

DETERMINAÇÃO DE ÁREAS QUEIMADAS E SEVERIDADE DE QUEIMA A PARTIR DA ANÁLISE DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL

Gabriel Bertani

Introdução

- Queimadas: impactos sobre o funcionamento ecológico de diversos ecossistemas ;
- Alta intensidade: processos de degradação;
- Fator indicativo da intensidade: severidade de queima;

Introdução

- Métodos usuais empregados nas estimativas de severidade de queima: alto custo, pouca abrangência, extenso;
- Sensoriamento Remoto possibilita análises em amplas escalas, com cobertura periódica sobre os locais estudados.

Introdução

- Determinação de áreas queimadas e severidade de queima: NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), SVI (*Simple Vegetation Index*), TVI (*Transformed Difference Vegetation Index*), SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*).
- Índice padrão: *Normalized Burn Ratio* (NBR).

Introdução

- Níveis de severidade de queima estimados via Sensoriamento Remoto: geralmente estabelecidos de forma empírica;

Objetivo Geral

- Propor uma abordagem para definição da severidade de queima baseada em parâmetros físicos, derivados do produto MOD14 *Fire and Thermal Anomalies*;

Objetivos

- Comparar os resultados obtidos através de duas metodologias (apenas com um índice de queima e através da análise de autocorrelação espacial);
- Realizar uma análise quantitativa dos resultados, para complementar o trabalho realizado no artigo-base;
- Analisar a relação da severidade de queima com variáveis físicas, com o objetivo de indicar qual delas é a mais apropriada para determinar a intensidade desse processo;

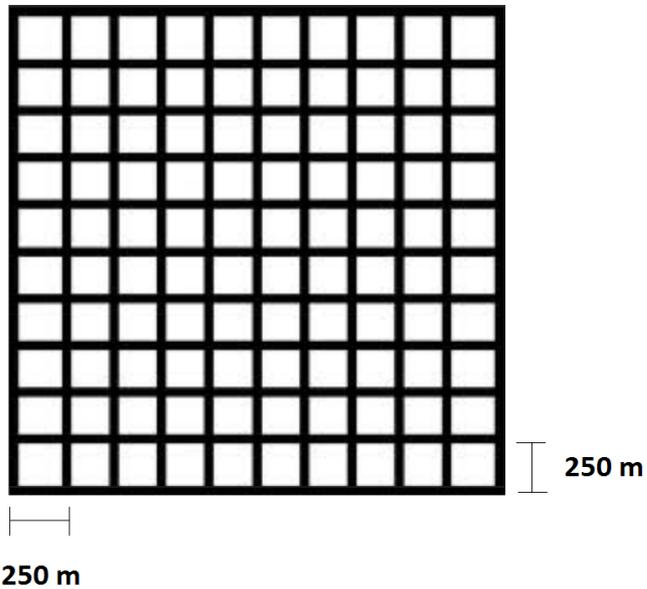
Materiais e Métodos

Dados de Sensoriamento Remoto:

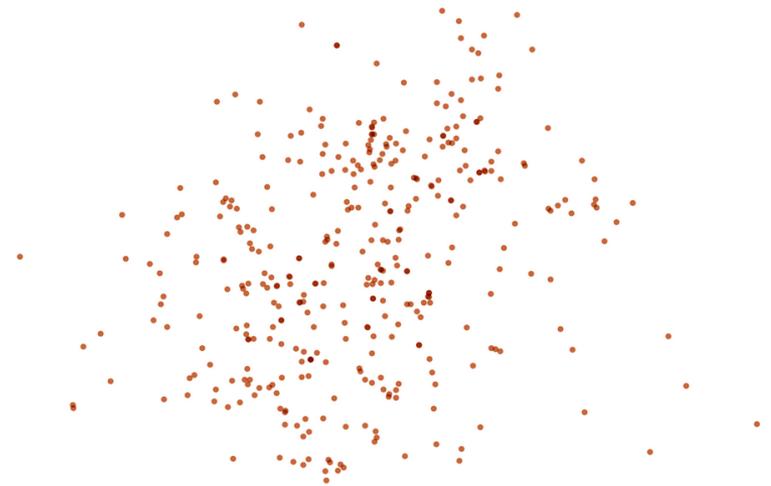
- Dois mosaicos MODIS MOD09A1 (04/06/2010 e 20/09/2010);
- MOD14 *Fire and Thermal Anomalies* (04/06/2010 e 20/09/2010).

Materials e Métodos

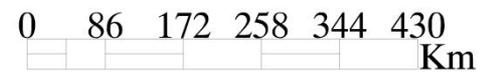
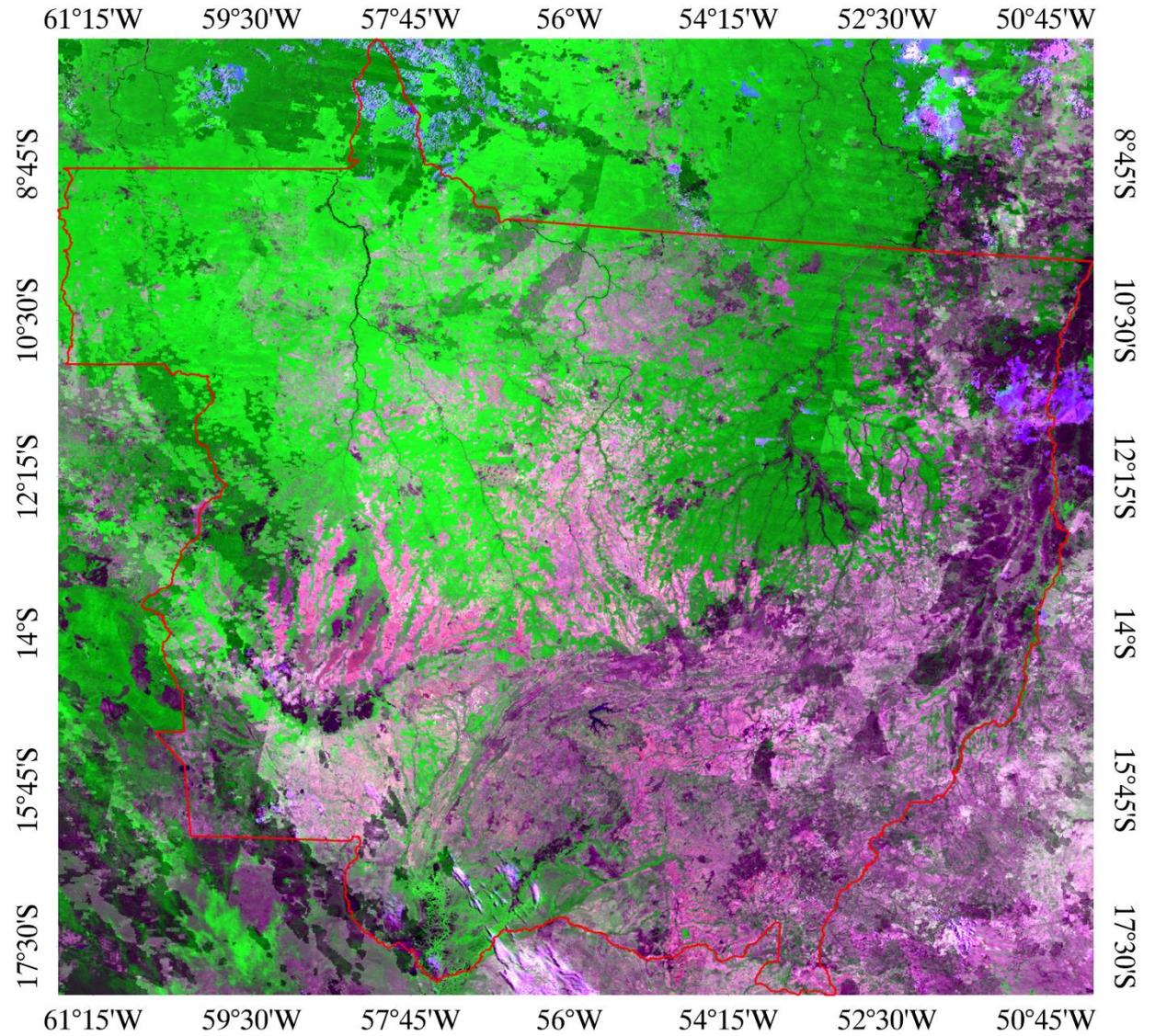
Mosaicos MOD09A1



MOD14 *Fire and Thermal Anomalies*



Área de Estudo



Map Scale 1:6,850,000

Materiais e Métodos

Etapas:

1. Obtenção dos índices (dNBR);
2. Aplicação do Moran's index I ;
3. Aplicação do Getis-Ord Local G_i ;
4. Definição de 13 intervalos para os mapas gerados apenas pelo dNBR e pelo Getis-Ord Local G_i (severidade de queima);

Materiais e Métodos

5. Sobreposição dos intervalos de cada mapa sobre os dados de focos de calor;
6. Relação entre a severidade de queima e as variáveis: Energia Radiativa de Fogo e Temperatura média de brilho nos canal 21, 22 e 31;

Materiais e Métodos

Índices utilizados:

$$1) \text{ NBR} = \frac{\text{NIR} - \text{SWIR}}{\text{NIR} + \text{SWIR}}$$

$$2) \text{ dNBR} = \text{NBR}_{\text{prefire}} - \text{NBR}_{\text{postfire}}$$

Materiais e Métodos

Indicadores globais de autocorrelação espacial (Moran's index I):

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\left(\sum_i \sum_j w_{ij} \right) \sum_i (X_i - \bar{X})^2}$$

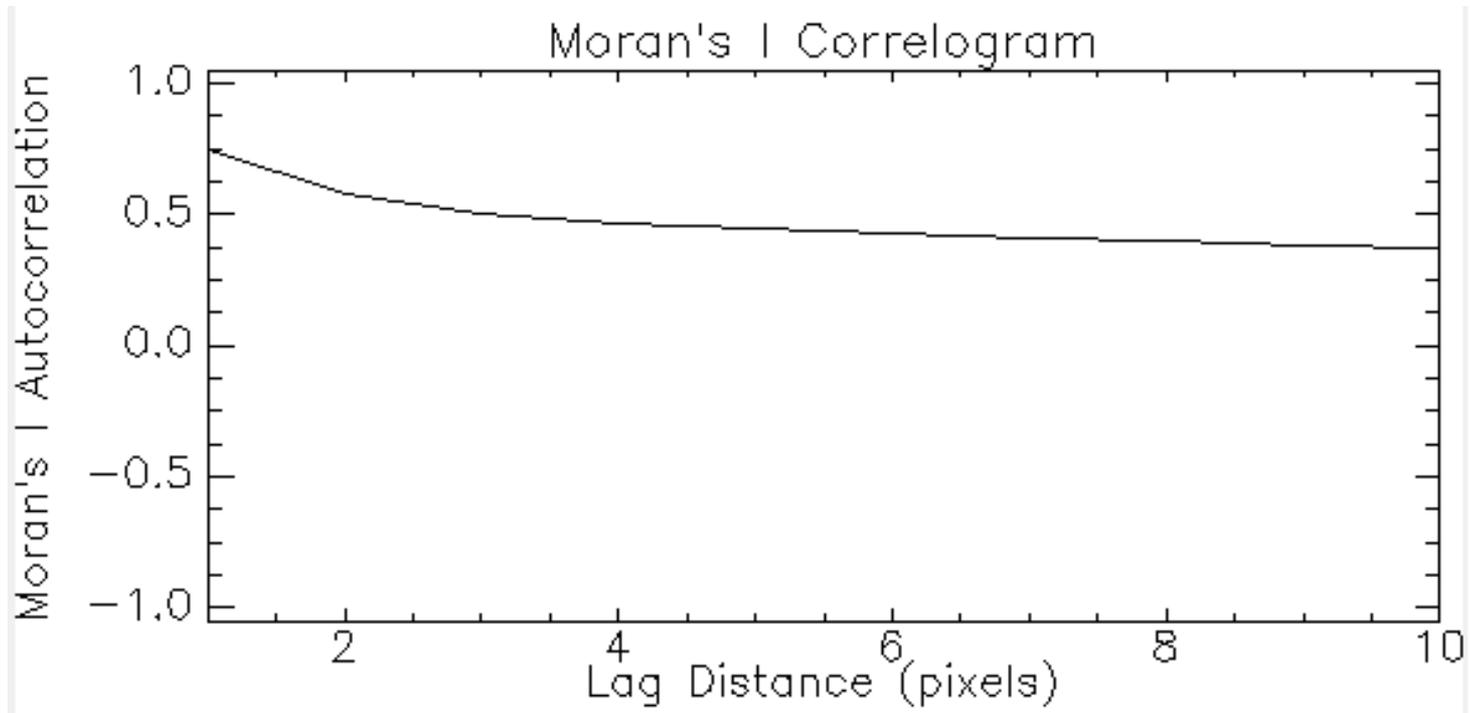
N = número total de pixels;

X_i, X_j = intensidades nos pontos i e j;

\bar{X} é o valor médio,

w_{ij} é um elemento da matriz de ponderação

Moran's index I



Materiais e Métodos

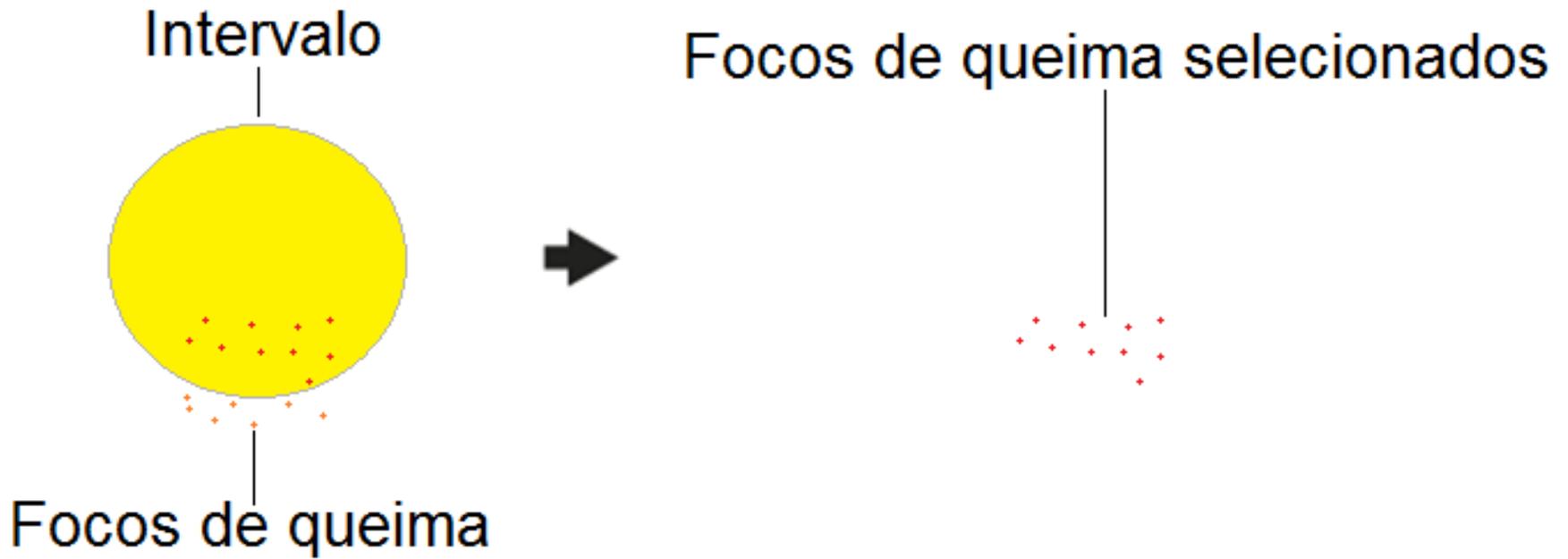
Indicadores locais de autocorrelação espacial
(Getis–Ord Local G_i):

$$G_i(d) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i(d) x_i x_i \sum_{i=1}^n w_i(d)}{S(i) \sqrt{\left[(N-1) \sum_{i=1}^n w_i(d) - \left(\sum_{i=1}^n w_i(d) \right)^2 \right] / (N-2)}}$$

$w_{ij}(d)$ = peso que varia de acordo com a distância

Materiais e Métodos

Obtenção dos focos de calor para cada classe de severidade de queima.



RESULTADOS

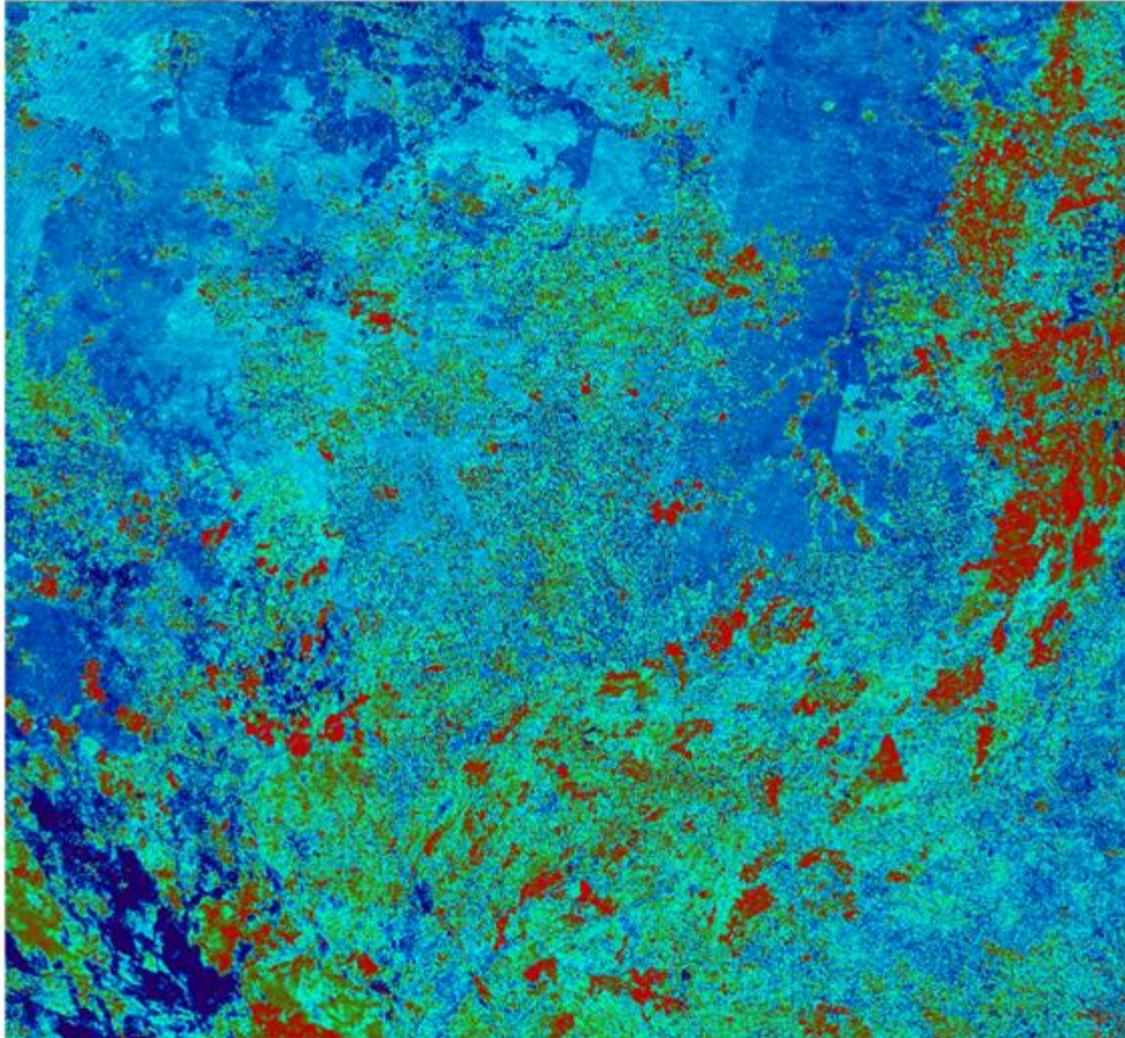
RESULTADOS

- ❑ Área estimada de queima (dNBR): 20.258.999 ha;
- ❑ Área estimada de queima (Local Gi): 16.122.757 ha;

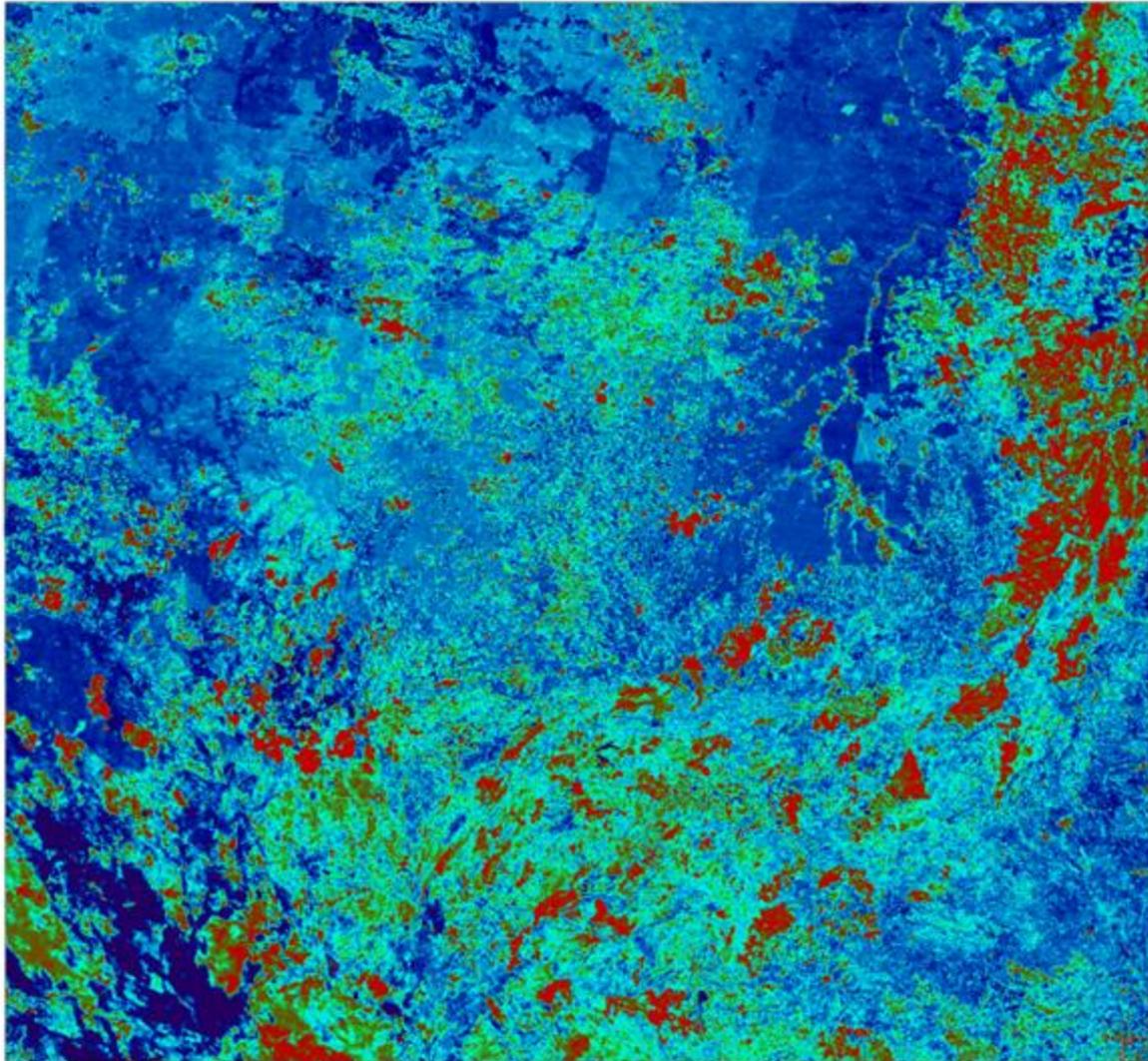
RESULTADOS

- 13 intervalos (níveis ou severidade de queima) definidos para cada metodologia utilizada;
- Baseados na análise dos histogramas e nos padrões gerados;
- dNBR: intervalos compreendidos entre 0,25 e 1,23.
- Local Gi: intervalos compreendidos entre 20 e 122,7.

dNBR

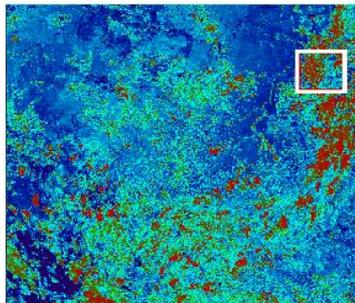
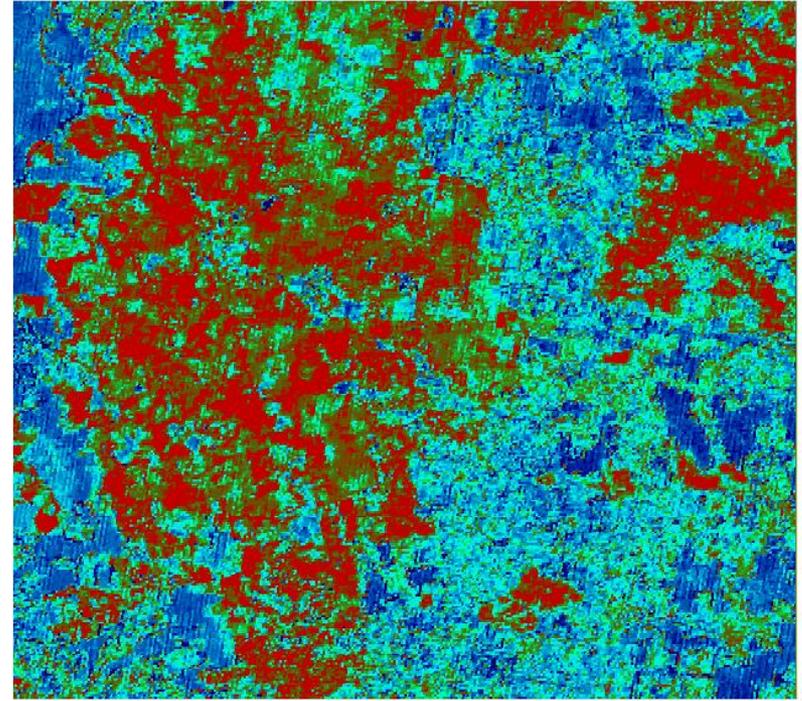
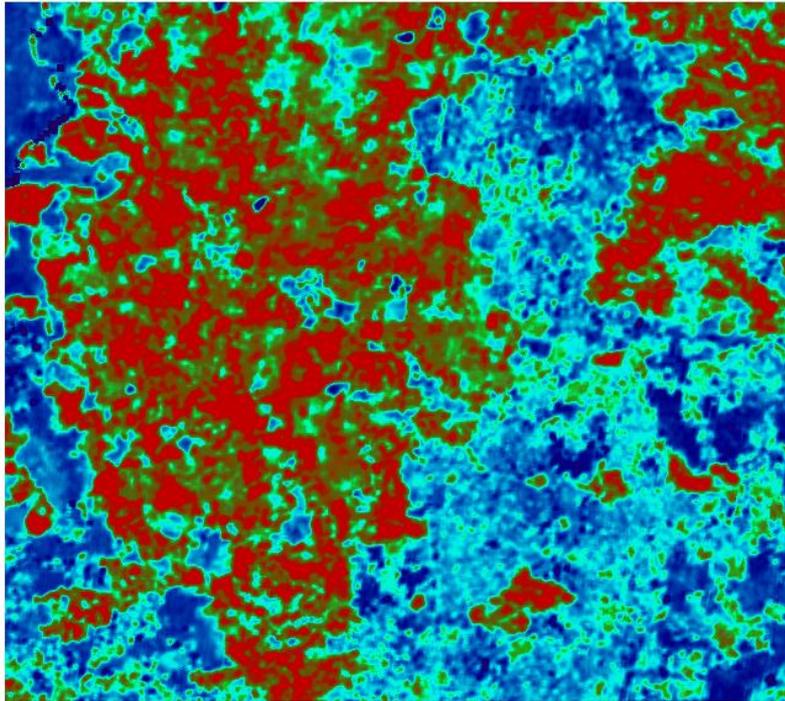


Local Gi

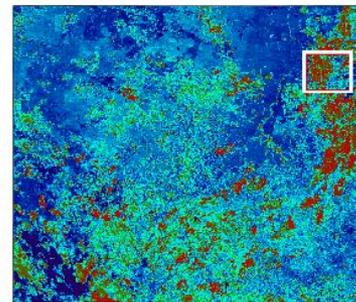


Local Gi

dNBR



20.00 122.70

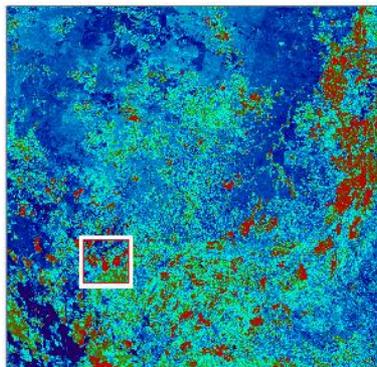
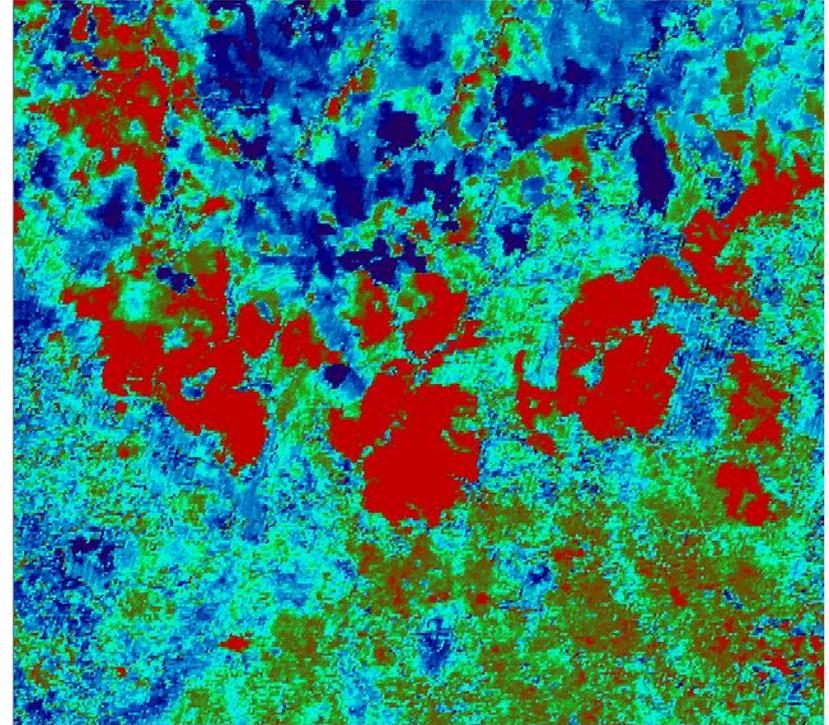
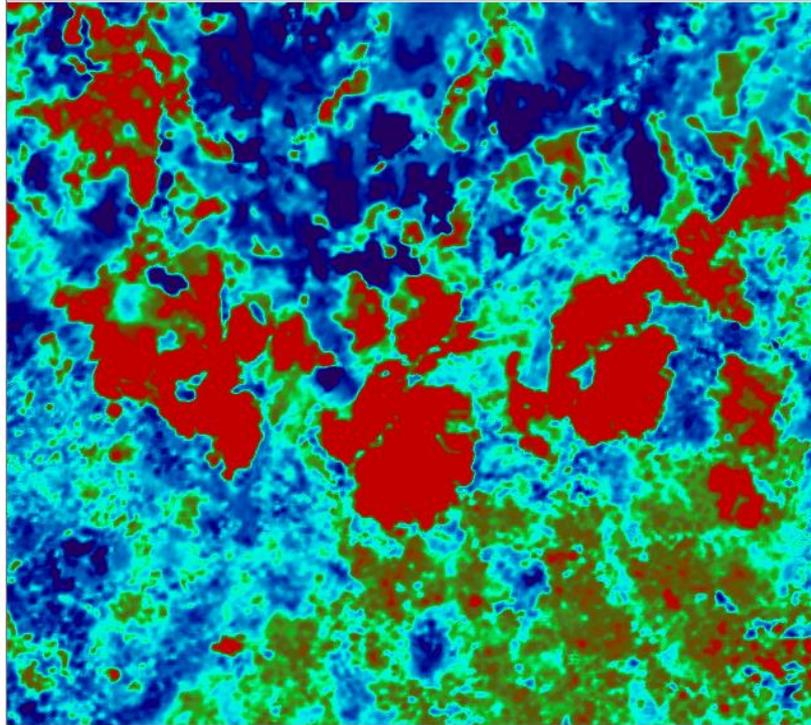


0.25 1.23



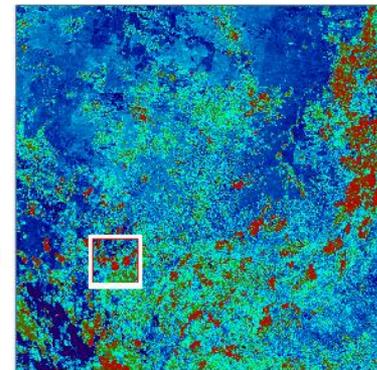
Local Gi

dNBR



20.00

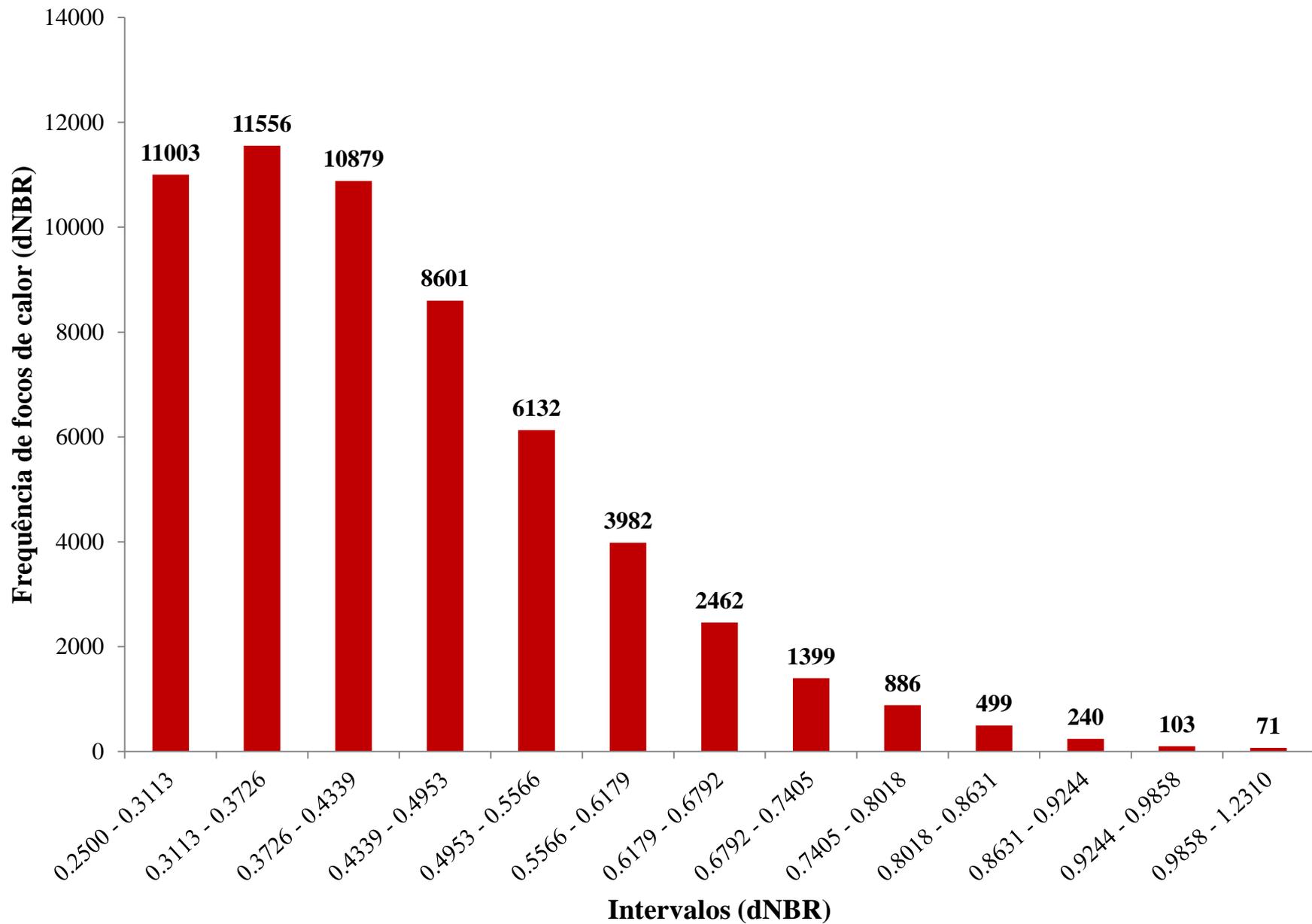
122.70

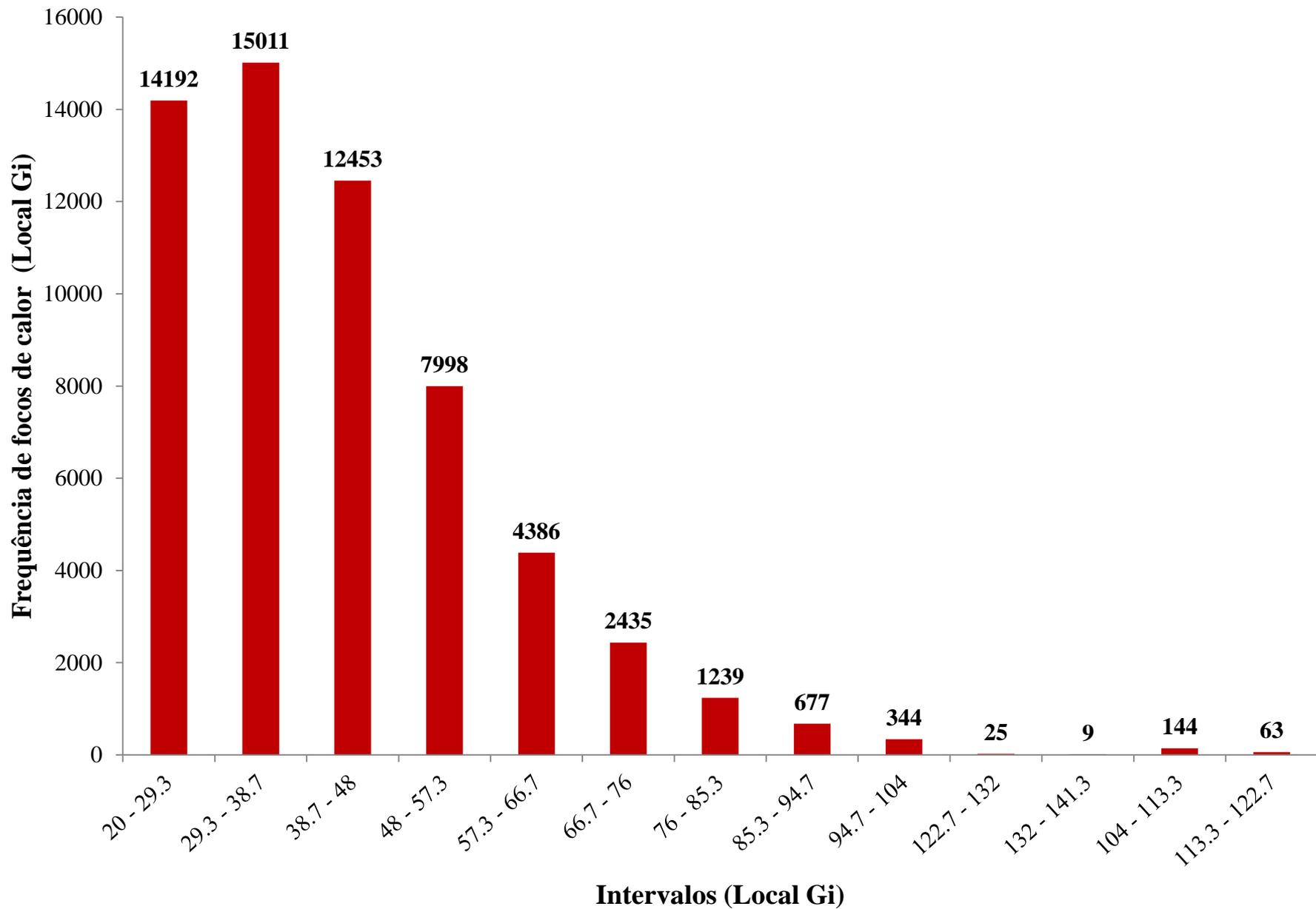


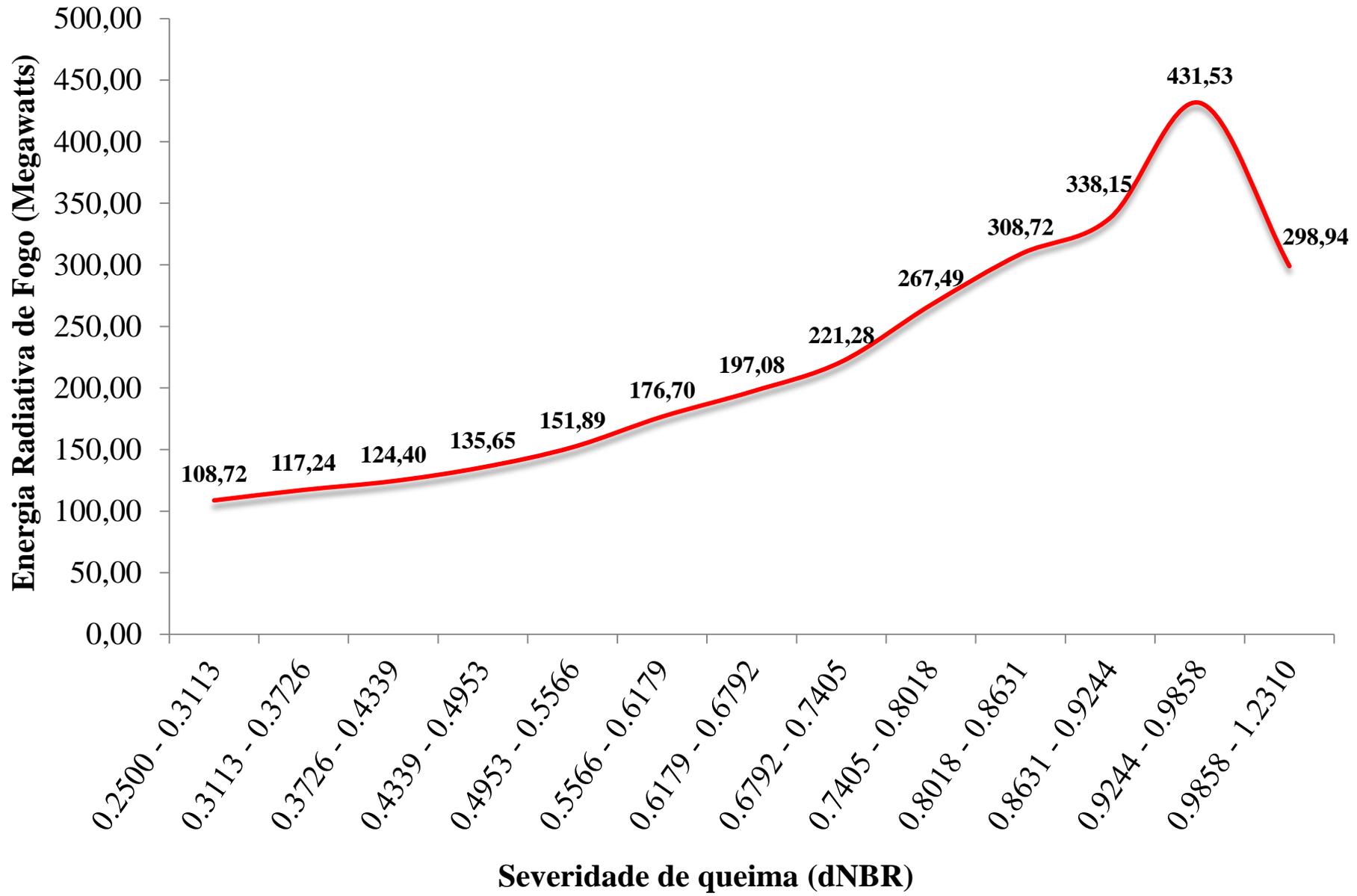
0.25

1.23



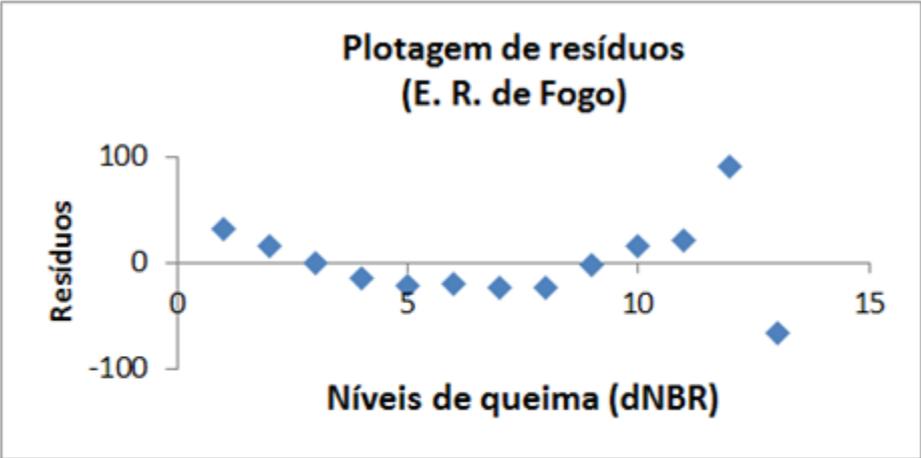






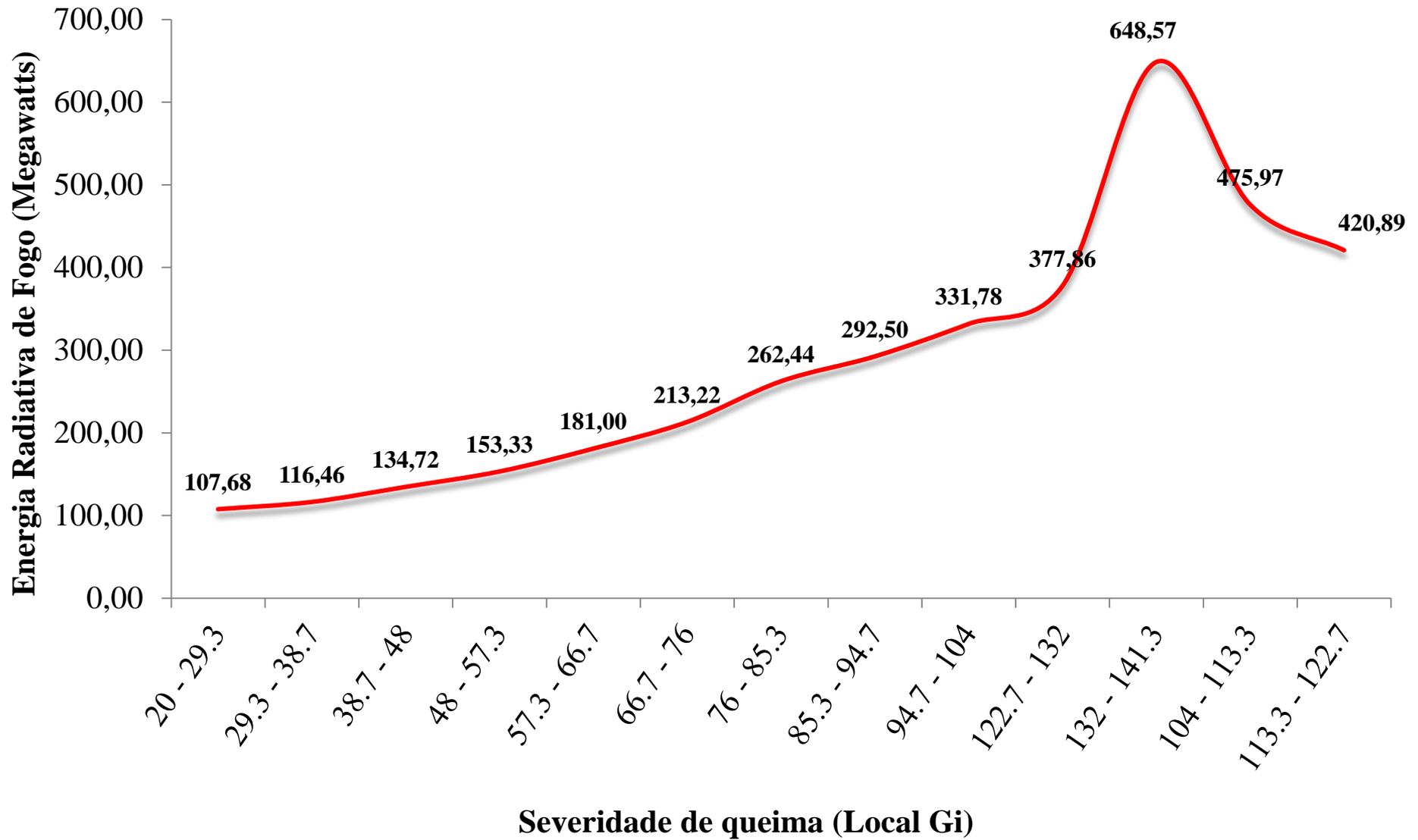
RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.9286232
R-Quadrado	0.8623411
R-quadrado ajustado	0.8498266
Erro padrão	38.957356
Observações	13



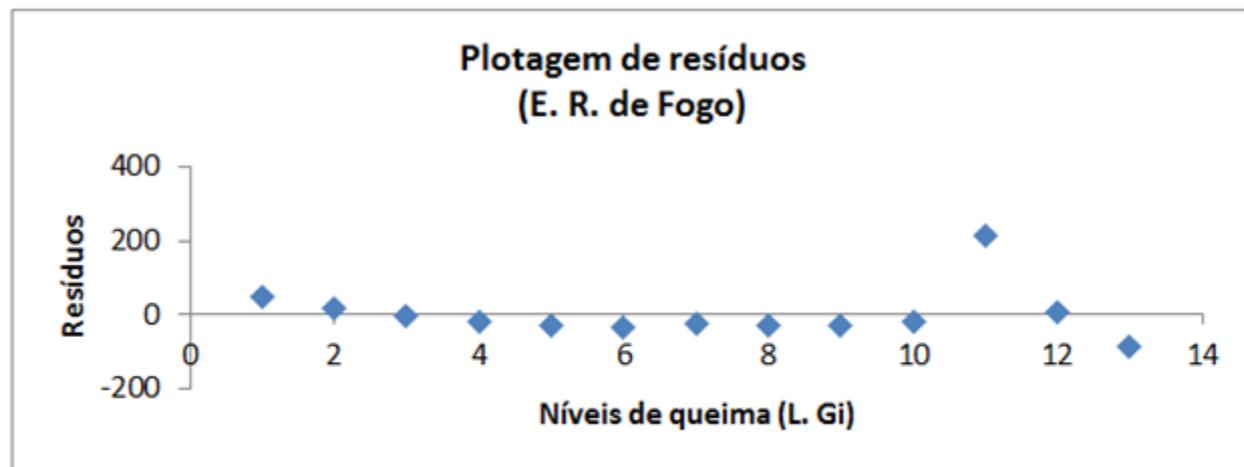
ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	104579.458	104579.5	68.90765	4.58955E-06
Resíduo	11	16694.431	1517.676		
Total	12	121273.889			



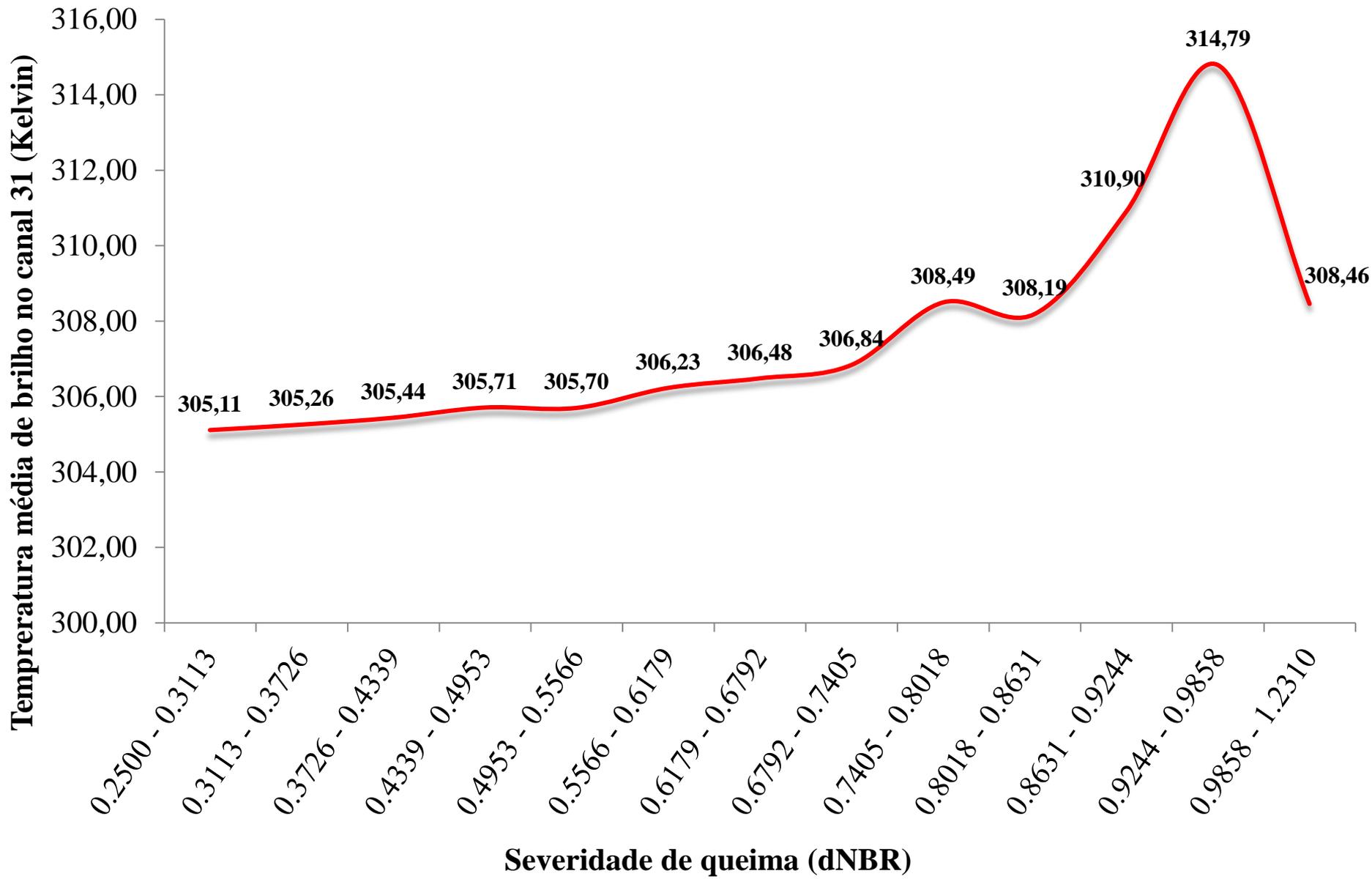
RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.89743183
R-Quadrado	0.8053839
R-quadrado ajustado	0.78769152
Erro padrão	74.5613201
Observações	13



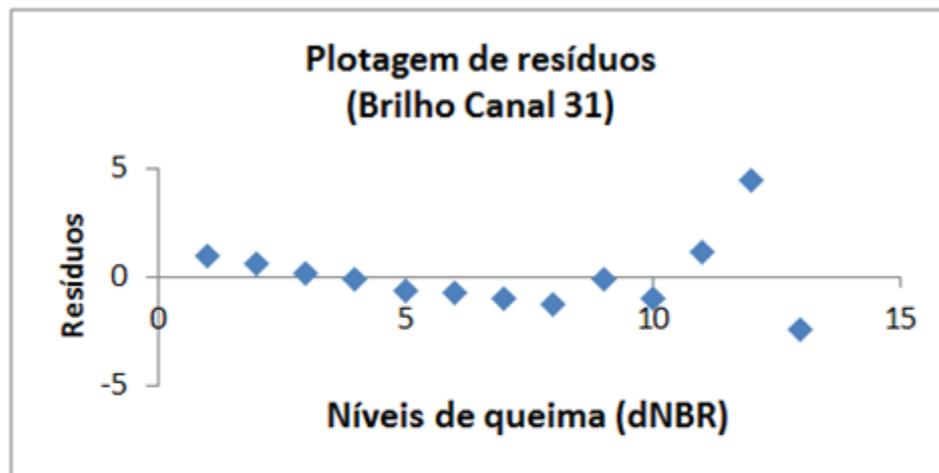
ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	253071.96	253072	45.52153	3.17023E-05
Resíduo	11	61153.295	5559.39		
Total	12	314225.26			



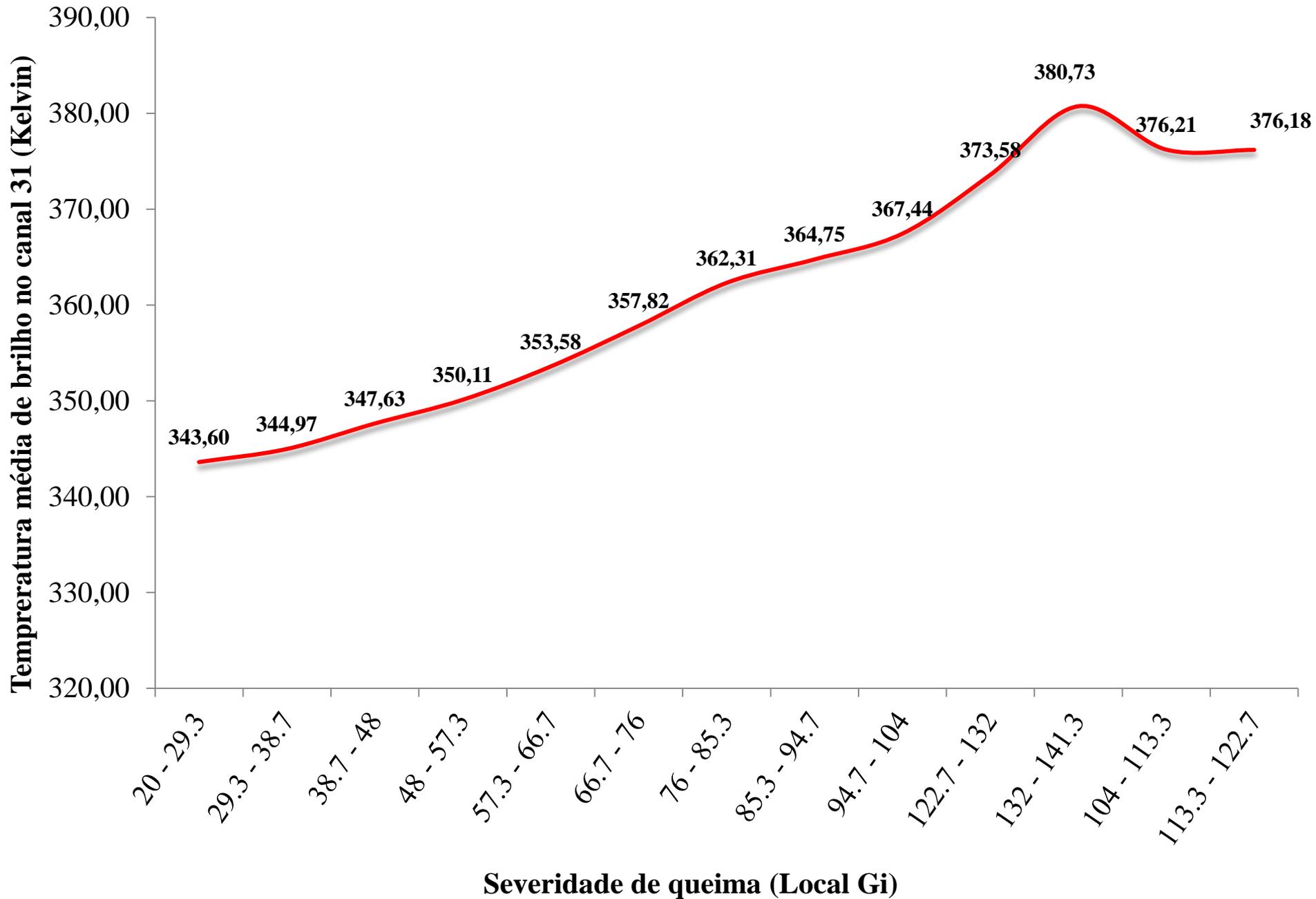
RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.79942139
R-Quadrado	0.63907456
R-quadrado ajustado	0.60626315
Erro padrão	1.73383186
Observações	13



ANOVA

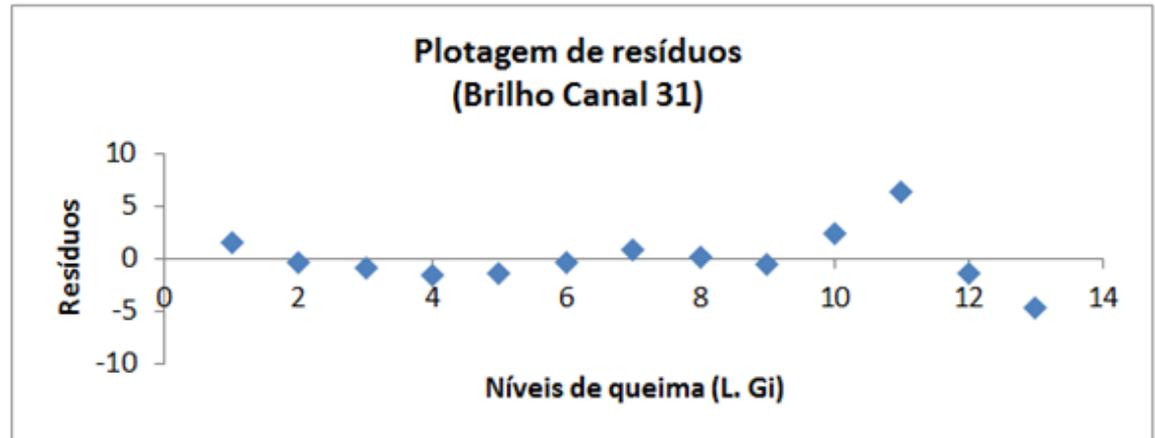
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	58.551857	58.55186	19.47721	0.001040001
Resíduo	11	33.067902	3.006173		
Total	12	91.619759			



RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão

R múltiplo	0.97987194
R-Quadrado	0.96014902
R-quadrado ajustado	0.95652621
Erro padrão	2.68248583
Observações	13

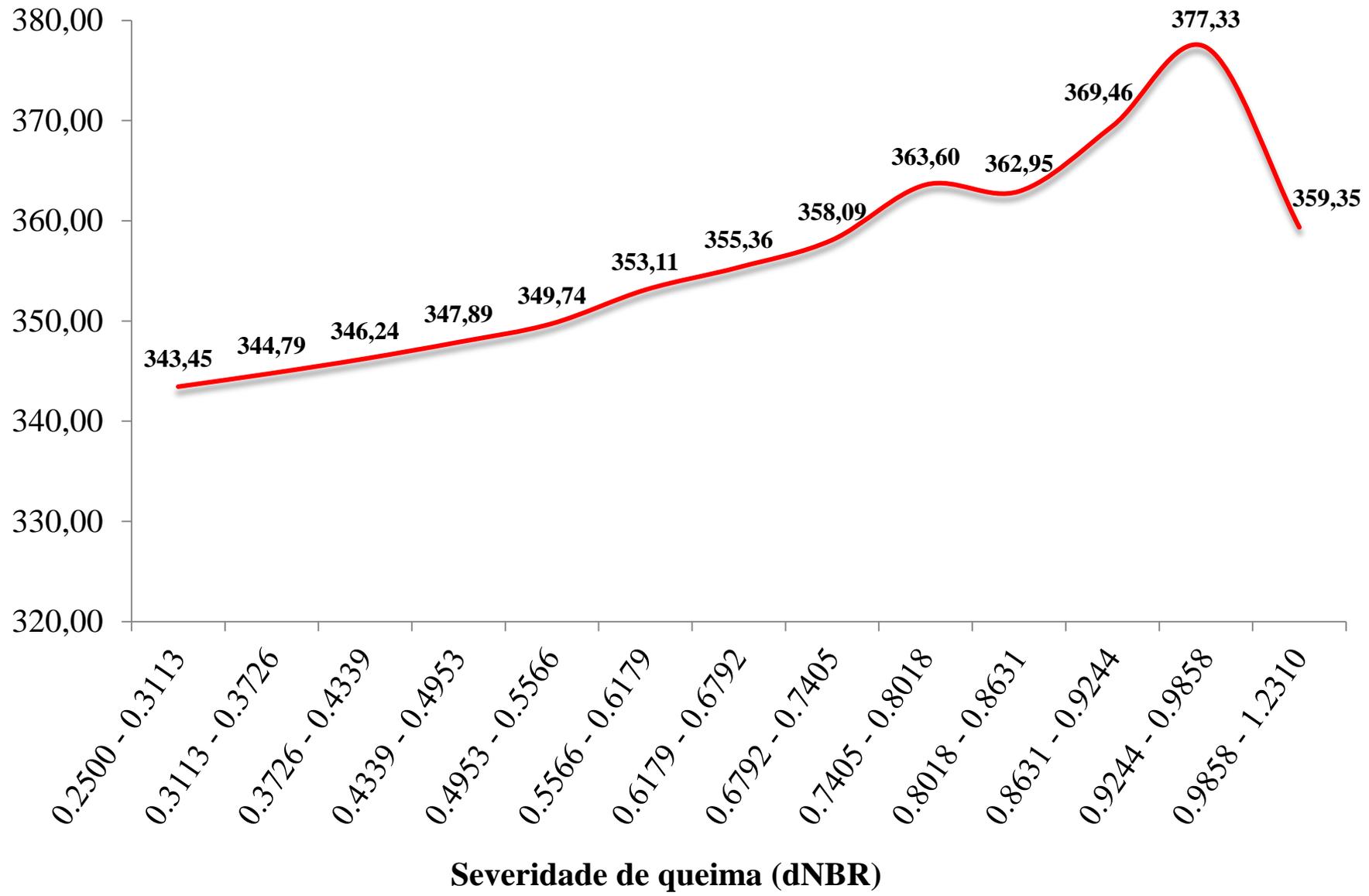


ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1907.0726	1907.073	265.0284	4.80015E-09
Resíduo	11	79.153032	7.19573		
Total	12	1986.2257			

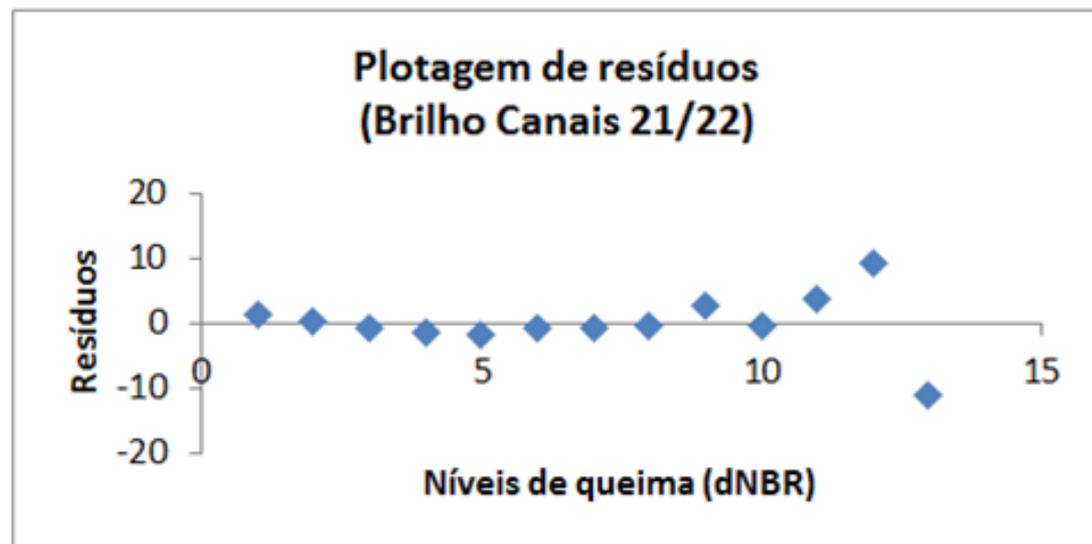
Temperatura média de brilho nos canais 21/22

(Kelvin)



RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estadística de regressão</i>	
R múltiplo	0.899505
R-Quadrado	0.8091092
R-quadrado ajustado	0.7917555
Erro padrão	4.6561172
Observações	13

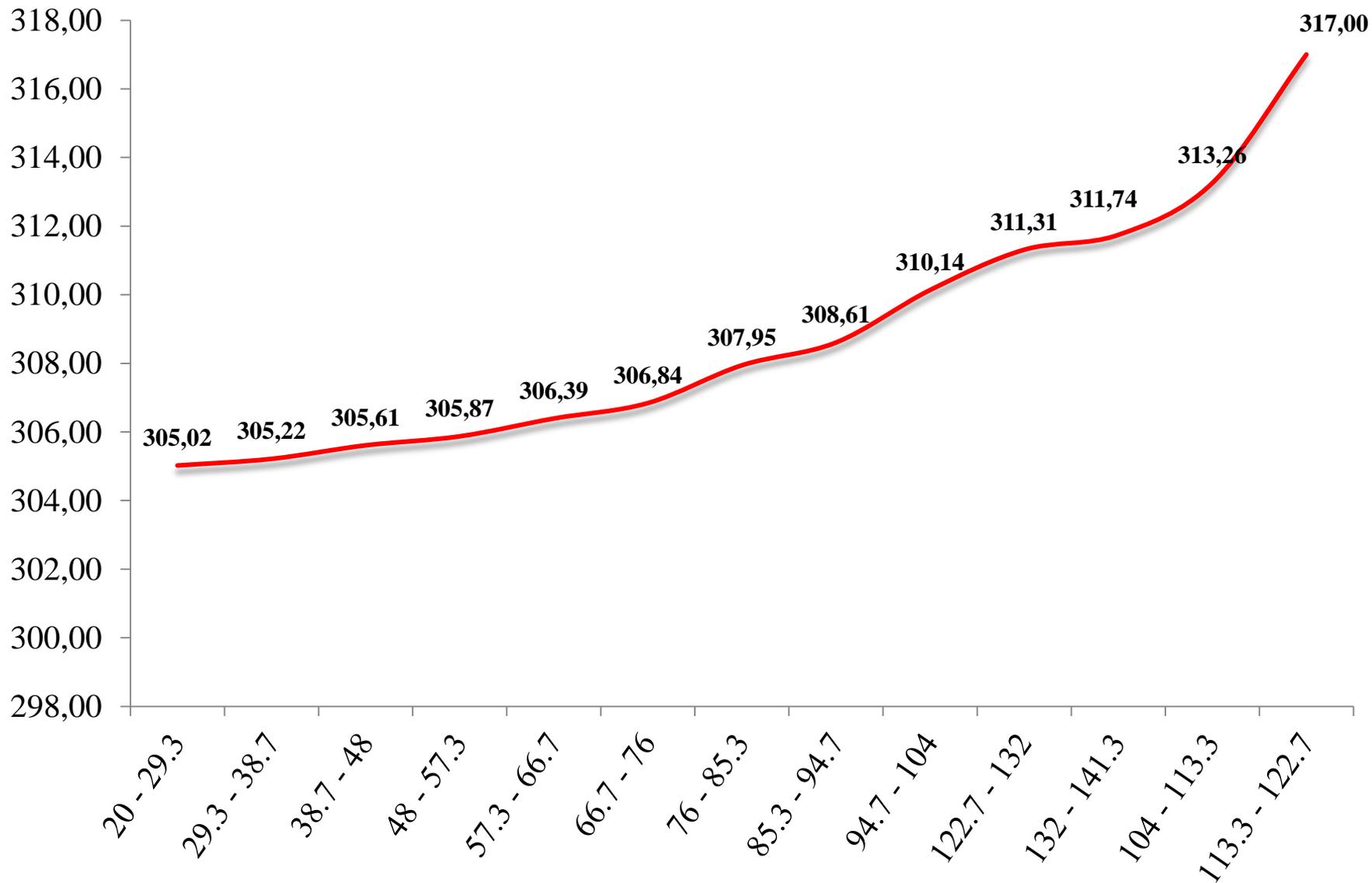


ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1010.7938	1010.794	46.62456	2.84513E-05
Resíduo	11	238.4737	21.67943		
Total	12	1249.2675			

Temperatura média de brilho nos canais 21/22

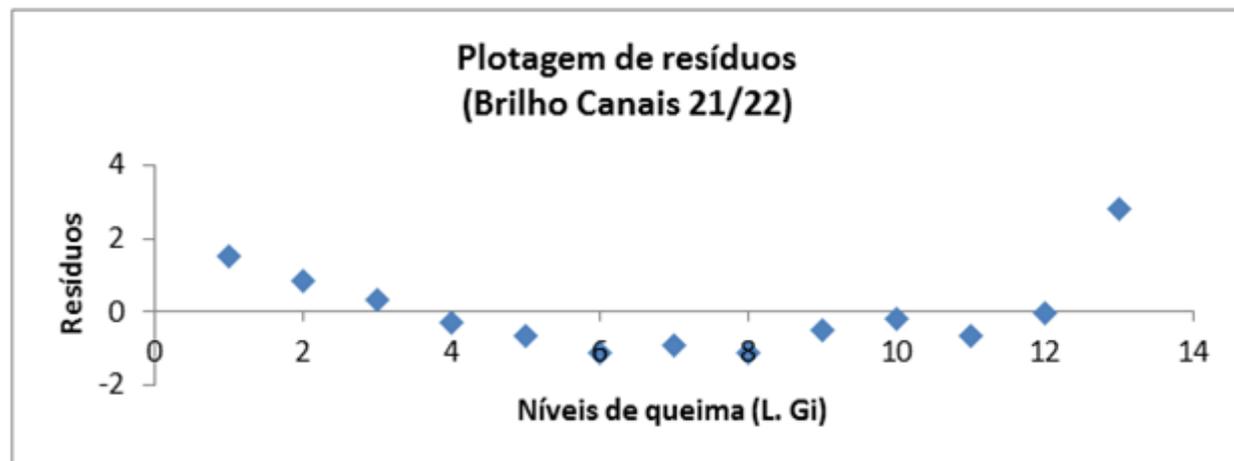
(Kelvin)



Severidade de queima (Local Gi)

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.95000714
R-Quadrado	0.90251356
R-quadrado ajustado	0.89365115
Erro padrão	1.19117164
Observações	13

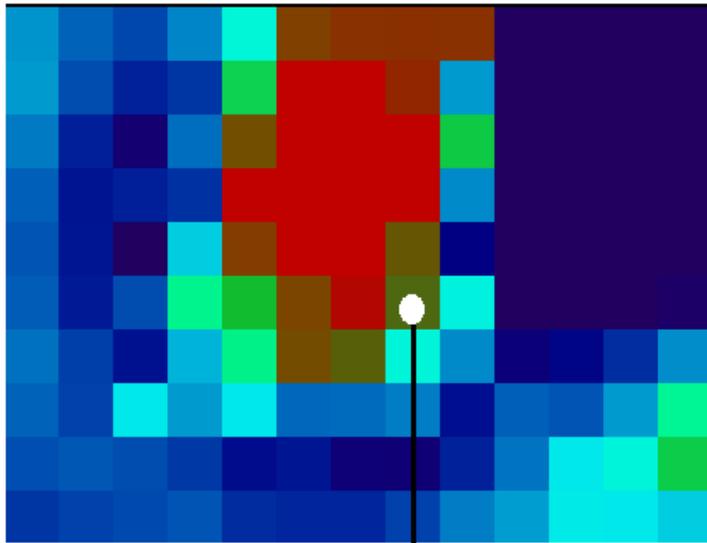


ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	144.49436	144.4944	101.8362	6.75003E-07
Resíduo	11	15.607789	1.41889		
Total	12	160.10215			

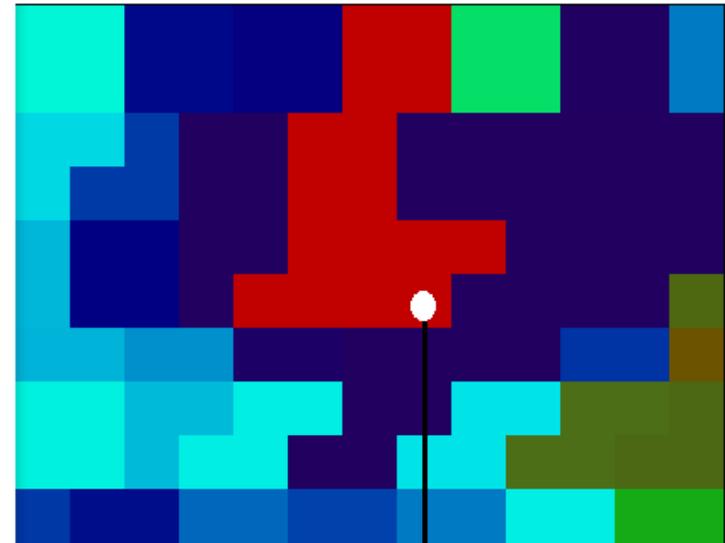
Mesmo foco de calor!

Local Gi



20 - 29.3
(Nível 1)

dNBR



0.9858 - 1.2310
(Nível 13)

Temperatura média de brilho nos canais 21/22 : 326.7 Kelvin

Temperatura média de brilho no canal 31 : 295.7 Kelvin

Energia Radiativa de Fogo : 77.6 Megawatts

Conclusões

1. Os níveis de queima determinados apenas pelos índices espectrais foram superestimados nas áreas de bordas;
2. As duas abordagens apresentaram bons resultados na determinação dos níveis de queima;
3. As Temperaturas médias de brilho nos canais 21/22 e 31 dos níveis de queima gerados pelo método de autocorrelação espacial apresentaram o melhor resultado e mostrou ser uma abordagem eficiente na validação da severidade de queima obtida através do Sensoriamento Remoto;

MUITO OBRIGADO!