- Urban Analysis -

Relatório Final

Eric Silva Abreu

Mario Rocco Pettinati

São José dos Campos – Setembo de 2016

Sumário

[Introdução 3](#_Toc18735)

[TerraLib 3](#_Toc28658)

[Metodologia 4](#_Toc307)

[Dados de Entrada 4](#_Toc21766)

[Imagens 4](#_Toc14904)

[Dado Vetorial 5](#_Toc16978)

[Índices 5](#_Toc13795)

[Métricas 6](#_Toc24257)

[Reclassificação 8](#_Toc9191)

[Crescimento Urbano 9](#_Toc30180)

[Remapeamento das Classes 9](#_Toc14735)

[Calculo de Estatísticas 10](#_Toc10195)

[Desenvolvimento 10](#_Toc16042)

[Organização 10](#_Toc27887)

[Compilação 11](#_Toc691)

[Aplicação Urban Analysis 12](#_Toc13532)

[Interface Principal 12](#_Toc1138)

[Interface Urban Growth 13](#_Toc25136)

[Interface Remap Class 14](#_Toc10087)

[Interface Statistics 15](#_Toc12451)

[Plugin TerraView 17](#_Toc28088)

[Resultados 17](#_Toc16845)

[Reclassificação 17](#_Toc8835)

[Urban Growth 19](#_Toc11437)

[Bibliografia 23](#_Toc32702)

# Introdução

A aplicação Urban Analysis é uma ferramenta de geoprocessamento desenvolvida para a análise e detecção do crescimento urbano. Baseando-se na classificação de imagens multiespectrais e utilizando métricas espaciais, é possível detectar o crescimento urbano em uma determinada região.

Esse projeto tem como finalidade a criação desta ferramenta (implementação da classificação e métricas espaciais) utilizando como base a biblioteca de geoprocessamento TerraLib.

## TerraLib

A TerraLib é uma biblioteca de classes escritas em C++ para a construção de aplicativos geográficos, com código fonte aberto e distribuída como um software livre. Destina-se a servir como base para o desenvolvimento cooperativo na comunidade de usuários ou desenvolvedores SIG’s – Sistemas de Informações Geográficas. A arquitetura da biblioteca é mostrada na Figura 1.

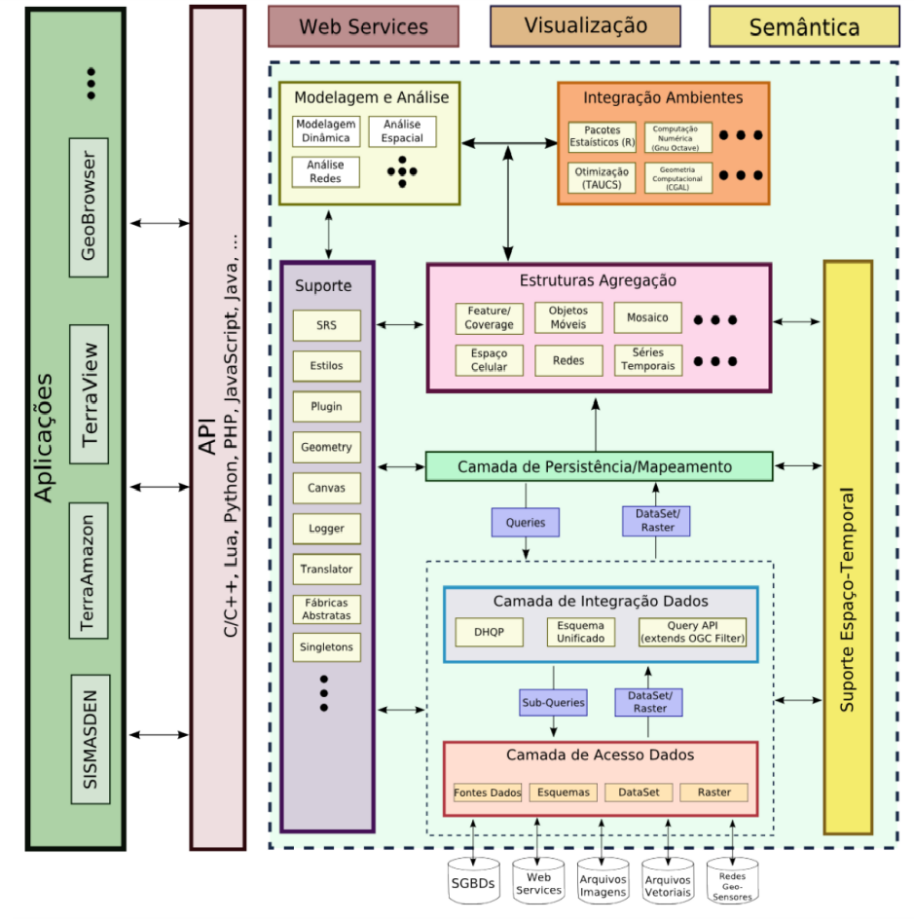


Figura 1 - Arquitetura da Biblioteca TerraLib.

Urban Analysis é mais uma aplicação desenvolvida utilizando o framework da TerraLib.

# Metodologia

Para a correta implementação da aplicação é necessário conhecer alguns conceitos e entender o fluxo de operações. Por exemplo:

## Dados de Entrada

### Imagens

As imagens utilizadas pela aplicação devem estar geo-referenciadas e podem ser do seguinte tipo:

* *Multiespectrais*: imagens originais da região de estudo. Nesse caso a imagem precisa ser classificada utilizando algum classificador e depois reclassificadas.
* *Classificadas*: imagens já classificadas, tendo apenas que reclassificar. As classes identificadas são:
  + NO\_DATA = 0
  + URBAN = 1
  + WATER = 2
  + OTHER = 3
* *Reclassificadas*: imagens prontas para serem usadas pela aplicação. As classes definidas nessa imagem são:
  + NO\_DATA = 0
  + URBAN = 1
  + SUB\_URBAN = 2
  + RURAL = 3
  + URBANIZED\_OS = 4
  + RURAL\_OS = 6
  + WATER = 7

Para esse estágio da aplicação é definido que as imagens de entrada estão previamente classificadas.

### Dado Vetorial

É necessário também como dado de entrada um dado vetorial que delimite a região de estudo sobre a imagem. Esse dado precisa conter uma projeção válida.

## Índices

#### Edge (Open space contiguity)

O Índice de borda mede a frequência com que os pixels de área construida são encontrados adjacente a um pixel de área aberta ou água. O índice varia entre 0 e 1.

#### Openness

O índice de abertura mede a porcentagem de espaço aberto em um círculo de 1 km2 em torno de cada pixel de área construída. O índice varia entre 0 e 1.

#### Open space fragmentation

A relação entre a área de espaço aberto urbanizada e periférica combinada com a área urbana.

#### Proximity

É a razão entre a distância média de todos os pontos no círculo de áreas iguais ao seu centro e a distância média ao centro da cidade de todos os pontos em “city footprint”.

#### Cohesion

É a razão entre a distância média entre todos os pontos dentro de um círculo de áreas iguais e a distância média entre todos os pontos da “city footprint”.

#### Compactness

A fração da área da geometria que está dentro de um círculo de área igual centrado no centro da geometria.

#### Constrained Compactness

A fração da área da geometria que está dentro do círculo de área de interesse que está localizada no centro da geometria. O círculo de área de interesse tem uma área edificável (excluindo água e inclinação excessiva) igual à área urbanizada.

#### Water

O índice de água é calculado para cada cena Landsat: Índice Água = (Banda 1 + Banda 2 + Band 3) / (Band 4 + Banda 5 + Banda 7). A classe água é extraída de imagem de índice de água sobreposto com a classificação urbano / não urbano.

## Métricas

#### Urban land cover

É medida pela área total construída das cidades, as vezes inclui espaços abertos capturadas por suas áreas construídas e espaços abertos na periferia urbana afetada pelo desenvolvimento urbano.

#### Density

Densidade populacional urbano médio, tipicamente medido como a razão entre a população total da cidade e a área total construída.

#### Centrality

Refere-se a proporção relativa da população da cidade que vive próximo ao centro em vez da periferia urbana.

#### Fragmentation

Medido pela quantidade relativa e estrutura espaciais dos espaços abertos que são fragmentados por uma expansão não continua das cidades em zonas rurais adjacentes.

#### Compactness

Grau para o qual o “city footprint” se aproxima de um círculo, em vez de uma forma semelhante a um tentáculo. É medido por um conjunto de métricas de compacidade.

#### Infill

É definido como todos os novos desenvolvimentos que ocorreram entre dois períodos de tempo dentro do espaço aberto urbanizada do período anterior, excluindo espaço aberto exterior.

#### Extension

E todo novo desenvolvimento que ocorreu entre dois períodos de tempo em clusters contíguos que continham espaço aberto exterior no período anterior e que não eram de enchimento (infill).

#### Leapfrog

Desenvolvimento é toda nova construção que ocorreu entre dois períodos de tempo em campo aberto, totalmente fora do espaço aberto do período anterior.

#### Walking distance circle

É um círculo com uma área de um quilómetro quadrado em torno de um determinado pixel de área construída.

#### Urban built-up pixels

São pixels que têm uma maioria de pixels de área construídas dentro de um círculo de área de interesse; 50-100 % de área desenvolvida.

#### Suburban built-up pixels

São pixels que têm de 10 a 50% de área construídas dentro de um círculo de área de interesse.

#### Rural built-up pixels

São pixels que têm menos de 10% de área construídas dentro de um círculo de área de interesse.

#### Fringe open space

Consiste de todos os pixels de espaço aberto dentro de 100 metros de pixels urbanos ou suburbanos.

#### Captured open space

Consiste de todos os clusters de espaço aberto que estão totalmente cercadas por área construída e “fringe open space” e são possuem área menor do que 200 hectares.

#### Exterior open space

Consiste de todos os pixels de “open fringe space” que estão a menos de 100 metros da zona rural.

#### Urbanized open space

Consiste todo “fringe open space”, “captured open space” e “exterior open space” pixels de uma cidade.

#### Urban landscape área

Consiste em toda a área urbana da cidade e todo o seu espaço aberto urbanizado.

#### Built-up área

É o conjunto de pixels de área construída dentro do limite administrativo da cidade ou área metropolitana.

#### City footprint

É o conjunto de pixels urbanos e suburbanos, “fringe open space”, “captured open spaces” e os pixels que os cercam.

#### Urban tract área

É o conjunto de setores censitários dentro da área administrativa da cidade, com uma densidade populacional superior a 3,86 pessoas por hectare.

#### Urban landscape ratio

É a razão entre a área de paisagem urbana e a área construída na cidade.

#### City foot print ratio

É a relação entre “city footprint” (que inclui toda área construída ou área de superfície impermeável e todo o espaço aberto urbanizada da cidade) e a área construída. É uma medida municipal de fragmentação.

#### City foot print density ratio

É a relação entre a população dentro da área administrativa da cidade e da área da sua “city footprint”.

#### Urban tract density ratio

É a razão entre a população total e da área total de setores urbanos.

#### Built-up área desity ratio

É a relação entre a população dentro da área administrativa da cidade e da área de seus pixels construídos.

## Reclassificação

O processo de Reclassificação é um processo intermediário à operação de Crescimento Urbano, no qual, para cada imagem no tempo T são gerados um par de imagens reclassificadas que serão utilizadas para a detecção do crescimento urbano. A partir das diferenças entre as imagens nos diferentes tempos é possível definir as regiões de crescimento urbano .

Abaixo é apresentado o fluxograma da execução dos *N* passos necessários para a geração dessas imagens reclassificadas.

FOR EACH

IMAGE AT TIME T

CREATE URBAN LANDSCAPE

CREATE URBAN LANDSCAPE

CLASSIFY FRINGE OPEN AREA

analysisType

IDENTIFY ISOLATED OPEN PATCHES

"urbanized area"

"urban footprint"

ADD ISOLATED PATCHES TO MAP

Figura 2 - Fluxograma do Processo de Reclassificação

## Crescimento Urbano

Com a geração das imagens reclassificadas para cada tempo ***T***, é possível analisar um par de imagens da mesma região em tempos diferentes e baseado nos valores de classes dos pixel verificar as diferenças entre as imagens, assim caracterizando as áreas de crescimento urbano.

## Remapeamento das Classes

A operação de remapeamento das classes permite ao usuário remapear os valores de *pixels* de uma imagem para as classes esperadas pela aplicação, além disso o usuário pode definir qual será o valor que representa cada classe.

Essa flexibilidade de definir os valores de *pixels* das classes foi implementado para permitir a compatibilização dos dados utilizados por esta aplicação, bem como para os scripts do ArcGIS .

## Calculo de Estatísticas

Utilizando um dado vetorial de polígonos e uma imagem é possível associar a cada geometria a área e a contagem de cada classe da imagem presente nesta região da geometria.

O resultado desta operação será sempre um novo dado vetorial contendo novas colunas das estatísticas calculadas.

# 

# Desenvolvimento

A aplicação Urban Analysis foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação C++ e tem seu código fonte armazenado em um repositório na web chamado BitBucket (<https://bitbucket.org/>). Para ter acesso ao repositório é necessário ter uma conta neste site e ter permissão para acessar este repositório. Este repositório utiliza como esquema de versionamento do código o GIT.

## Organização

O esquema de organização do código desta aplicação segue o padrão adotado pela TerraLib. Existem pastas especificas para os arquivos de configuração do projeto e pastas para o código fonte. A Figura 2 apresenta a estrutura de diretórios do projeto.

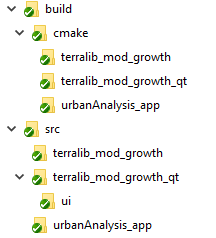


Figura 3 - Estrutura de diretório da Aplicação Urban Analysis.

Como pode ser observado na figura foram criados alguns módulos para a criação da aplicação. Essa modularização tende a deixar a ferramenta mais flexível a auxilia a manutenção do código.

|  |  |
| --- | --- |
| Módulo | Descrição |
| growt | Contém os algoritmos que definem as classificações e métricas. |
| growt\_qt | Contém as interfaces gráficas. |
| urbananalysis\_app | Aplicação Urban Analysis. |

## Compilação

As ferramentas necessárias para criação do projeto e compilação são:

* GIT: ferramenta de versionamento do código.
  + <https://git-scm.com/>
* CMake: ferramenta para criação dos projetos.
  + <https://cmake.org/>
* Qt 5: Tool kit gráfico utilizado para criação das interfaces.
  + <http://www.qt.io/>
* Compilador: Microsoft Visual Studio, GCC, ...

O endereço para acessar o código da aplicação Urban Analysis utilizando o GIT e:

* <https://user@bitbucket.org/mariopettinati/urban_analysis.git>

Para acessar o repositório da TerraLib também utilizando o GIT, o endereço é:

* <https://git.dpi.inpe.br/terralib5>

Juntamente ao repositório encontra-se um arquivo texto “BUILD-INSTRUCTIONS” detalhando o processo de compilação.

# Aplicação Urban Analysis

O projeto desta aplicação foi desenvolvido de forma que esta ferramenta seja uma aplicação “Stand Alone”, ou seja, mesmo dependente da TerraLib ela não precisa de uma outra aplicação para funcionar.

## Interface Principal

A interface principal da Aplicação Urban Analysis é mostrada na Figura 4 e apresenta à esquerda uma área que será preenchida com os processamentos disponíveis. A área da direita é utilizada para apresentar os parâmetros específicos do processamento selecionado.

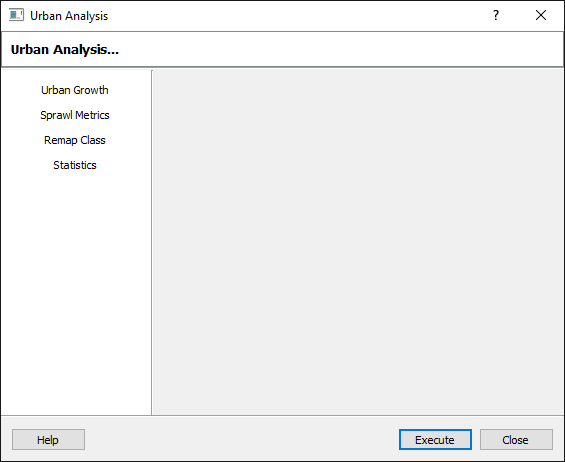


Figura 4 - Interface principal da aplicação.

O botão “Execute” é utilizado para executar o processamento selecionado baseado nos parâmetros definidos pelo usuário.

## Interface Urban Growth

Esta interface executa o processamento de detecção de Crescimento Urbano. Tendo como entrada imagens classificadas de uma região. Cada imagem deve representar essa região em um tempo distinto.

Ao selecionar o item “Urban Growth” é apresentado os parâmetros específicos para este processamento, Figura 5.

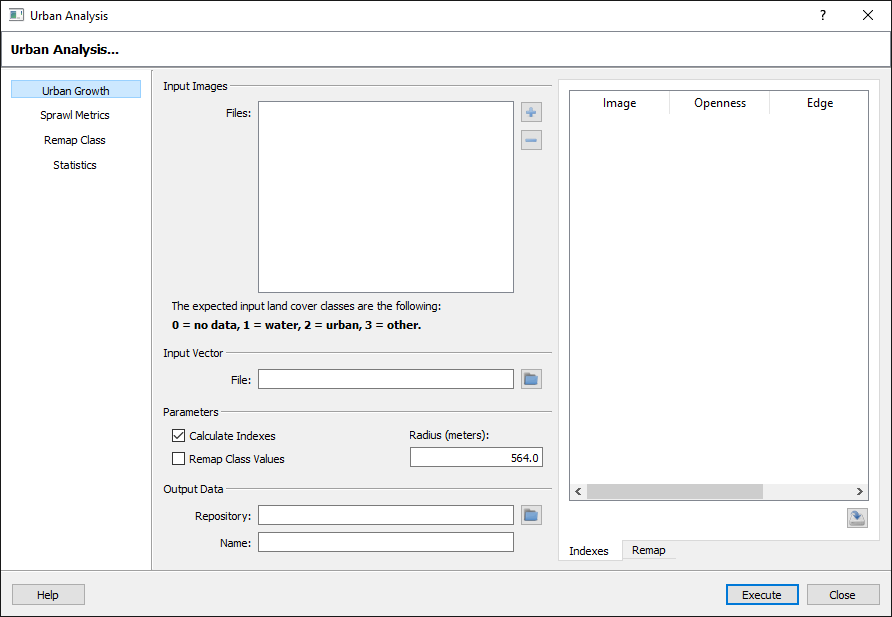


Figura 5 - Interface do processamento Urban Growth.

* Input Images
* + : Adiciona imagens a serem utilizadas no processo de crescimento de região.
* - : Remove as imagens selecionadas.
* Input Vector
* File: Seleção do arquivo vetorial da região em análise.
* Parameters
* Calculate Indexes: Opção para que o calculo dos índices seja executado.
* Remap Class Values: Opção utilizada caso o usuário tenha alterado as informações das classes das imagens de entrada.
* Radius: Definição do valor de raio em metros a ser utilizada.
* Output Data
* Repository: Definição da localização dos dados de saída.
* Name: Definição do nome base a ser utilizado na geração dos dados de saída.

## Interface Remap Class

Esta interface permite ao usuário reclassificar uma imagem classificada. Esse processamento se faz necessário quando os dados de entrada estão diferentes do previsto pela aplicação.

Ao selecionar o item “Remap Class” é apresentado os parâmetros específicos para este processamento, Figura 6.

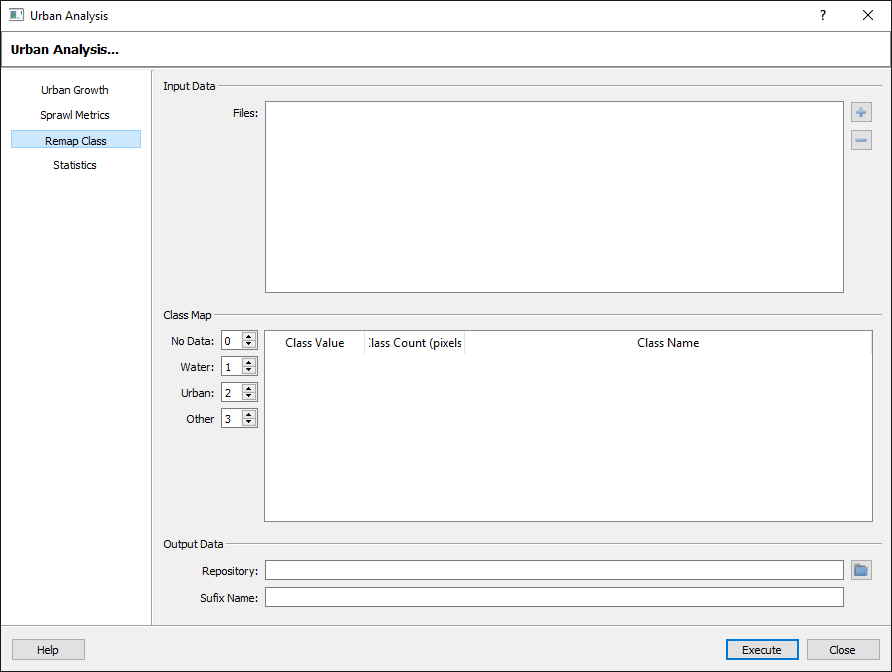


Figura 6 - Interface do processamento Remap Class.

A interface é composta pelos seguintes componentes:

* Input Data
* Files: Imagens de entrada selecionadas pelo usuário.
* Class Map: Definição dos valores de pixels das classes e associação dos valores de pixels da imagem para cada classe.
* Output Data
* Repository: Definição da localização dos dados de saída.
* Sufix Name: Definição do nome base a ser utilizado na geração dos dados de saída.

## Interface Statistics

Esta interface permite ao usuário calcular um conjunto de dados estatísticos baseados nos valores de classes dos *pixels* da imagem. A partir de um dado vetorial como entrada delimitando as áreas de interesse, serão gerados novos atributos de área e contagem de *pixels* para cada classe em cada geometria do dado vetorial.

Ao selecionar o item “Statistics” é apresentado os parâmetros específicos para este processamento, Figura 7.

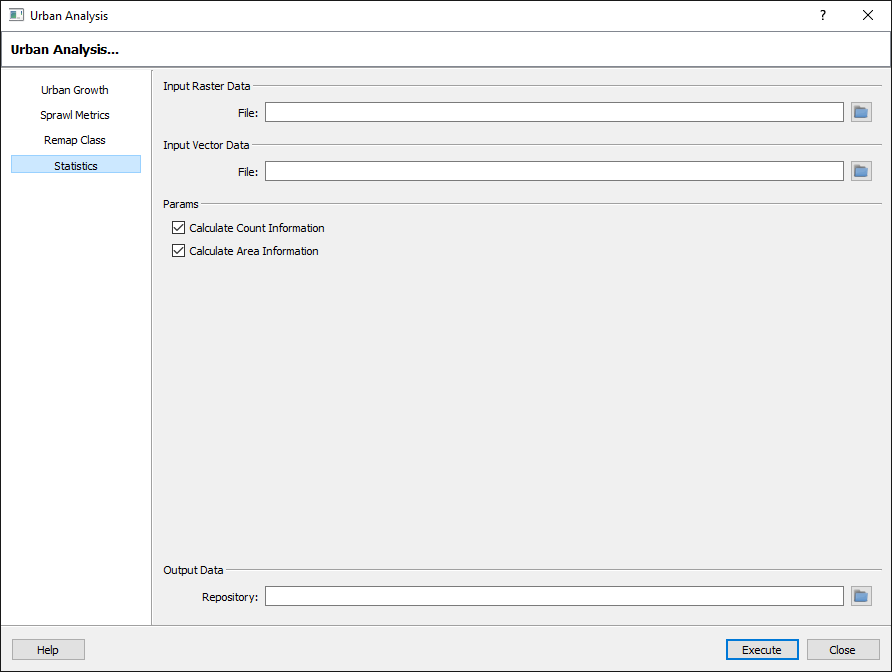


Figura 7 - Interface do processamento Statistics.

A interface é composta pelos seguintes componentes:

* Input Raster Data
* File: Arquivo utilizado como imagem de entrada do processo.
* Input Vector Data
* File: Arquivo utilizado como vetor de entrada do processo.
* Parameters
* Calculate Count Information: habilita o calculo da contagem.
* Calculate Area Information: habilita o calculo da área.
* Output Data
* Repository: Definição da localização e nome do dado de saída.

# Plugin TerraView

Plugin para a aplicação TerraView para acessar as funcionalidades definidas por esta aplicação. Para maiores informações sobre o TerraView ou para fazer o download do TerraView, acesse:

TerraView 5 - <http://www.dpi.inpe.br/terralib5/wiki/doku.php>

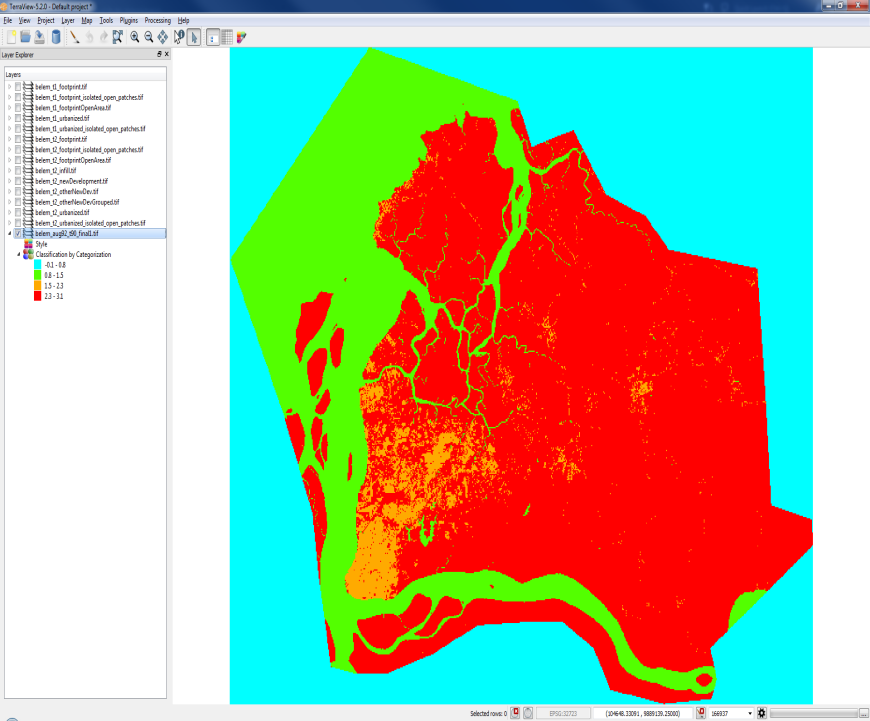
# Resultados

A seguir são apresentadas as alguns resultados dos processamentos executados por esta ferramenta.

## Reclassificação

Imagens geradas pelo processo de Reclassificação.

Imagem: belem\_aug92\_t90\_final1.tif

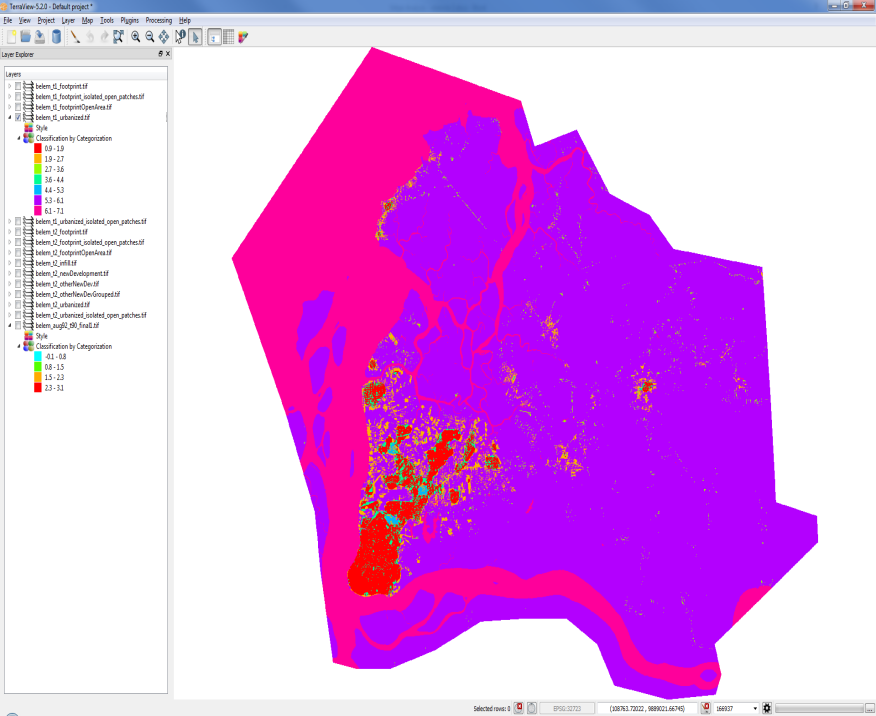


A imagem de entrada para o processo de Reclassificação é composta por 4 classes (4 valores de pixels apenas).

* Valor 0: Dummy (azul)
* Valor 1: Water (verde)
* Valor 2: Urban (laranja)
* Valor 3: Other (vermelho)

As cores utilizadas como legenda da imagem foram geradas de forma aleatória pelo TerraView.

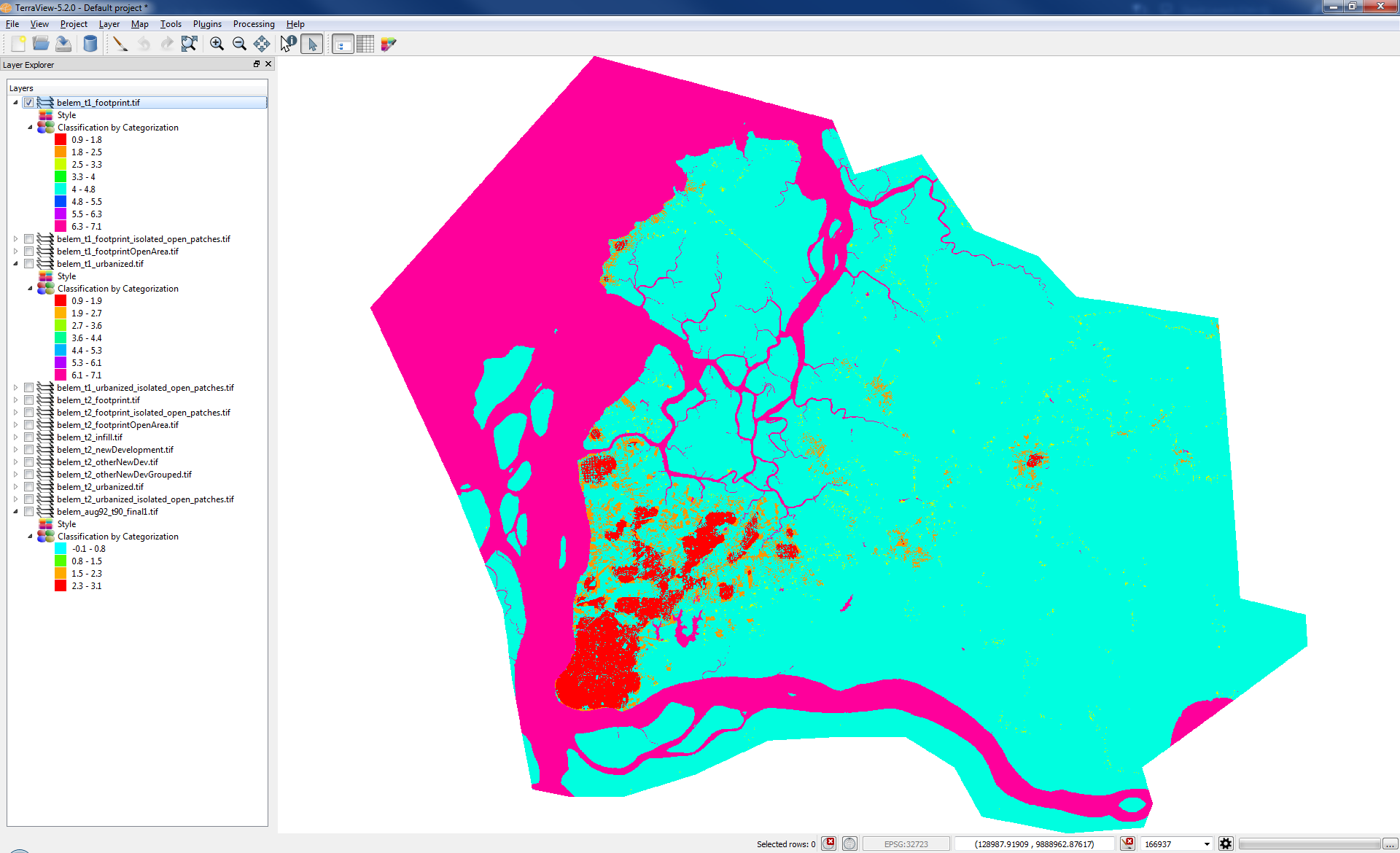
**Geração da imagem “Urbanized Area”**



A imagem “Urbanized Area” é composta por 8 classes (8 valores de pixels apenas).

* Valor 0: Dummy
* Valor 1: Urban
* Valor 2: Sub Urban
* Valor 3: Rural
* Valor 4: Urbanized Open Space
* Valor 5: Captured Open Space
* Valor 6: Rural Open Space
* Valor 7: Water

**Geração da imagem “Urban Footprint”**



A imagem “Urban Footprint” é composta por 8 classes (8 valores de pixels apenas).

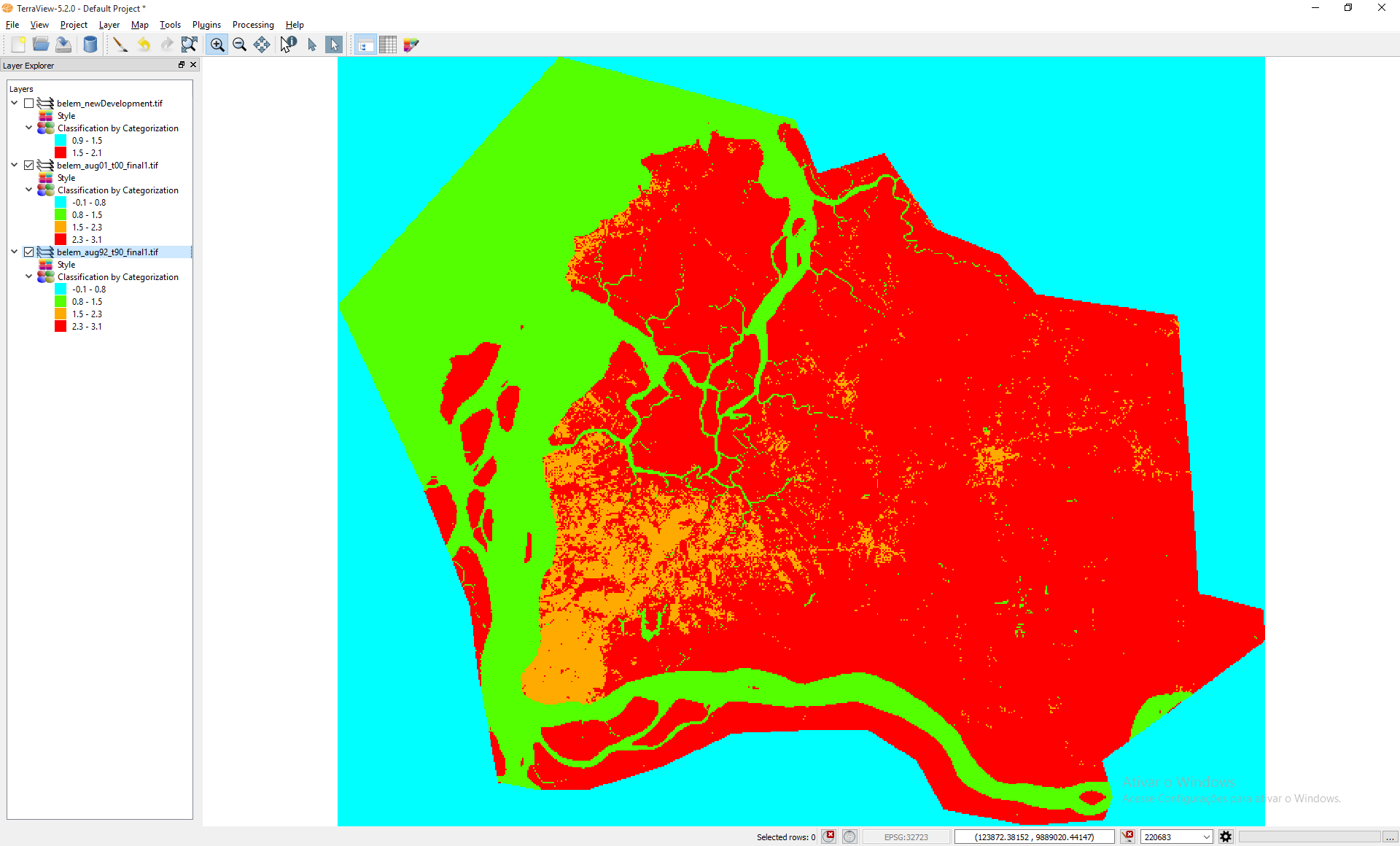
* Valor 0: Dummy
* Valor 1: Urban
* Valor 2: Sub Urban
* Valor 3: Rural
* Valor 4: Fringe Open Space
* Valor 5: Captured Open Space
* Valor 6: Rural Open Space
* Valor 7: Water

## Urban Growth

Abaixo segue o resultado obtido executando a operação de Crescimento Urbano sobre uma imagem da região de Belém.

* Valor 0: Dummy (azul)
* Valor 1: Water (verde)
* Valor 2: Urban (laranja)
* Valor 3: Other (vermelho)

Imagem de Belém de 1990:

Imagem de Belém de 2000:

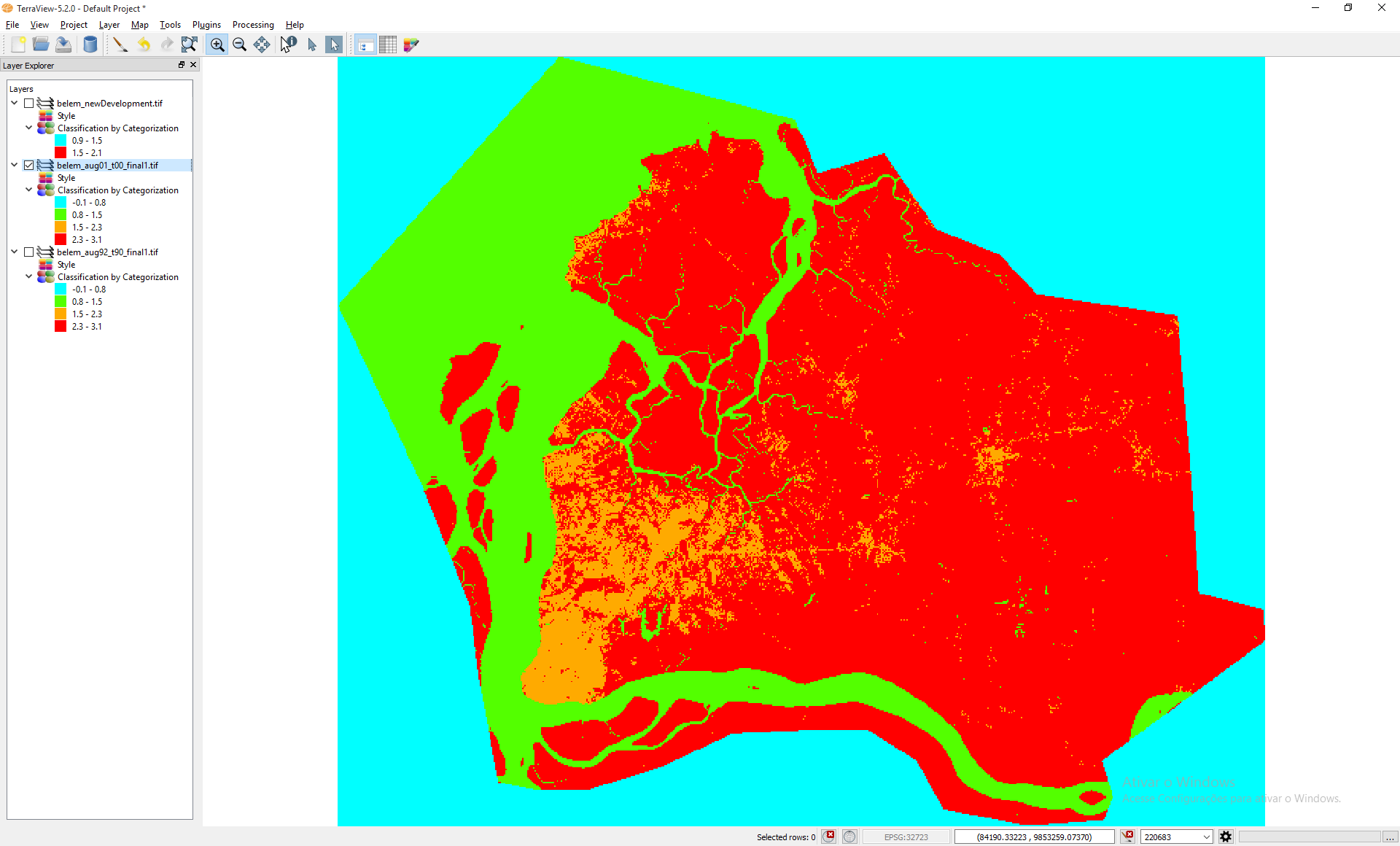
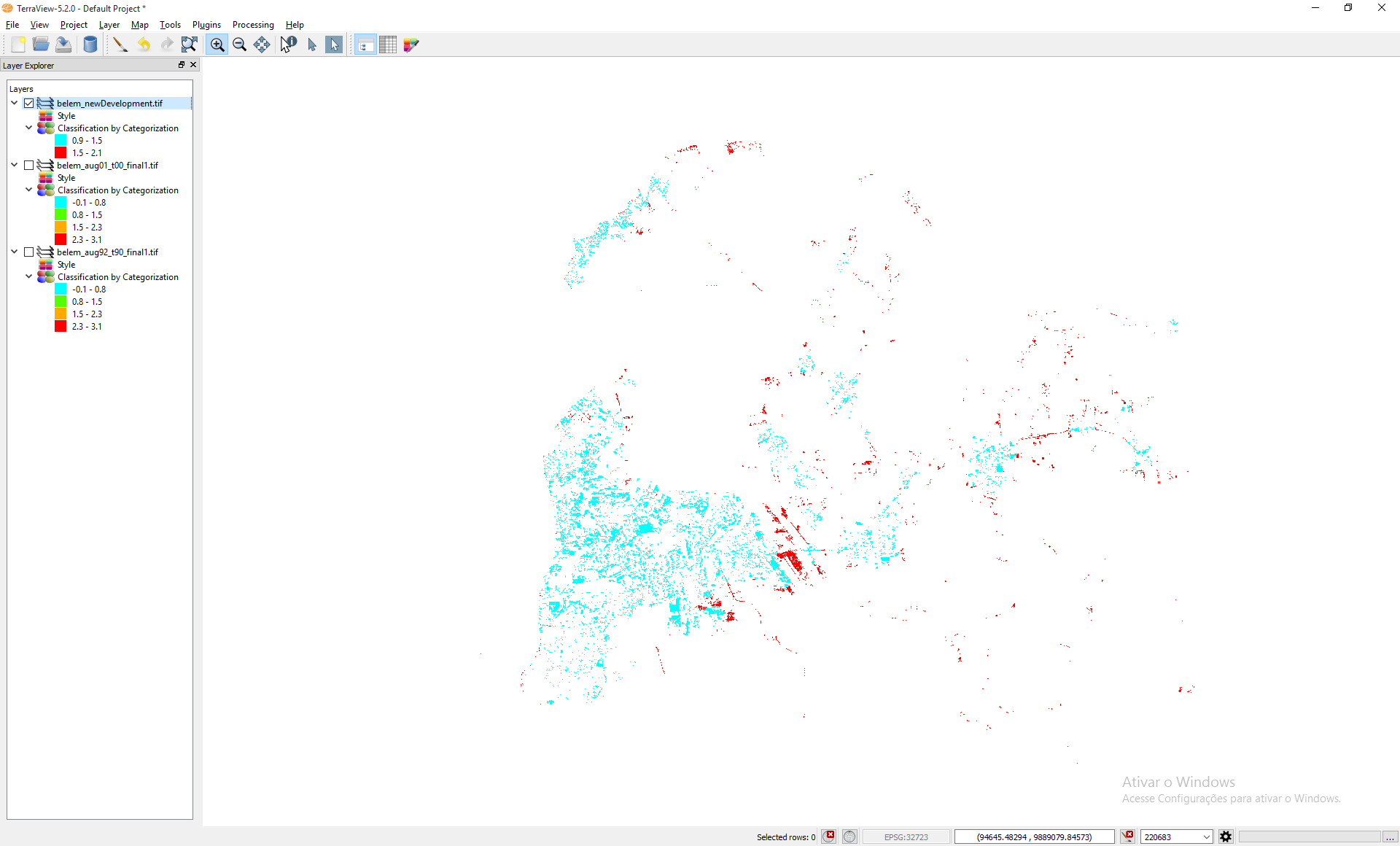


Imagem resultante com as regiões de crescimento urbano.



Valores de Pixels:

* Valor 1 – Infill (Azul)
* Valor 2 – Extension (Vermelho)
* Valor 3 - Leapfrog

Podemos perceber melhor o crescimento urbano se visualizarmos as imagens em uma região que ocorreu grande crescimento.

Imagem de Belém em 1990:

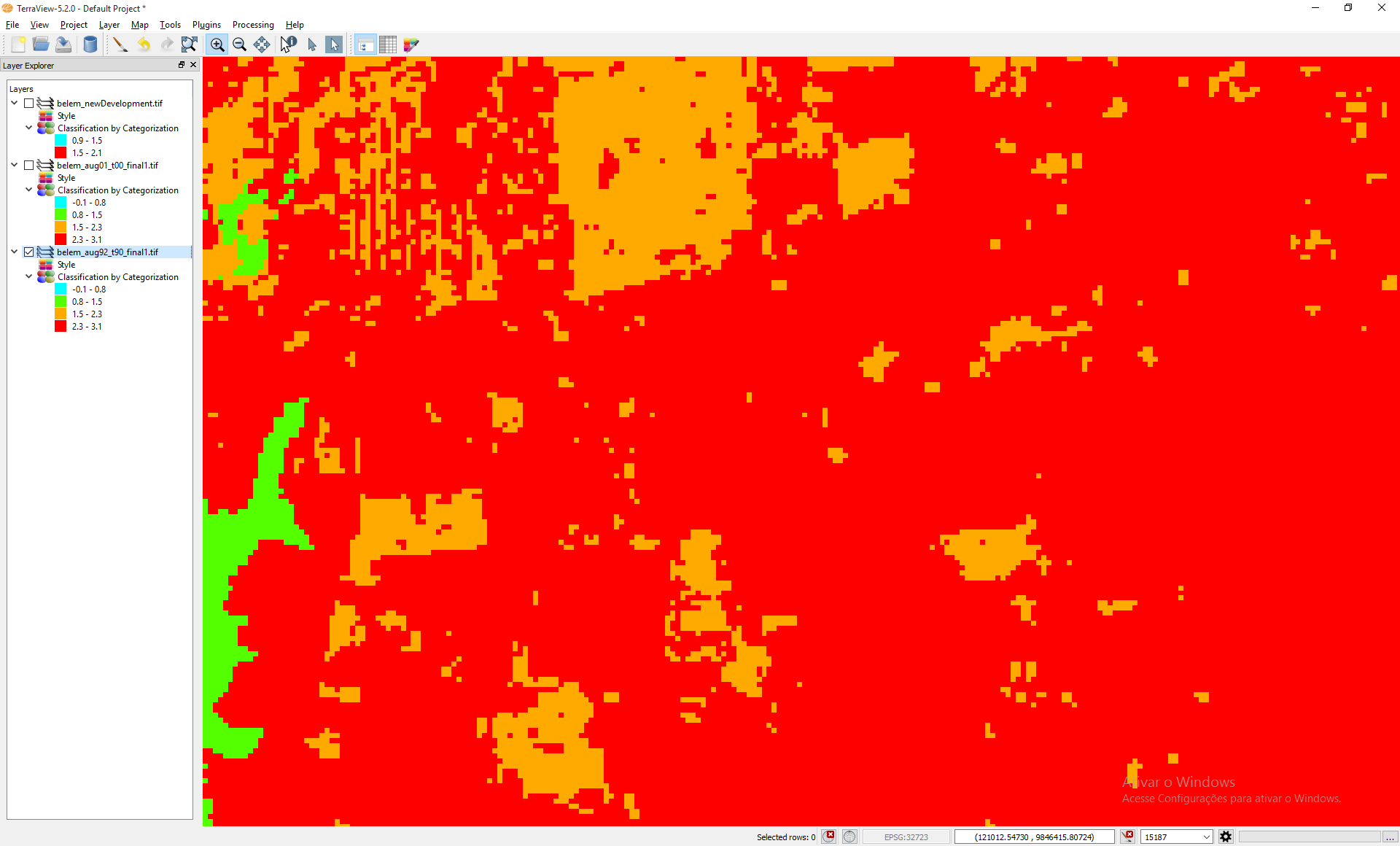


Imagem de Belém em 2000:

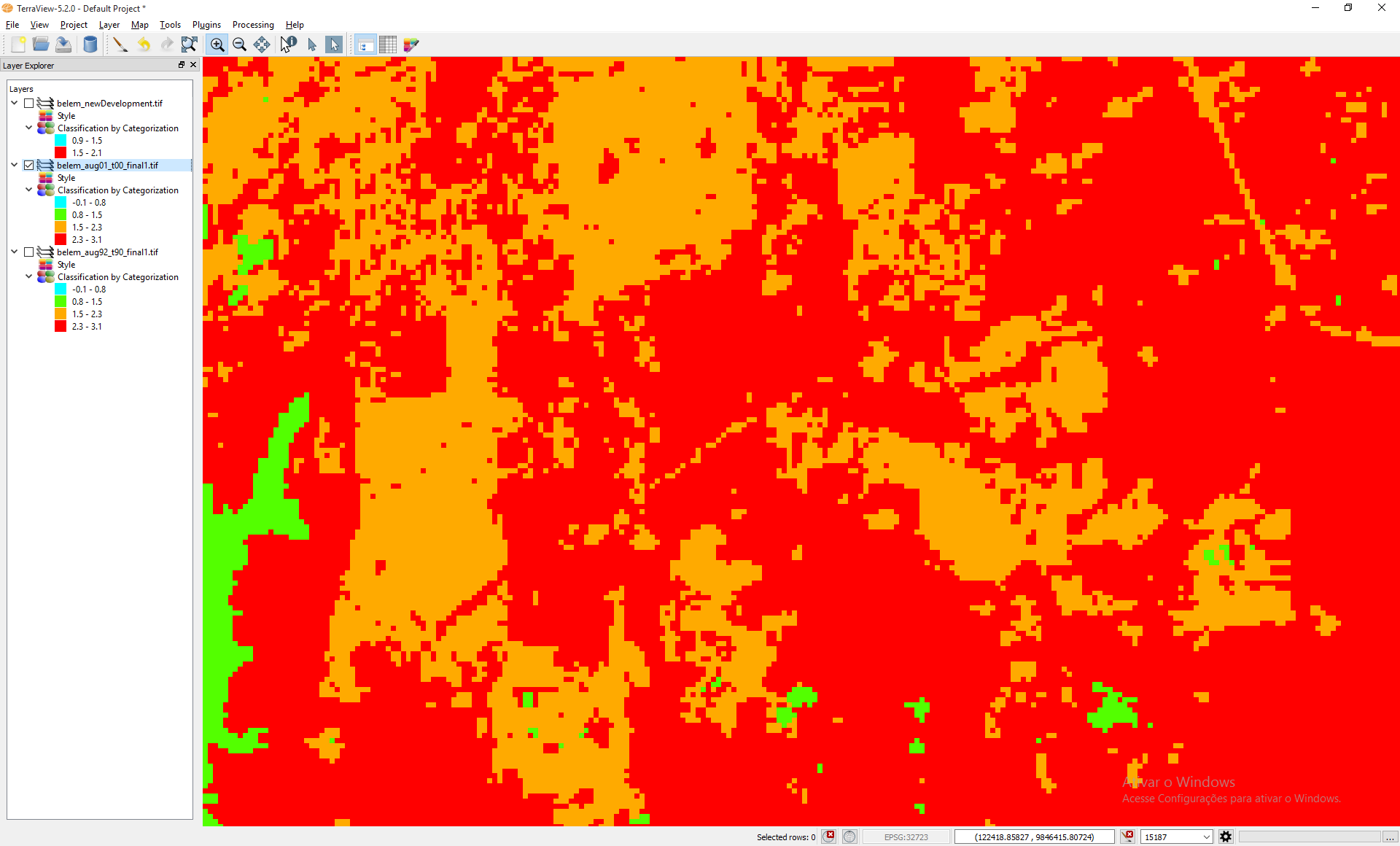
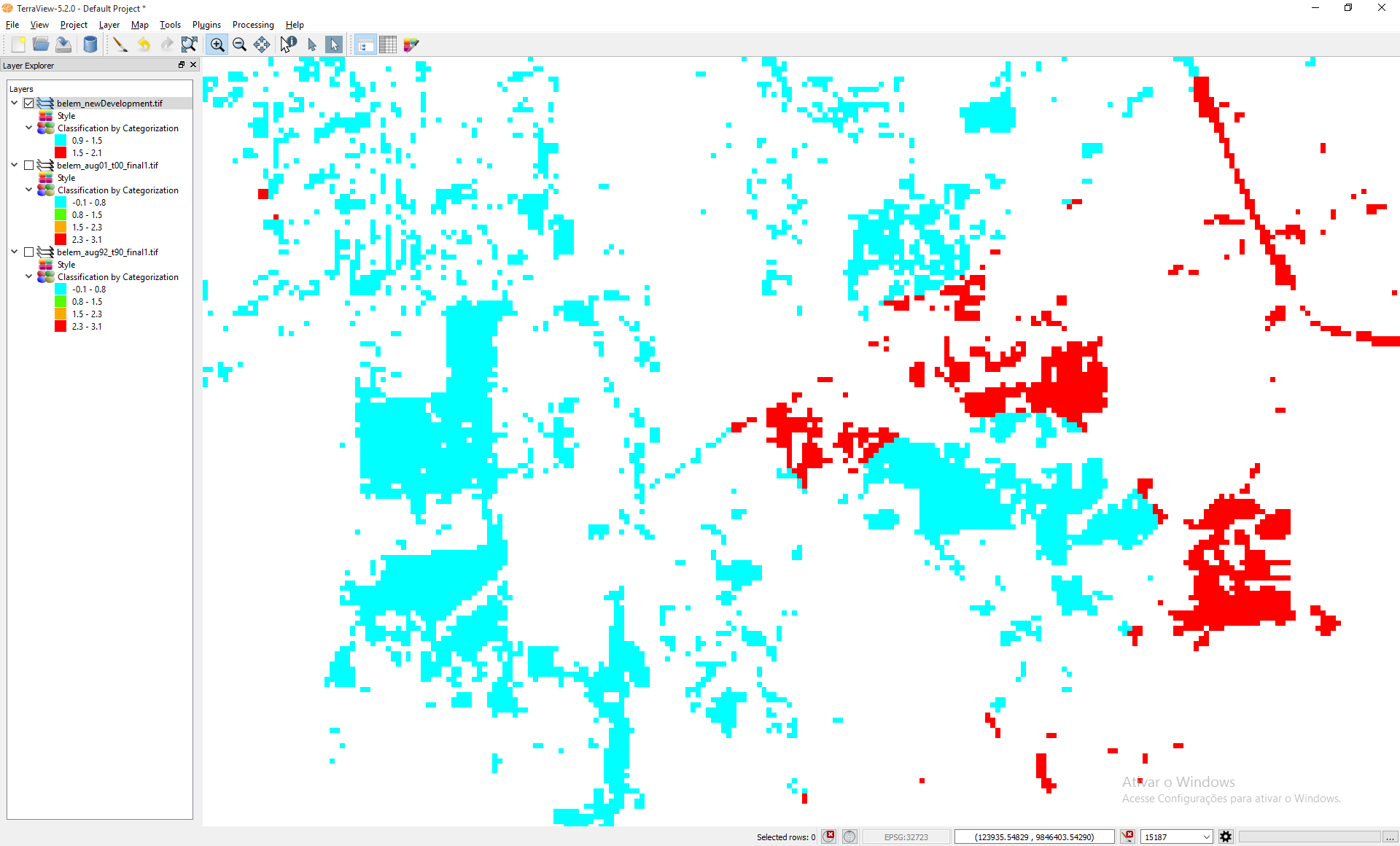


Imagem resultante:



# Bibliografia