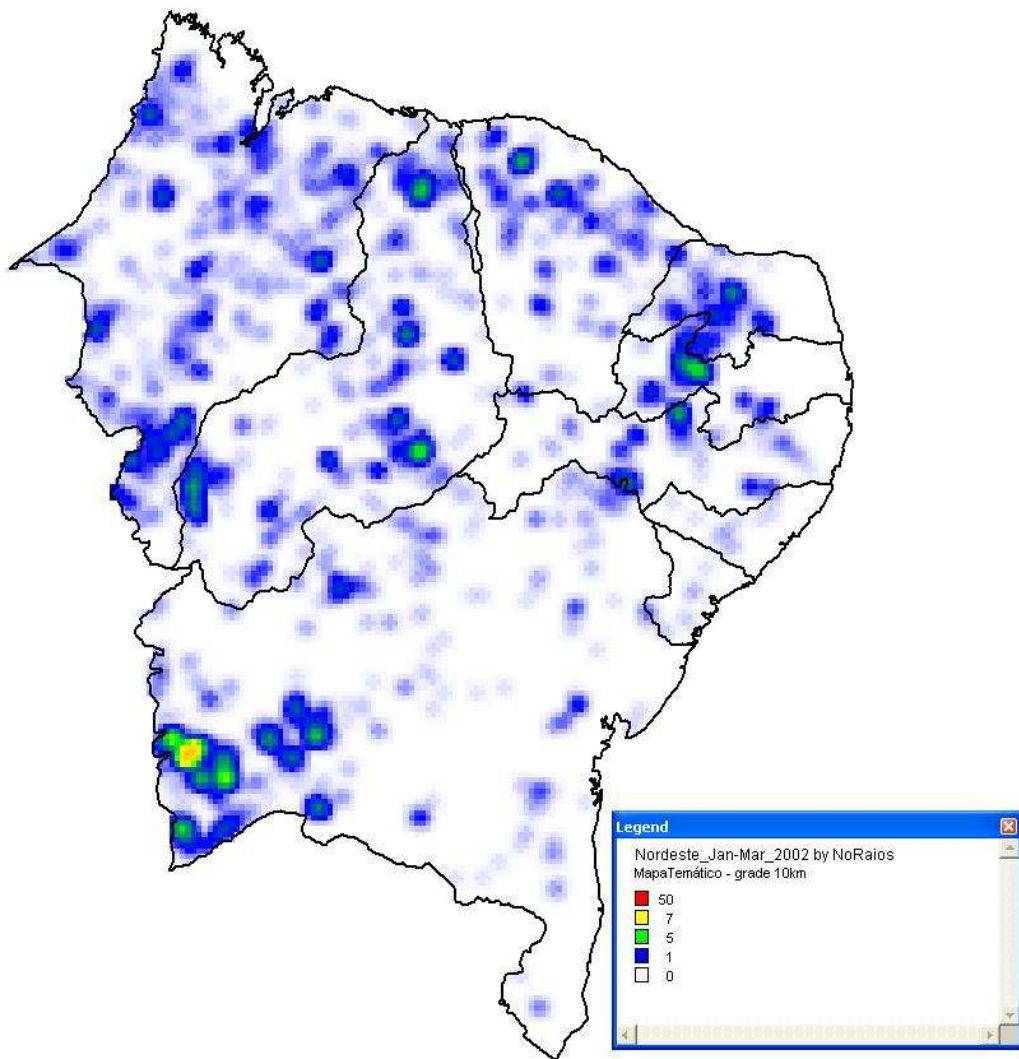
**Figura 148 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2001**



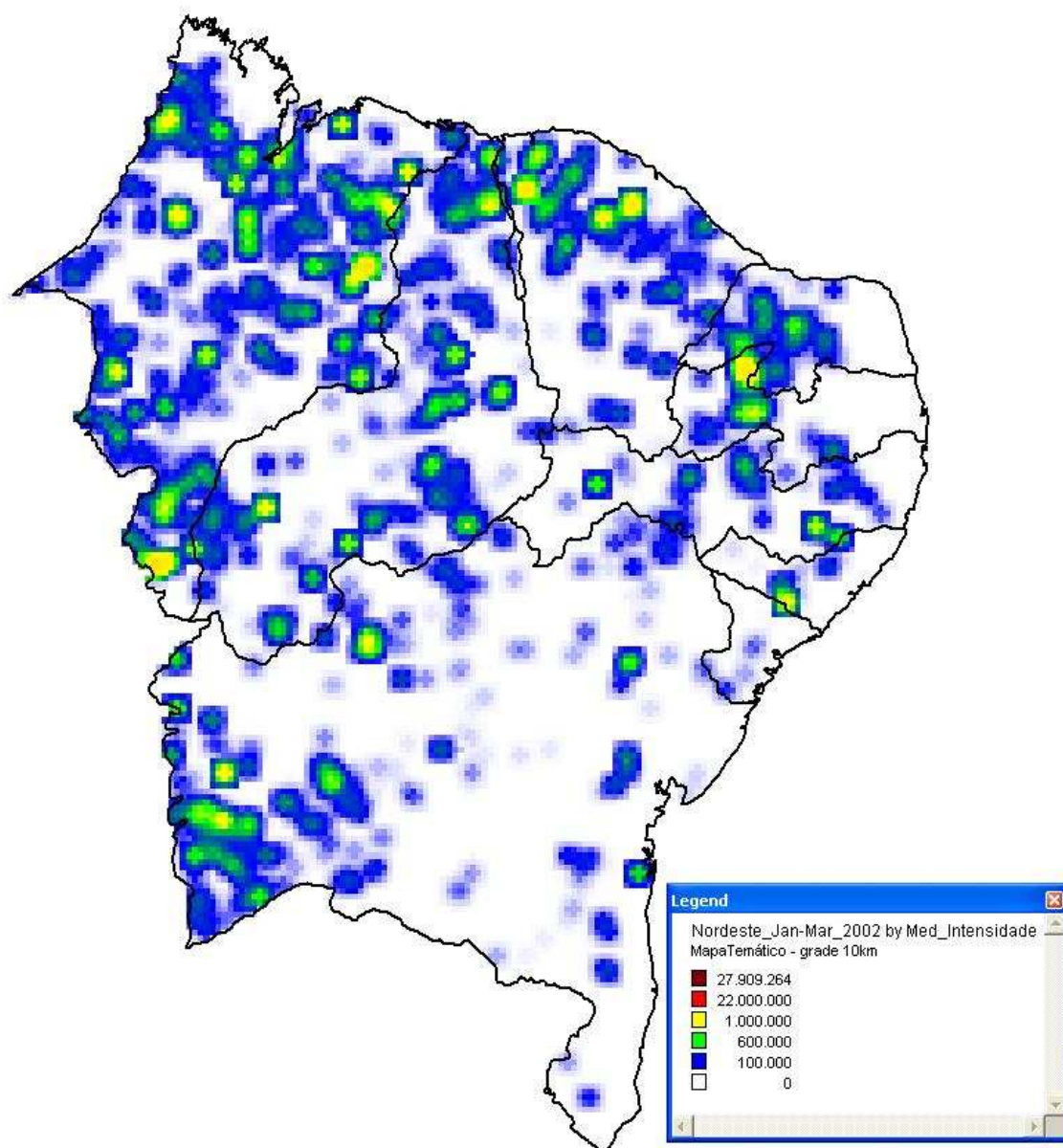
**Figura 149 – Gráfico do número de raios em 2001**



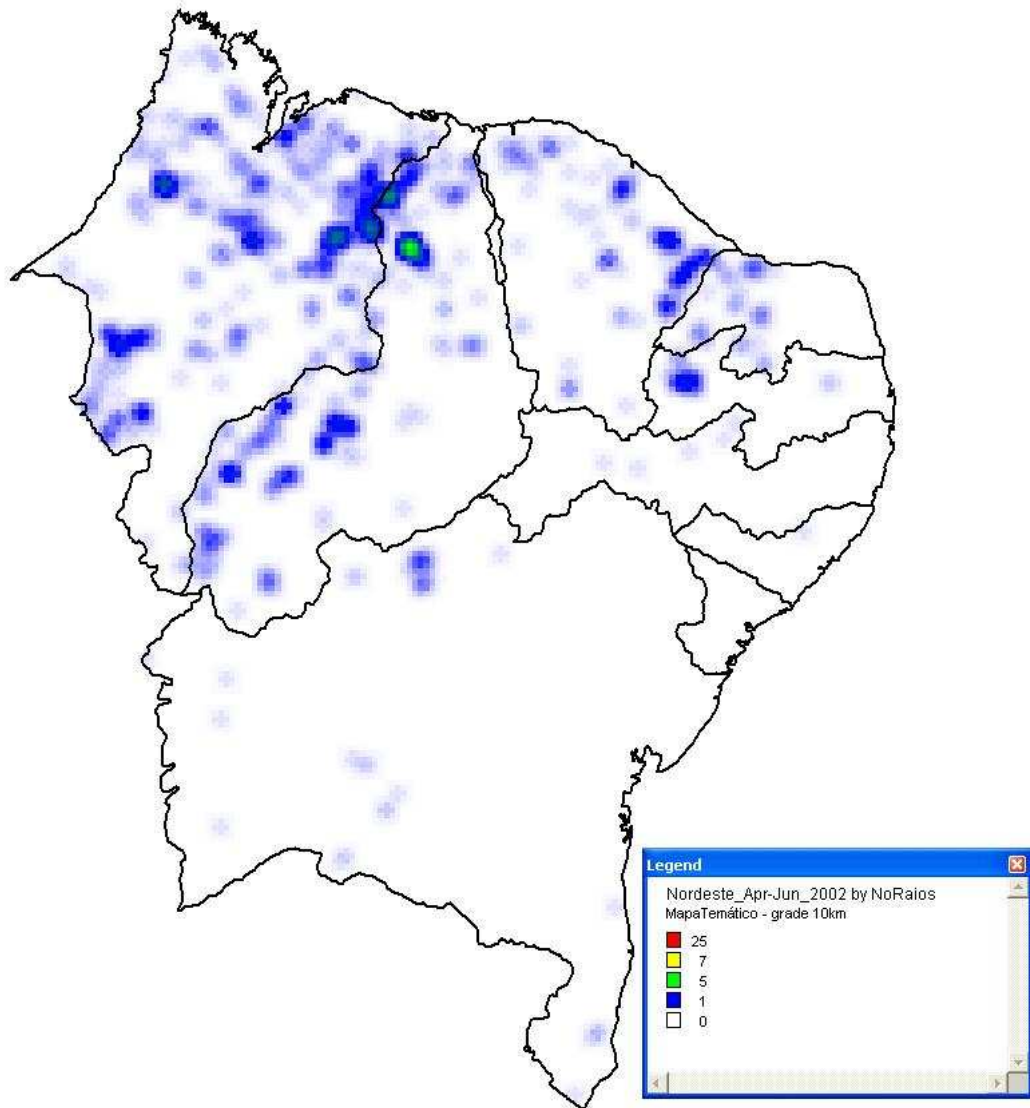
**Figura 150 – Gráfico da intensidade média de radiância em 2001**



**Figura 151 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2002**

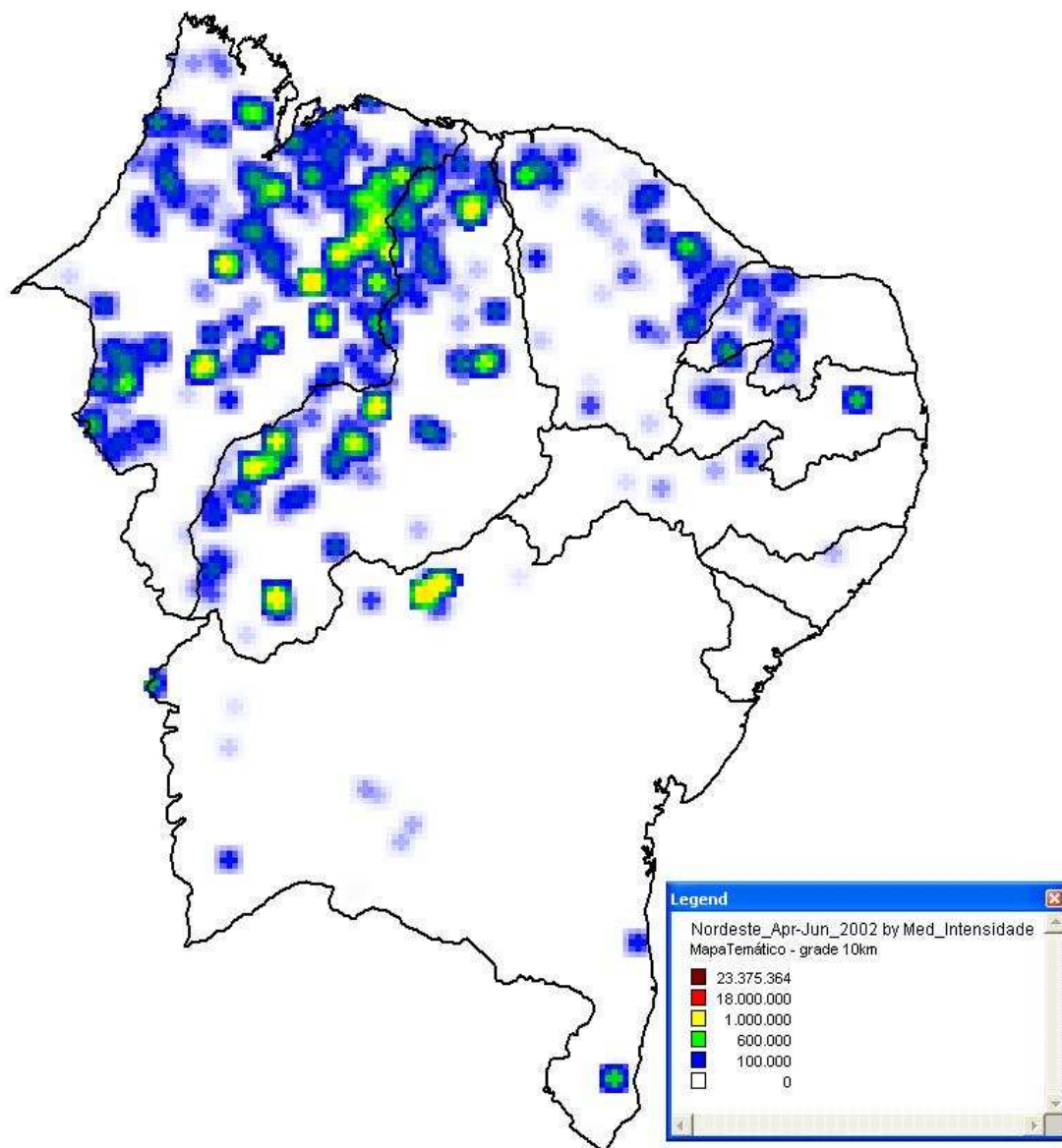


**Figura 152 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2002**

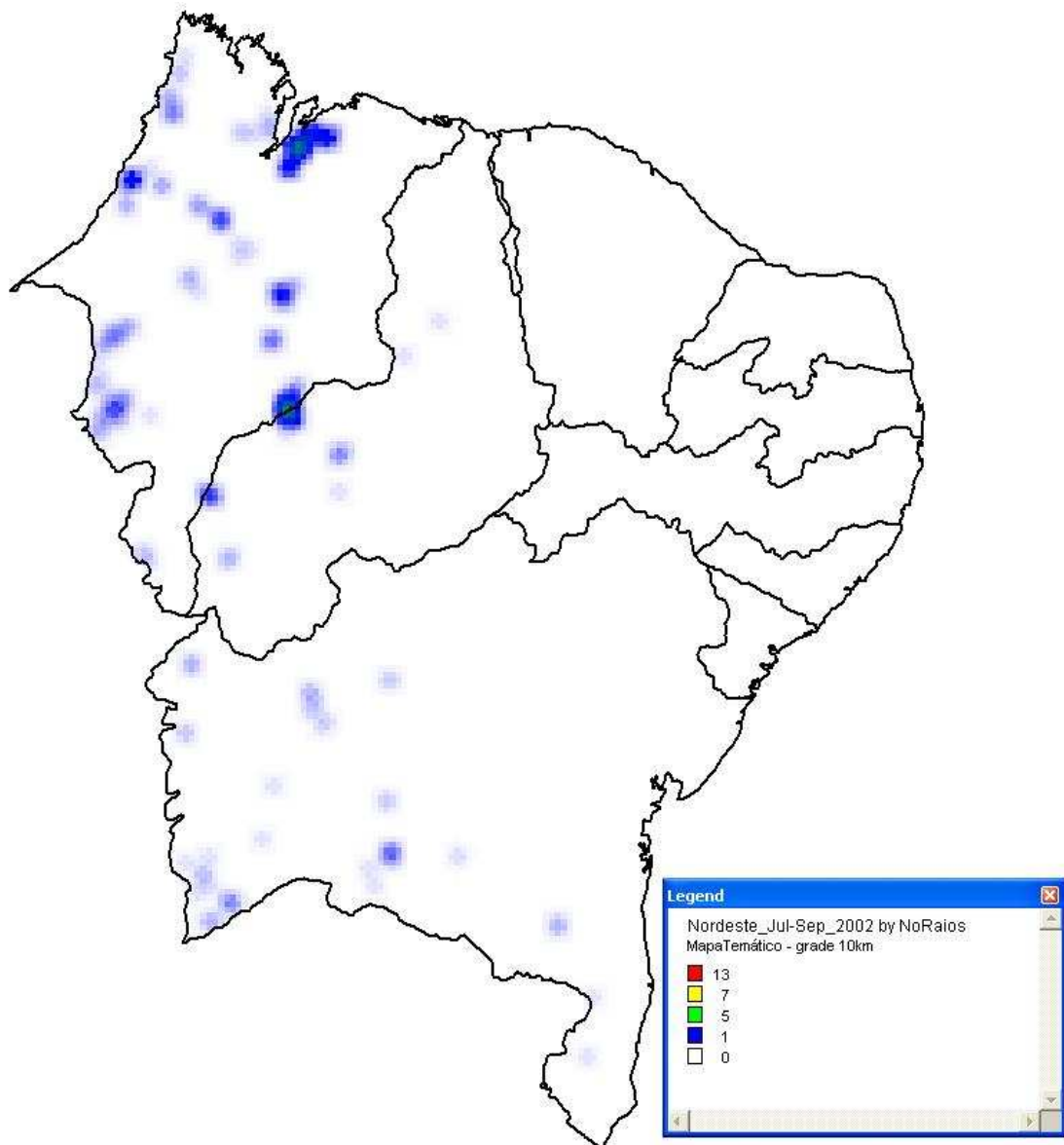


**Figura 153 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2002**

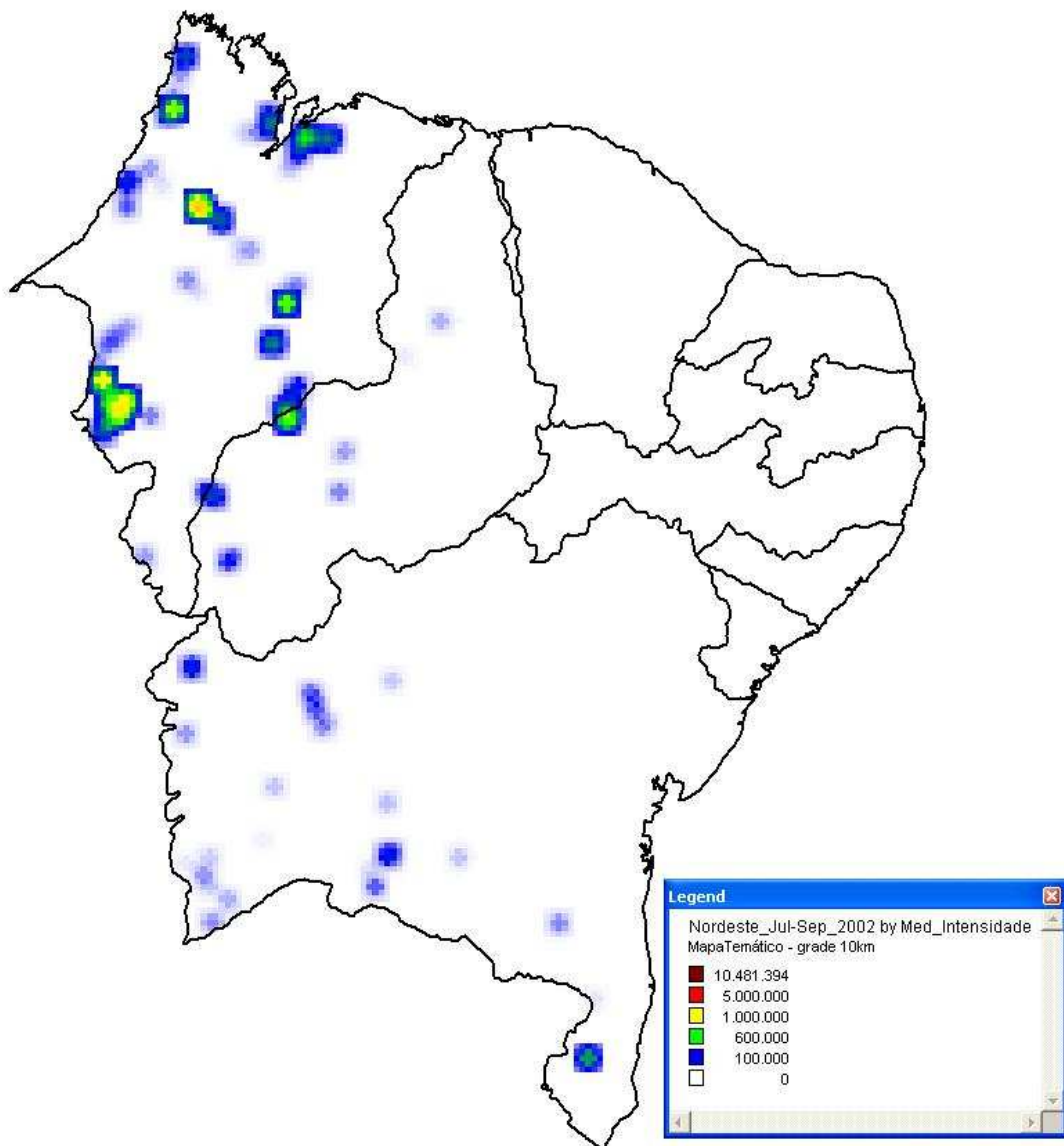




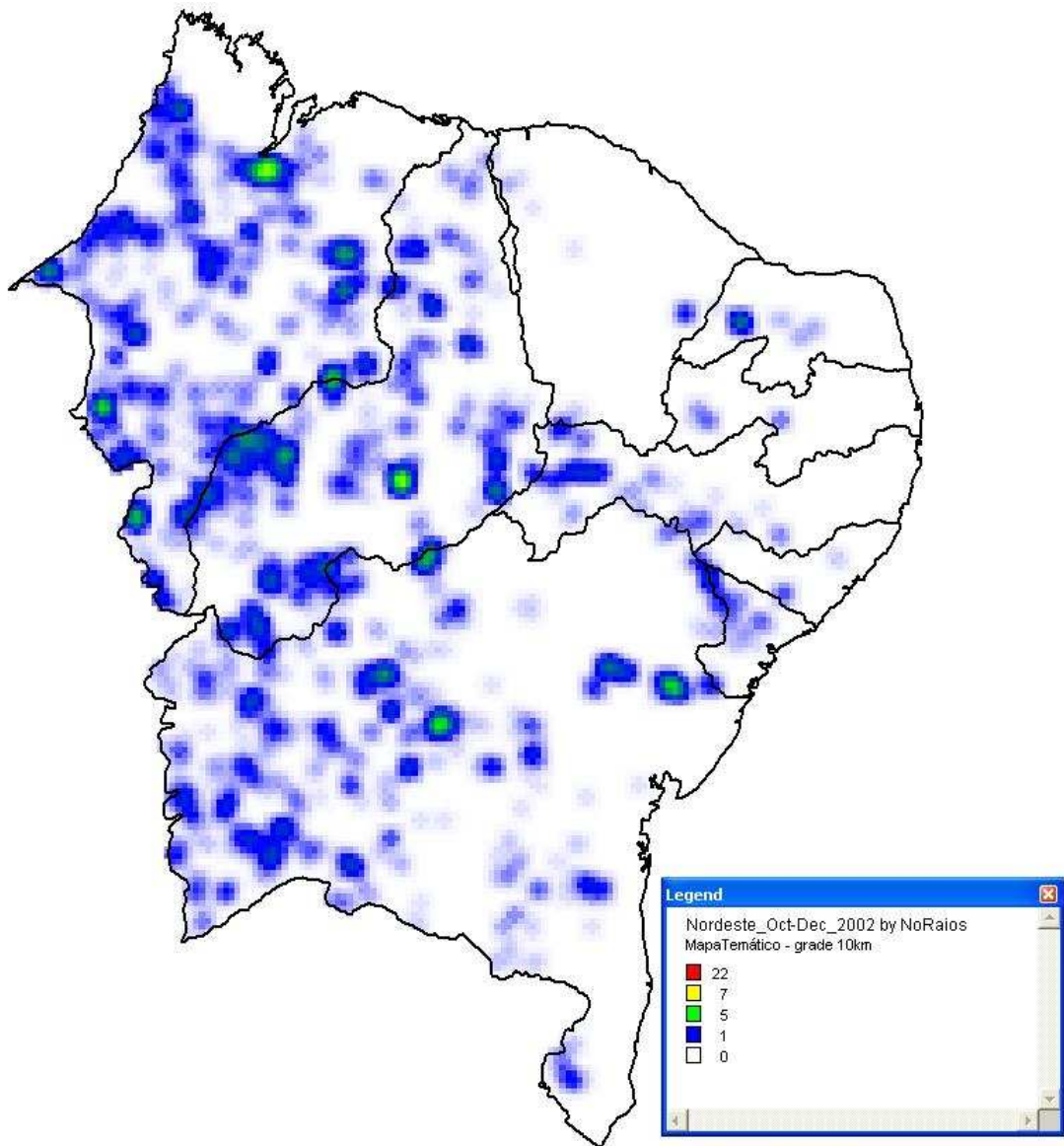
**Figura 154 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2002**



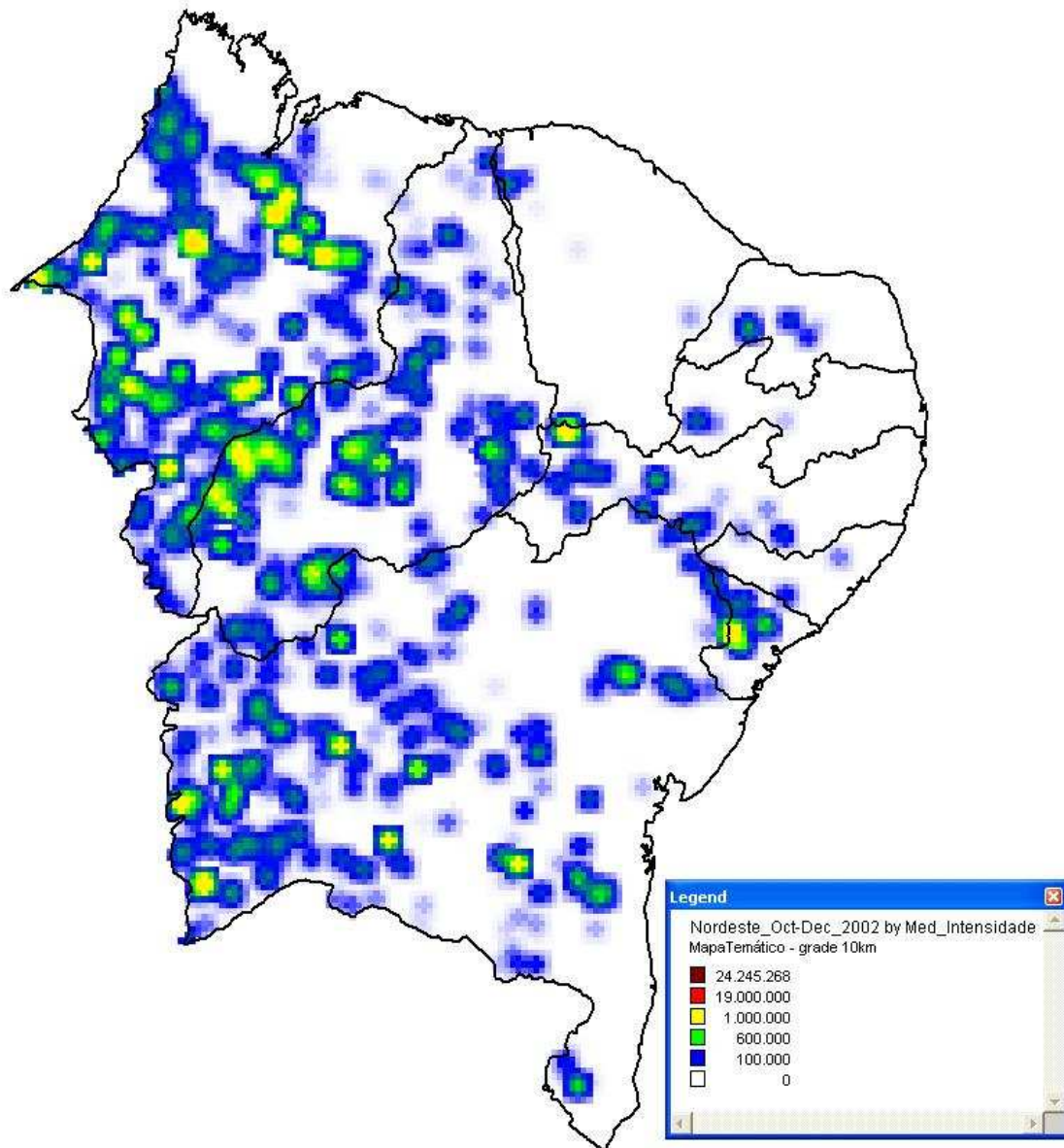
**Figura 155 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2002**



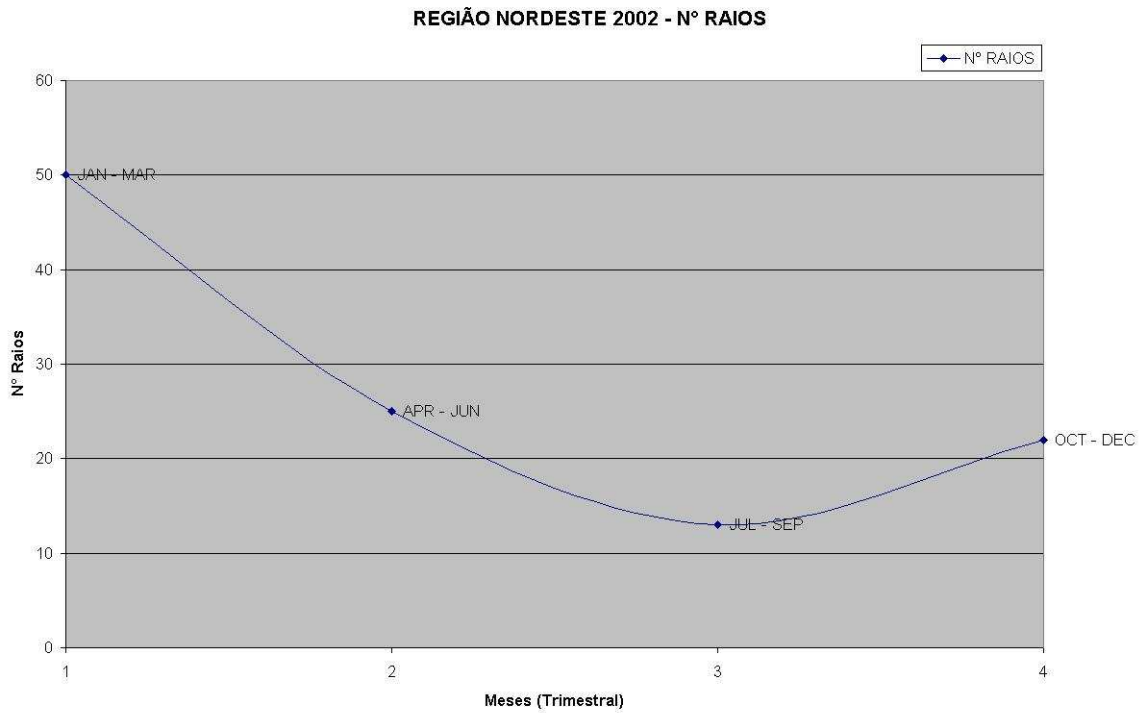
**Figura 156 - Intensidade média da radiância no trimestre de Julho – Setembro 2002**



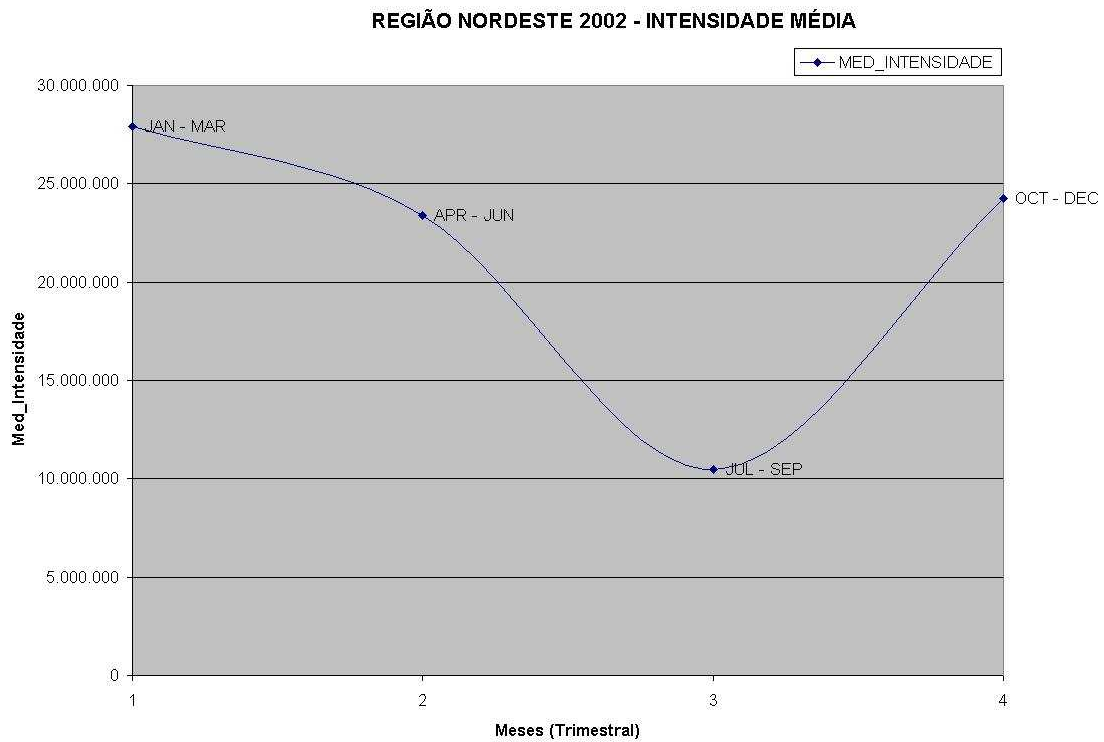
**Figura 157 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2002**



**Figura 158 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2002**



**Figura 159 – Gráfico do número de raios em 2002**



**Figura 160 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2002**

### 3.5 Região Norte

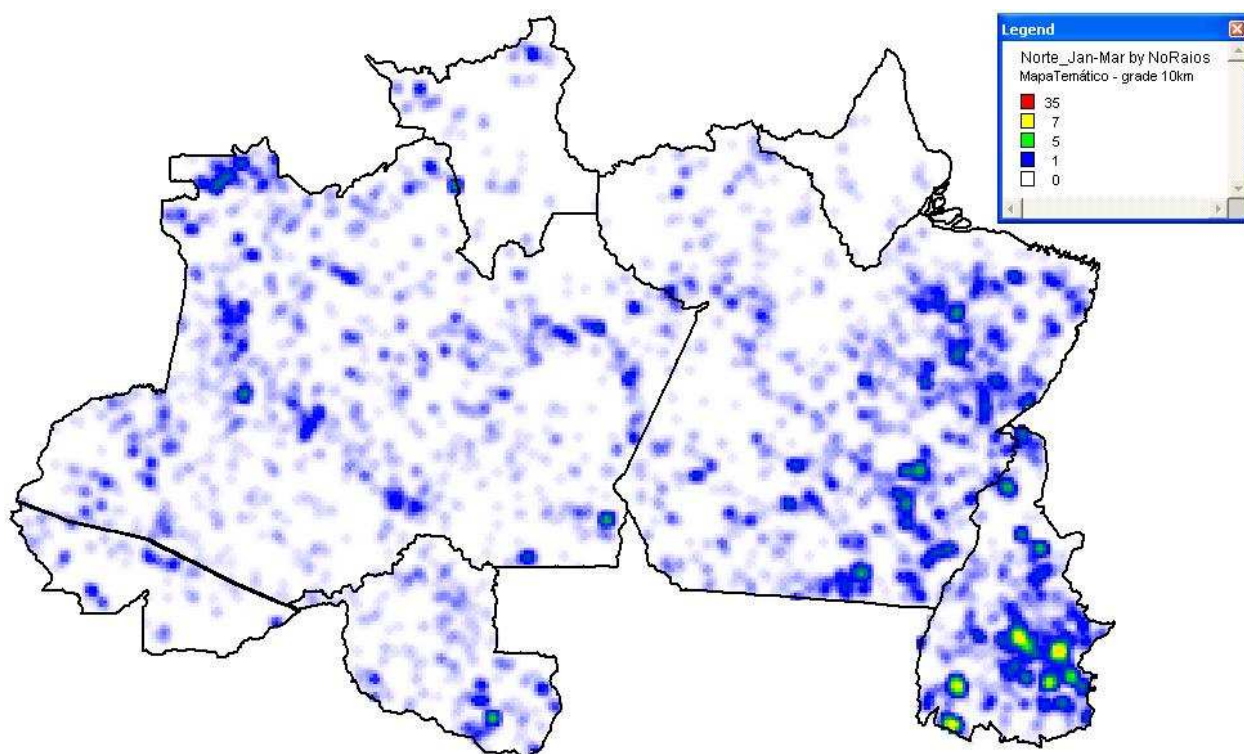


Figura 161 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 1999

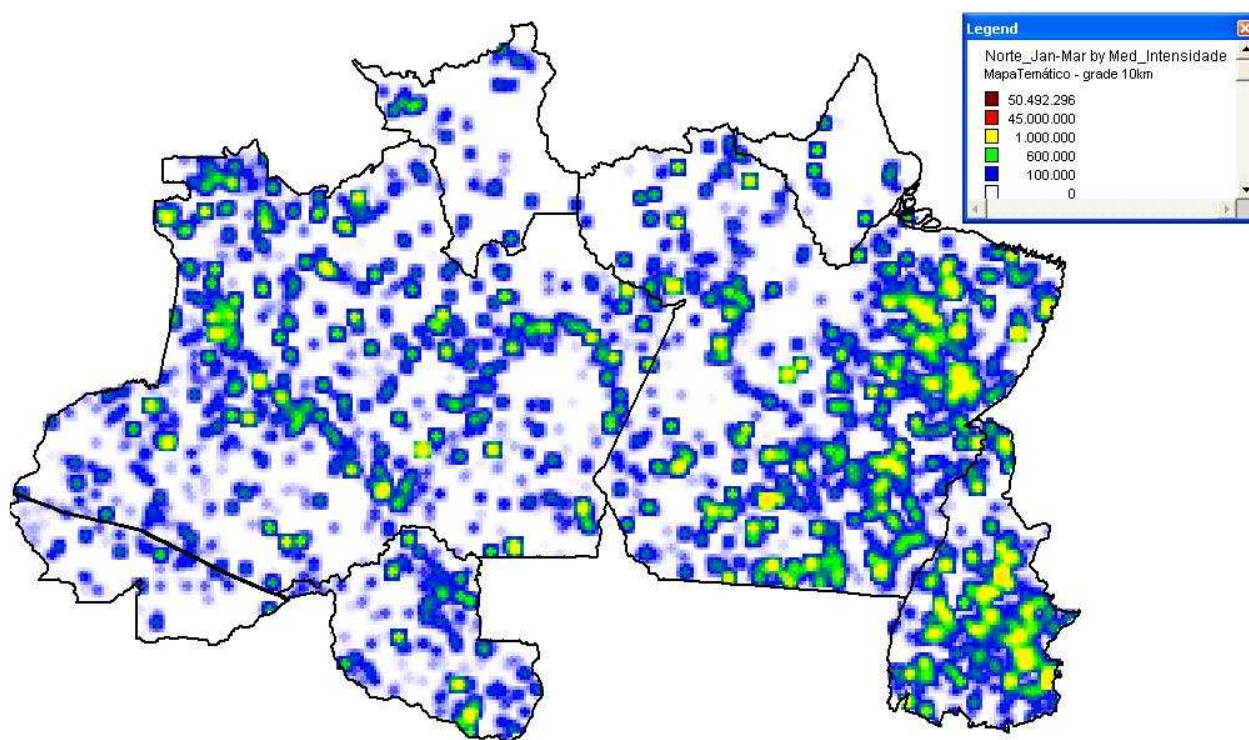
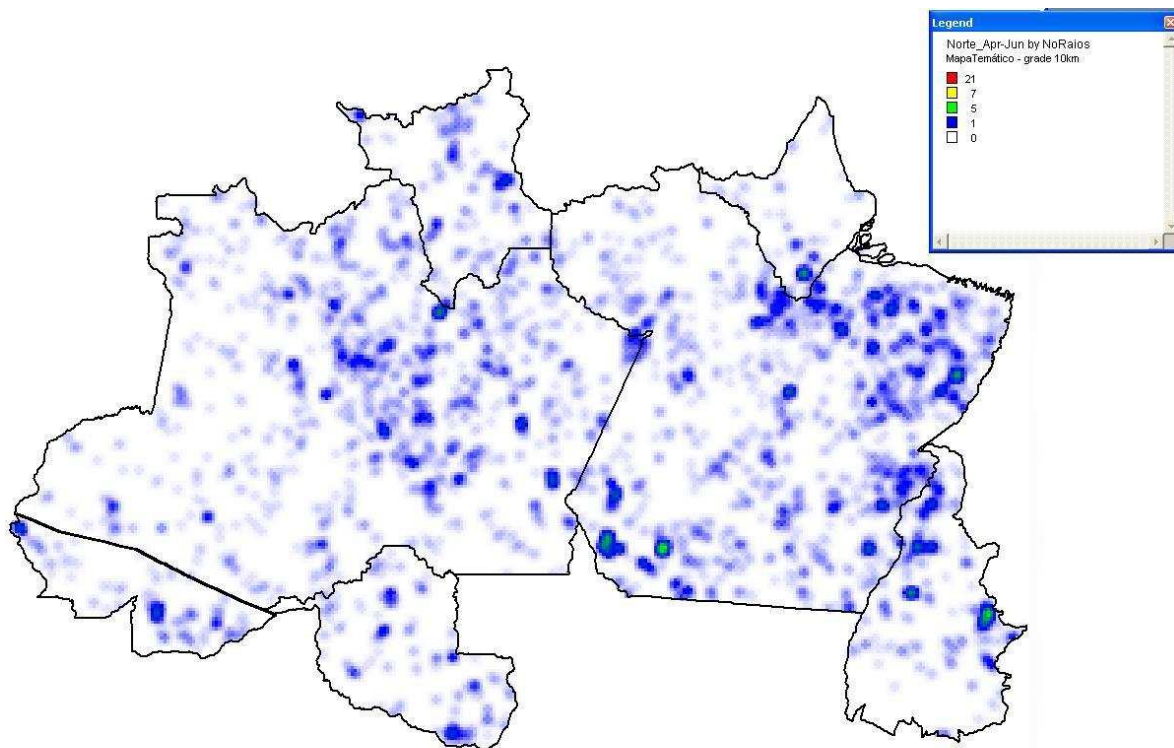
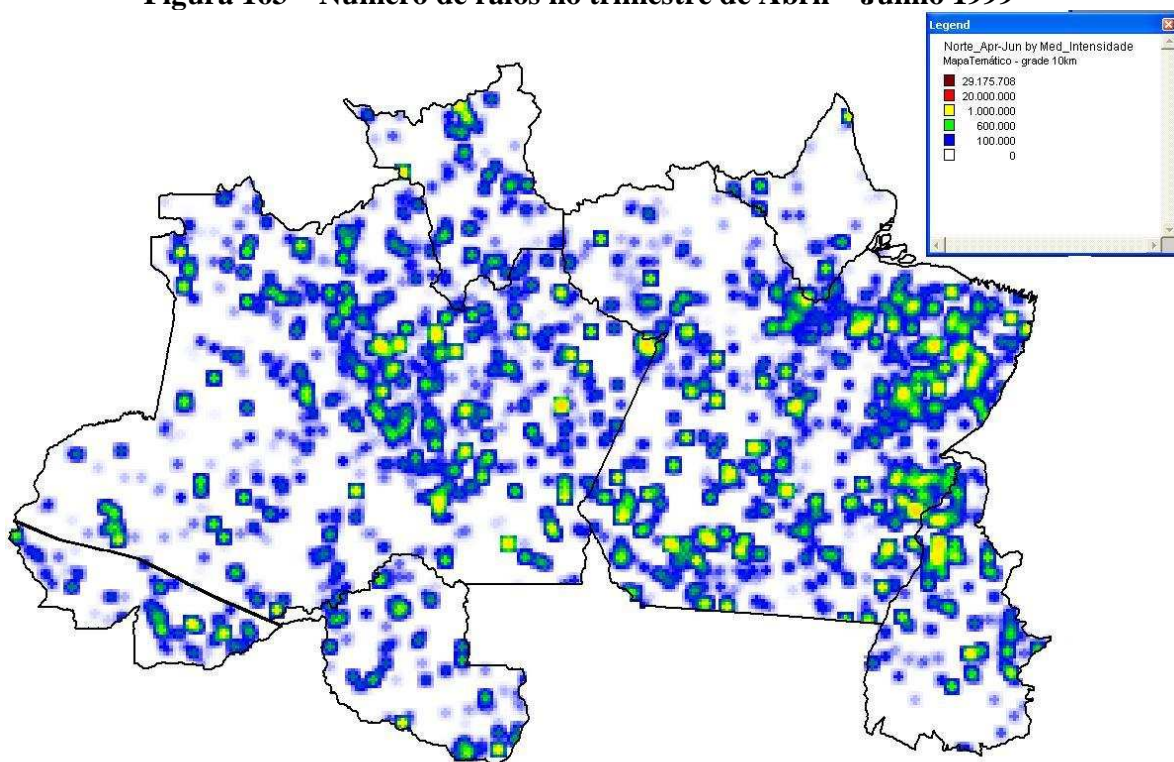


Figura 162 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 1999

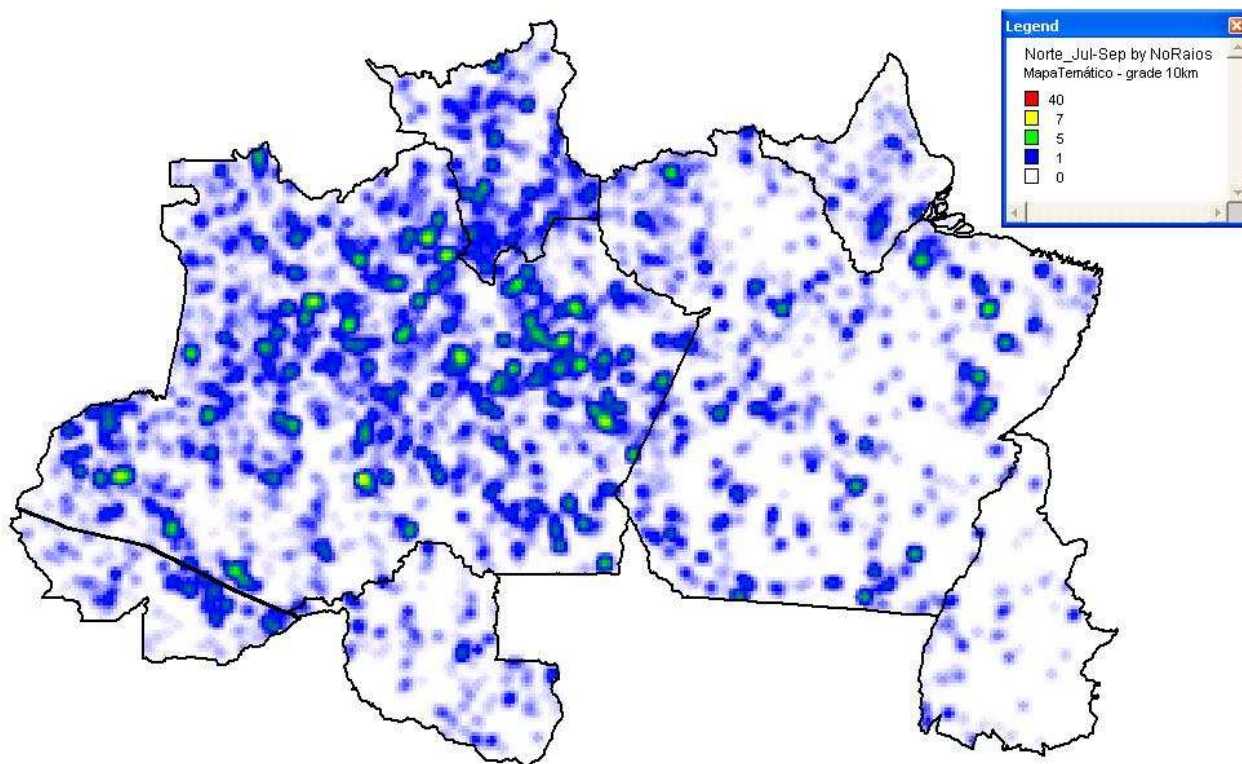


**Figura 163 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 1999**

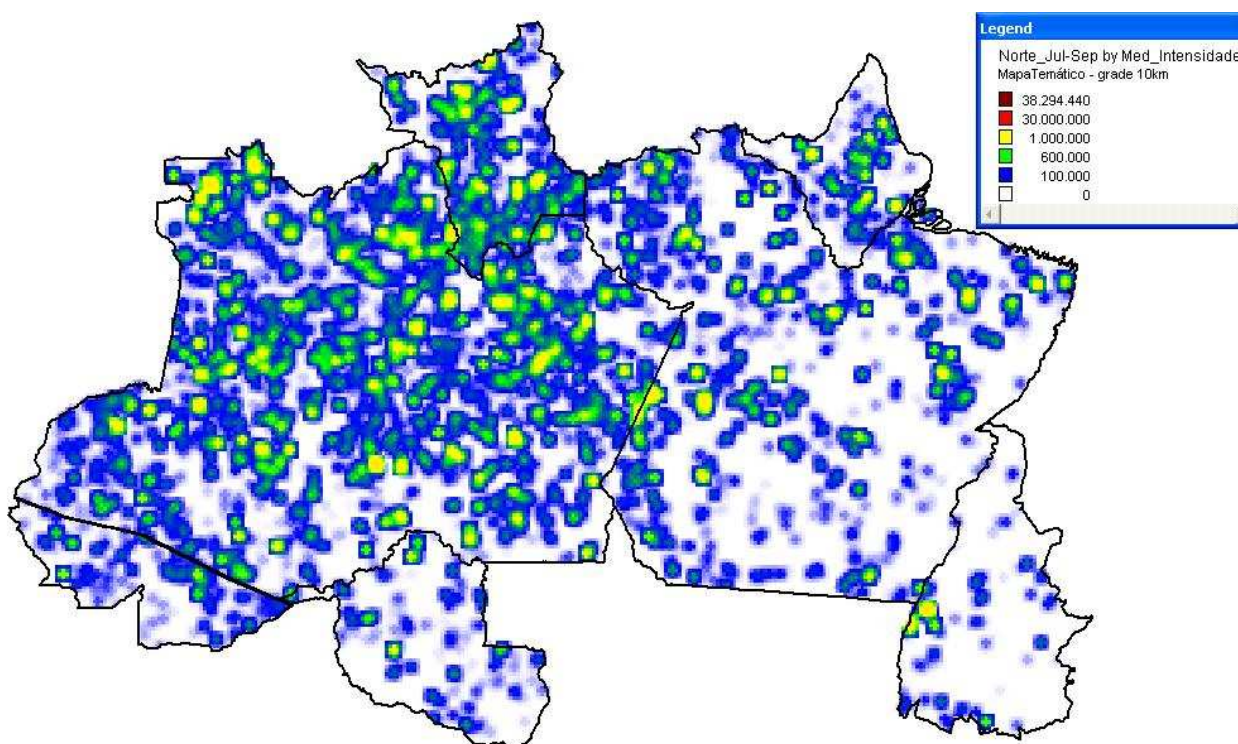


**Figura 164 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 1999**

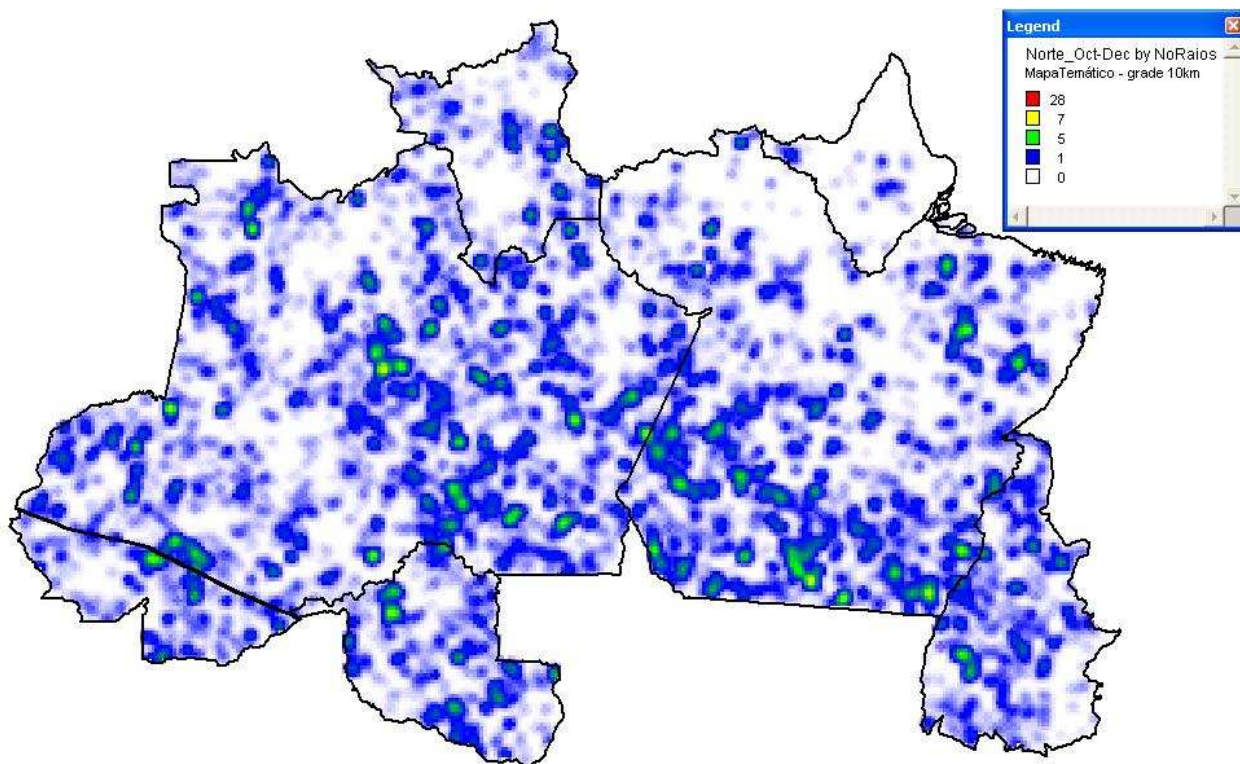




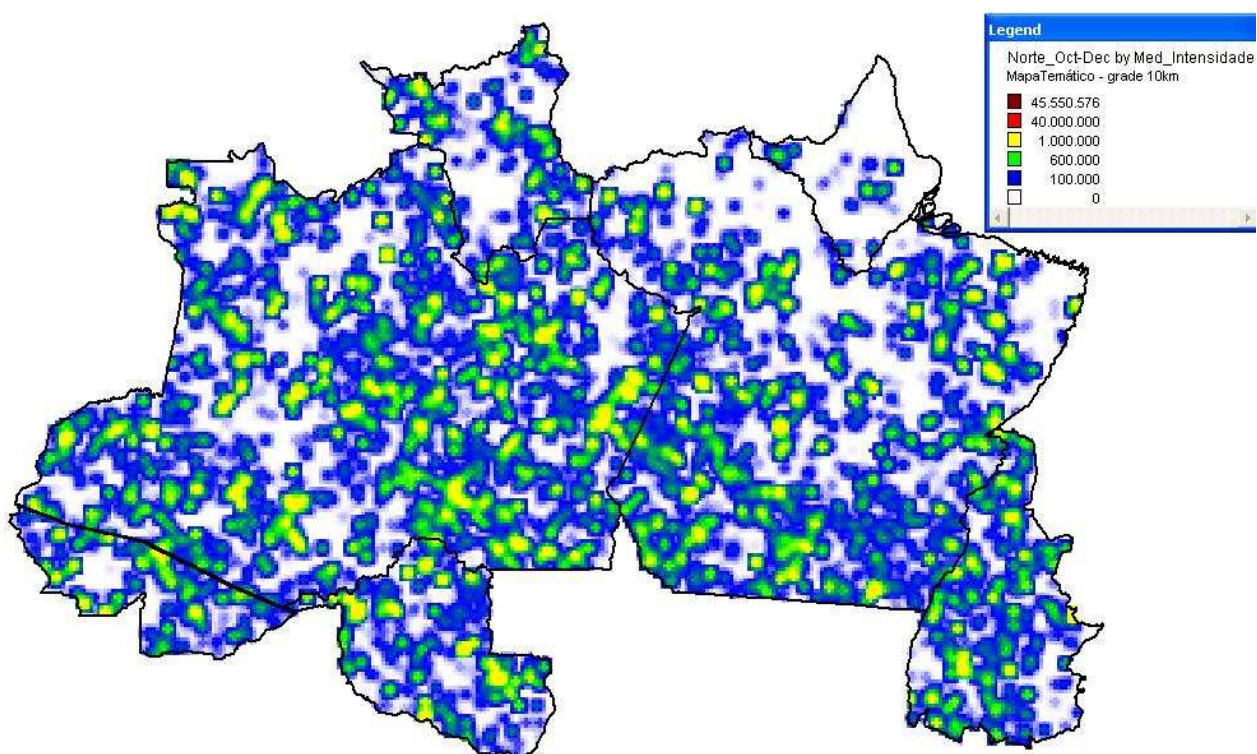
**Figura 165 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 1999**



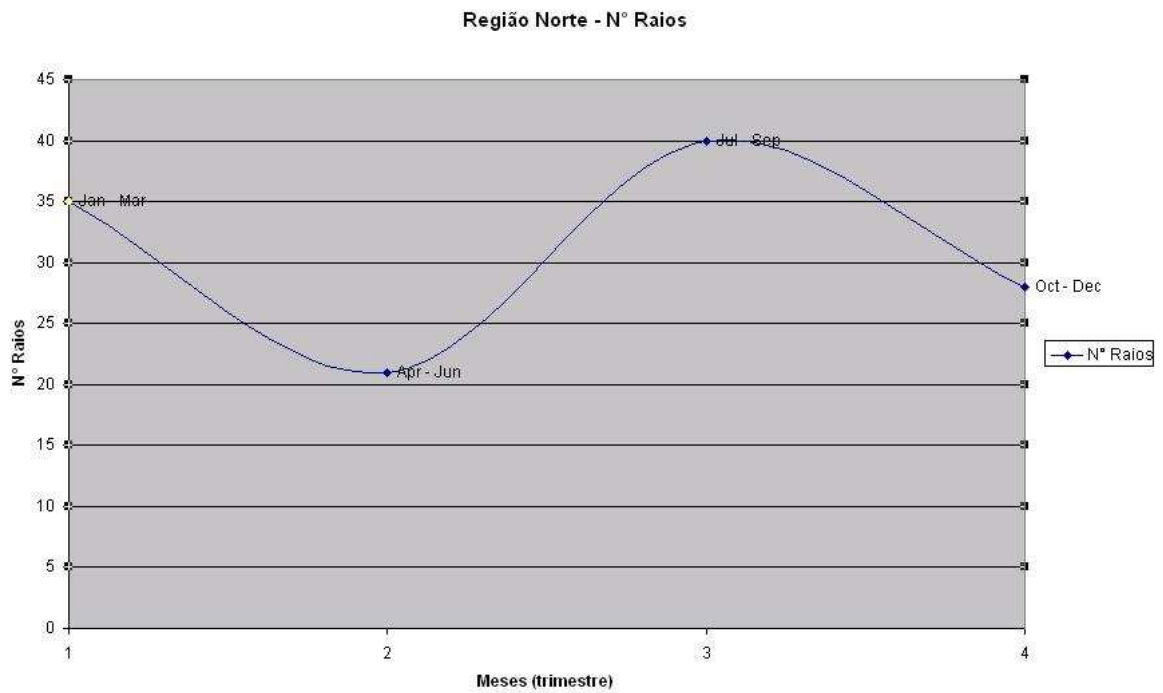
**Figura 166 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 1999**



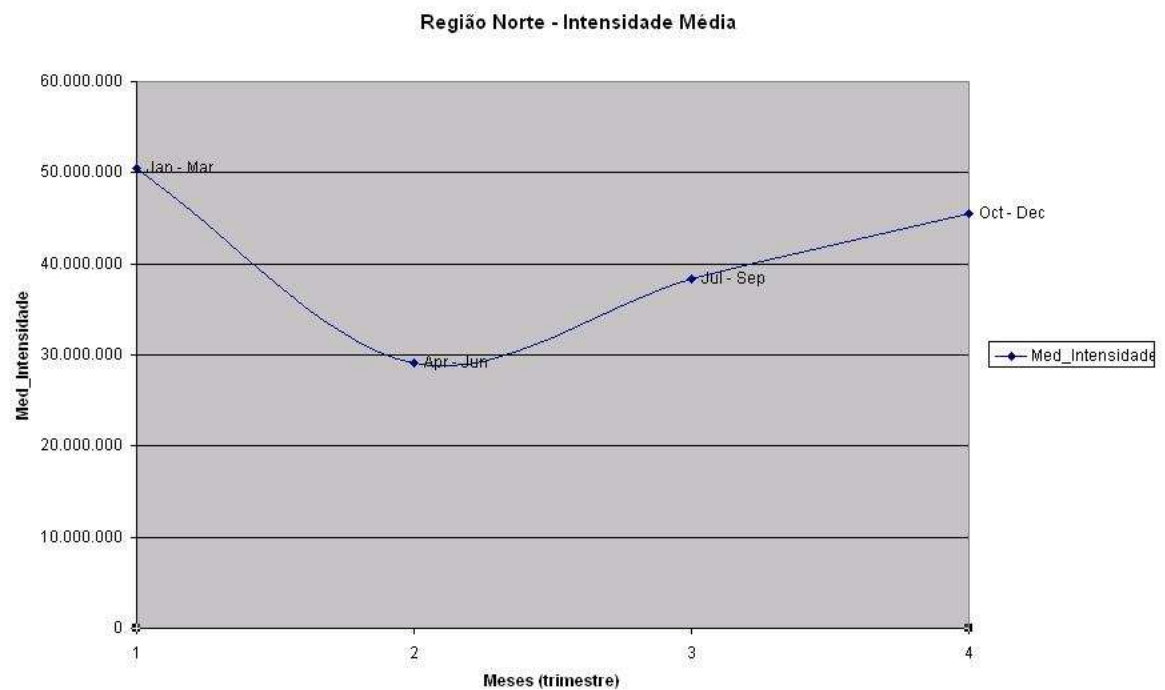
**Figura 167 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 1999**



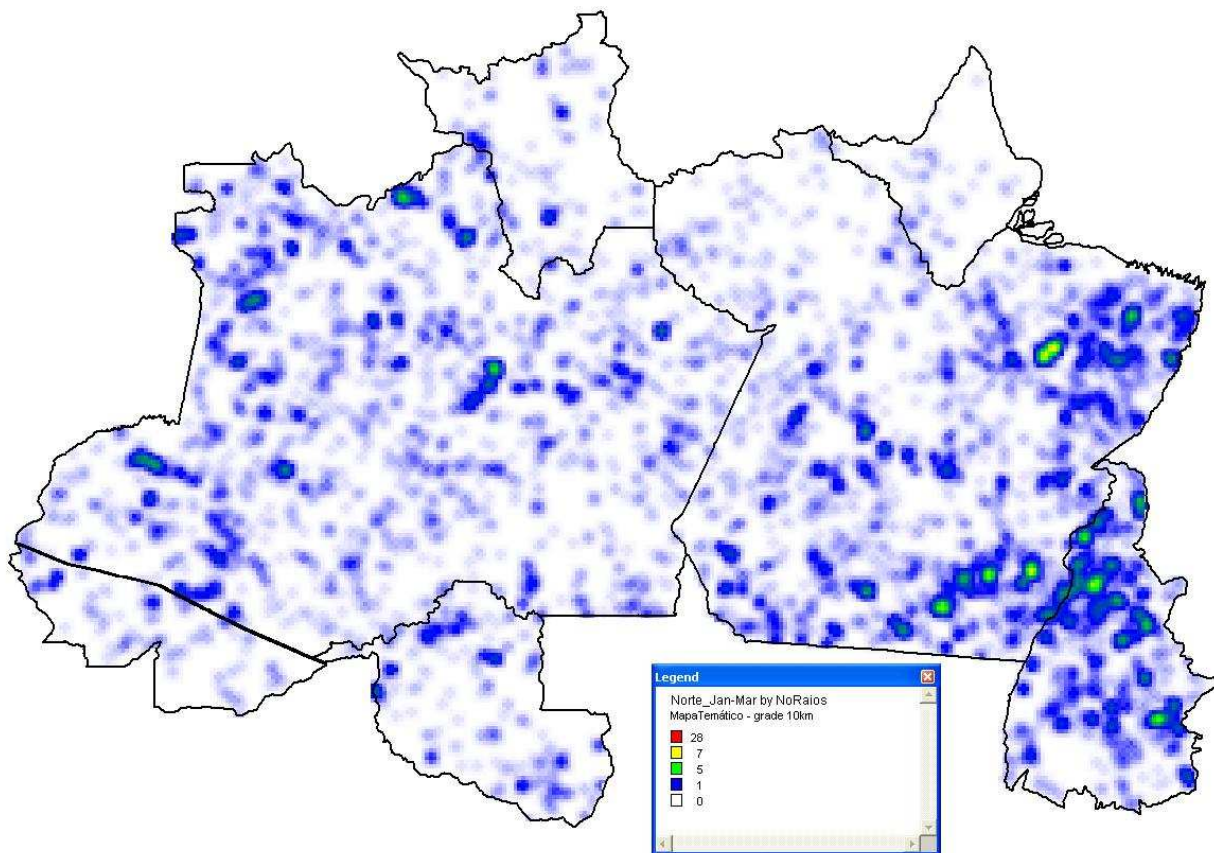
**Figura 168 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 1999**



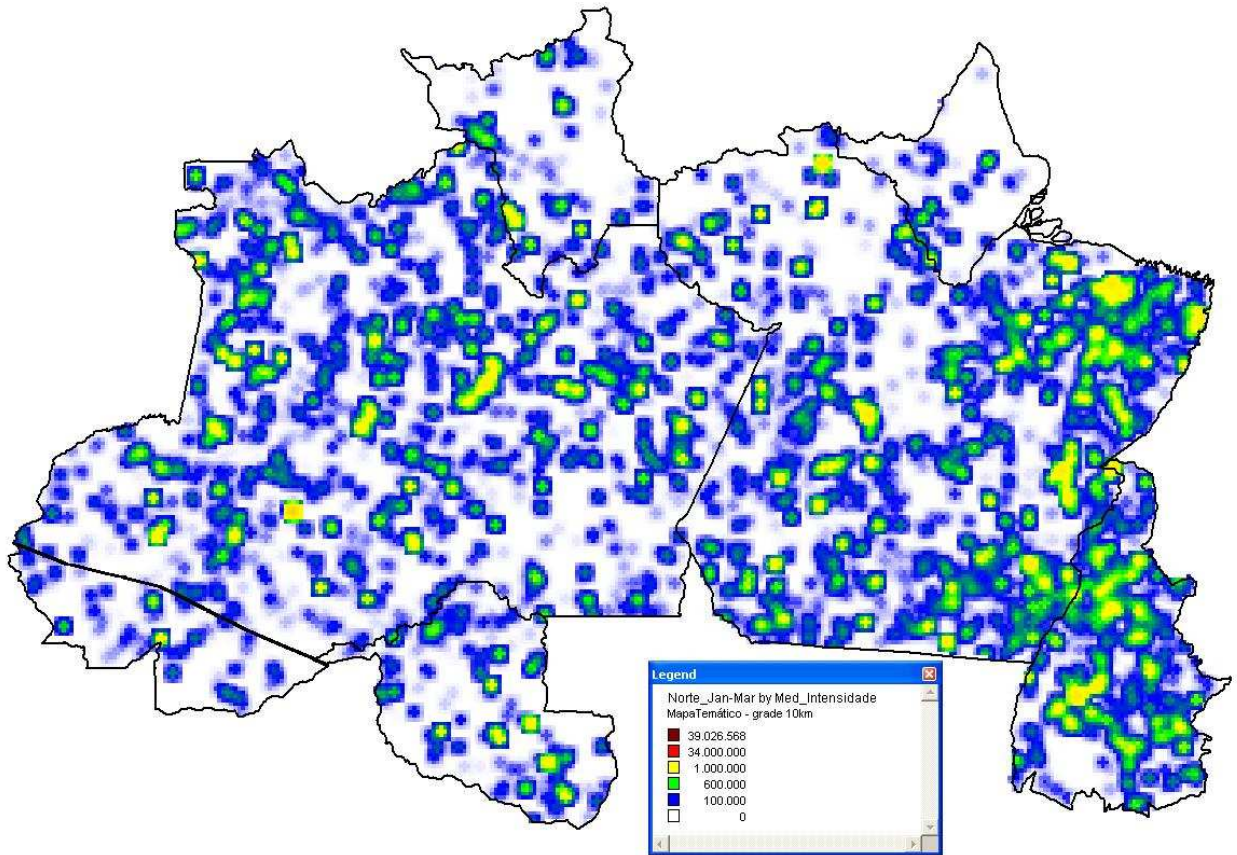
**Figura 169 – Gráfico do número de raios em 1999**



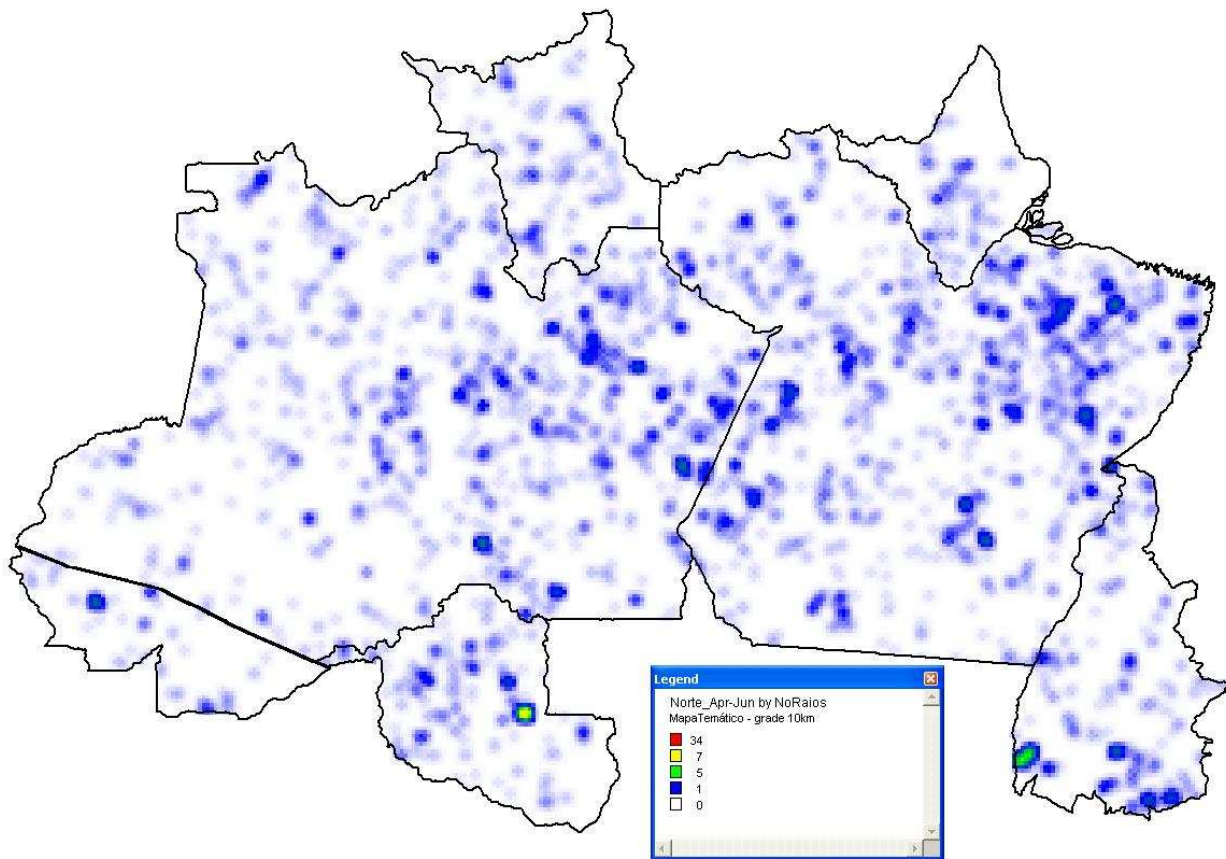
**Figura 170 – Gráfico da intensidade média de radiância em 1999**



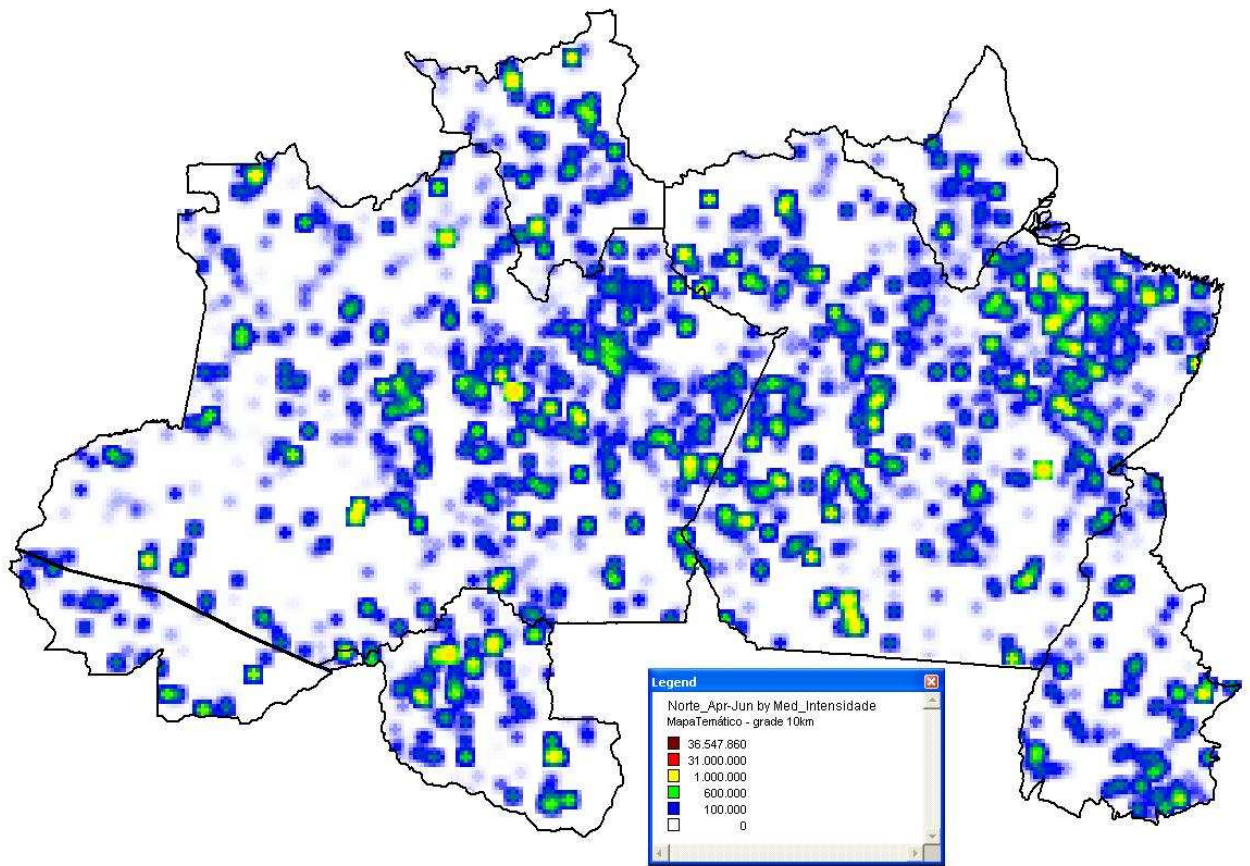
**Figura 171 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2000**



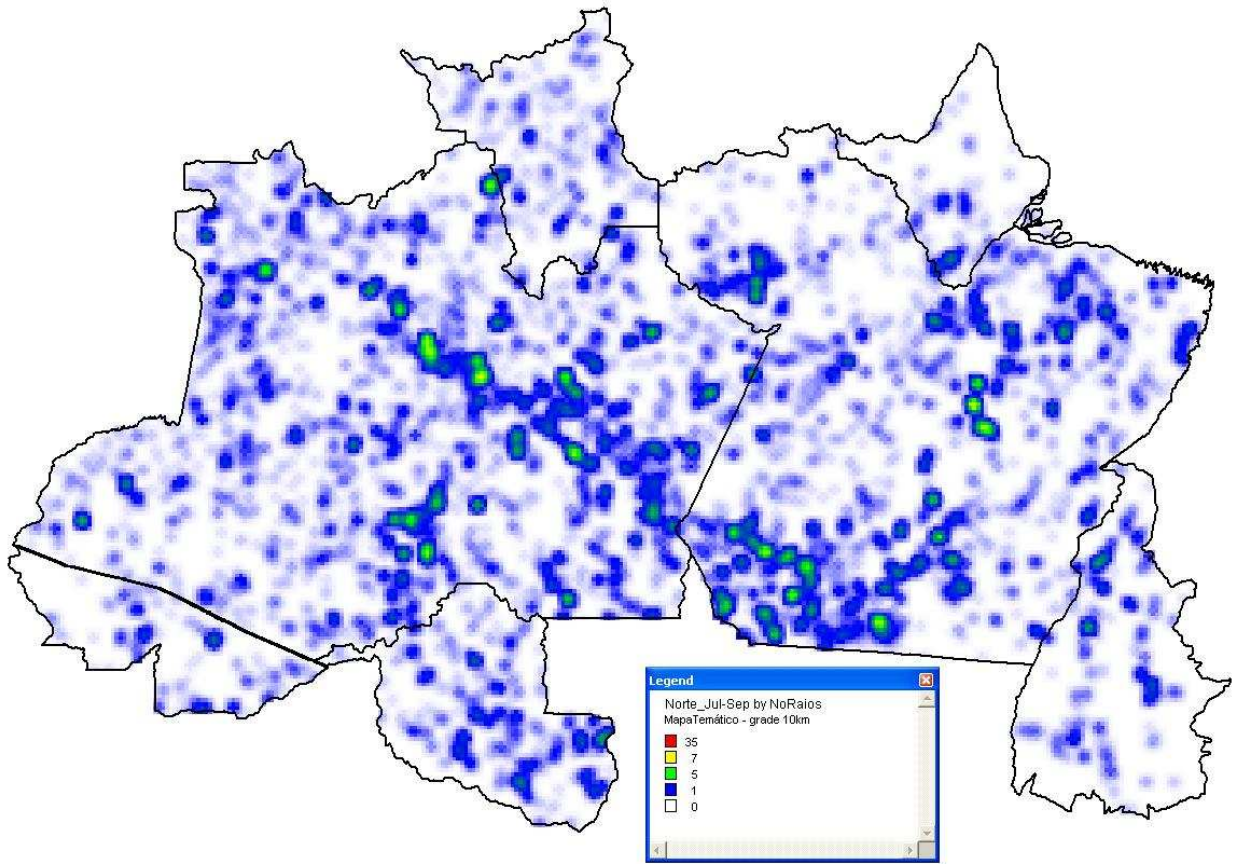
**Figura 172 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2000**



**Figura 173 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2000**

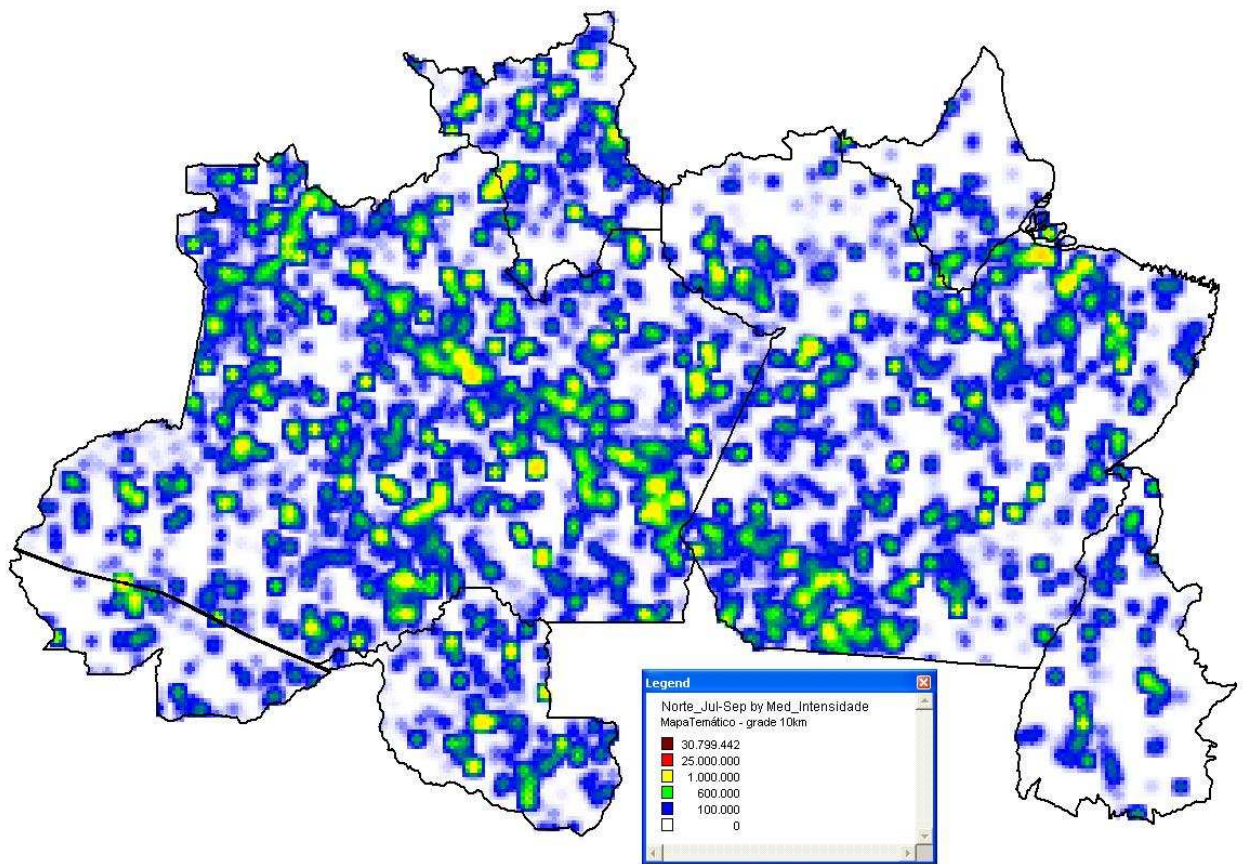


**Figura 174 - Intensidade média da radiância no trimestre de Abril – Junho 2000**

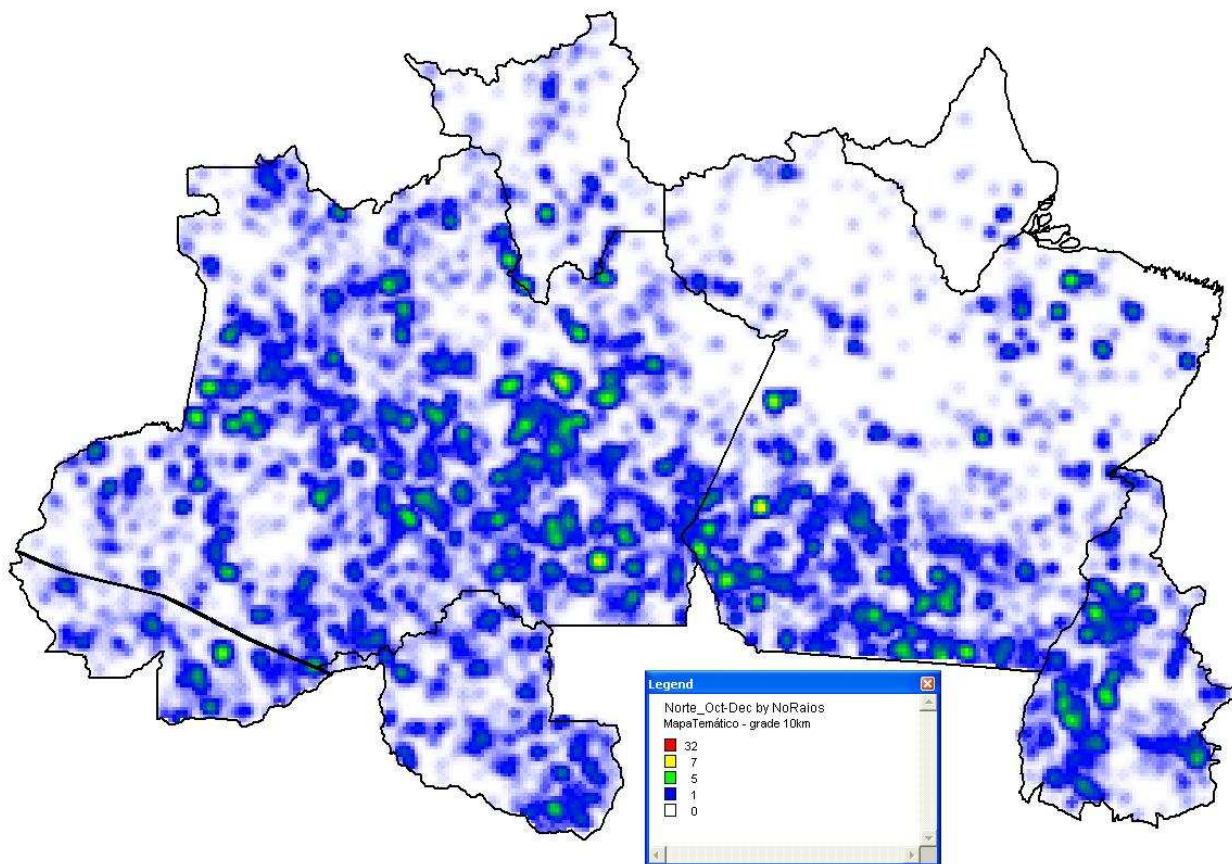


**Figura 175 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2000**

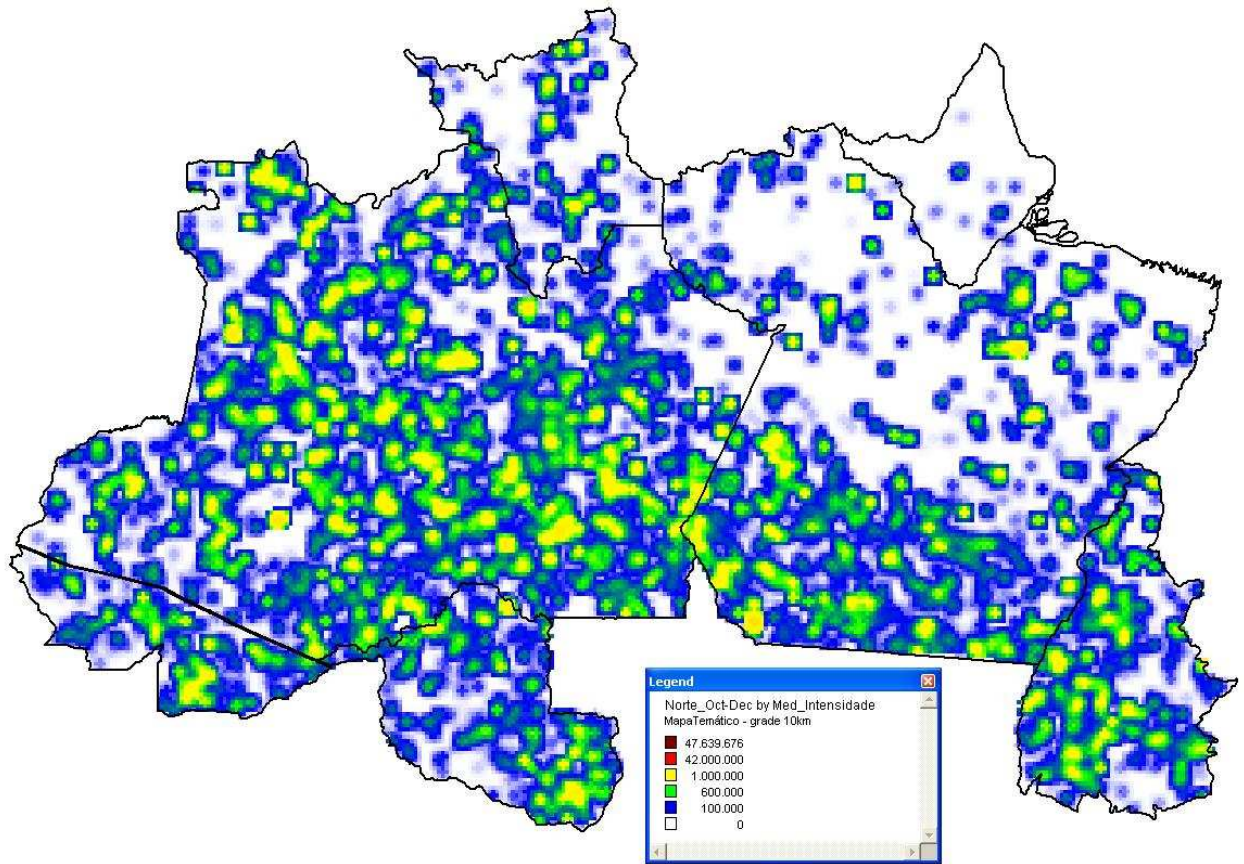




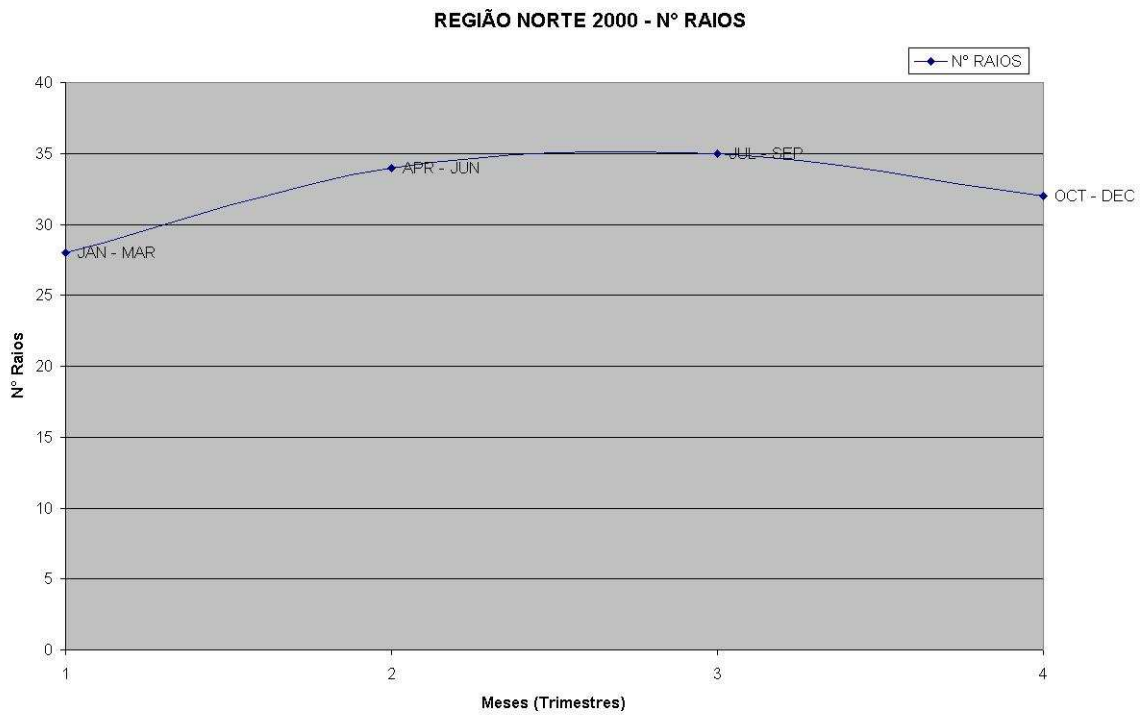
**Figura 176 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2000**



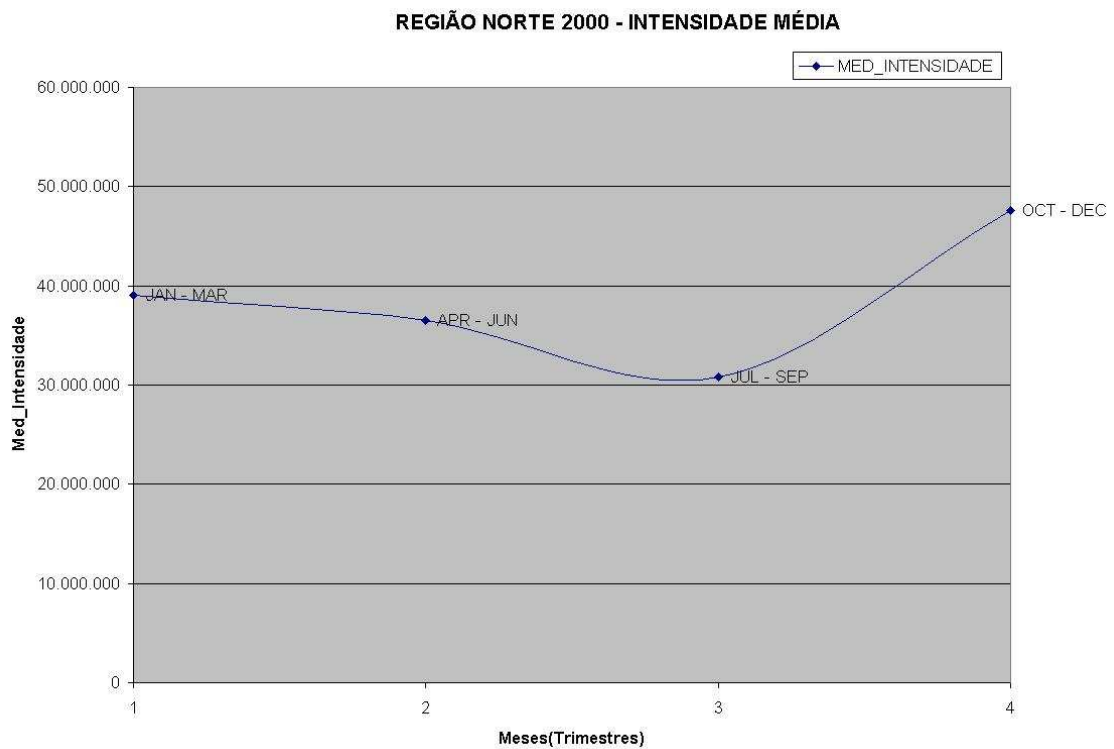
**Figura 177 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2000**



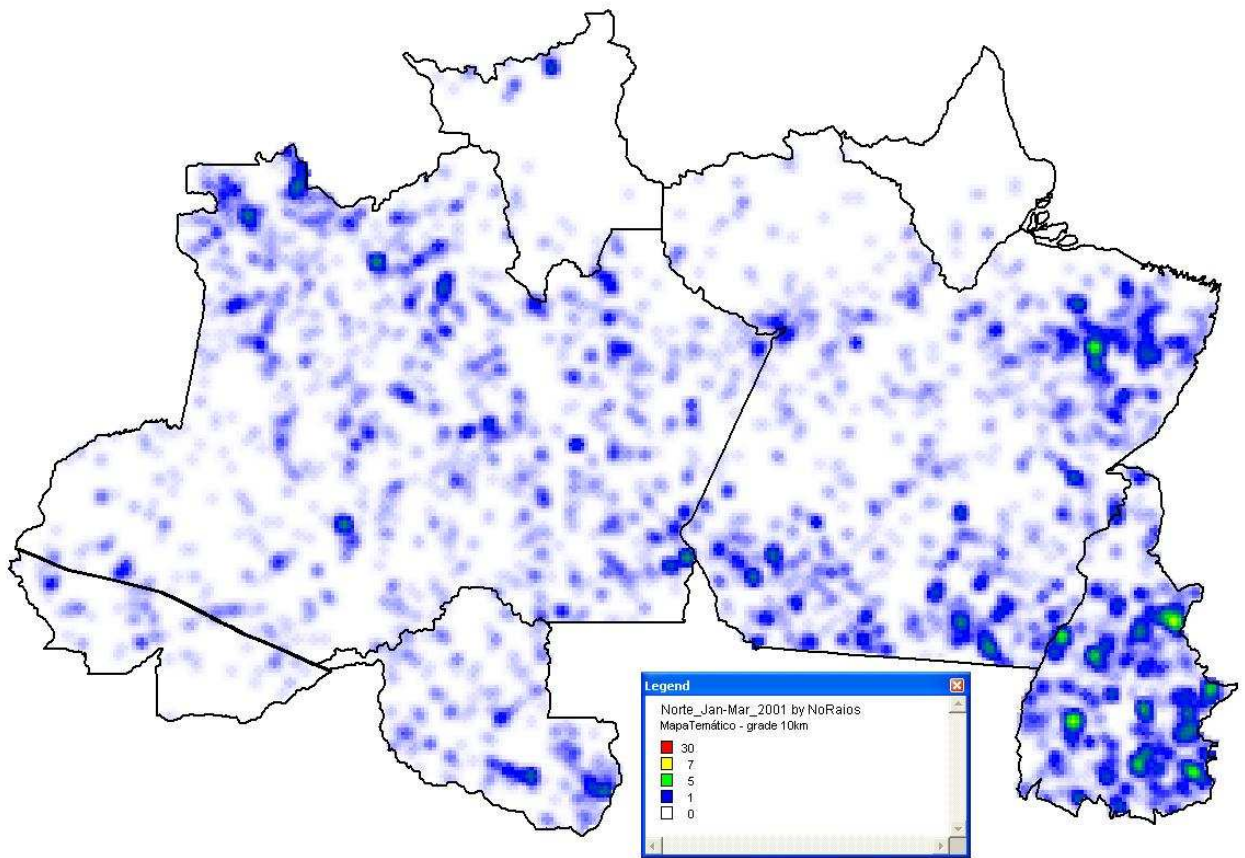
**Figura 178 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2000**



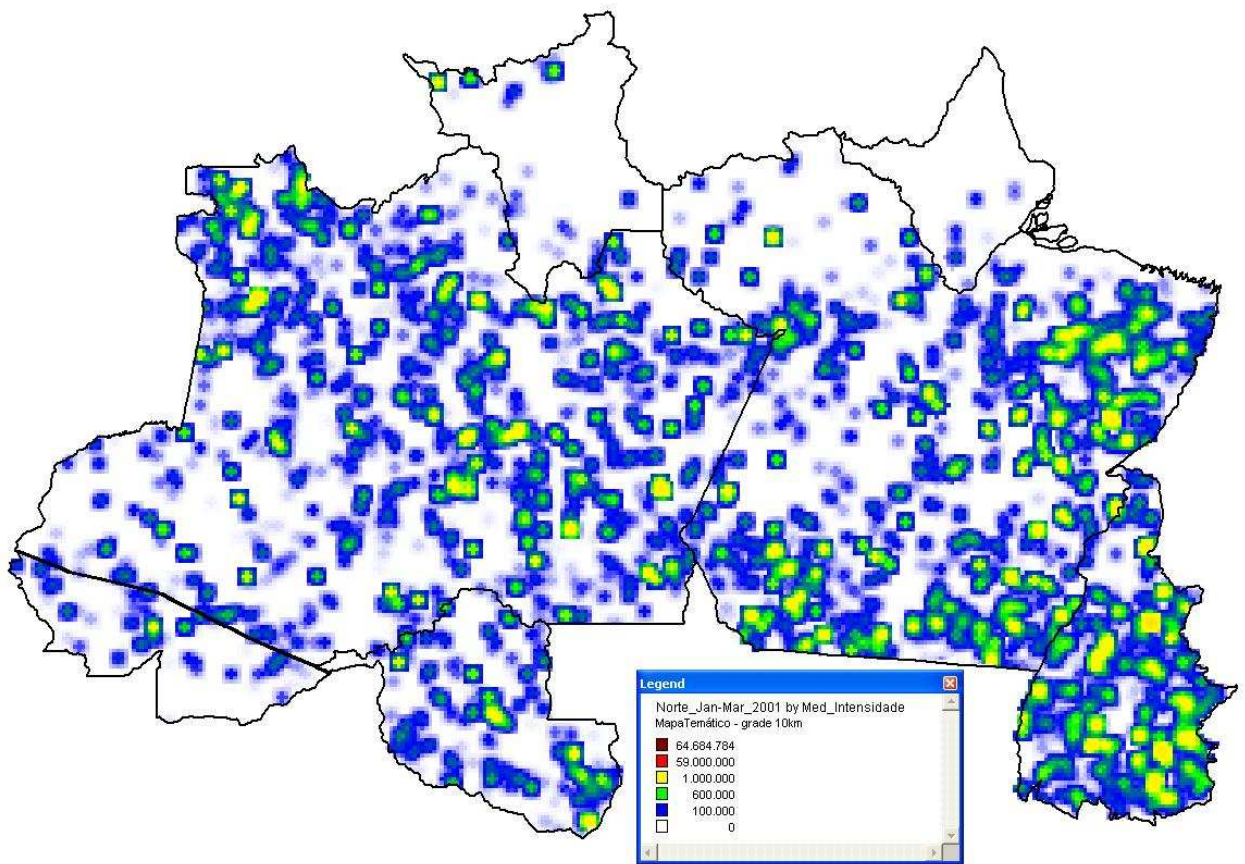
**Figura 179 – Gráfico do número de raios em 2000**



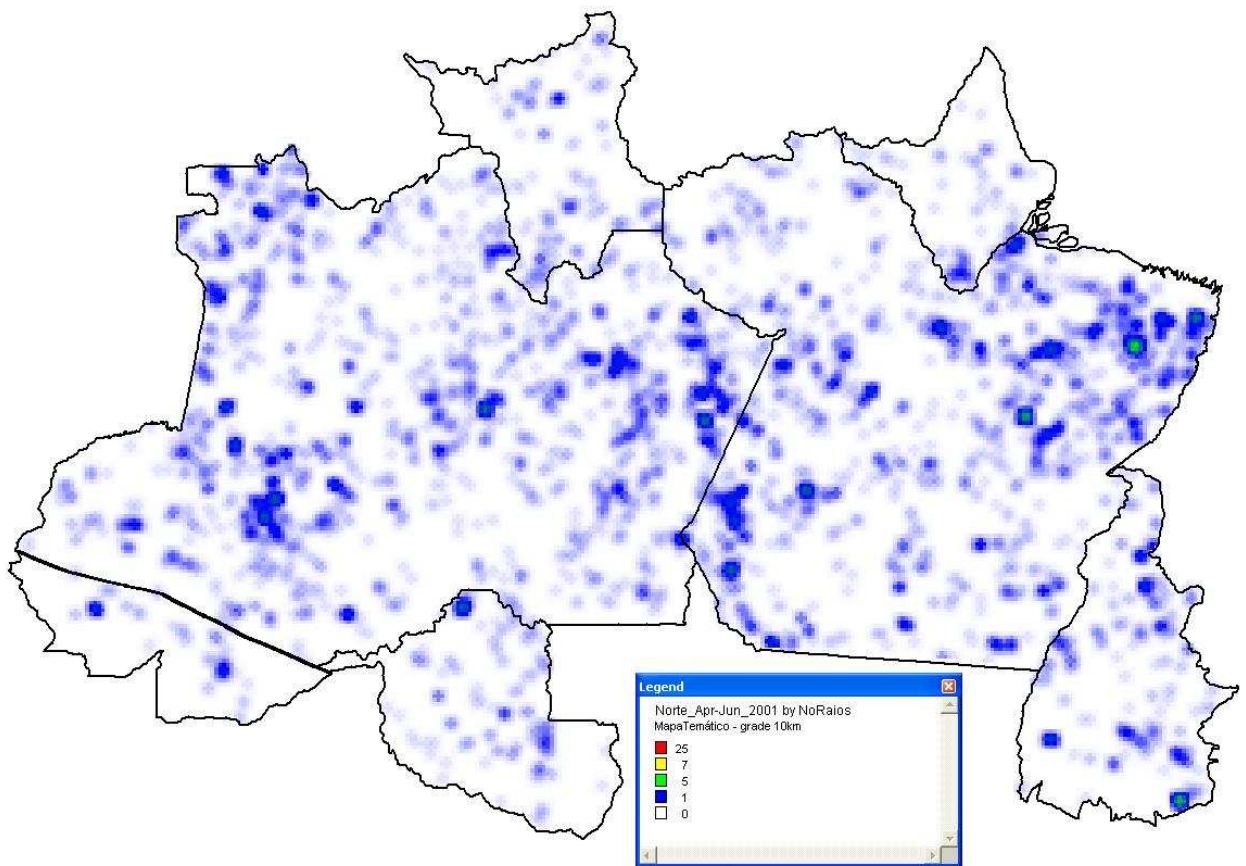
**Figura 180 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2000**



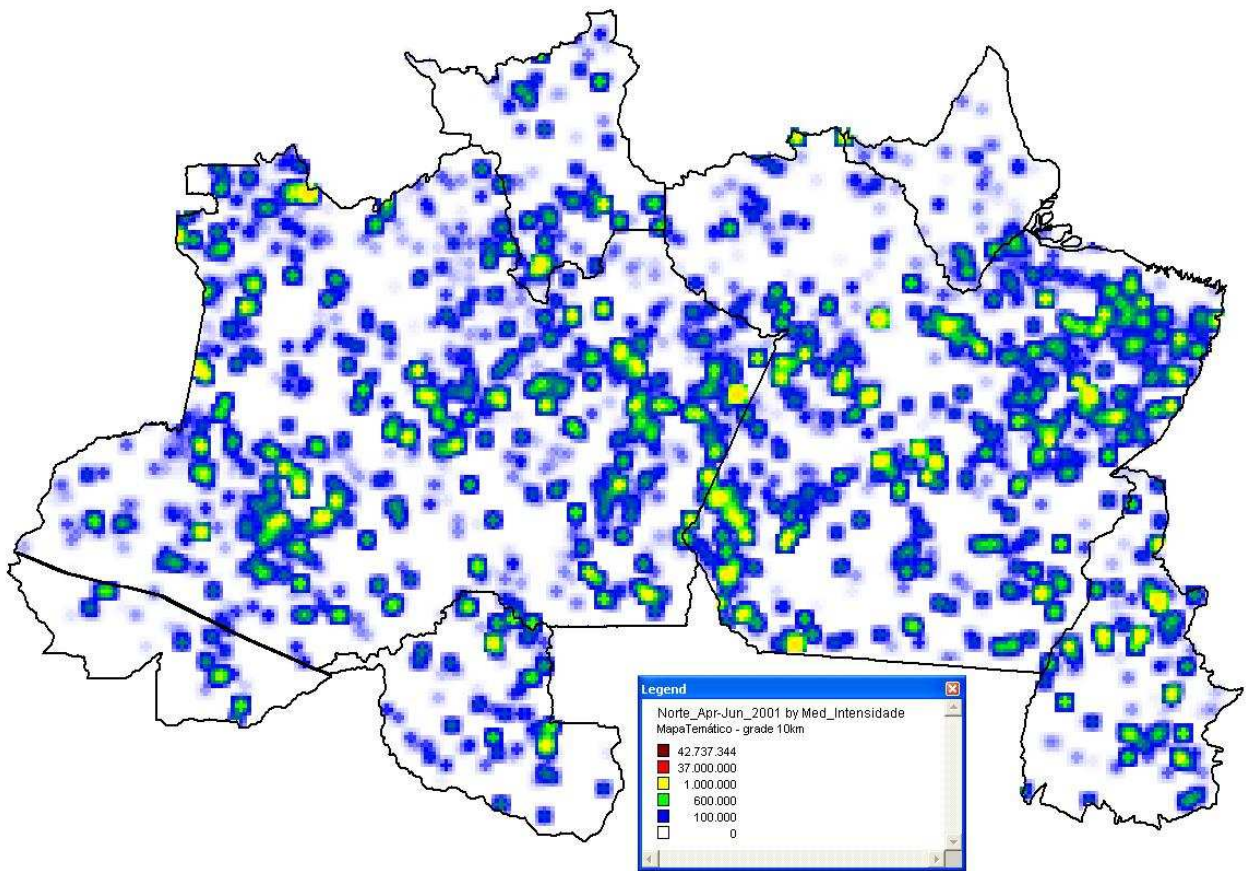
**Figura 181 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2001**



**Figura 182 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2001**



**Figura 183 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2001**



**Figura 184 - Intensidade média da radiância no trimestre de Abril – Junho 2001**



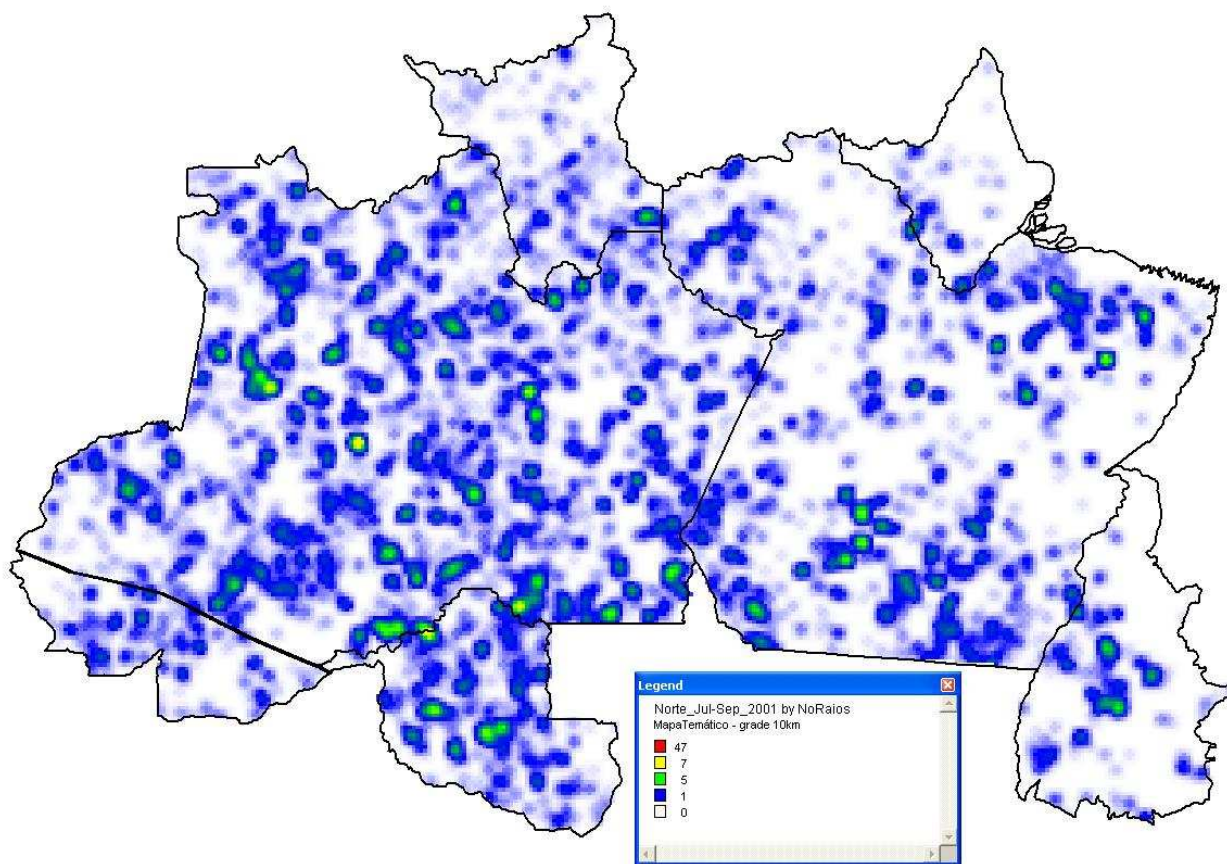
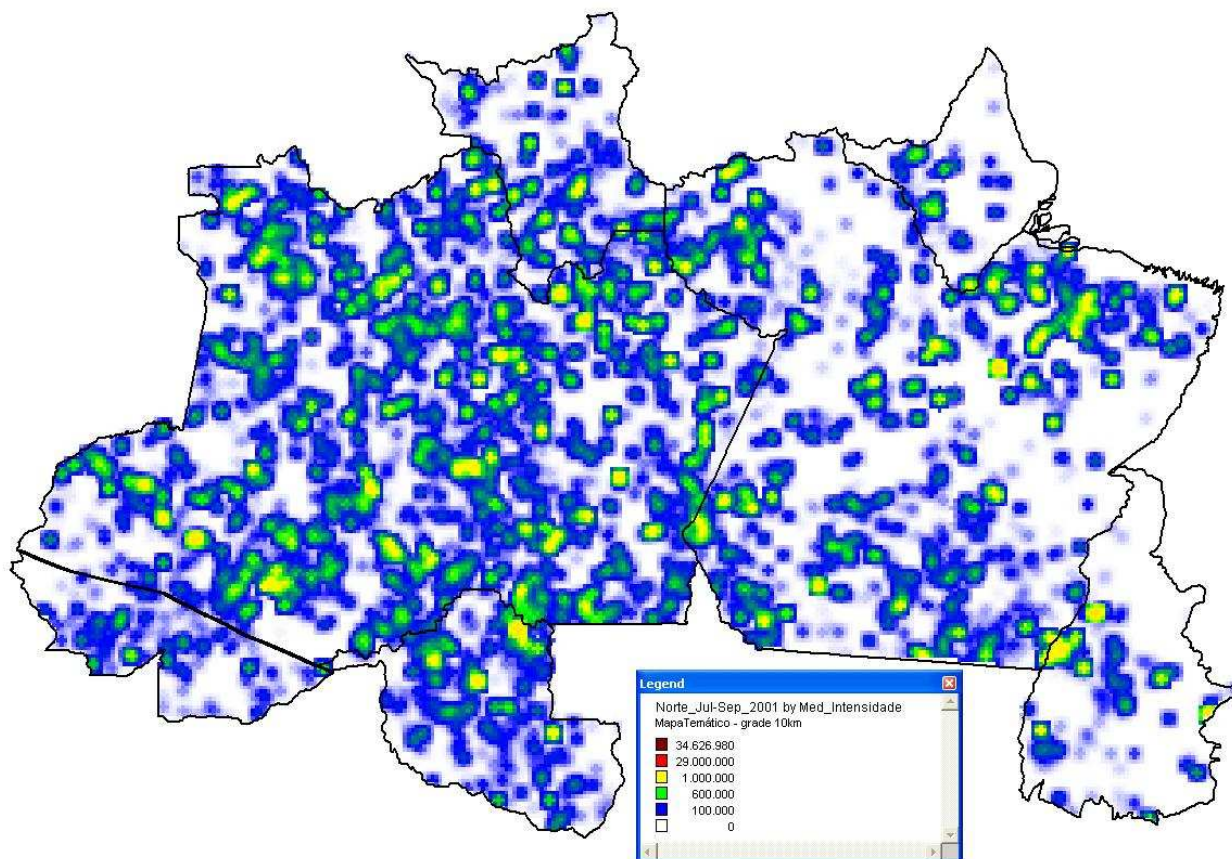
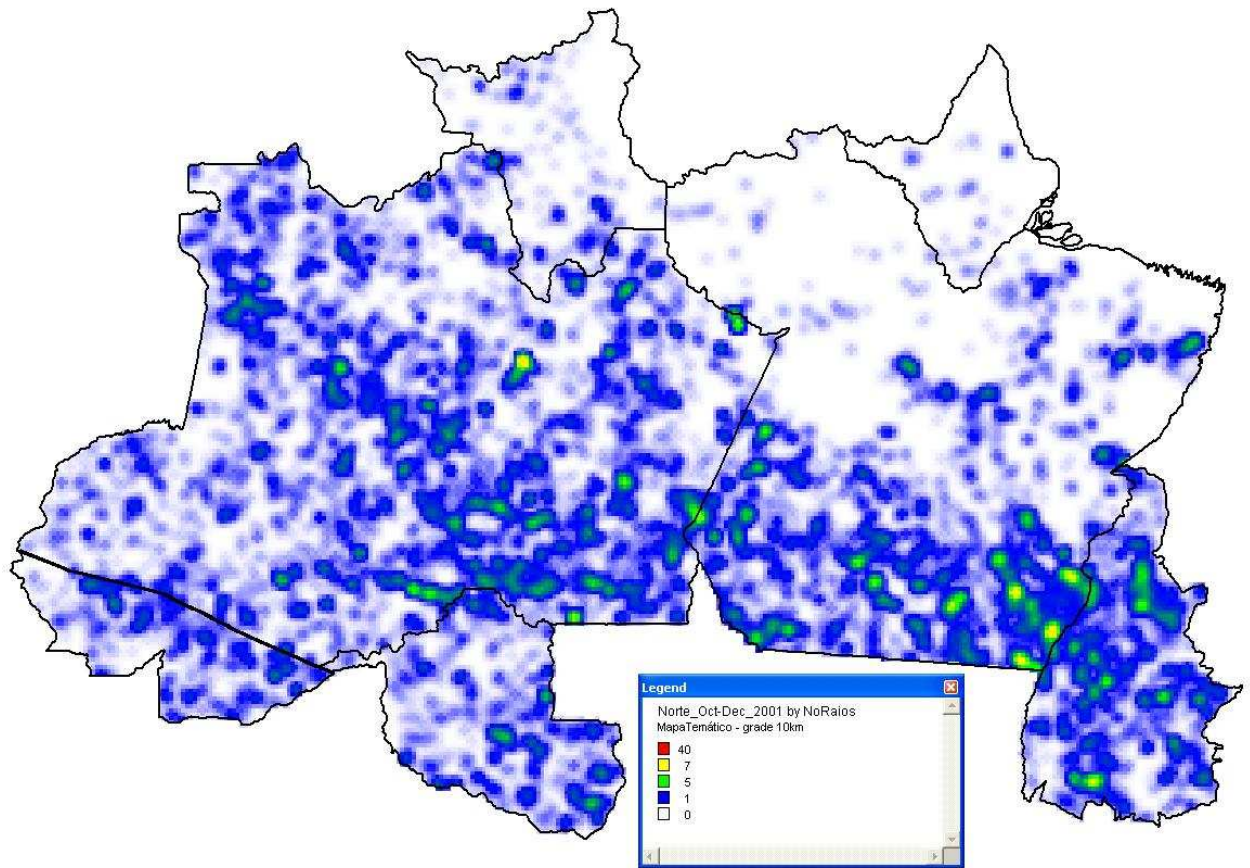


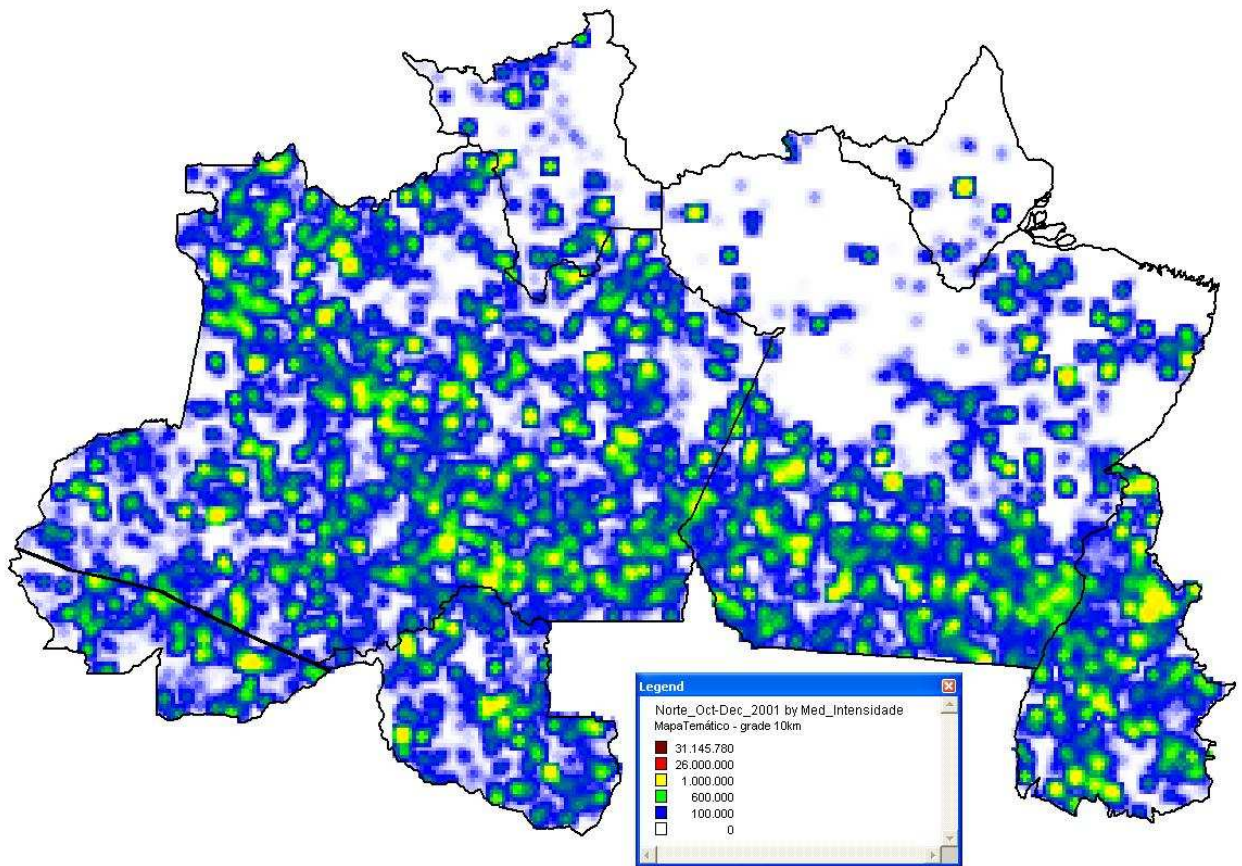
Figura 185 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2001



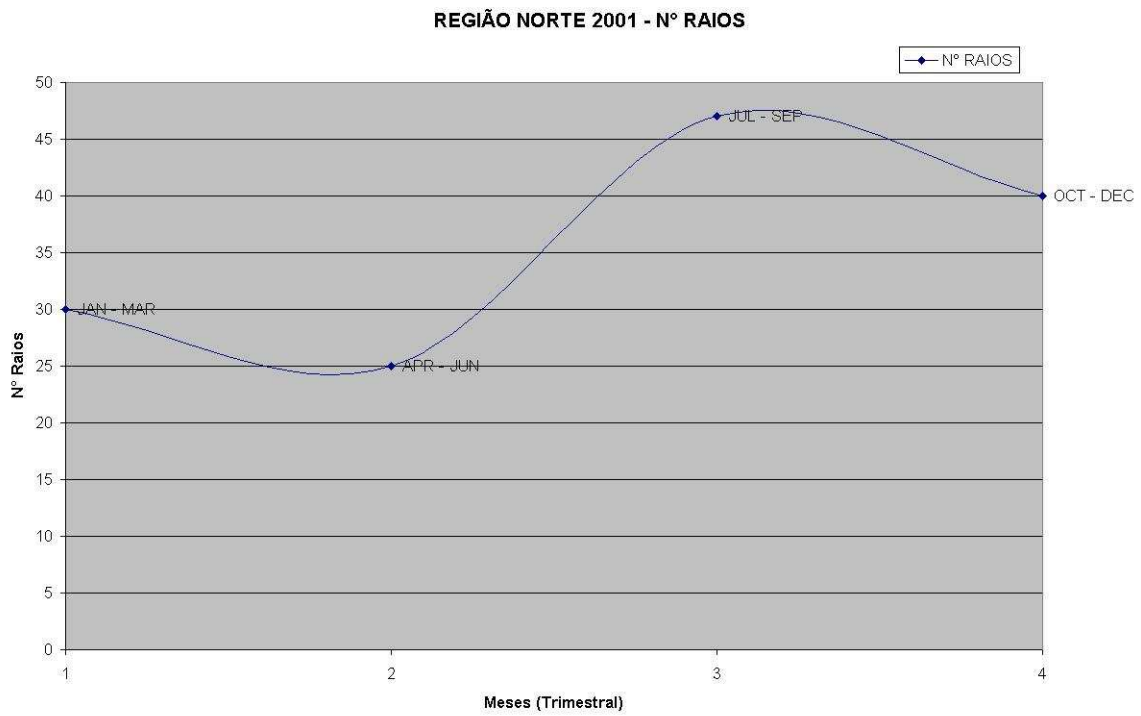
**Figura 186 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2001**



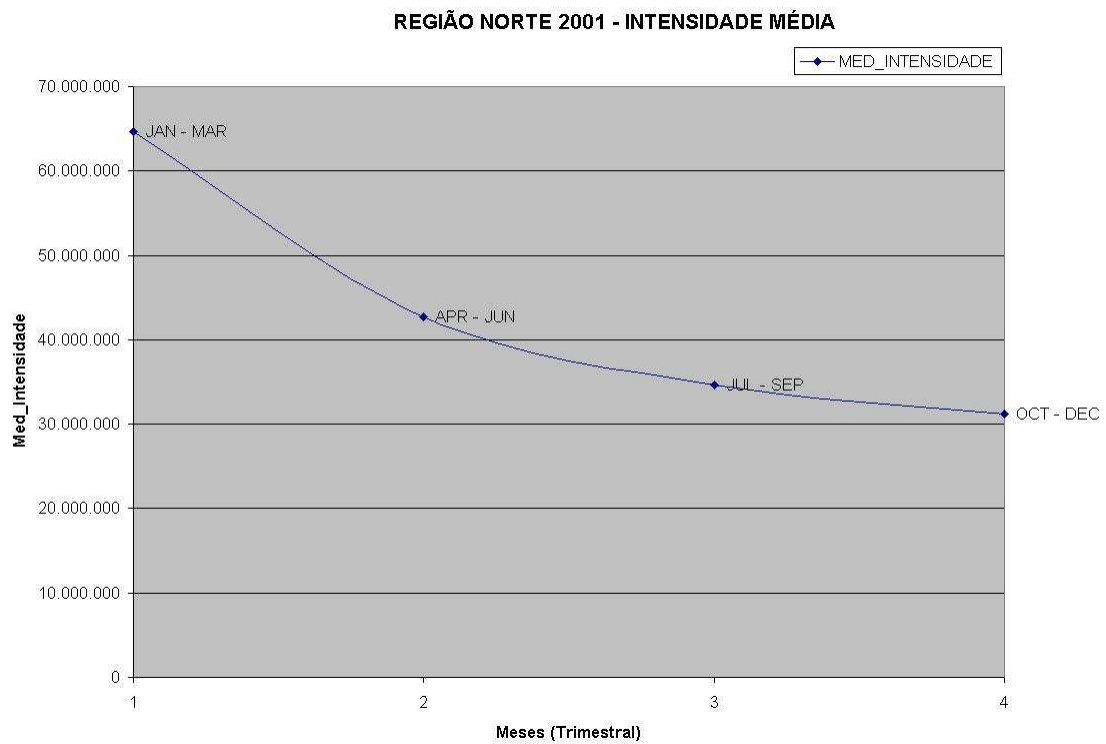
**Figura 187 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2001**



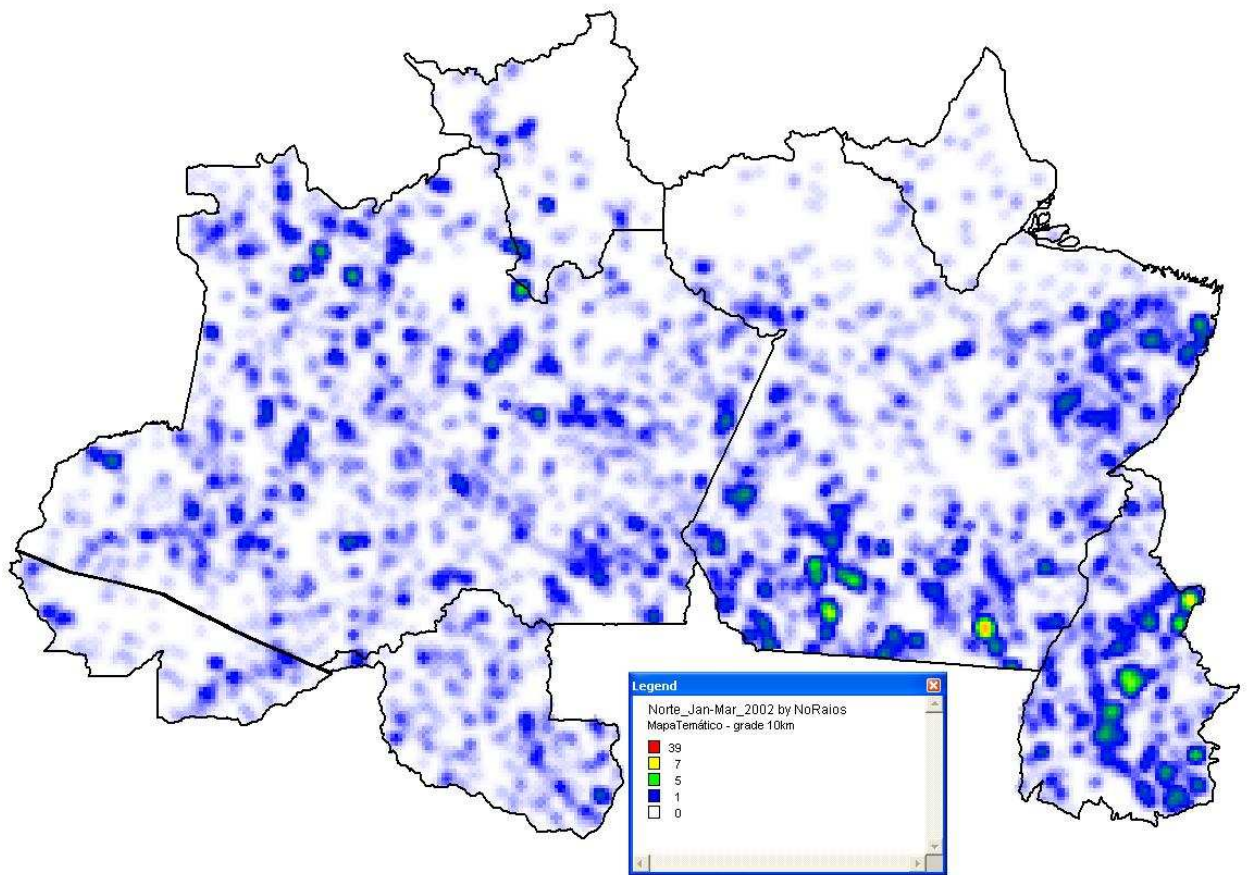
**Figura 188 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2001**



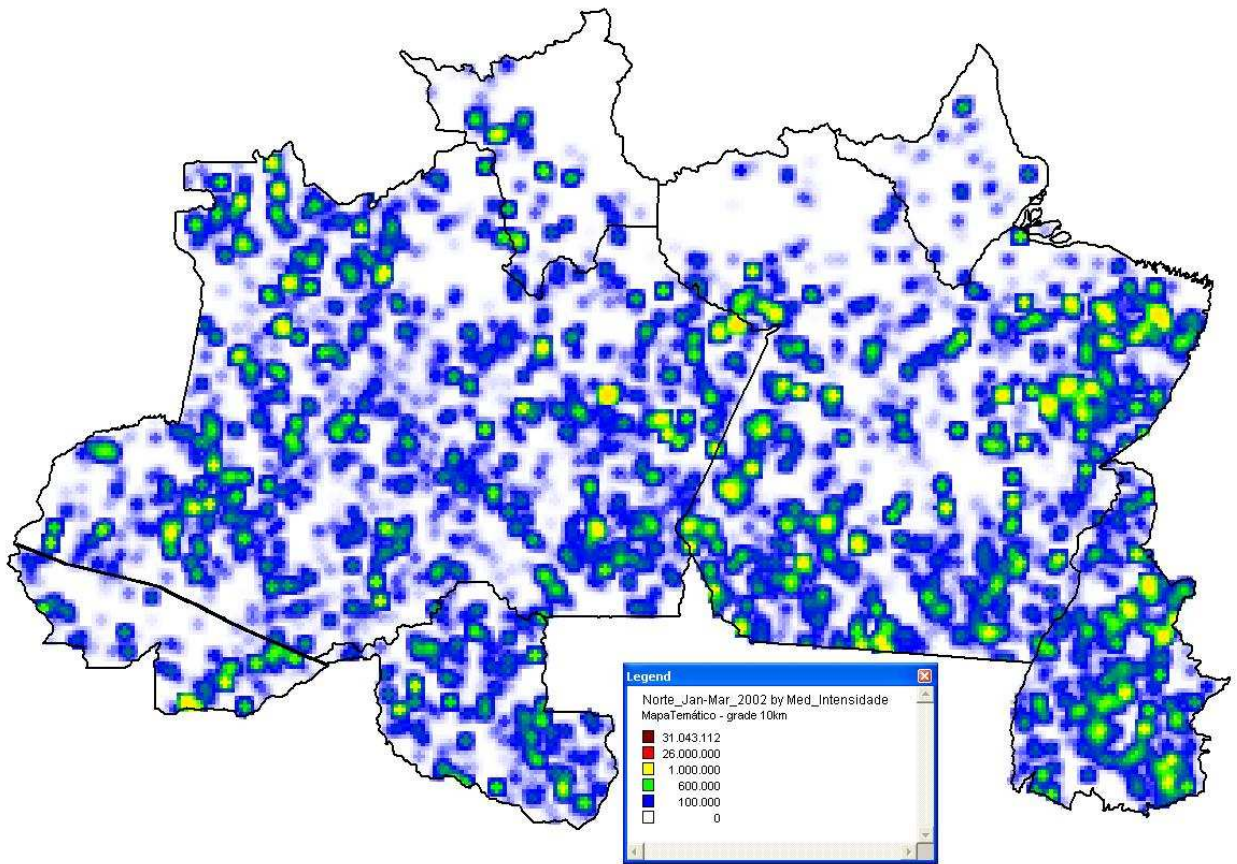
**Figura 189 – Gráfico do número de raios em 2001**



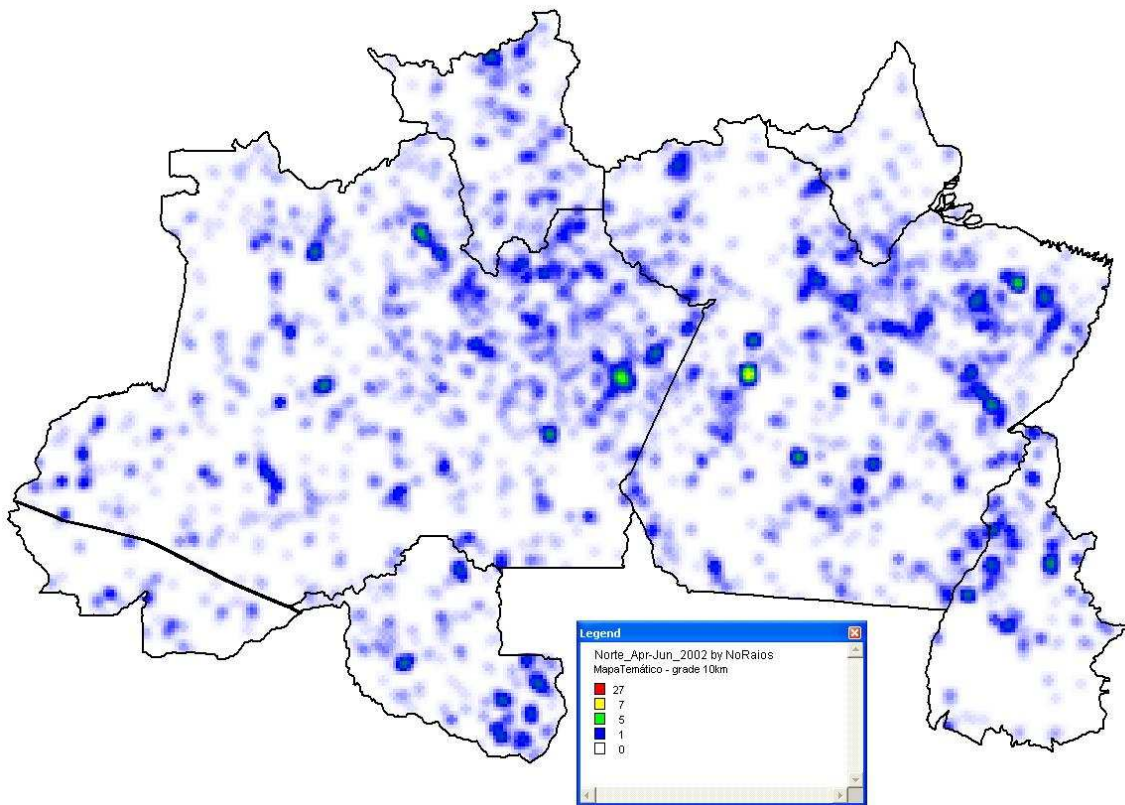
**Figura 190 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2001**



**Figura 191 – Número de raios no trimestre de Janeiro – Março 2002**

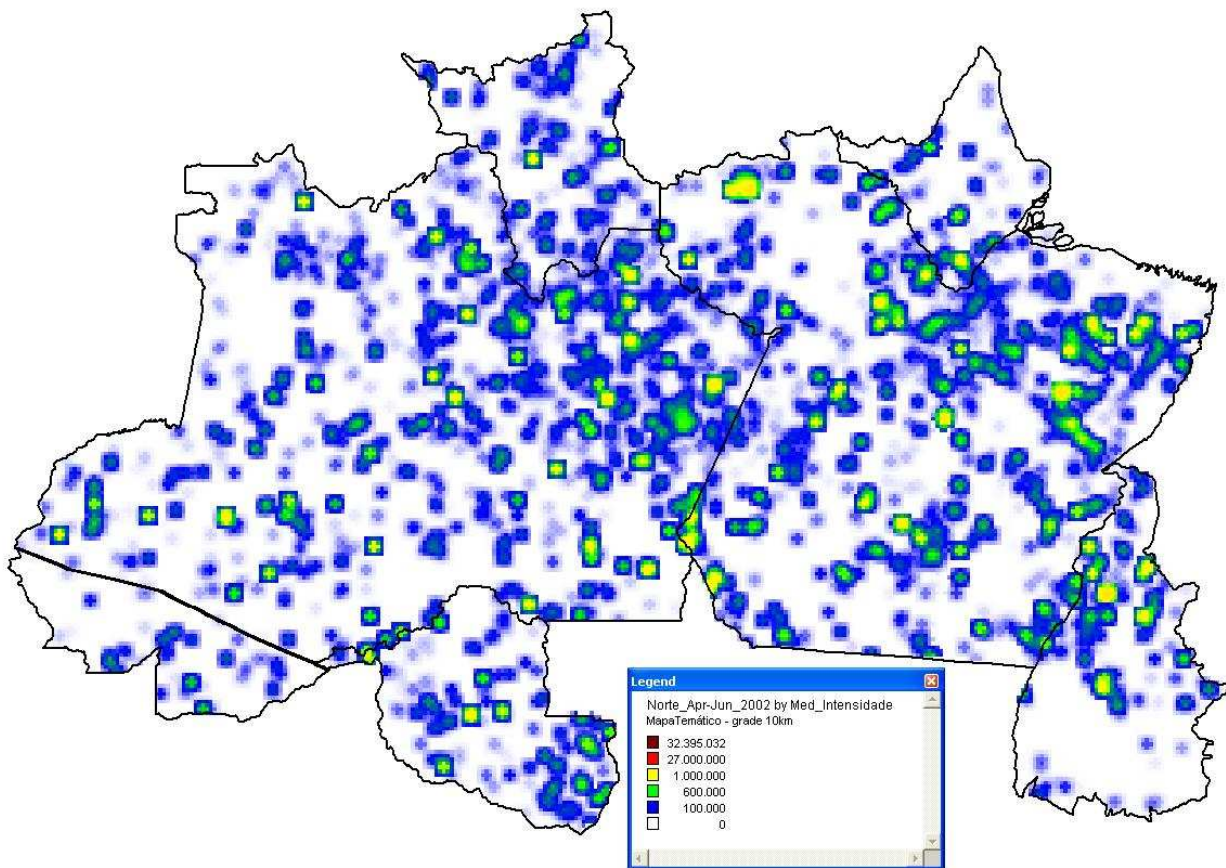


**Figura 192 - Intensidade média da radiação no trimestre de Janeiro – Março 2002**

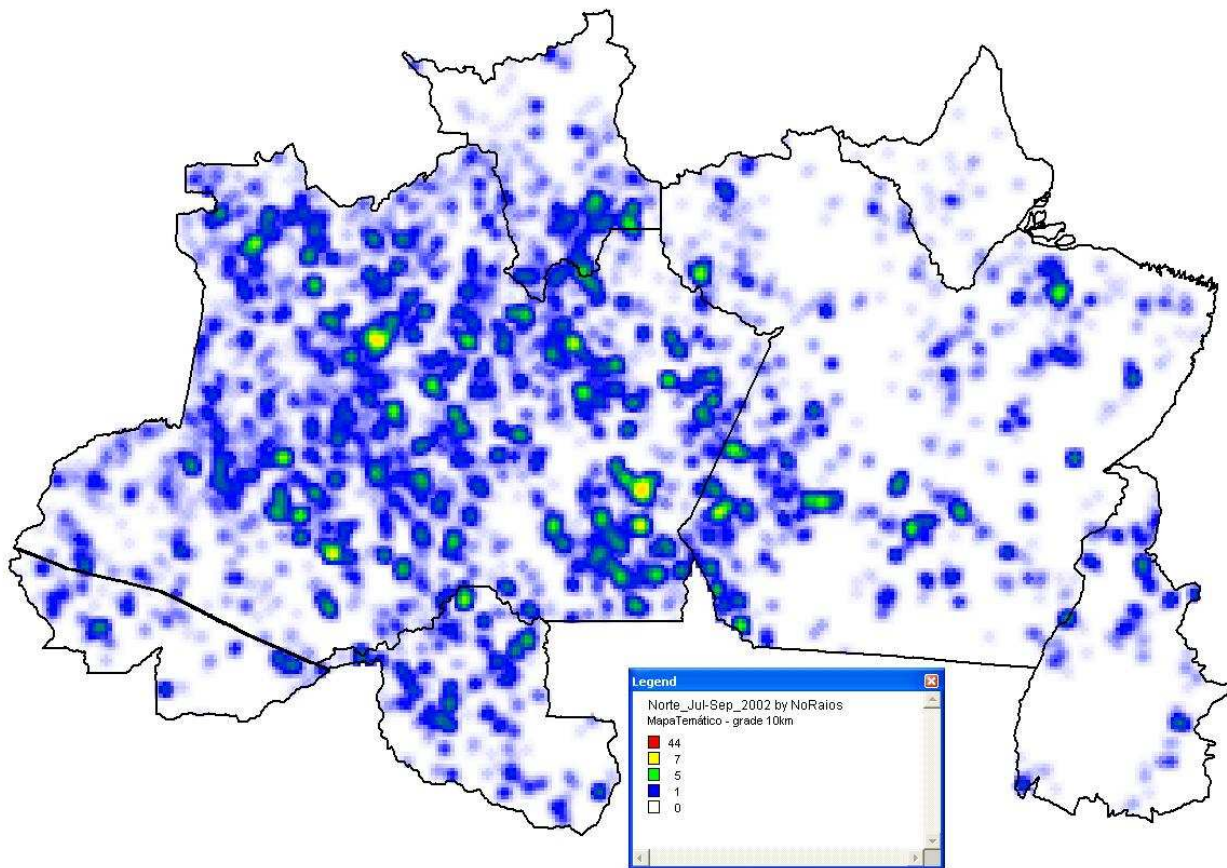


**Figura 193 – Número de raios no trimestre de Abril – Junho 2002**

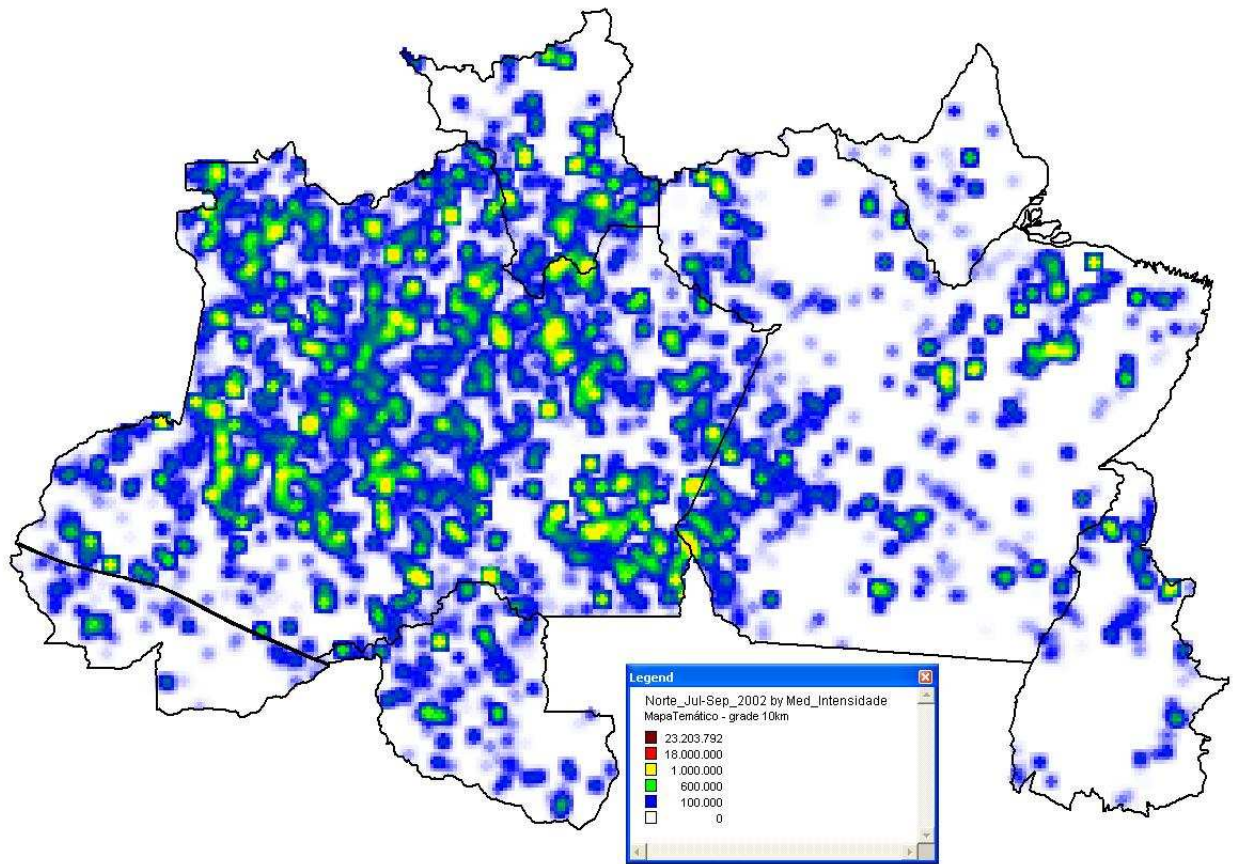




**Figura 194 - Intensidade média da radiação no trimestre de Abril – Junho 2002**



**Figura 195 – Número de raios no trimestre de Julho – Setembro 2002**



**Figura 196 - Intensidade média da radiação no trimestre de Julho – Setembro 2002**

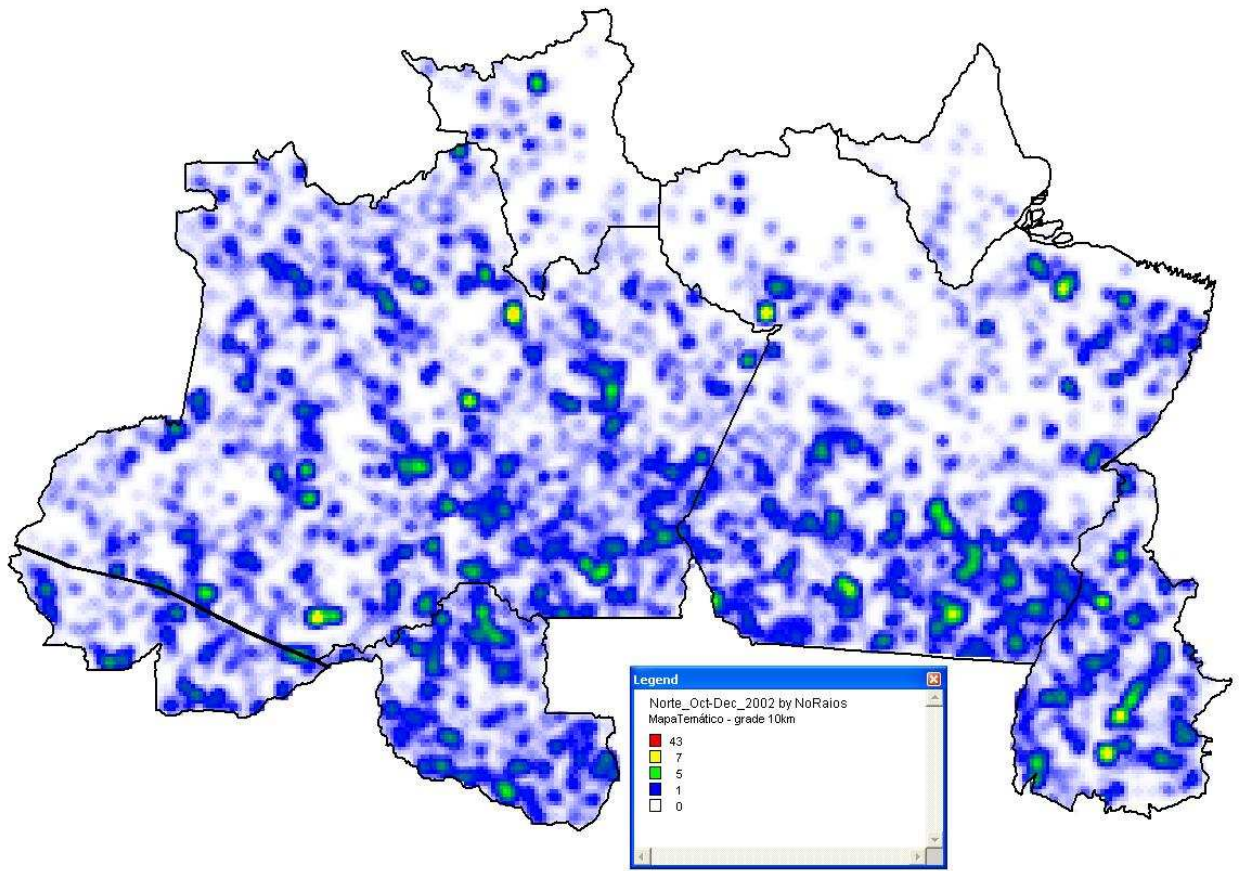
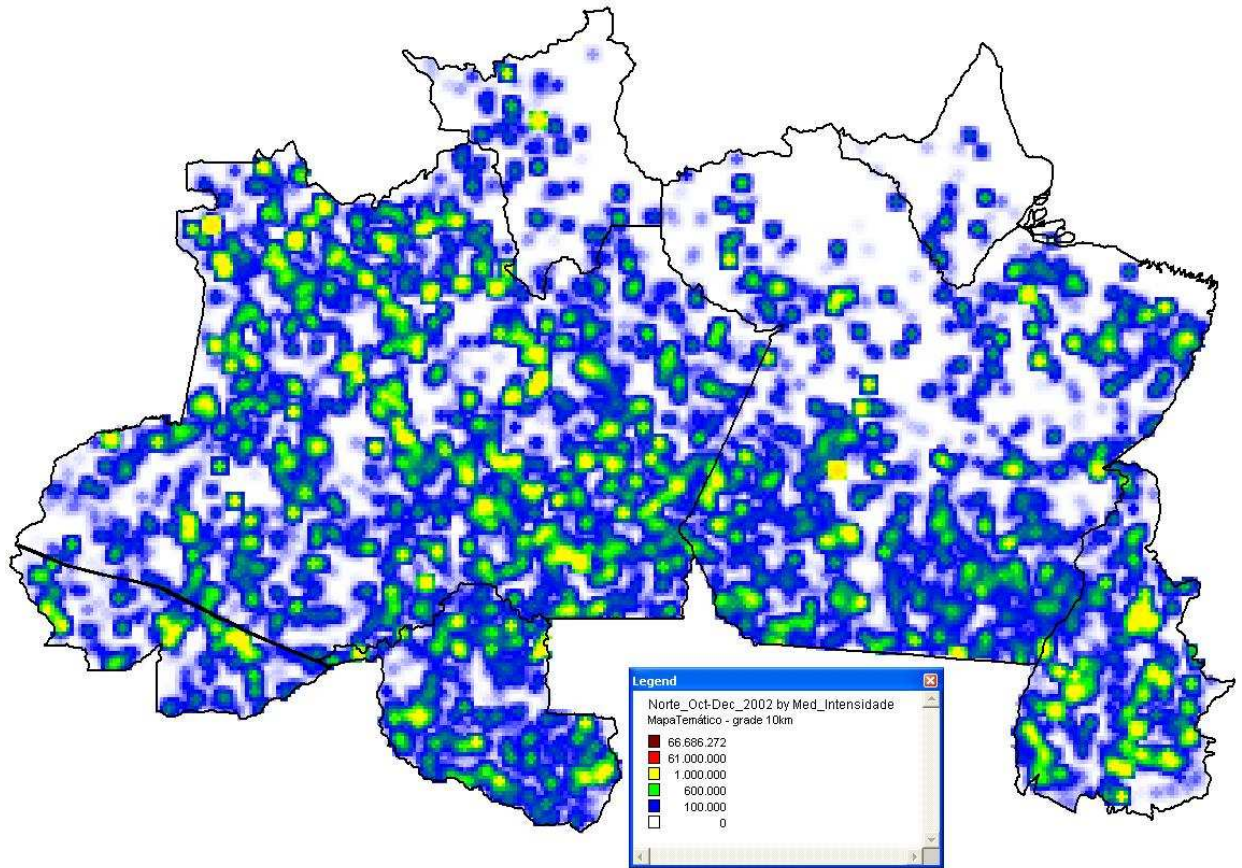
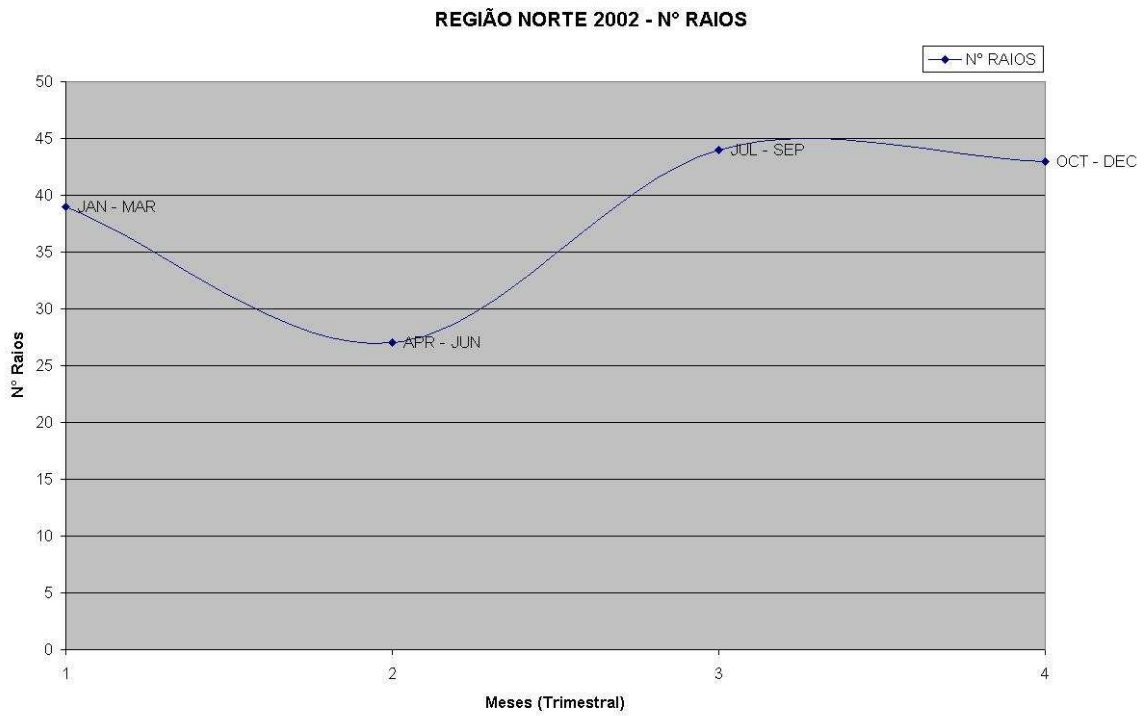


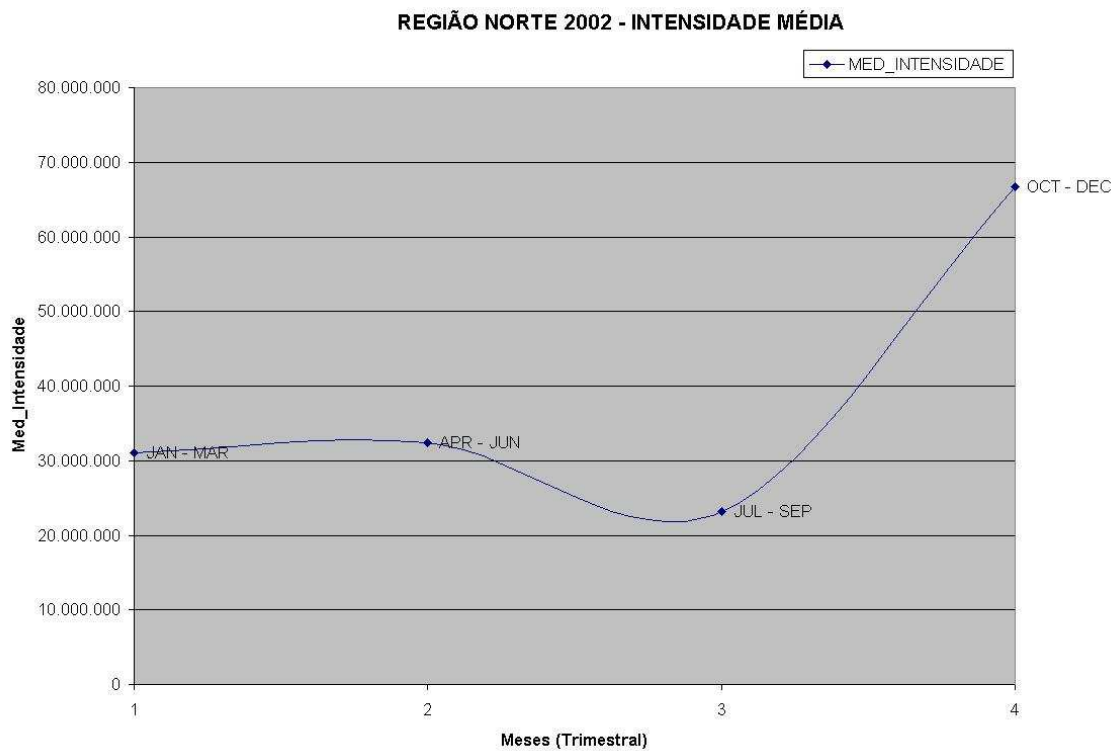
Figura 197 – Número de raios no trimestre de Outubro – Dezembro 2002



**Figura 198 - Intensidade média da radiação no trimestre de Outubro – Dezembro 2002**



**Figura 199 – Gráfico do número de raios em 2002**



**Figura 200 – Gráfico da intensidade média de radiação em 2002**

## **4. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste tópico é feita a análise dos resultados obtidos.

### **4.1 Região Sul**

Observando os gráficos, o período em que ocorre a maior incidência de raios, 58 descargas atmosféricas, em uma grade de 10km<sup>2</sup> na região sul é no trimestre Janeiro – Março de 2001, como visto na figura 21. Pelos mapas temáticos, o período de Outubro – Dezembro de 2002 apresenta maior incidência de raios na região, como visto na figura 37.

Pelos gráficos de intensidade média de radiância o período que apresenta maior valor é o de Julho – Setembro de 1999, como visto na figura 10. Pelos mapas temáticos, o período de Outubro – Dezembro de 2002 apresenta maior quantidade de descargas atmosféricas com intensidade média de radiância mais alta, como visto na figura 38.

### **4.2 Região Sudeste**

Observando os gráficos, o período em que ocorre a maior incidência de raios, 47 descargas atmosféricas, em uma grade de 10km<sup>2</sup> na região sudeste é no trimestre Julho – Setembro de 2002, como visto na figura 79. Pelos mapas temáticos, os períodos de Janeiro – Março dos anos 1999, 2001 e 2002 apresentam maior incidência de raios na região, como visto nas figuras 41, 61 e 71, respectivamente.

Pelos gráficos de intensidade média de radiância o período que apresenta maior valor é o de Janeiro – Março de 1999, como visto na figura 50. Pelos mapas temáticos, os períodos de Janeiro – Março de 1999, 2001 e 2002 apresentam maior quantidade de descargas atmosféricas com intensidade média de radiância mais alta, como visto nas figuras 42, 62 e 72 respectivamente.

### **4.3 Região Centro – Oeste**

Observando os gráficos, o período em que ocorre a maior incidência de raios, 66 descargas atmosféricas, em uma grade de 10km<sup>2</sup> na região centro - oeste é no trimestre Outubro – Dezembro de 2001, como visto na figura 109. Pelos mapas temáticos, o período de Outubro – Dezembro de 2002 apresenta maior incidência de raios na região, como visto na figura 117.

Pelos gráficos de intensidade média de radiância o período que apresenta maior valor é o de Janeiro – Março de 2001, como visto na figura 110. Pelos mapas temáticos, os períodos de Outubro – Dezembro de 2000, Janeiro – Março de 2001 e Outubro – Dezembro de 2002 apresentam maior quantidade de descargas atmosféricas com intensidade média de radiância mais alta, como visto nas figuras 98, 102 e 118 respectivamente.

### **4.4 Região Nordeste**

Observando os gráficos, o período em que ocorre a maior incidência de raios, 50 descargas atmosféricas, em uma grade de 10km<sup>2</sup> na região nordeste é no trimestre Janeiro – Março de 2002, como visto na figura 159. Pelos mapas temáticos, o período de Janeiro – Março de 2000 apresenta maior incidência de raios na região, como visto na figura 131.

Pelos gráficos de intensidade média de radiância o período que apresenta maior valor é o de Janeiro – Março de 1999, como visto na figura 130. Pelos mapas temáticos, o período de Janeiro – Março de 2000 apresenta maior quantidade de descargas atmosféricas com intensidade média de radiância mais alta, como visto na figura 132.

#### **4.5 Região Norte**

Observando os gráficos, o período em que ocorre a maior incidência de raios, 47 descargas atmosféricas, em uma grade de 10km<sup>2</sup> na região sul é no trimestre Julho – Setembro de 2001, como visto na figura 189. Pelos mapas temáticos, o período de Outubro – Dezembro de 2001 apresenta maior incidência de raios na região, como visto na figura 187.

Pelos gráficos de intensidade média de radiância o período que apresenta maior valor é o de Outubro – Dezembro de 2002, como visto na figura 200. Pelos mapas temáticos, o período de Outubro – Dezembro de 2000 apresenta maior quantidade de descargas atmosféricas com intensidade média de radiância mais alta, como visto na figura 178.

### **5. CONCLUSÃO**

Mapas temáticos e gráficos foram criados para os anos de 1999 a 2002 para a incidência de raios e intensidade média de radiância para as cinco diferentes regiões do Brasil. Com a análise dos dados, os períodos de Janeiro – Março e Outubro – Dezembro são os que mais apresentam incidência de raios e intensidade média de radiância. Os dados podem estar associados a esses períodos devido às suas condições climáticas apresentadas. No Brasil, 22 de setembro a 21 de dezembro é primavera e de 21 de dezembro a 20 de março é verão. Nesses períodos a temperatura é mais elevada e como consequência ocorre a formação de temporais, em que ocorre mais descarga atmosférica. Fatores como aquecimento global, El Niño e La Niña e formação de “ilhas de calor” em centros urbanos são outros fatores que podem influenciar nas descargas atmosféricas.

### **6. BIBLIOGRAFIA**

<http://thunder.msfc.nasa.gov./lis/>  
<http://www.ufpa.br/ccen/fisica/aplicada/formac.htm>

### **7. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte dado para o desenvolvimento da pesquisa através da bolsa de iniciação científica.