



**CÂMARA DE  
VEREADORES DE  
JOINVILLE**

# **Comissão de Urbanismo Obras Serviços Públicos e Meio Ambiente**

**Julio C P Souza – Consultor Legislativo**

**05 de outubro de 2021**



**CÂMARA DE  
VEREADORES DE  
JOINVILLE**

# **Avaliação do Macrozoneamento Urbano e Rural do Projeto de Lei Complementar nº 061/2018 – Revisão do Plano Diretor – baseado na elaboração de Mapa Digital de Intensidade de Ocupação**

**Julio C P Souza – Consultor Legislativo**

**Outubro de 2021**

# Introdução

O avanço em técnicas de geração e análise de informação espacial através da quantificação, associação e tratamento de dados georreferenciados, modernizam os processos de planejamento, gestão e, construção do território – seja na área urbana ou rural.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um Mapa Digital de Intensidade de Ocupação, baseado na Análise Hierárquica de Parâmetros (AHP) para a análise Macrozoneamento Rural e Urbano (Anexo I e Anexo II) do Projeto de Lei Complementar nº 061/2018, de autoria do Executivo Municipal, que estabelece a revisão do Plano Diretor de Joinville, definido pela Lei Complementar nº 261/2008.

Júlio César Petto de Souza  
Consultor Técnico – Legislativo  
Câmara de Vereadores de Joinville

# Objetivos Geral e Específicos

## 1 - Objetivo Geral

Avaliar o Macrozoneamento Rural e Urbano apresentado nos Anexos I e II do Projeto de Lei Complementar nº 61/2018 (revisão do Plano Diretor) através do desenvolvimento de um Mapa Digital de Intensidade de Ocupação, utilizando como ferramentas o geoprocessamento e o Sistema de Informações Geográficas (SIG).

## 2 – Objetivos Específicos

2.1 - Desenvolver mapas temáticos, para área urbana e rural, com parâmetros vetoriais quantitativos e restritivos.

2.2 – Transformar os parâmetros de entrada em variáveis raster (imagem) e posterior normalização através do conjunto de pixels.

2.3 – Estabelecer a combinação linear ponderada dos parâmetros (equação com peso e correlação das variáveis).

2.4 – Apresentar mapas complementares relacionados aos parâmetros iniciais.

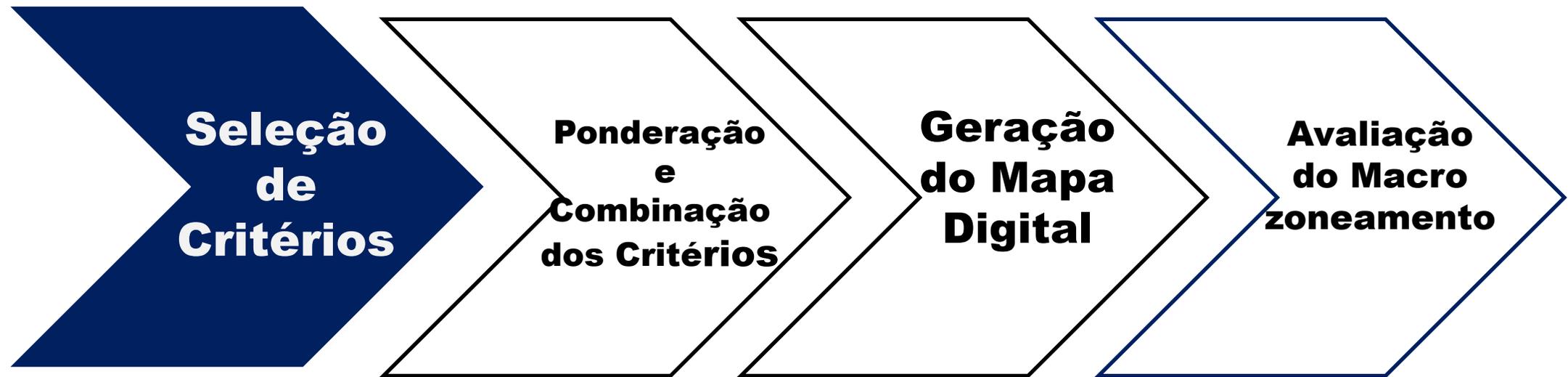
# Etapas da Avaliação



**Método Análise Hierárquica de Parâmetros**

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Julho de 2020

# Etapas da Avaliação



**Método Análise Hierárquica de Parâmetros**

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Julho de 2020

# Seleção de Critérios

Mapas Temáticos

Densidade das edificações

Densidade de Infraestrutura Urbana

Mancha de inundação

Relevo

Geomorfologia

Modelo Digital de Elevação - MDE

## Legenda

 Critério quantitativo

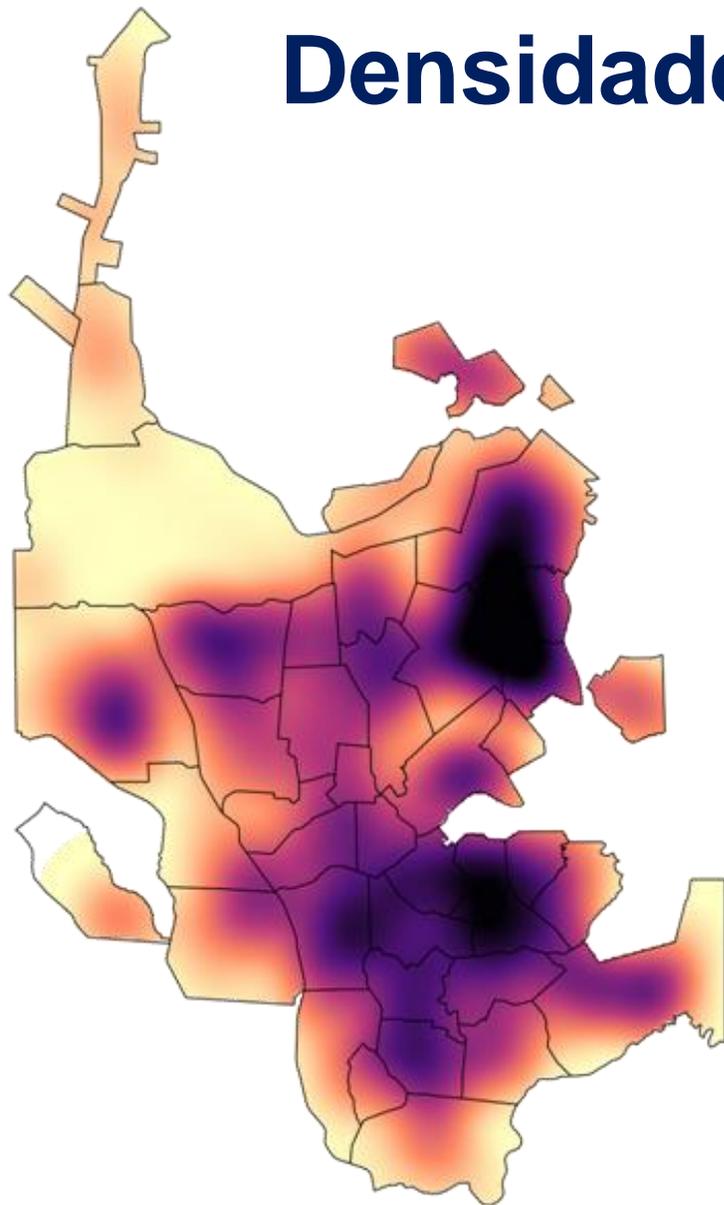
 Critério restritivo

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Julho de 2020

# Seleção de Critérios

- Para os critérios quantitativos são atribuídos valores conforme resultado de contagem (variável discreta). Na seqüência, os valores são normalizados.
- Para os critérios restritivos, são atribuídos os valores entre 0 (zero) e 1 (um), sendo assim já normalizados.
- Valor 0 (zero) = onde não se deseja ocupar.  
Nessas localidades, considera-se que a ocupação e uso do solo devem ser restritos em função de fragilidade e/ou condicionantes ambientais.
- Valor 1 (um) = onde a ocupação do território é viável e não encontra condicionantes restritivas.

# Densidade de edificações – área urbana



- Critério quantitativo.

Variável de entrada
Edificações no perímetro urbano
Variável de saída (pixels)
Densidade de edificações normalizada
<b>Resultados</b>
• O valor 0 (zero) indica baixa densidade de edificações
• O valor 1 (um) indica alta densidade de edificações

**Legenda** (valores normalizados)

Densidade de edificações

0

0.25

0.5

0.75

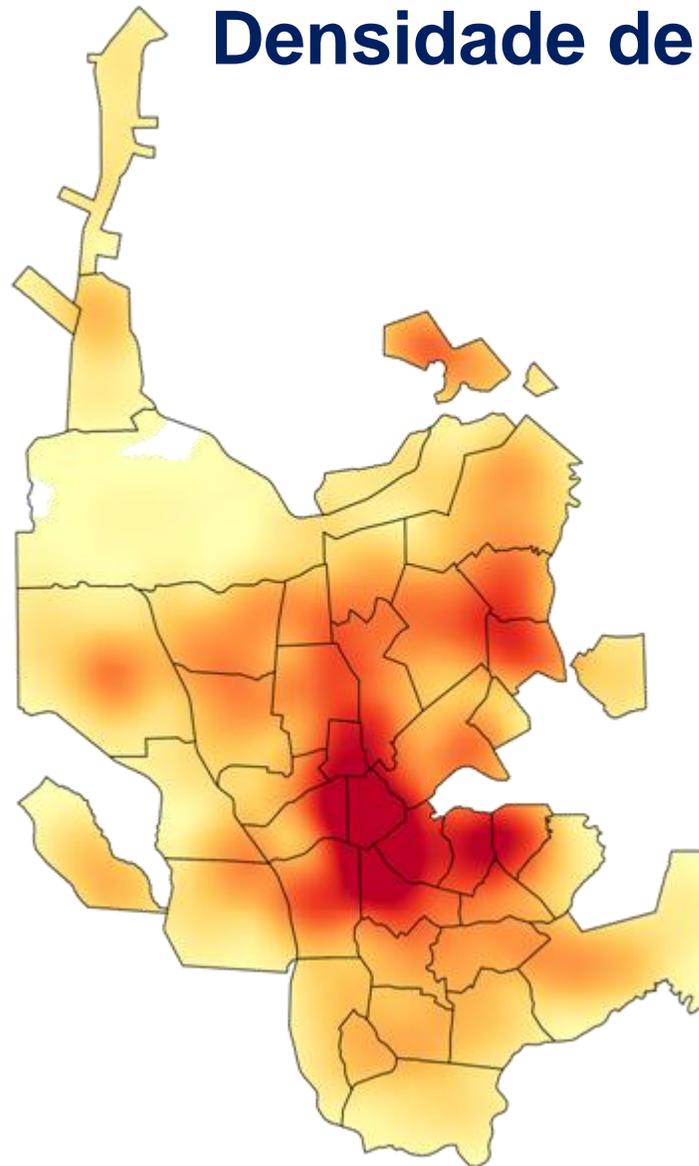
1

Limite dos Bairros

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021



# Densidade de Infraestrutura Urbana – área urbana



- Critério quantitativo.

**Legenda** (valores normalizados)

Densidade de Infraestrutura

0

0.25

0.5

0.75

1

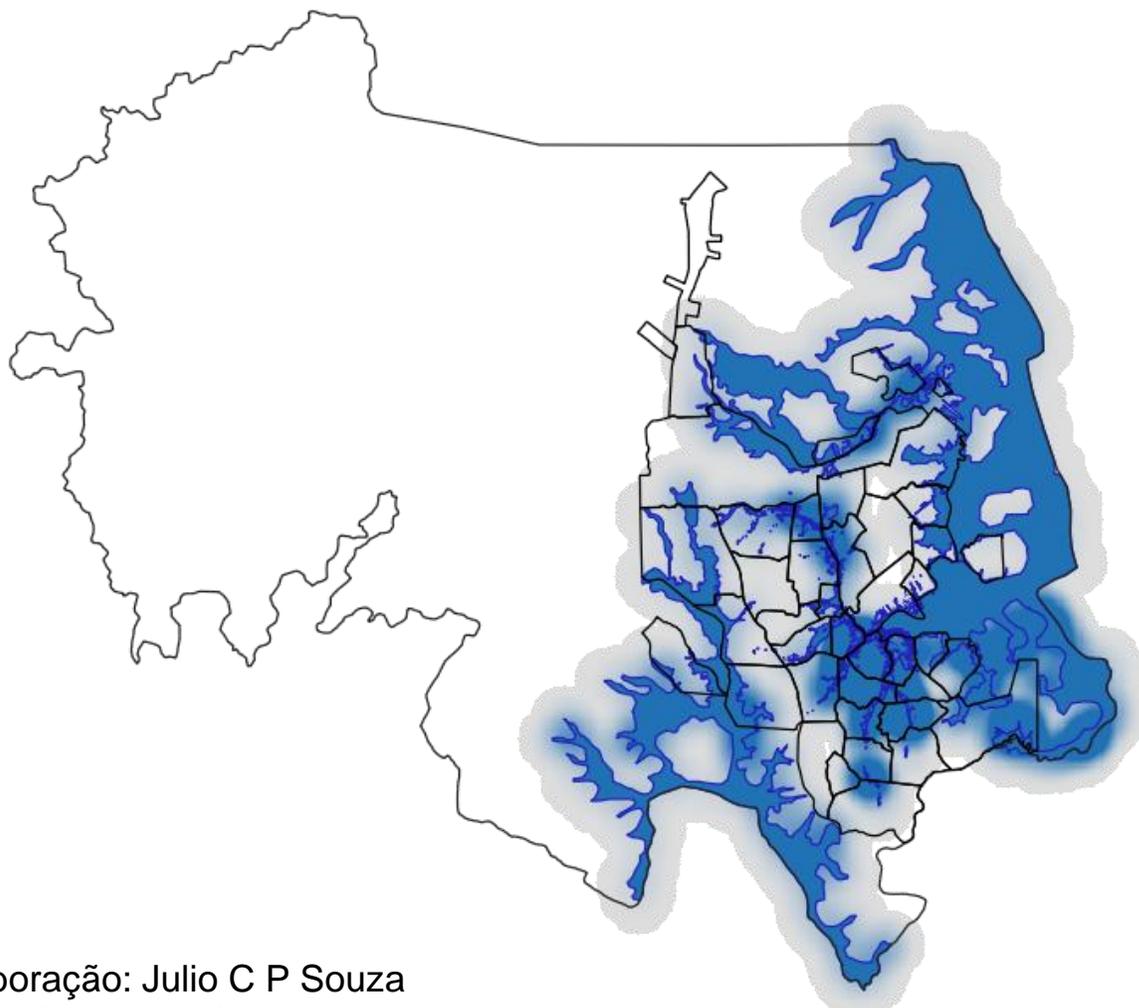
□ Limite dos Bairros

Variável de entrada
Áreas verdes/lazer
Ciclovias/Ciclofaixas
Equip. Administrativos
Equip. Assistência Social
Equip. Educacionais
Pavimentação
Rotas do Transporte Coletivo
Rede de água
Rede de esgoto
Variável de saída (pixels)
Densidade de infraestrutura normalizada
<b>Resultados</b>
● O valor 0 (zero) indica baixa densidade de infraestrutura
● O valor 1 (um) indica alta densidade de infraestrutura

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

# Mancha de Inundação – área urbana e rural

- Critério restritivo



Variável de entrada
Mancha de Inundação
Variável de saída (pixels)
Mancha de Inundação normalizada
<b>Resultados</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• O valor 0 (zero) indica a restrição à ocupação (presença da mancha)</li><li>• O valor 1 (um) indica área favorável à ocupação (ausência da mancha)</li></ul>

## Legenda (valores normalizados)

□ Limite Municipal

## Mancha de Inundação

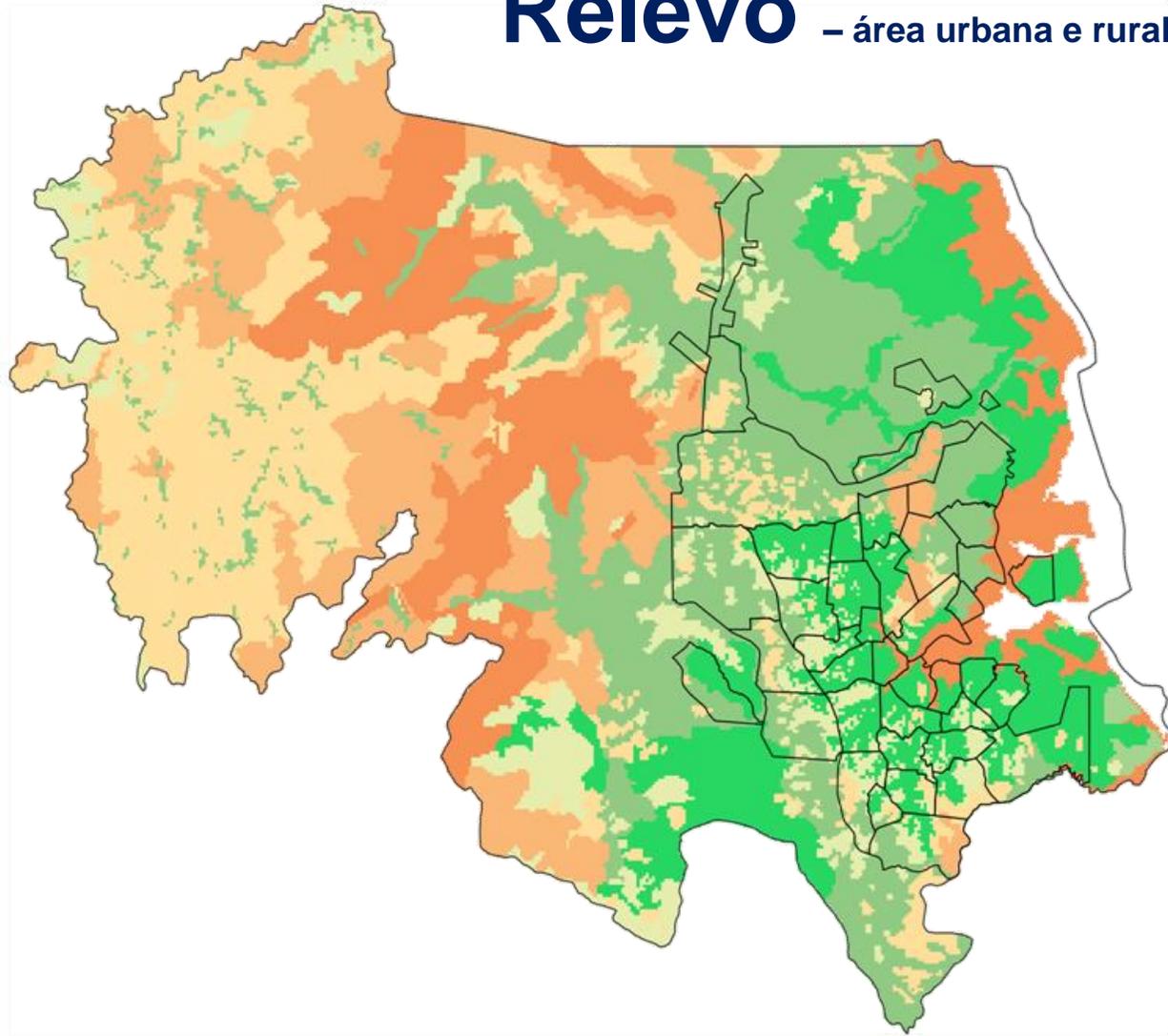
■ 0 (presença da mancha)

□ 1

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021



# Relevo – área urbana e rural



Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

## ● Critério restritivo

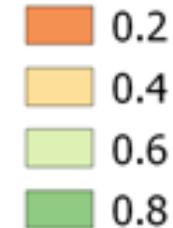


Variável de entrada	Intensidade de Ocupação
Escarpado	0.20
Fortemente ondulado	0.40
Montanhoso	0.30
Ondulado	0.55
Plano	1.00
Plano suavemente ondulado	0.80
Suavemente ondulado	0.75
Variável de saída (pixels)	
Relevo normalizado	
Resultados	
● O valor 0.20 (zero vírgula vinte) indica a restrição à ocupação	
● O valor 1.00 (um) indica área favorável à ocupação	

### Legenda

(valores normalizados)

#### Relevo



1



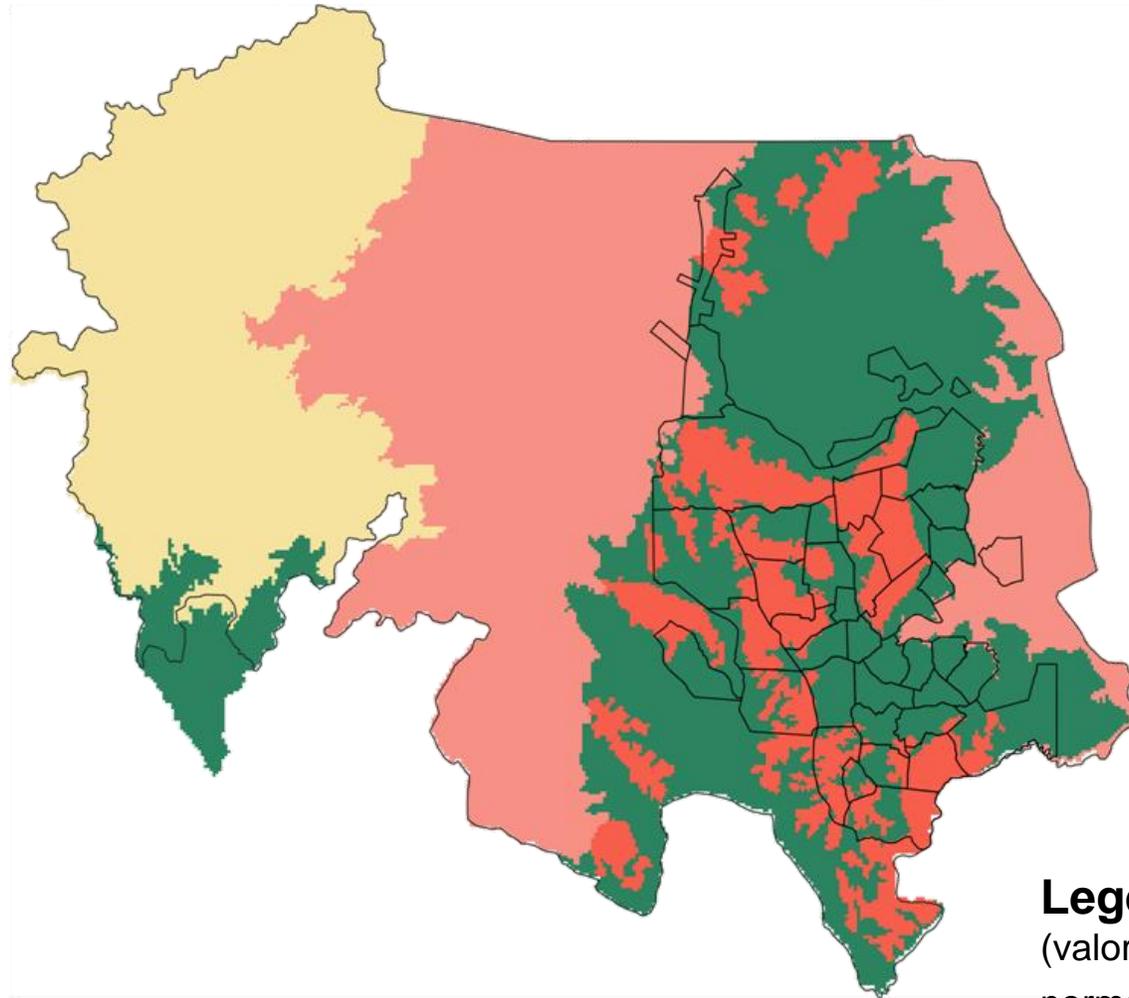
Limite dos Bairros



Limite Municipal

# Geomorfologia – área urbana e rural

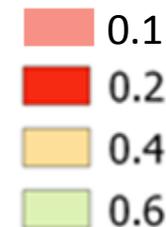
## ● Critério restritivo



Variável de entrada	Intensidade de Ocupação
Alto estuário	0.10
Baixada	0.10
Morraria	0.15
Planalto	0.45
Planície	1.00
Serra do Mar	0.10
Variável de saída (pixels)	
Geomorfologia normalizada	
Resultados	
● O valor 0.20 (zero vírgula vinte) indica a restrição à ocupação	
● O valor 1.00 (um) indica área favorável à ocupação	

**Legenda**  
(valores normalizados)

Geomorfologia



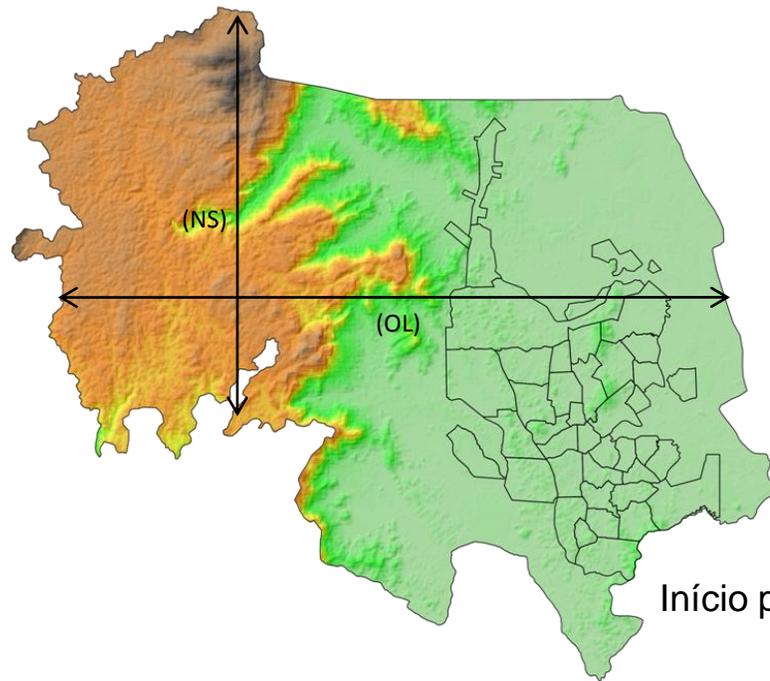
Limite dos Bairros  
Limite Municipal

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

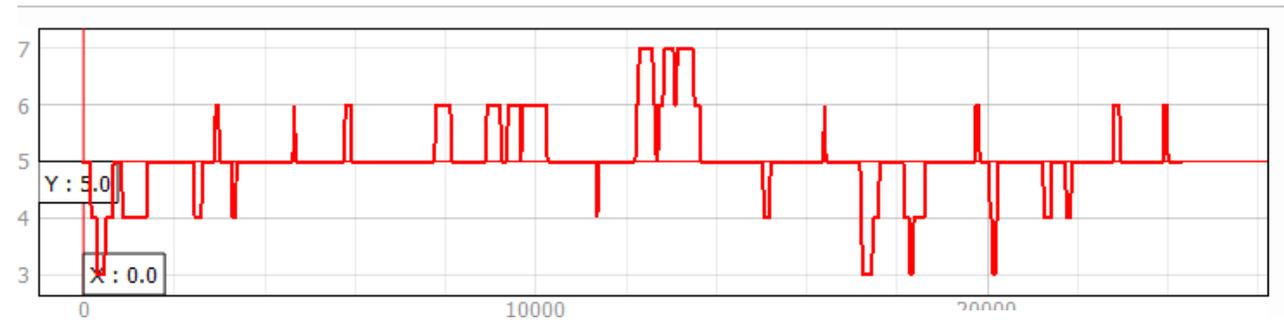
# Modelo Digital de Elevação - Perfil topográfico – área urbana e rural



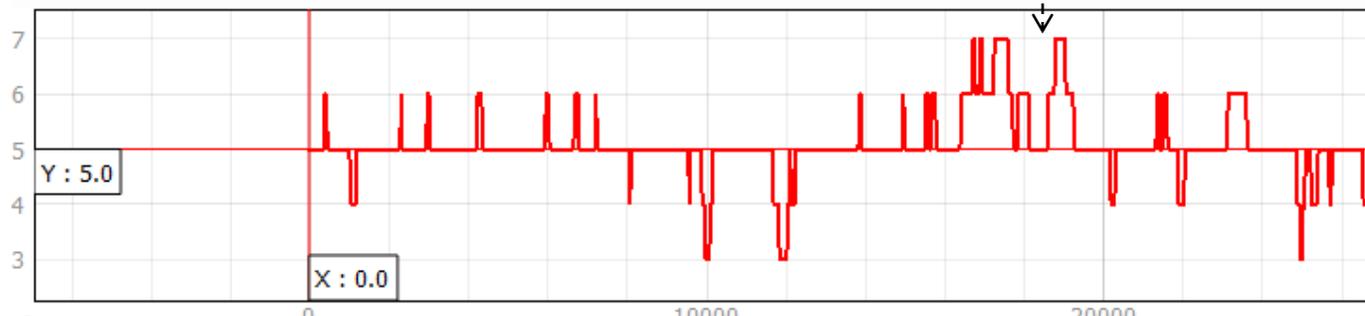
- Critério restritivo



## Perfil sentido Norte – Sul (NS)



Início perímetro urbano



## Perfil sentido Oeste - Leste (OL)

**Legenda**  
(valores de elevação)

Pontos Topográficos

■ -1.246

■ 252.7

■ 506.6

■ 760.5

■ 1014

■ 1268

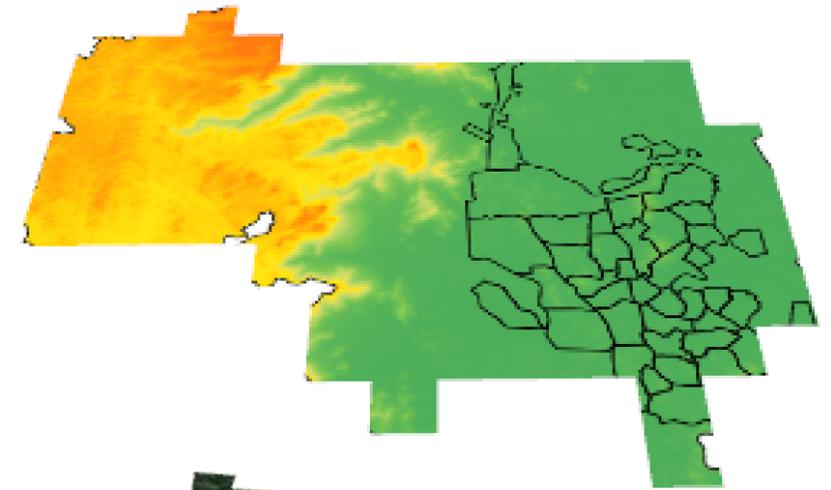
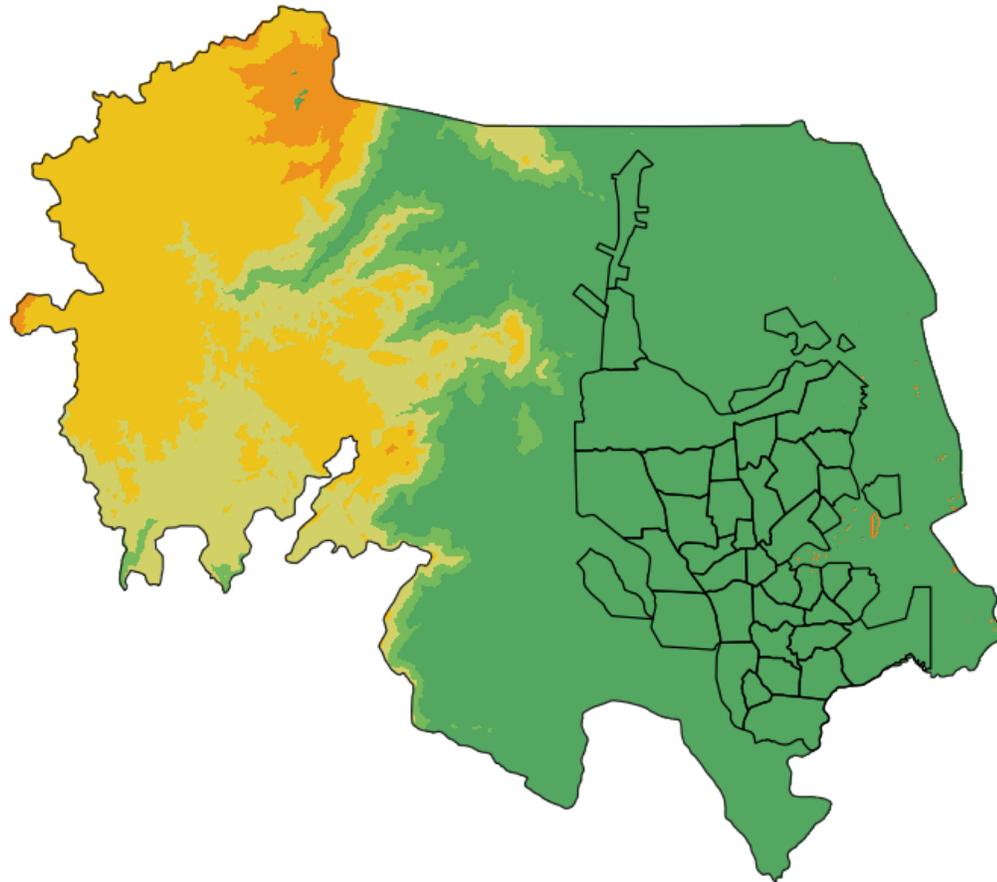
□ Limite dos Bairros

□ Limite Municipal

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

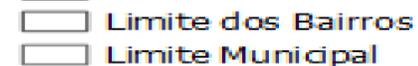
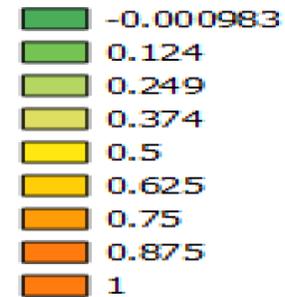


# Modelo Digital de Elevação – MDE – área urbana e rural



**Legenda**  
(valores normalizados pela elevação)

MDE Normalizado



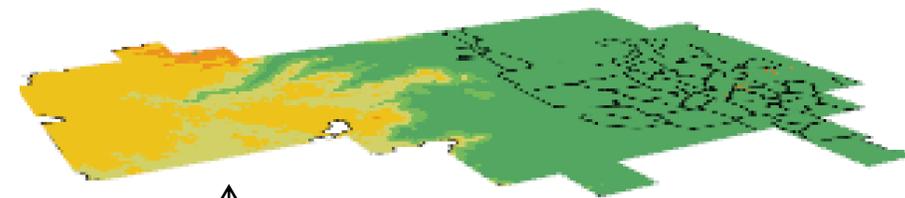
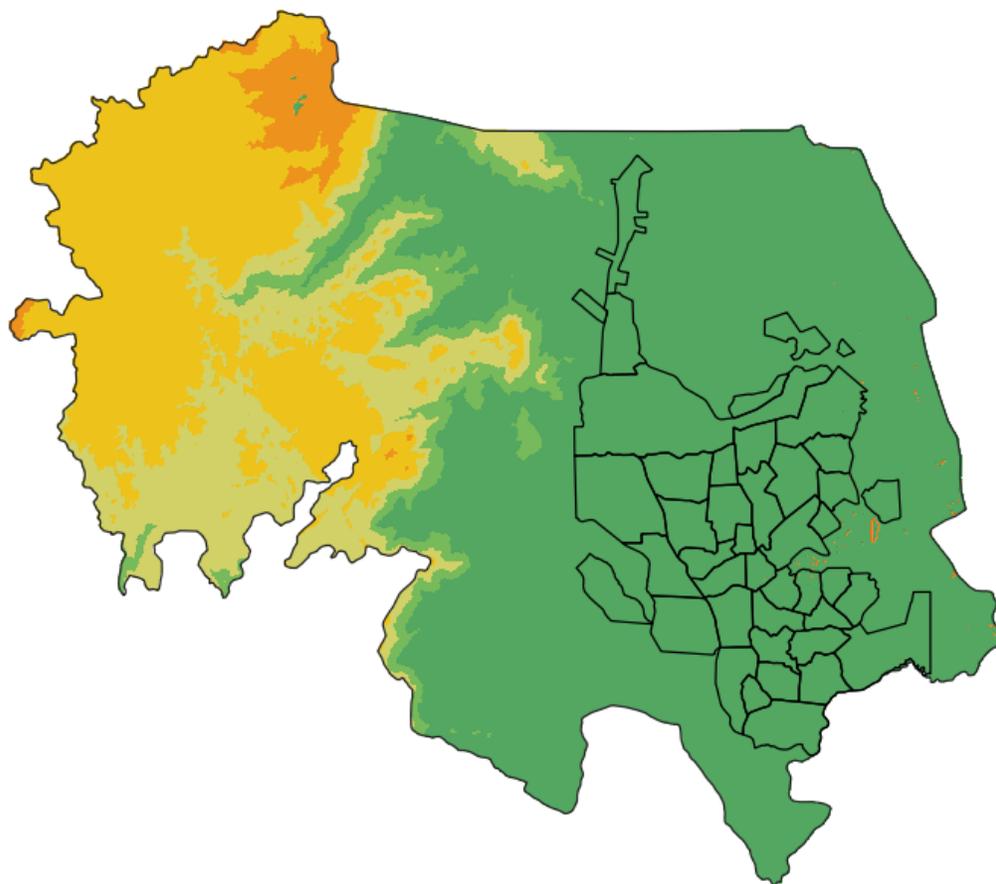
● Critério restritivo

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

# Modelo Digital de Elevação – MDE

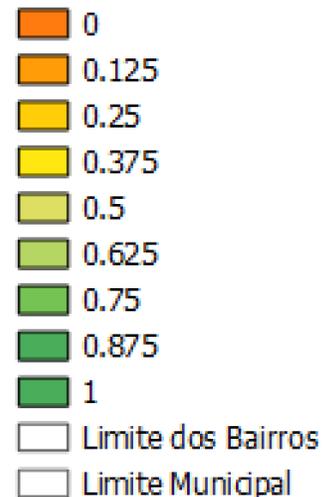
área urbana e rural

• Critério restritivo



**Legenda** (valores normalizados pela ocupação)

MDE Redassificado



• Deseja-se a menor ocupação em áreas elevadas (acima de 0,5 no modelo normalizado), representadas em amarelo.

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

# Etapas da Avaliação



**Método Análise Hierárquica de Parâmetros**

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Julho de 2020

# Parâmetros de Cálculo para intensidade de ocupação

- O Mapa Digital com a mancha de intensidade de Ocupação é resultado da sobreposição de critérios normalizados com os respectivos pesos.
- Esta etapa busca estimar os pesos para cada grandeza anteriormente mapeada.

## Combinação

**Linear** = *Critério x Peso x Constante de Normalização*  
**Ponderada**



(Próxima etapa –  
definição dos  
pesos)

# Parâmetros de Cálculo para intensidade de ocupação

## 1 - Criação da Matriz de Comparação Pareada (n x n)

	Dens. Edificações	Dens. Infraestrutura	Mancha Inundação	Relevo	Geomorfologia	Elevação Terreno
Dens. Edificações	1,00	4,00	2,00	3,00	4,00	4,00
Dens. Infraestrutura	0,25	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Mancha Inundação	0,50	0,50	1,00	3,00	3,00	3,00
Relevo	0,33	0,50	0,33	1,00	3,00	3,00
Geomorfologia	0,25	0,50	0,33	0,33	1,00	2,00
Elevação Terreno	0,25	0,50	0,33	0,33	0,50	1,00

(intervalo podendo variar de 01 a 05)

## 2 - Cálculo do Auto - Vetor $W_n$ (valor normalizado):

$$W_n = \frac{\sum \text{elementos da linha da matriz}}{\sum \text{elementos da matriz}}$$

Auto Vetor (W)
0,334883721
0,172093023
0,204651163
0,151937984
0,082170543
0,054263566

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

# Parâmetros de Cálculo para intensidade de ocupação

## 3 - Cálculo do Produto Vetorial $P_n$ :

$$P_n = D \times W_n$$

Produto Vetorial (D*W)
2,434108527
1,241860465
1,323255814
0,827131783
0,479328165
0,383979328

## 4 - Cálculo de $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{P_n}{W_n}$$

Lambda
7,268519
7,216216
6,465909
5,443878
5,833333
7,07619

## 5 - Cálculo de $\lambda$ médio:

$$\lambda_{\text{médio}} := \frac{\lambda}{\text{Número de critérios } (n)}$$

Lambda Max
6,550674198

## 6 - Cálculo do Índice de Consistência IC:

$$IC = \frac{\lambda_{\text{médio}} - n}{n - 1}$$

Índice de Consistência (IC)
0,11013484

# Parâmetros de Cálculo para intensidade de ocupação

## 7 - Definição do Índice Randômico IR conforme a Tabela:

Número de critérios (n)	Índice Randômico (IR)
1	0
2	0
3	0.52
4	0.89
5	1.11
6	1.25
7	1.35
8	1.40
9	1.45
10	1.49

IR = 1.25

## 8 - Cálculo da Razão de Consistência (RC):

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Razão de Consistênciao (CR)
0,088107872

RC deve ser menor ou igual a 0.10 para que o modelo tenha validade – Parâmetros válidos.

9 - Assim, os números dos Auto - Vetores ( $W_n$ ) são os pesos dos critérios avaliados.

Índices da Equação	
Dens. Edificações	0,33
Dens. Infraestrutura	0,17
Mancha Inundação	0,20
Relevo	0,15
Geomorfologia	0,08
Elevação Terreno	0,05
Soma	1,00

Aproximar terceira casa decimal

# Parâmetros de Cálculo para intensidade de ocupação

## Índice de Intensidade de ocupação

(valor entre 0 e 1)

0.33 x Densidade das Edificações +

0.20 x Mancha de Inundação +

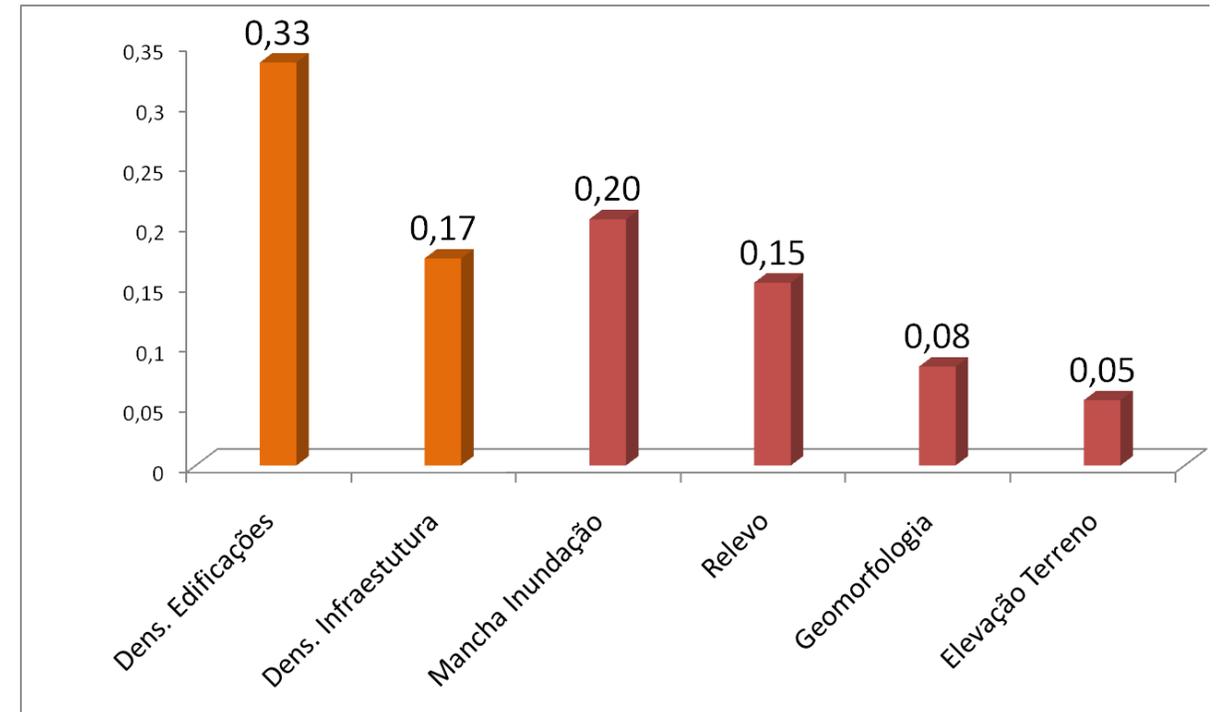
0,17 x Infraestrutura urbana +

0.15 x Relevo +

0.08 x Geomorfologia +

0.05 x Elevação do Terreno

## Peso das variáveis



### Legenda

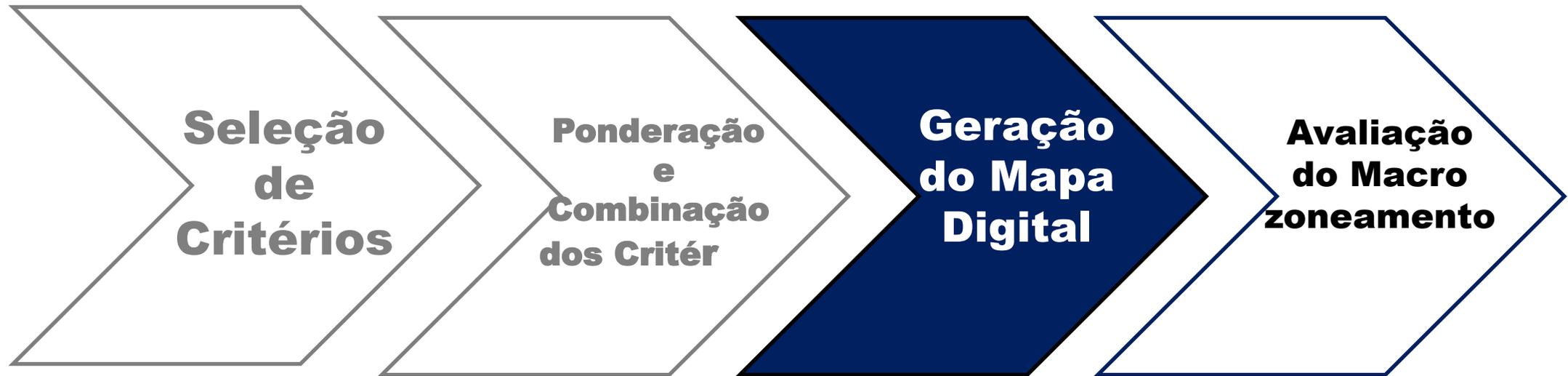


Variável contida no perímetro urbano



Variável contida no perímetro urbano e rural

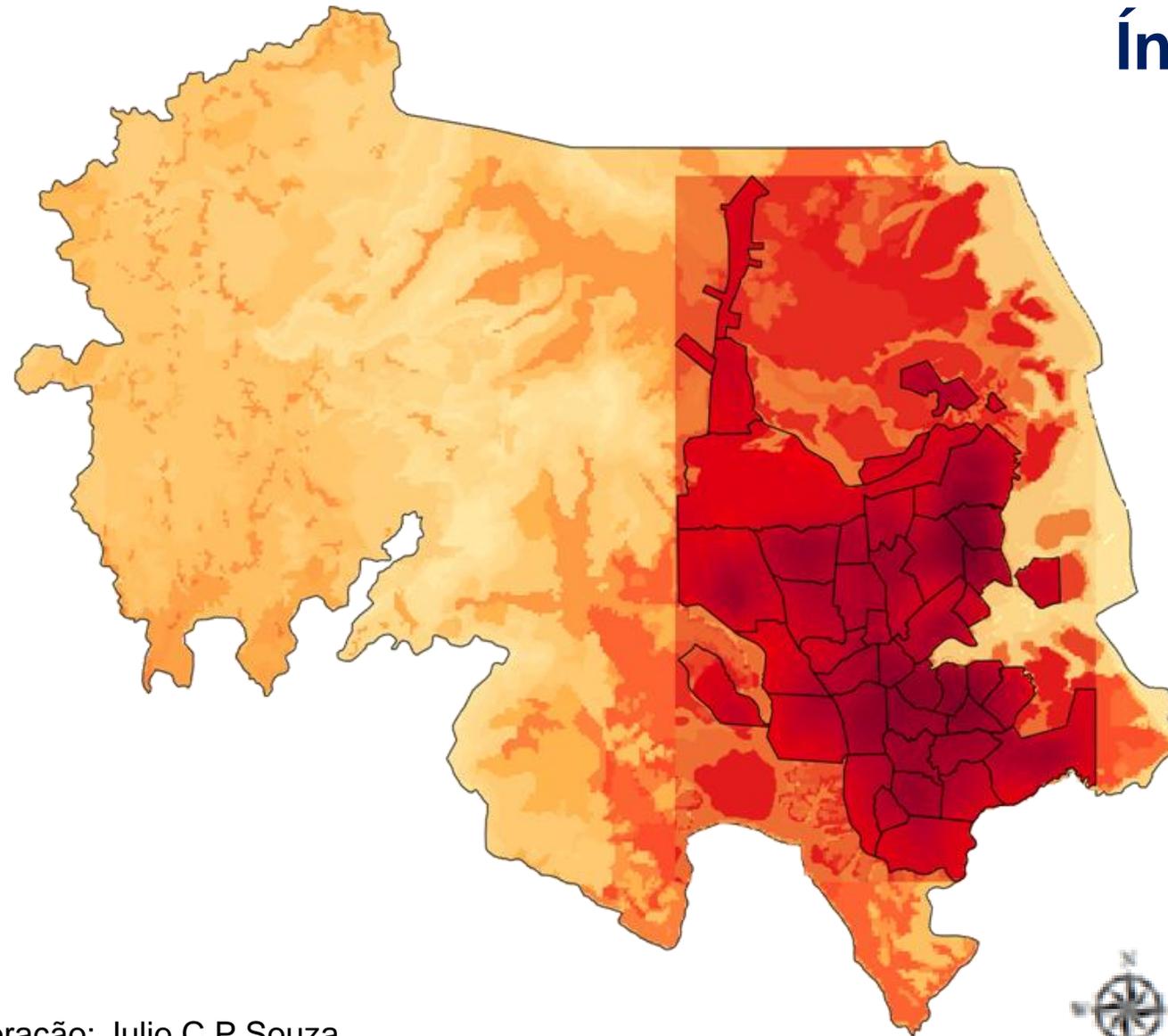
# Etapas da Avaliação



**Método Análise Hierárquica de Parâmetros**

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Julho de 2020

# Índice de Intensidade de ocupação



## Legenda

Índice de Intensidade de Ocupação

0.005

0.008

0.143

0.219

0.280

0.430

0.580

0.874

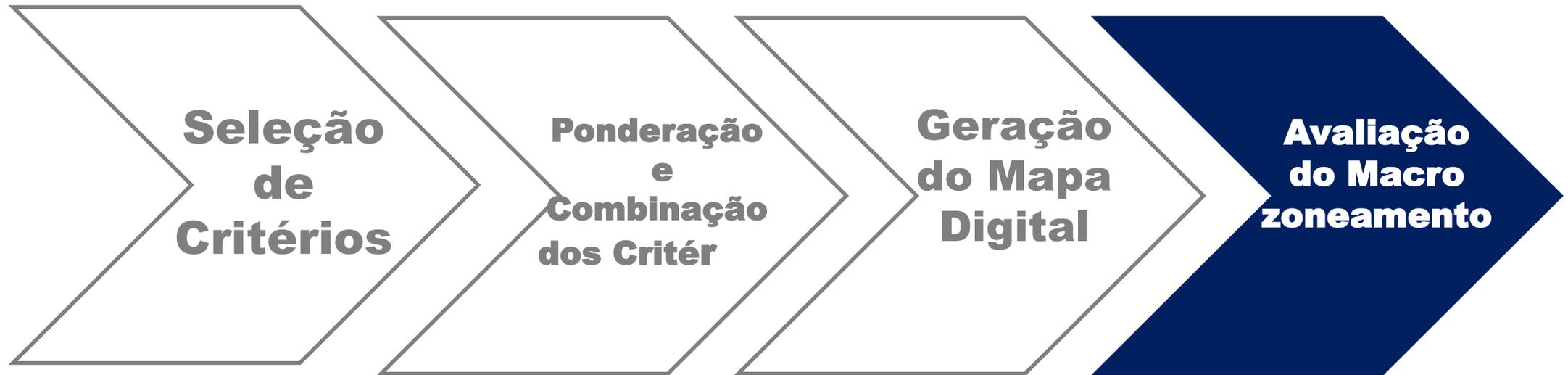
1.000

Limite dos Bairros

Limite Municipal

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

# Etapas da Avaliação



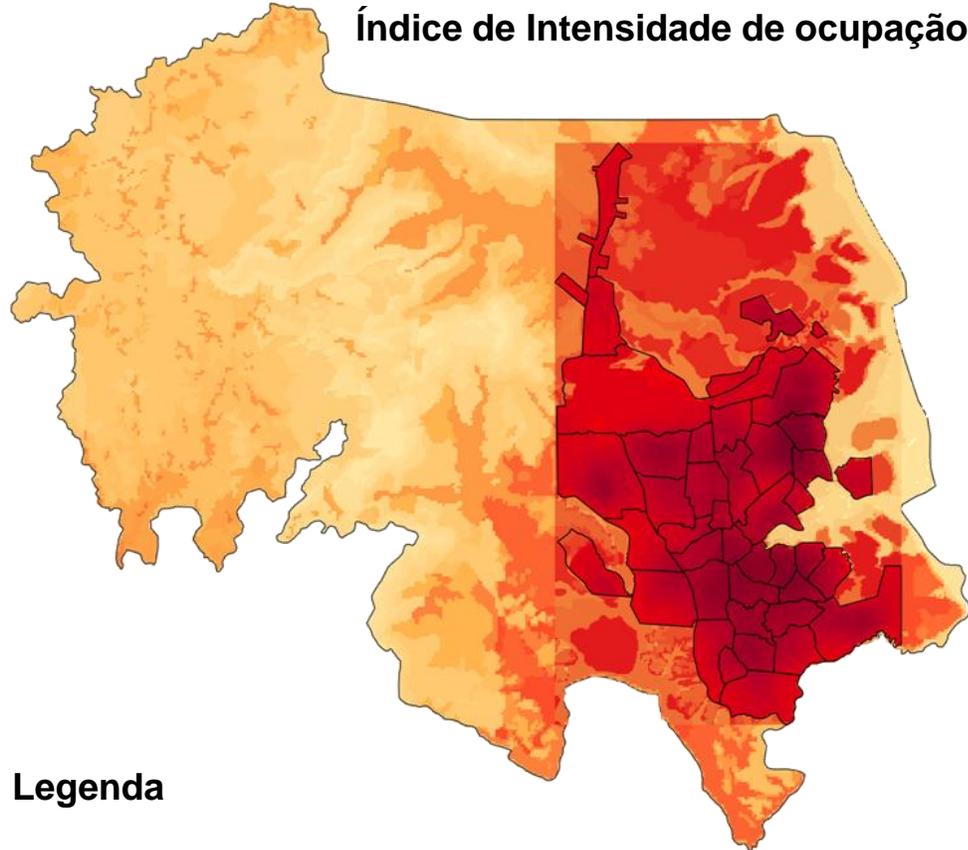
**Método Análise Hierárquica de Parâmetros**

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Julho de 2020

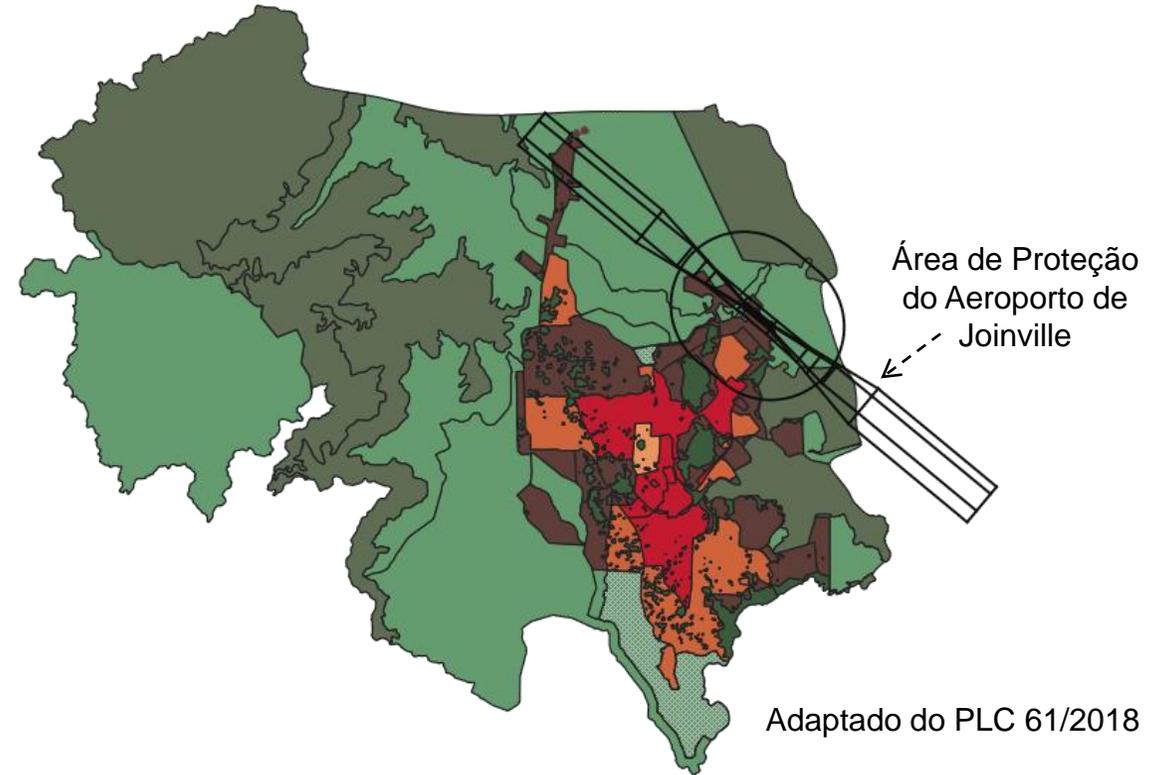
# Intensidade de ocupação e Macrozoneamento Urbano e Rural

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

Índice de Intensidade de ocupação

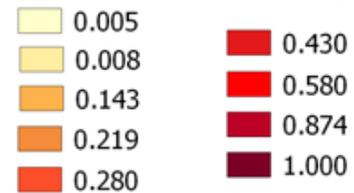


Macrozoneamento Urbano e Rural



## Legenda

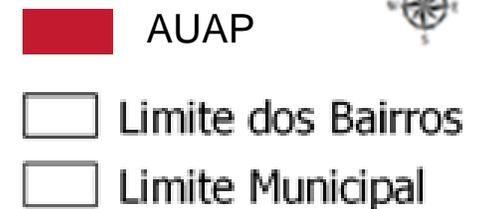
### Intensidade de Ocupação



### Macrozoneamento Rural



### Macrozoneamento Urbano



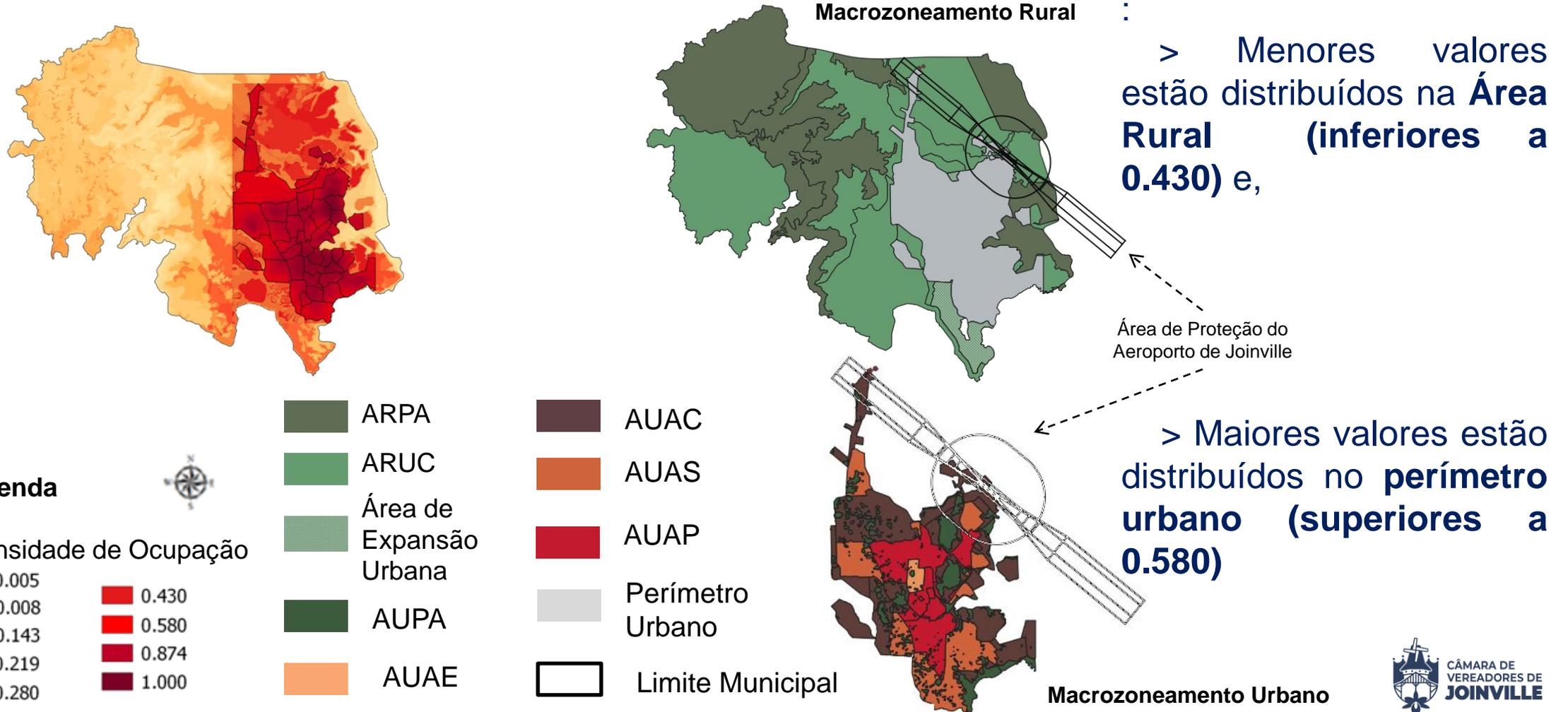
Adaptado do PLC 61/2018

# Considerações sobre a Avaliação Hierárquica de Parâmetros (AHP)

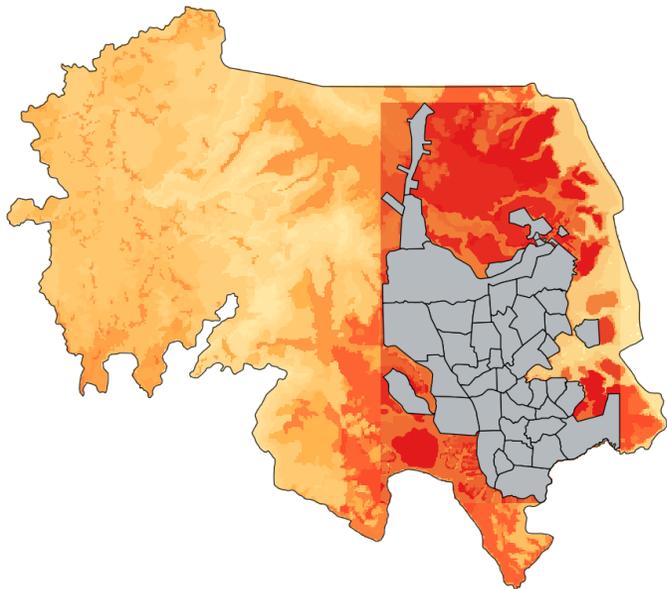
- Os valores se mostraram coerentes com a divisão territorial, onde:

Elaboração: Julio C P Souza

Data: Setembro de 2021



## Intensidade de Ocupação

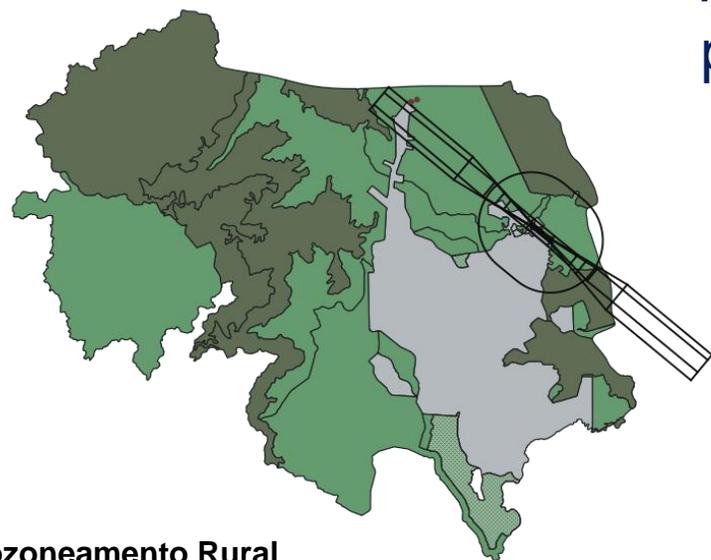


# Avaliação do Macrozoneamento - Área Rural

Elaboração: Julio C P Souza

Data: Setembro de 2021

- Os menores valores de Condições de Intensidade de Ocupação (inferiores a 0,143) estão delimitados pela Área Rural de Proteção Ambiental – ARPA.
- Os valores entre 0.219 e 0.430 são delimitados pela Área Rural de Utilização Controlada – ARUC – e estão próximos ao atual perímetro urbano.



Macrozoneamento Rural

### Legenda

Intensidade de Ocupação



Área de Proteção do Aeroporto de Joinville

ARPA

ARUC

Área de Expansão Urbana

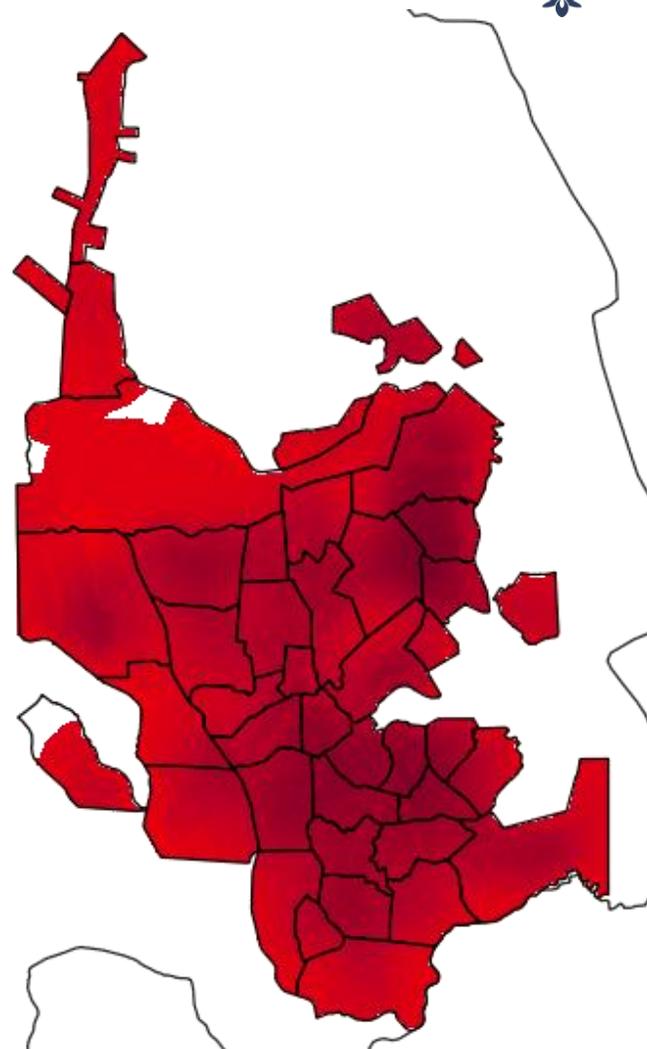
Perímetro Urbano

Limite Municipal

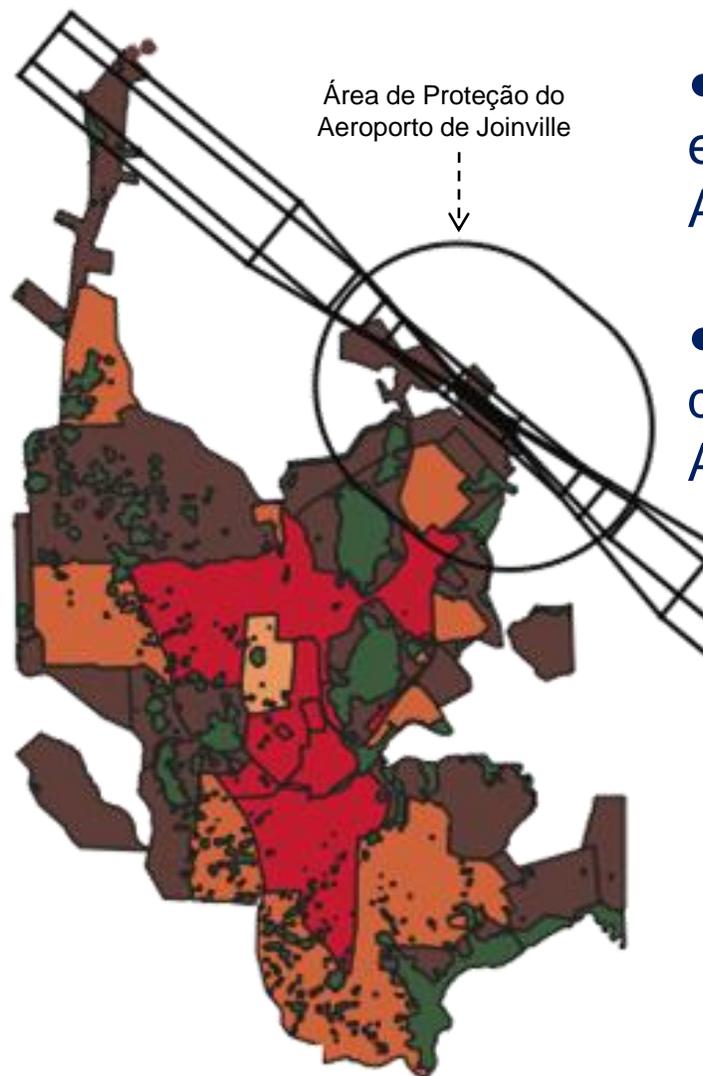


## Avaliação do Macrozoneamento Área Urbana

- Para área urbana o valor de 0,580 está delimitado pela Área Urbana de Adensamento Controlado – AUAC.
- Os valores próximos de 1,00 estão delimitados pela Área Urbana de Adensamento Prioritário – AUAP.



Intensidade de Ocupação



Macrozoneamento Urbano

### Legenda

Intensidade  
de Ocupação

0.430

0.580

AUPA

AUAE

0.874

1.000

AUAC

AUAS

AUAP

Limite  
Municipal

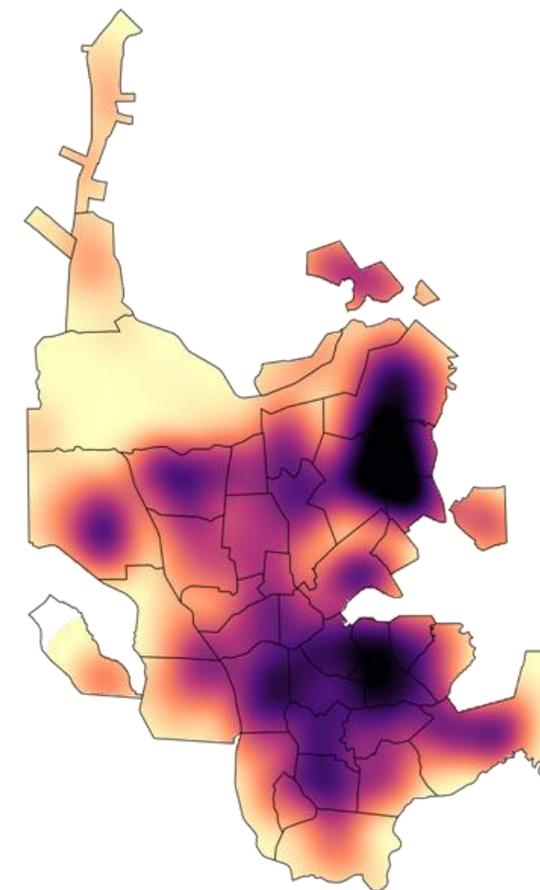
# Considerações sobre a Avaliação Hierárquica de Parâmetros (AHP)

- O Processo de Análise Hierárquica (AHP) promoveu a correlação de parâmetros e a geração de um Mapa de Intensidade de Ocupação na área urbana e rural de Joinville.
- O modelo desenvolvido possui validade por apresentar Razão de Consistência (RC) igual a 0,08. Segundo a literatura, o modelo é válido quando RC for inferior a 0,10.
- O estabelecimento de pesos permite integração entre os parâmetros de entrada e uma análise abrangente das Macrozonas.
- **As Macrozonas apresentadas pelo Projeto de Lei Complementar nº 61/2018 se mostram coerentes com o modelo do Mapa Digital desenvolvido baseado na Análise Hierárquica de Parâmetros– AHP.**
- O modelo final resultou em um mapa com intervalo entre 0.005 (condições para menor ocupação e 1.000 (condições para maior ocupação).

# Considerações sobre a Avaliação Hierárquica de Parâmetros (AHP)



- O parâmetro Densidade de Edificações não considerou a verticalidade das mesmas, tampouco seu uso para identificação de possíveis Pólos Geradores de Viagens (PGV's). Todas as edificações foram delimitadas por vetores poligonais.
- Dessa forma, para o perímetro urbano, cabe uma análise futura adotando este parâmetro junto a infraestrutura urbana e mancha de inundação.



**Legenda** (valores normalizados)

Densidade de edificações

0

0.25

0.5

0.75

1

Limite dos Bairros

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021



Imagem – Mauro Artur Schlieck



# **Mapas**

# **Complementares**

**(relacionados aos parâmetros de entrada)**

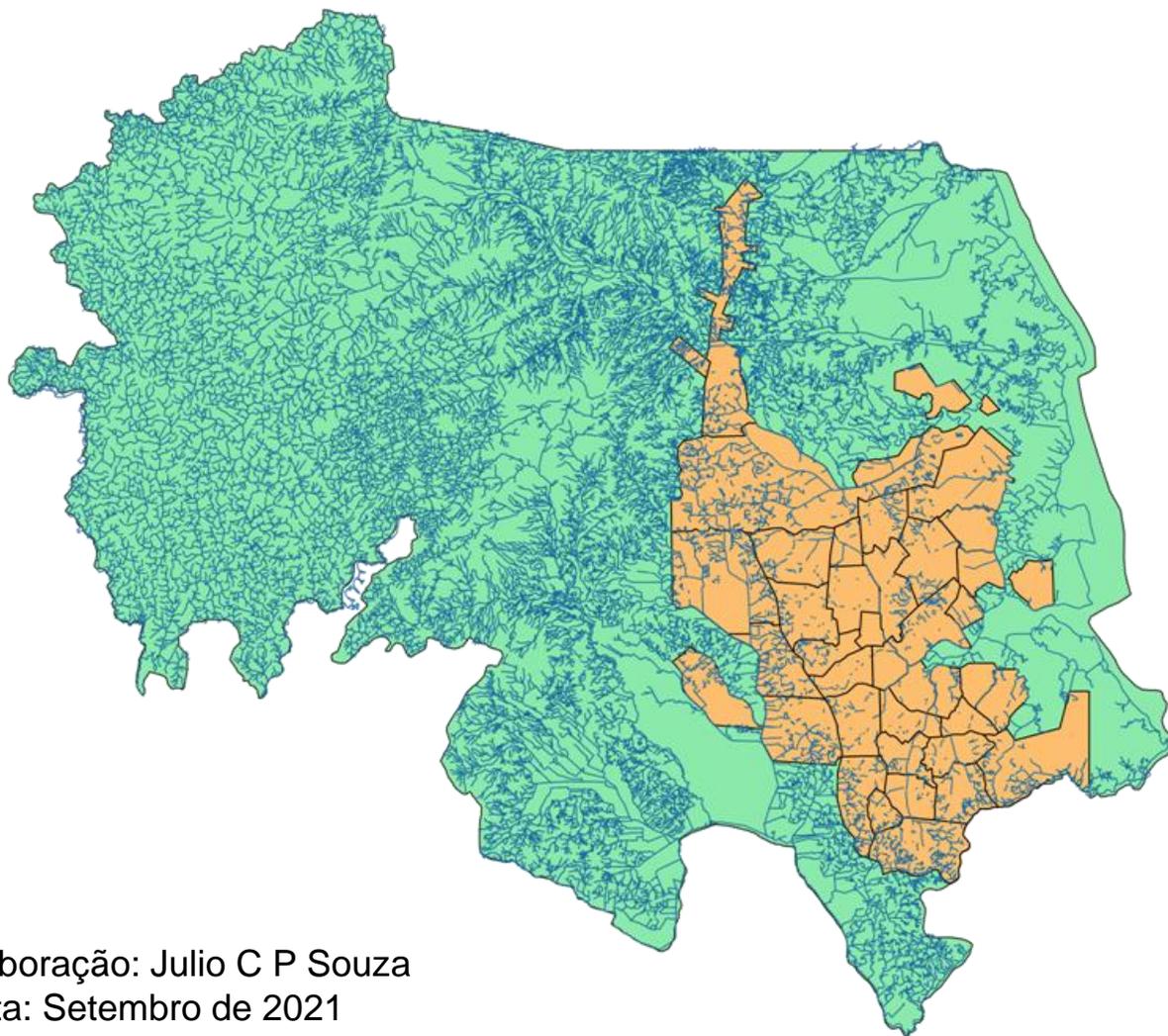
Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021



# Mapa Complementar 01 - Hidrografia



- Critério restritivo



## Legenda

### Hidrografia

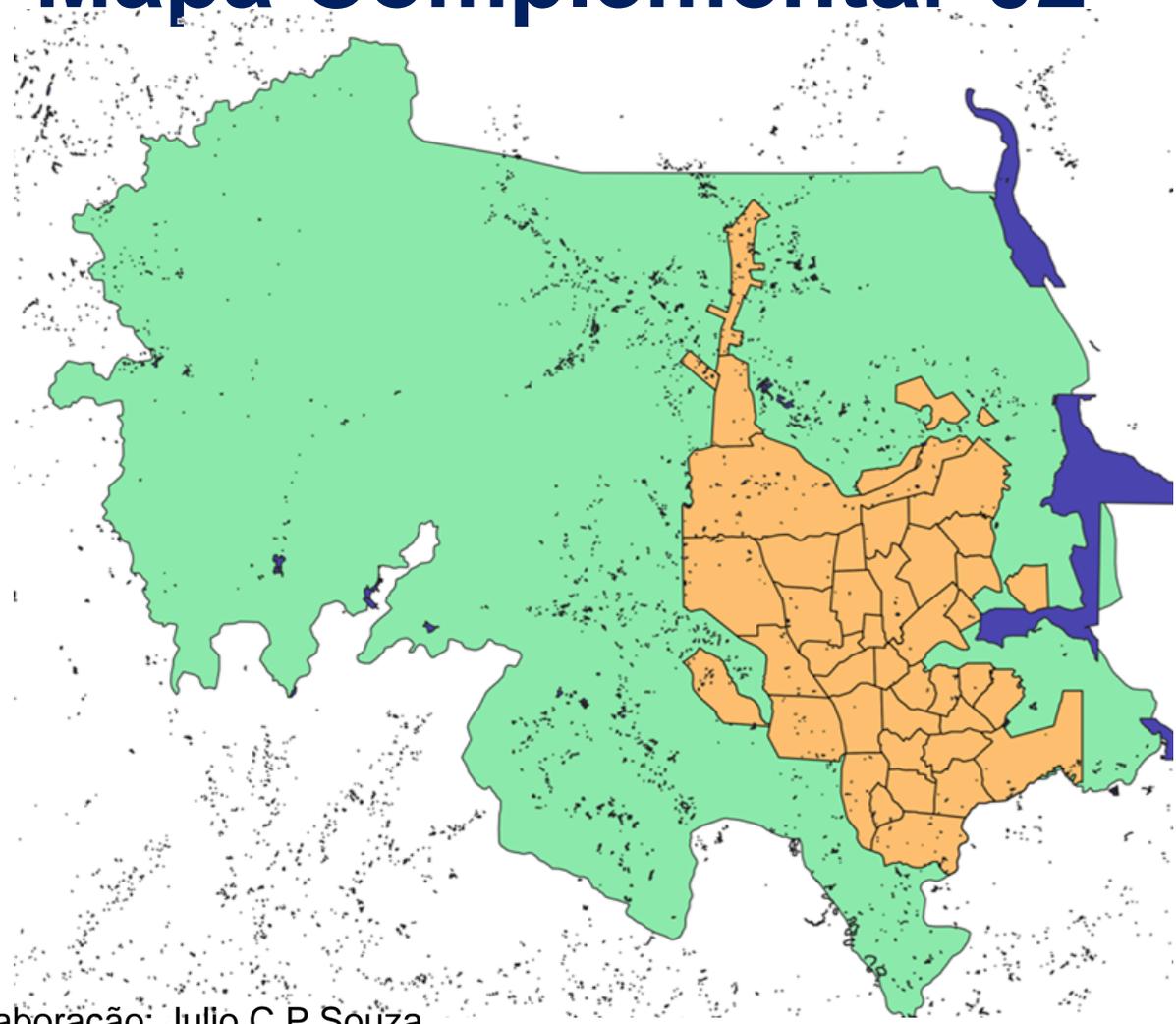
- Rio Natural
- Limite dos Bairros
- Limite Municipal

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

# Mapa Complementar 02 – Massa d'água



- Critério restritivo



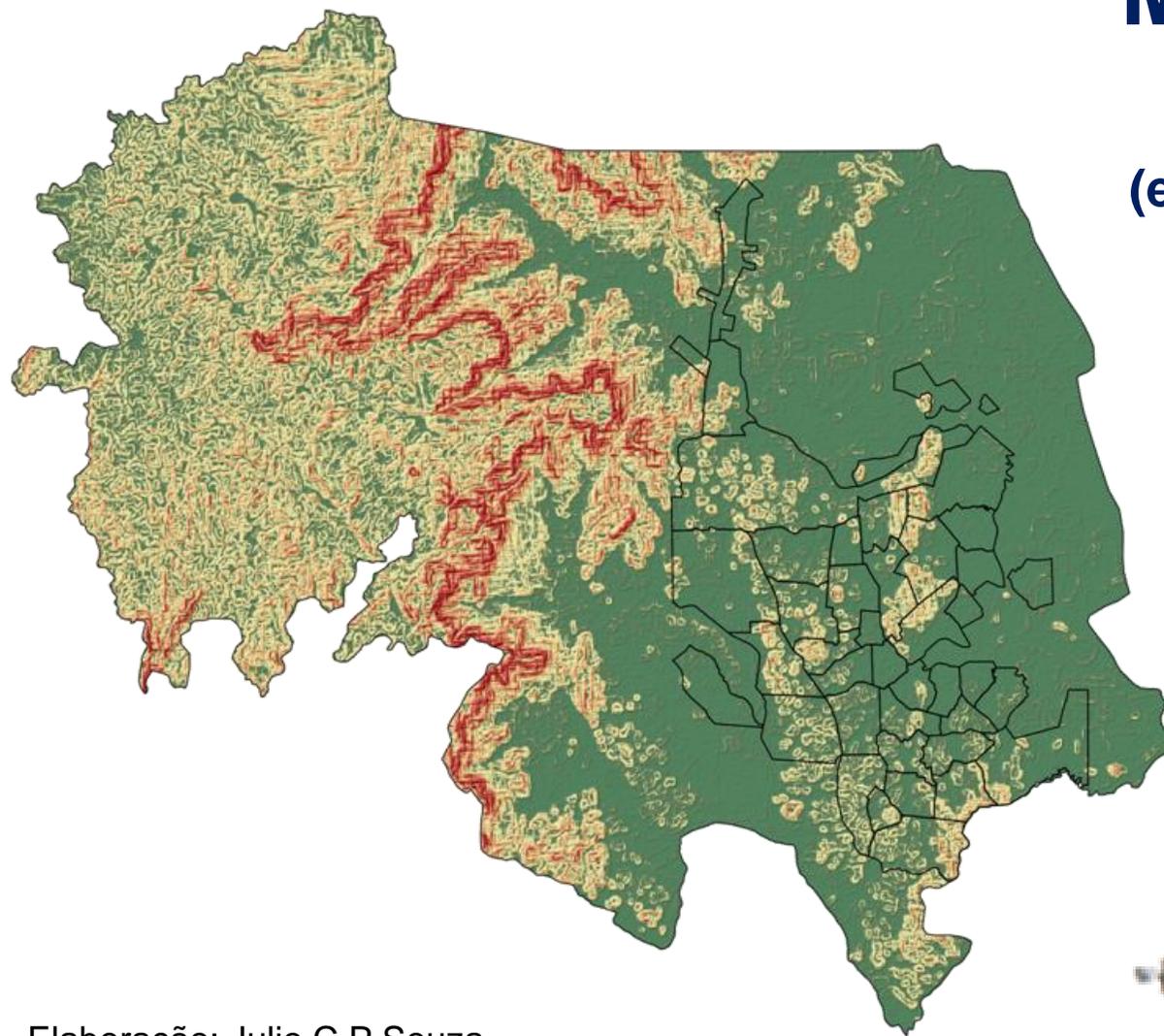
## Legenda

-  Massa d'água
-  Limite dos Bairros
-  Limite Municipal

Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

# Mapa Complementar 03 – Declividade

(em percentual conforme classificação da  
EMBRAPA)



- Critério restritivo

## Legenda

Declividade (Porcentagem)

- 0 a 3 - Plano
- 3 a 8 - Suave - Ondulado
- 8 a 20 - Ondulado
- 20 a 45 - Forte - Ondulado
- 45 a 75 - Montanhoso
- Limite dos Bairros
- Limite Municipal



Elaboração: Julio C P Souza  
Data: Setembro de 2021

# Referências bibliográficas

- Análise Multicritérios com uso da AHP para avaliação temporal na vulnerabilidade ambiental – Estudo de caso na Bacia Hidrográfica em Ubeirabinha – MG. Pereira, C.
- Baseado na tese de Doutorado – Análise de Riscos a degradação ambiental utilizando multicritério espacial no Município de Boa Vista – PB.
- Construção de modelo e utilização do método de processo analítico hierárquico – AHP – para mapeamento de risco em área urbana. Oliveira, L.
- Uso da ferramenta SIG para análise de possíveis áreas de expansão da cidade de Rio Parnaíba Matarazzo, F.- artigo científico.