



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO ESTUDO
COMPORTAMENTAL DAS ILHAS DE CALOR URBANAS**

Mestranda: Gizely Azevedo Costa

Orientador: Alexandre Rosa dos Santos

Jerônimo Monteiro – ES

2020

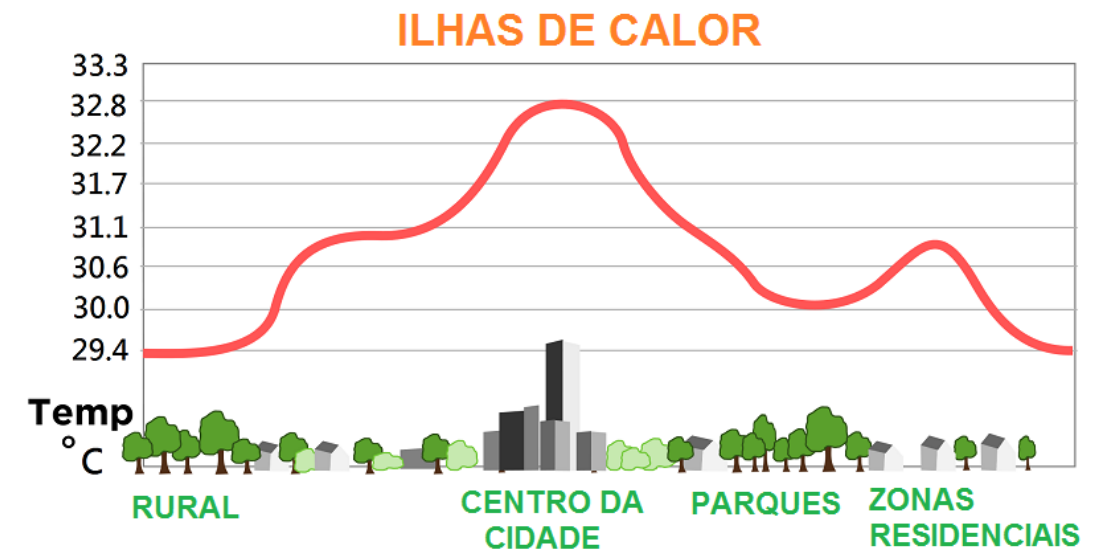
Roteiro de Apresentação

- **Introdução**
- **Objetivos**
- **Material e Métodos**
- **Resultados e discussão**
- **Conclusões**



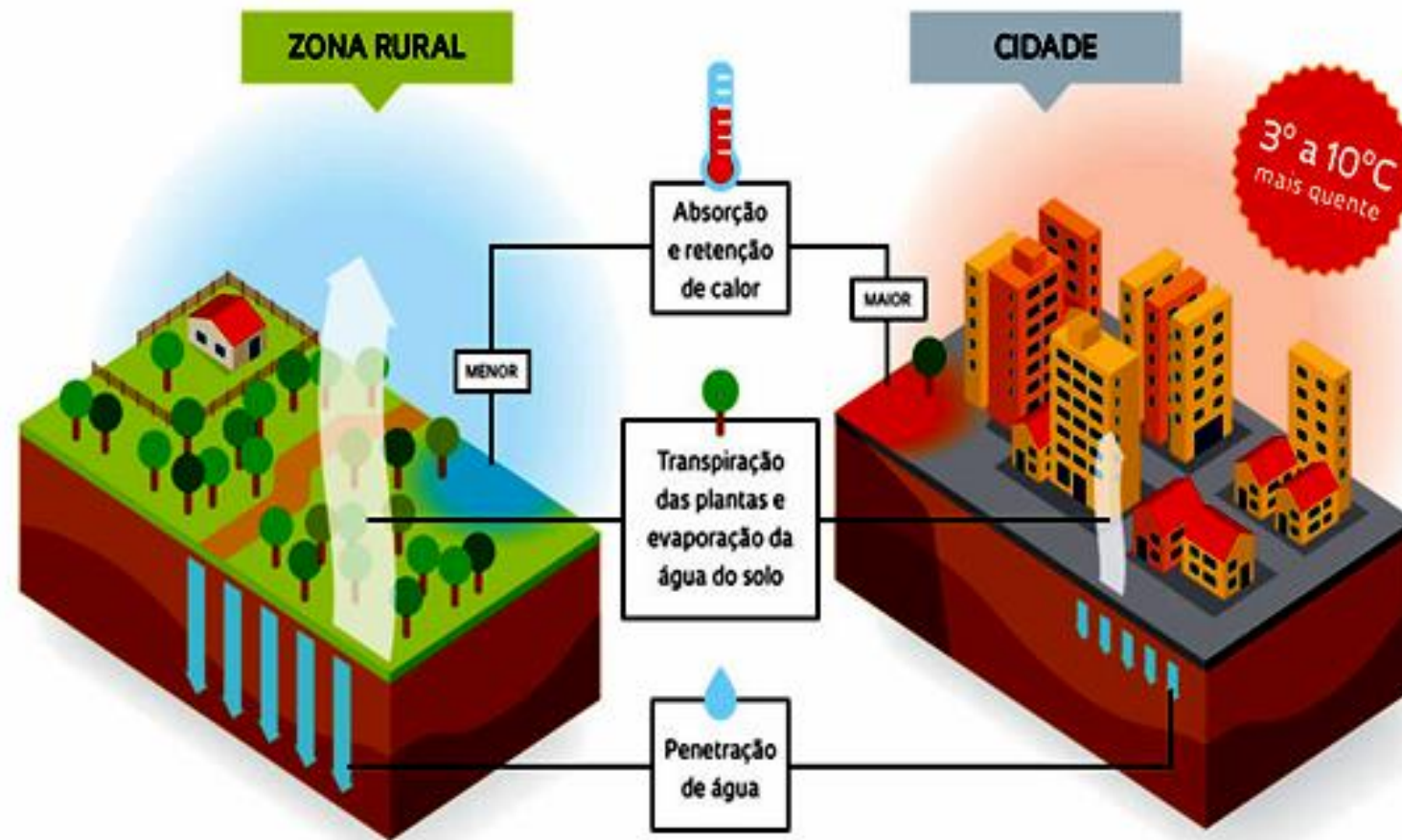
➔ Urbanização x Supressão da vegetação

Ilhas de calor: fenômeno no qual as cidades se tornam locais mais quentes em relação a áreas suburbanas vizinhas.




Fonte: Sustentarqui, 2017

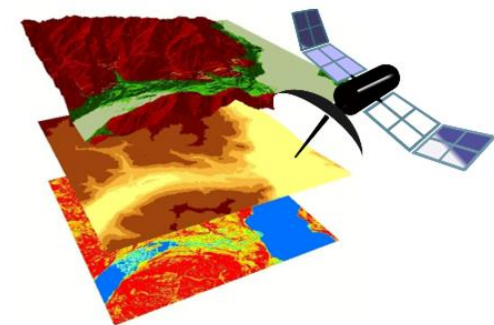
Por que ocorre o efeito ilha urbana de calor



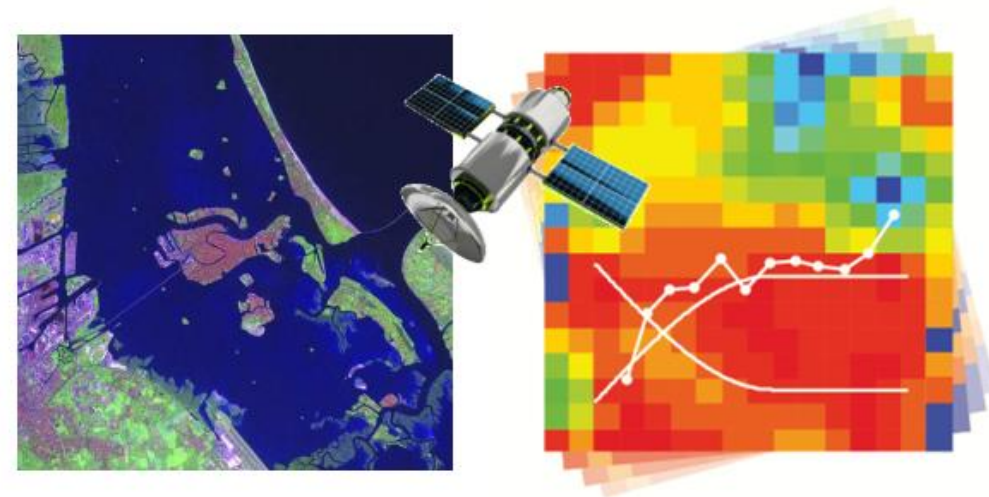
Vegetação Urbana

- escoamento superficial reduzido;
- Alívio de cheias;
- Drenagem sustentável;
- Melhorias estéticas e de bem-estar;
- Modificação de microclimas locais.

 Sensoriamento remoto para medir o efeito da ilha de calor.



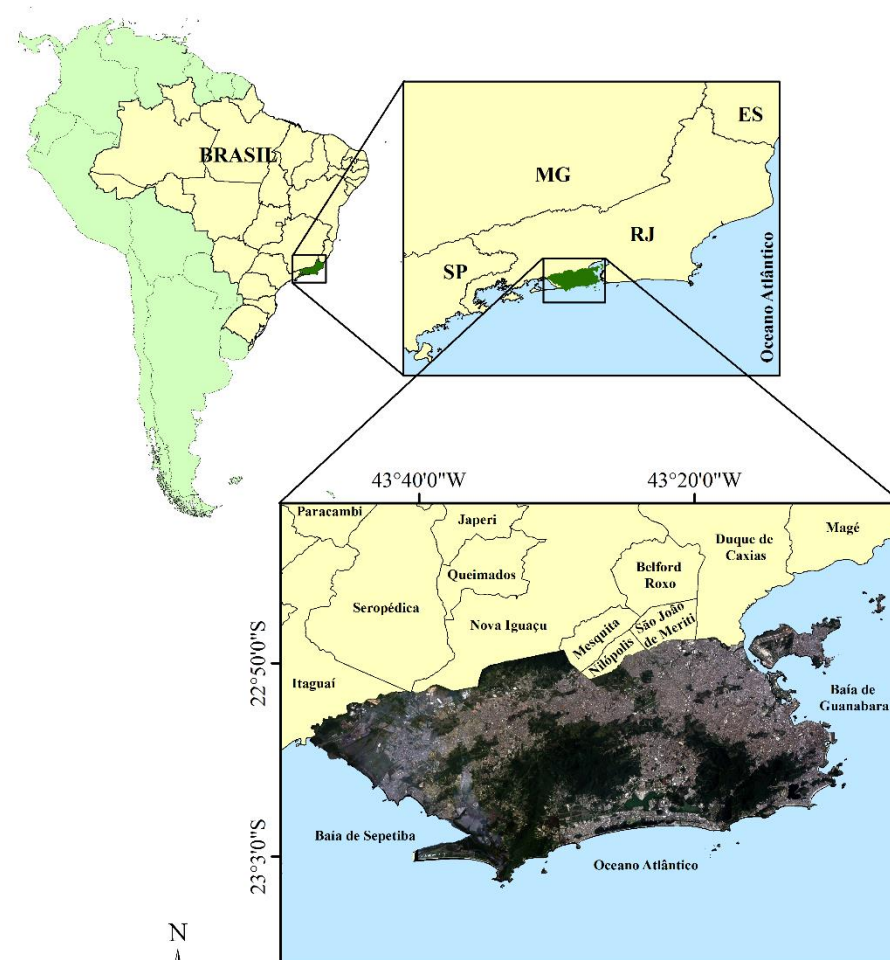
- Analisar a distribuição espacial e temporal das ilhas de calor urbanas e a influência da vegetação na formação dos microclimas urbanos no município do Rio de Janeiro, Brasil.



- Avaliar as mudanças ocorridas no uso e ocupação da terra no período de 2014-2018.
- Realizar a estimativa sazonal da temperatura da superfície terrestre (T_s) para o período de estudo (2014-2018);



- Analisar o nível de conforto térmico da população através dos índices de temperatura e umidade (ITU), índice de desconforto térmico (IDT) e o índice de temperatura efetiva em função do vento (TEV);
- Gerar e confrontar sazonalmente os índices de vegetação (NDVI e EVI), área construída (NDBI); além da temperatura da superfície terrestre (T_s);

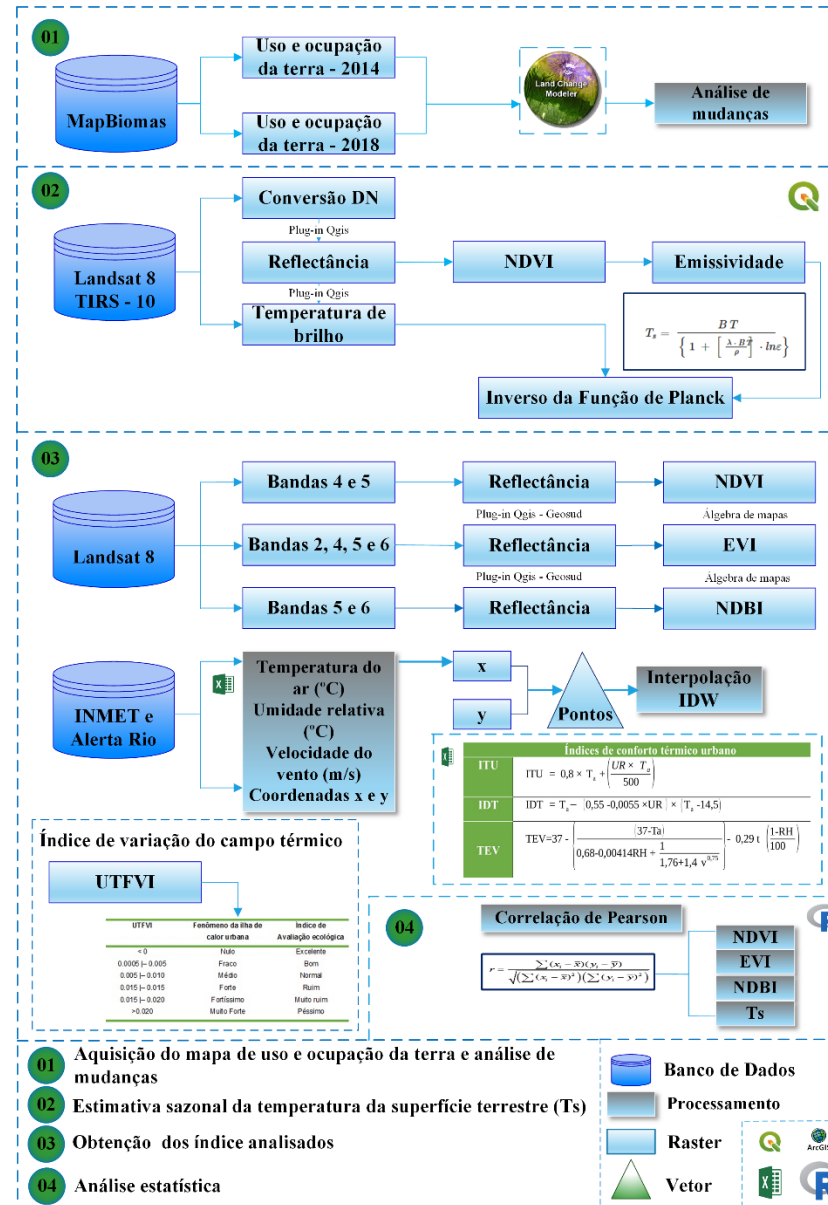
■ Área de estudo



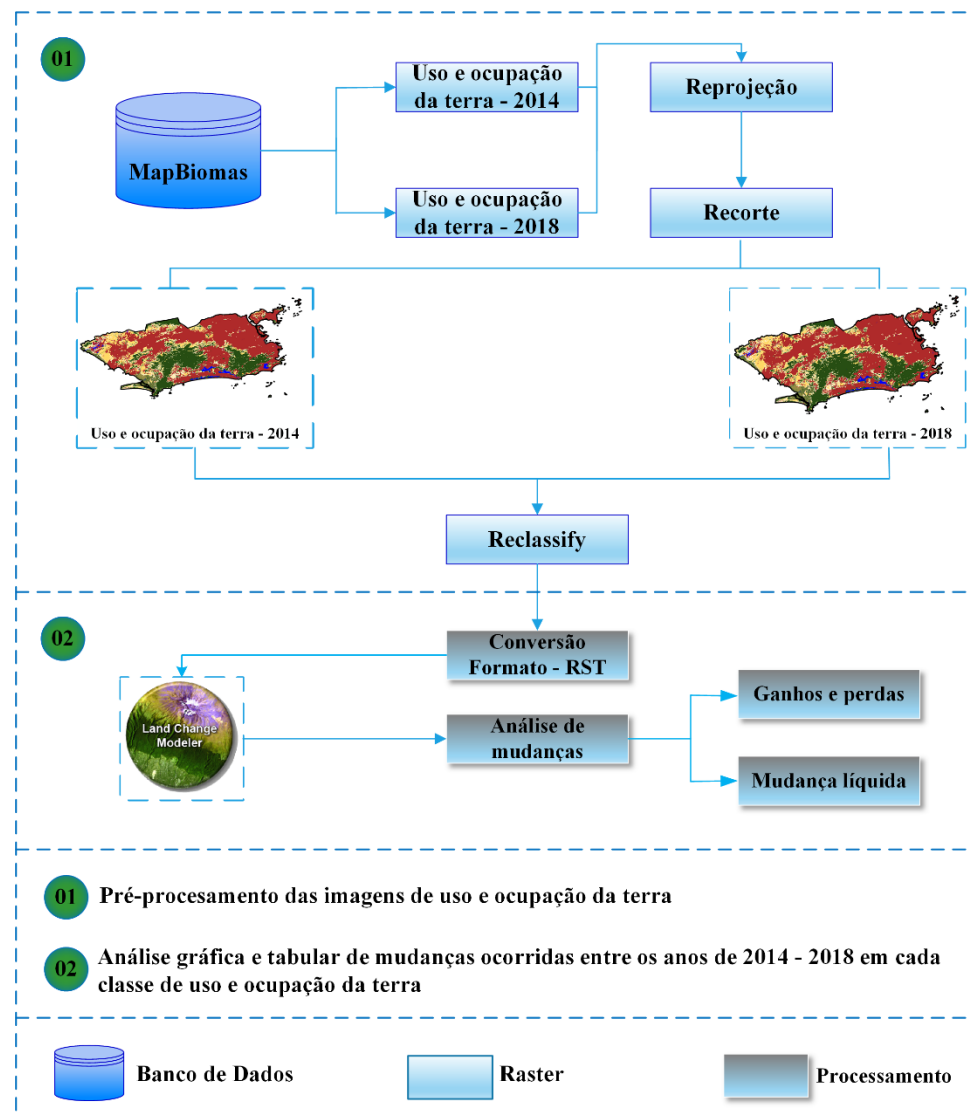
0 10 20 km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84

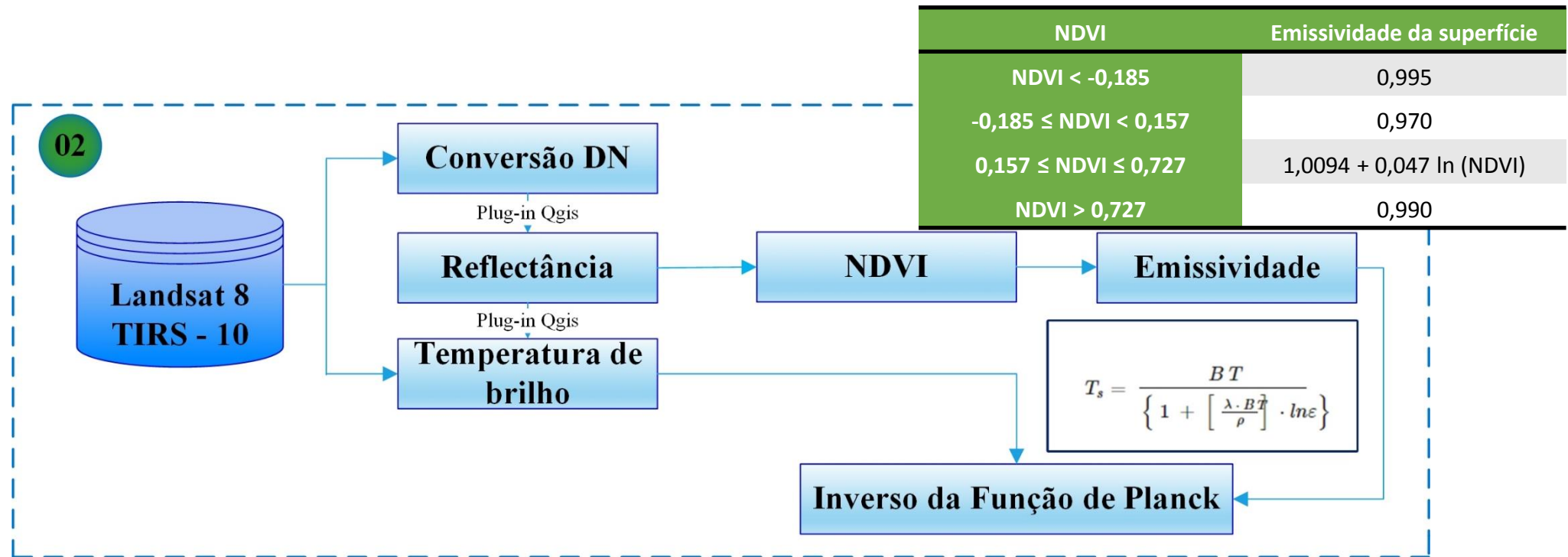
 Cidade do Rio de Janeiro
 Municípios limítrofes



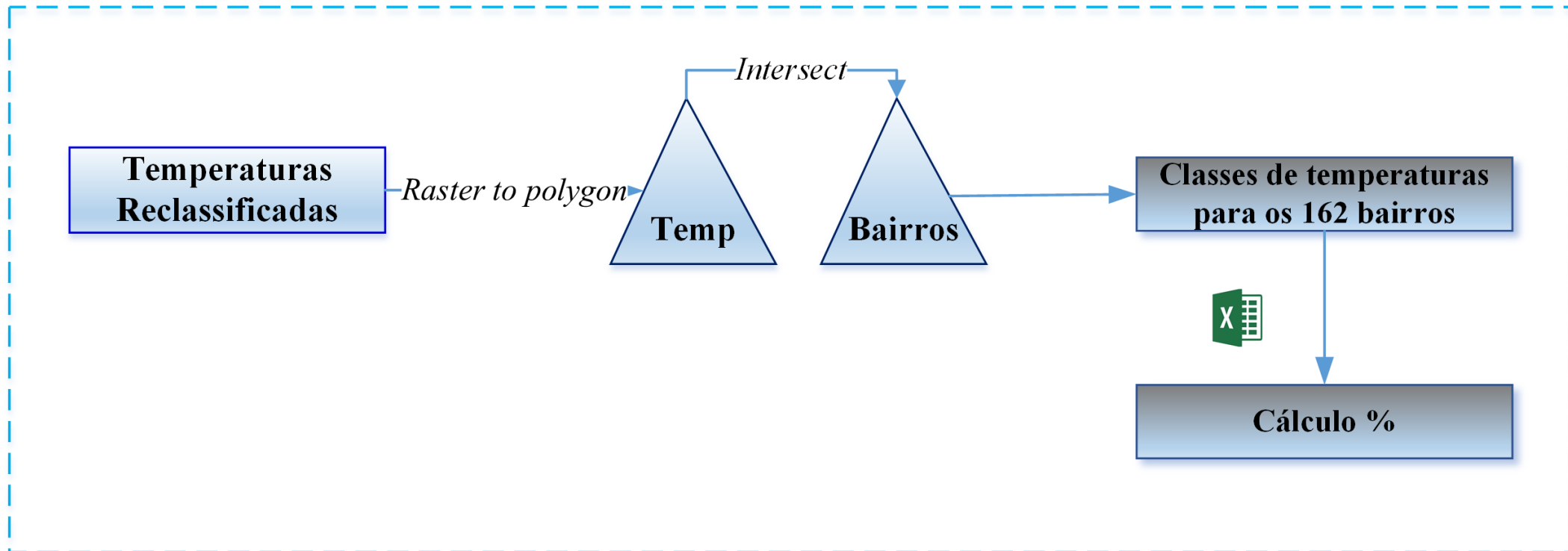
▪ Aquisição do mapa de uso e ocupação da terra e análise de mudanças



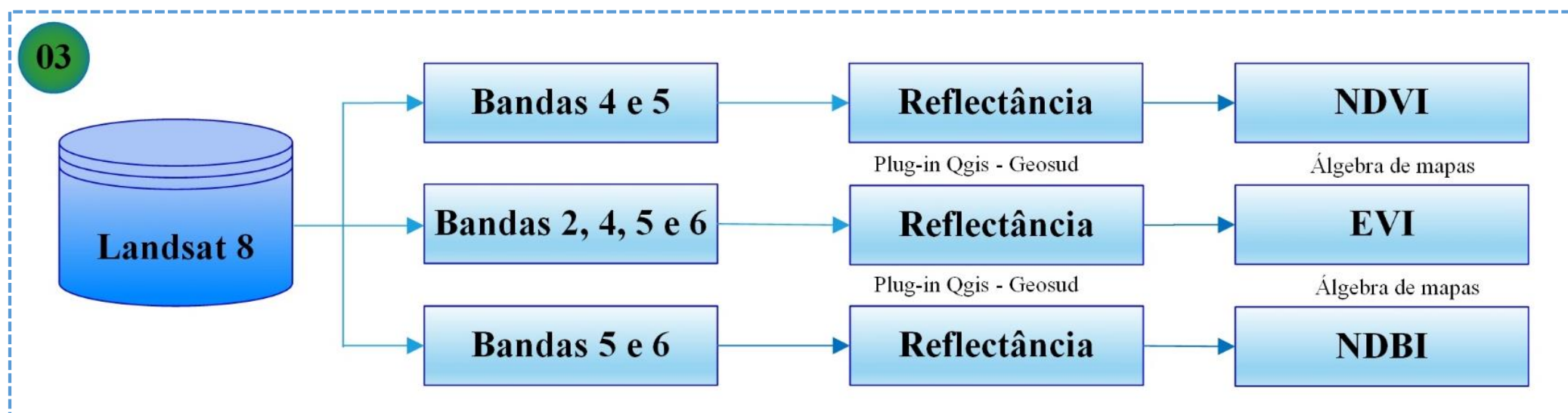
Estimativa sazonal da temperatura da superfície terrestre (ts)



■ Análise de temperatura por bairros



- Obtenção dos índices analisados: NDVI; EVI; NDBI



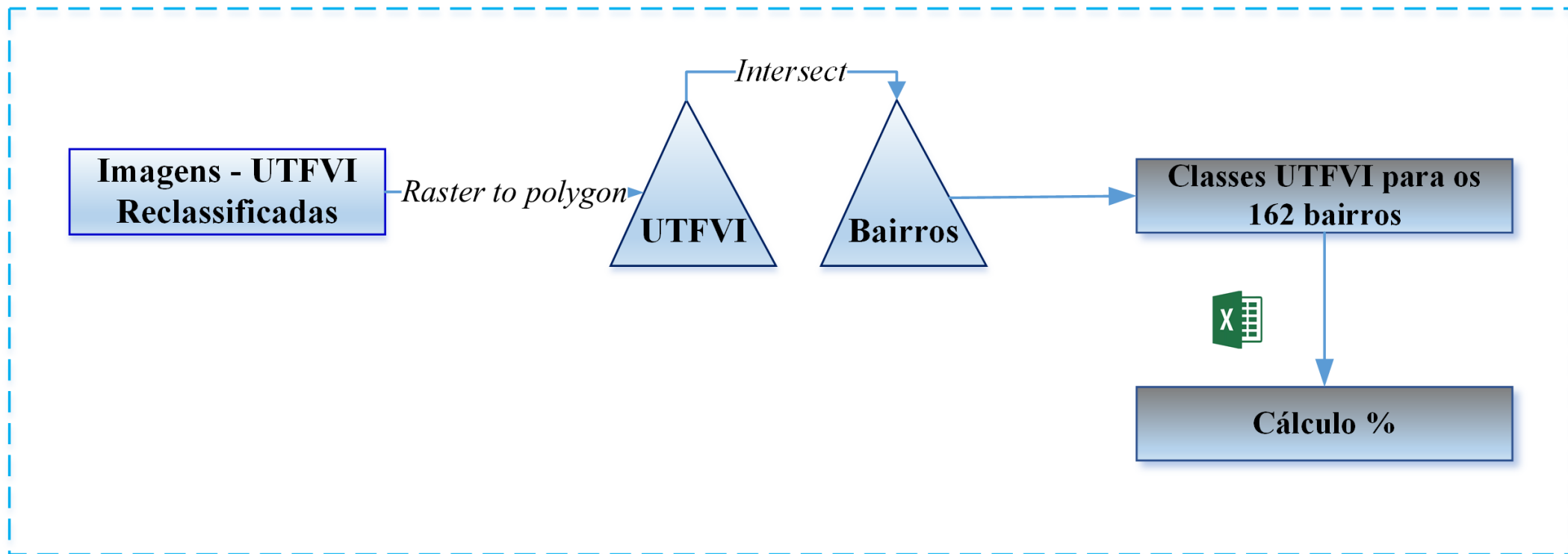
- Índice de variação do campo térmico - UTFVI

$$\text{UTFVI} = \frac{T_s - T_{mean}}{T_{mean}}$$

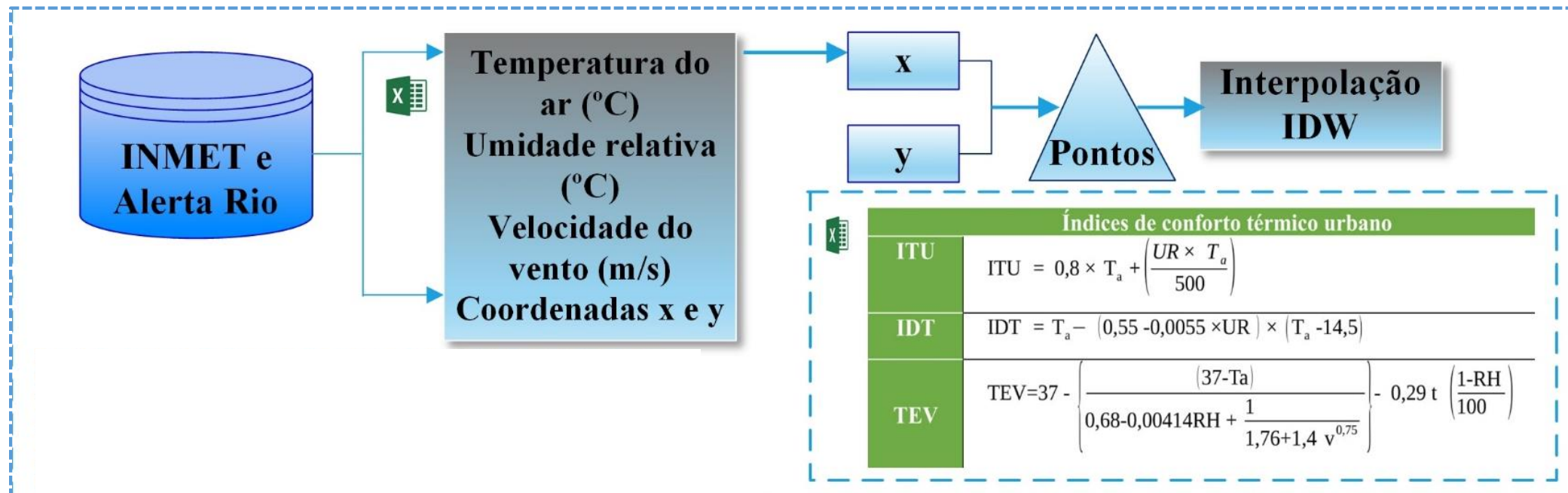
Tabela 1 – Valores limites do índice

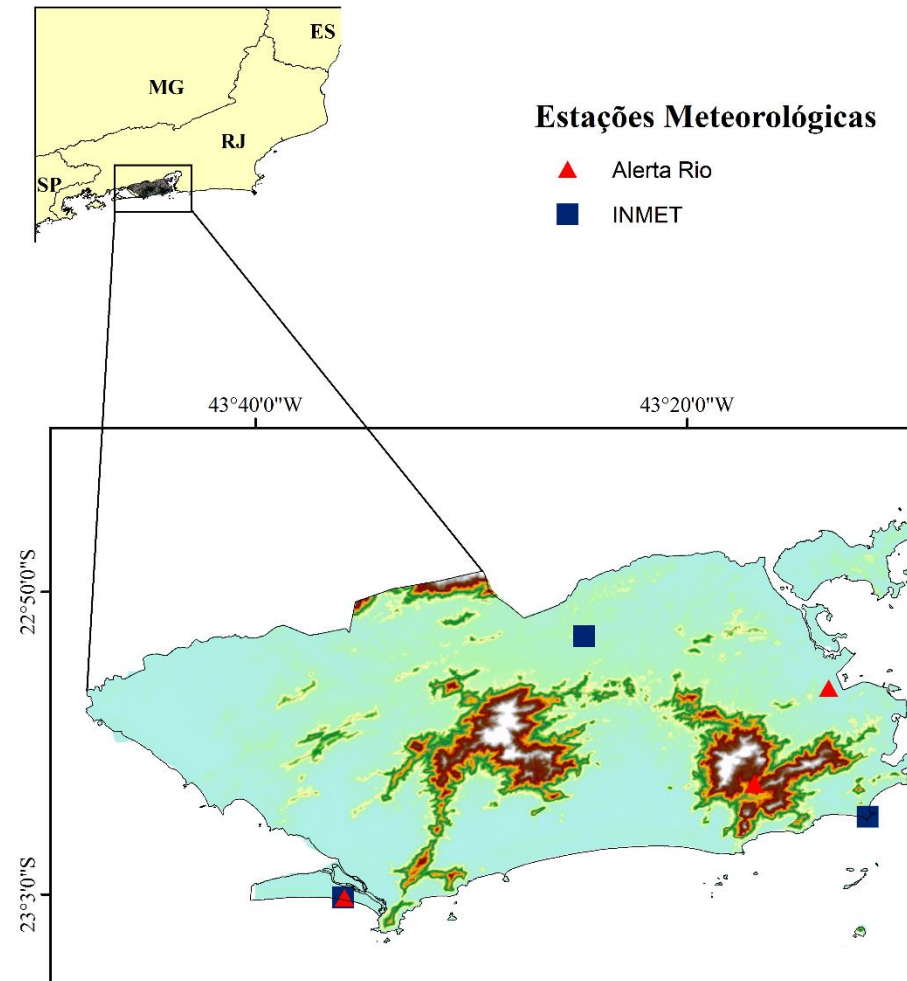
UTFVI	Fenômeno da ilha de calor urbana	Índice de Avaliação ecológica
< 0	Nulo	Excelente
0.0005 – 0.005	Fraço	Bom
0.005 – 0.010	Médio	Normal
0.015 – 0.015	Forte	Ruim
0.015 – 0.020	Fortíssimo	Muito ruim
>0.020	Muito Forte	Péssimo

- **Análise do índice UTFVI por bairros**



Obtenção dos índices analisados: Índices de conforto térmico urbano



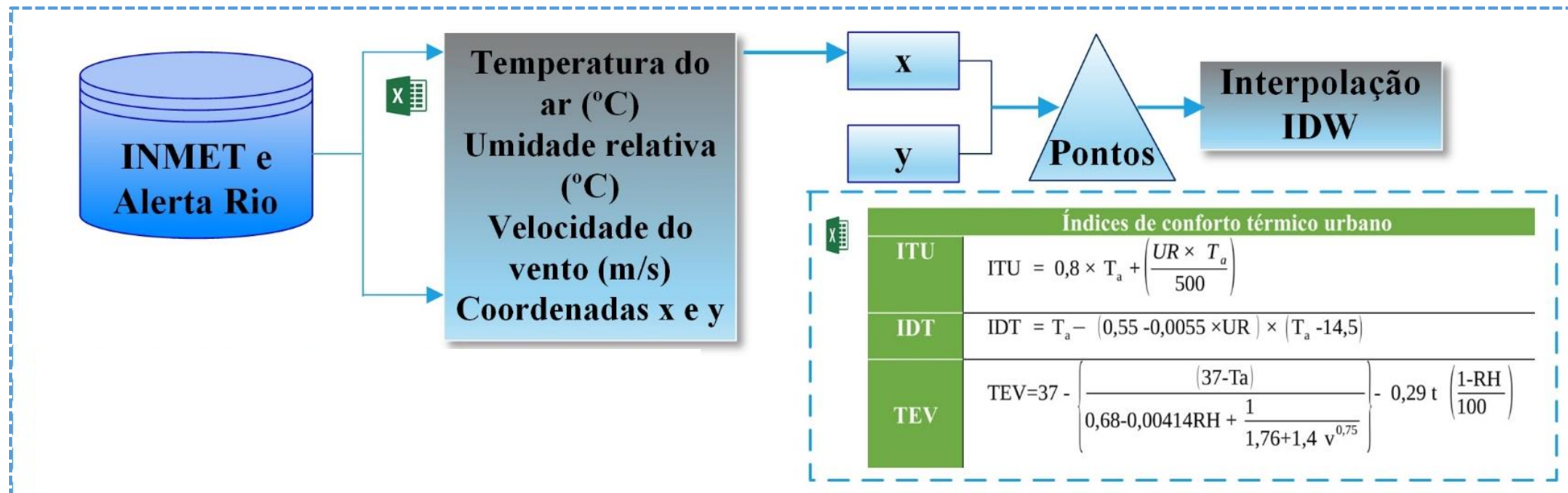


Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84



0 5 10 km

Obtenção dos índices analisados: Índices de conforto térmico urbano



- **Índice de Temperatura e Umidade (ITU)**

$$\text{ITU} = 0.8 \times T_a + \frac{\text{UR} \times T_a}{500}$$

Tabela 2 - Critérios de classificação do índice - ITU

Faixas	ITU (°C)	Níveis de conforto
1	21 < ITU < 24	Confortável
2	24 < ITU < 26	Levemente desconfortável
3	ITU > 26	Extremamente desconfortável

- **Índice de Desconforto Térmico (IDT)**

$$\text{IDT} = T_a - (0.55 - 0.0055 \times \text{UR}) \times (T_a - 14.5)$$

Tabela 3 - Faixas de classificação do índice - IDT

Faixas	IDT (°C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 24.0	Confortável
2	24 ≤ IDT ≤ 26.0	Parcialmente confortável
3	26.0 < IDT < 28.0	Desconfortável
4	IDT ≥ 28.0	Muito desconfortável

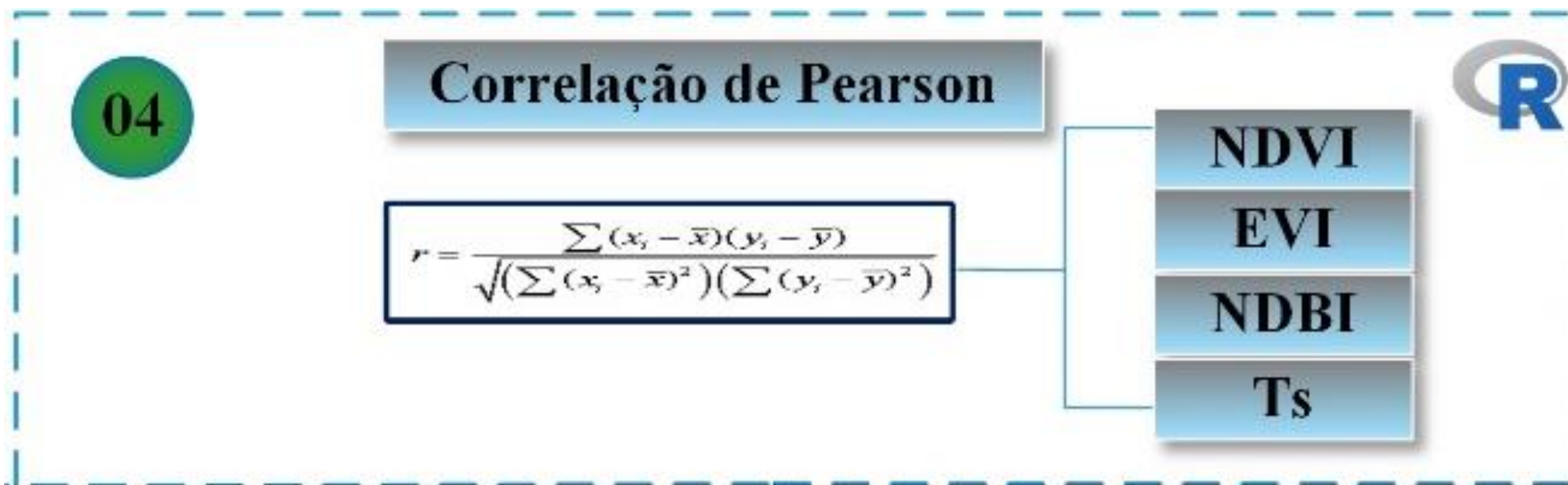
Índice de Temperatura Efetiva em função do Vento (TEV)

$$TEV = 37 - \left\{ \frac{(37 - T_a)}{0.68 - 0.00414UR + \frac{1}{1.76 + 1.4 \times V \times 0.75}} \right\} - 0.29 t \left(\frac{1 - UR}{100} \right)$$

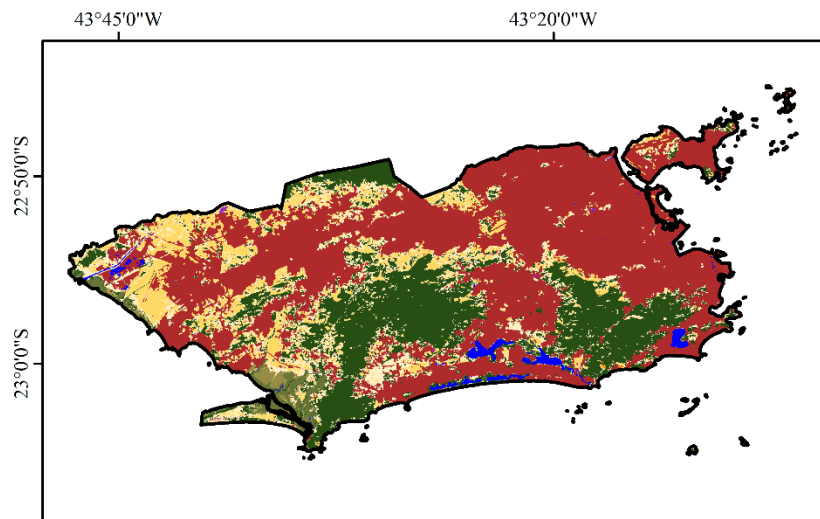
Tabela 4 - Faixas de sensação térmica - TEV

Faixas	TEV (°C)	Sensação térmica	Grau de estresse fisiológico
1	< 05	Muito Frio	Extremo estresse ao frio
2	05 -10	Frio	Extremo estresse ao frio
3	10 -13	Moderadamente Frio	Tiritar
4	13 -16	Ligeiramente Frio	Resfriamento do corpo
5	16 -19	Pouco Frio	Ligeiro resfriamento do corpo
6	19 -22	Ligeiramente Fresco	Vasoconstrição
7	22 -25	Confortável	Neutralidade térmica
8	25 -28	Ligeiramente Quente	Ligeiro suor, vasodilatação
9	28 -31	Quente Moderado	Suando
10	31 -34	Quente	Suor em profusão
11	> 34	Muito Quente	Falha na termorregulação

- **Análise Estatística**

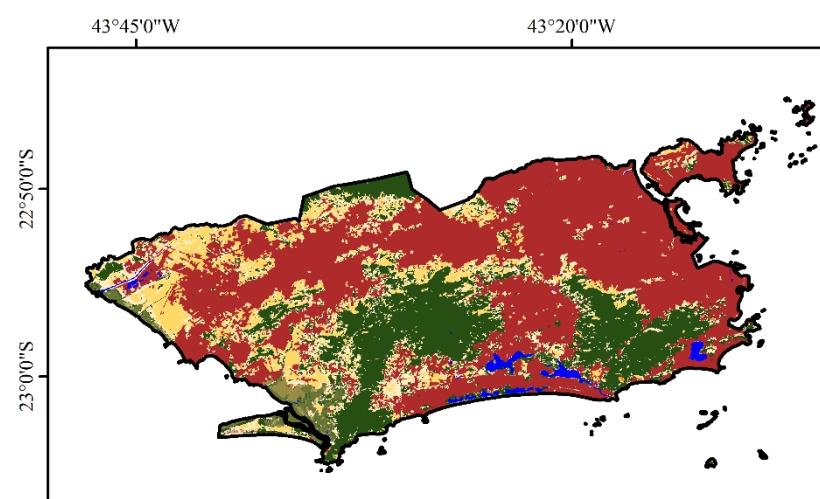


■ Avaliação das mudanças ocorridas no uso e ocupação da terra



Uso e Ocupação da Terra 2014

Rio de Janeiro	Mosaico de Agricultura de Pastagem 11.41%
Afloramento Rochoso 0.05%	NoData 0.2%
Apicum 0.51%	Outra Formação Não Florestal 0.18%
Formação Florestal 23.74%	Outra Área Não Vegetada 0.14%
Infraestrutura Urbana 49.57%	Pastagem 10.61%
Mangue 1.99%	Praia e Duna 0.25%
Mineração 0.05%	Rio, Lago e Oceano 1.31%



Uso e Ocupação da Terra 2018

Rio de Janeiro	Mosaico de Agricultura e Pastagem 11.32%
Afloramento Rochoso 0.05%	NoData 0.21%
Apicum 0.45%	Outra Formação Não Florestal 0.26%
Cultura Anual e Perene 0%	Outra Área Não Vegetada 0.15%
Formação Florestal 23.69%	Pastagem 9.94%
Infraestrutura Urbana 50.28%	Praia e Duna 0.24%
Mangue 2.17%	Rio, Lago e Oceano 1.22%
Mineração 0.02%	

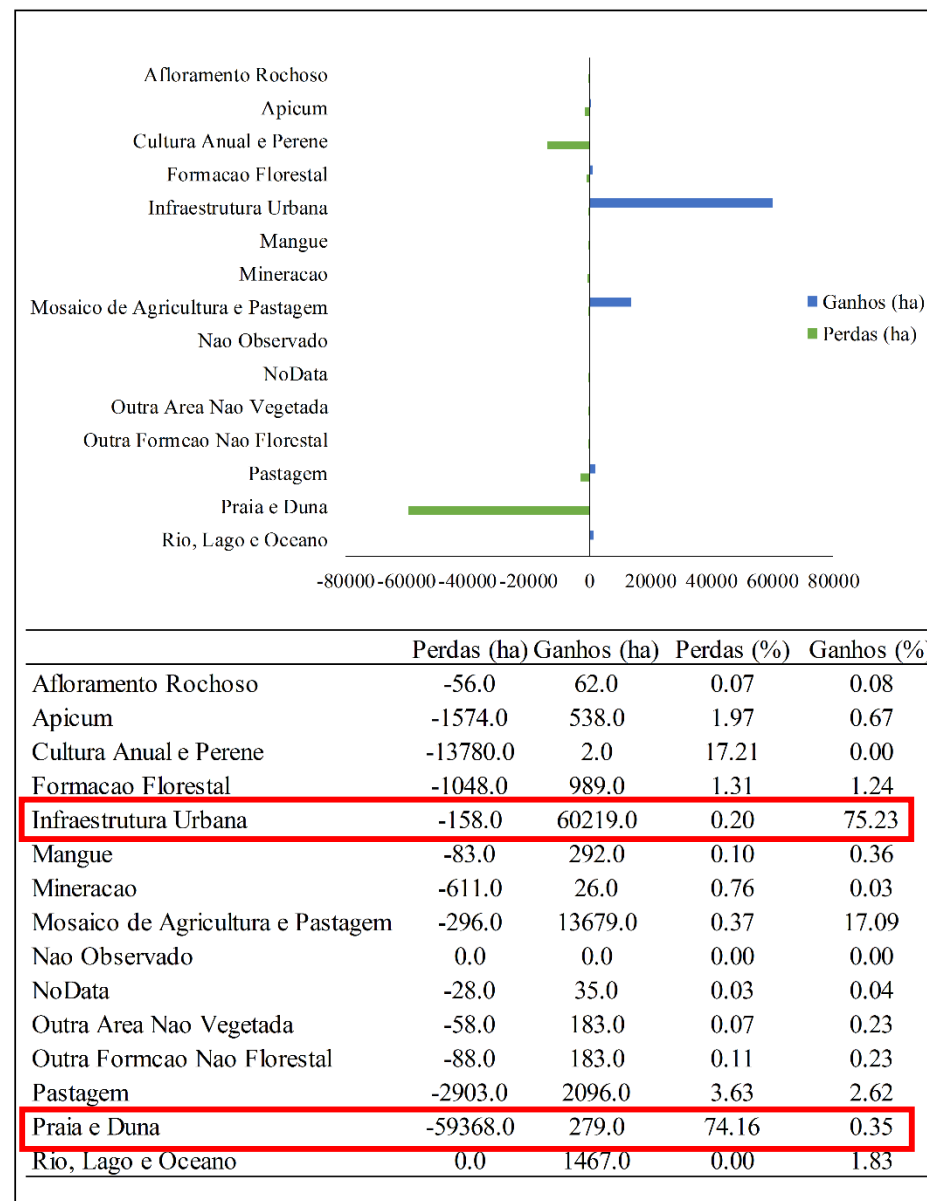




Incremento na classe Infraestrutura Urbana (75.23 %)



Perda na classe Praia e Duna (74.16 %)

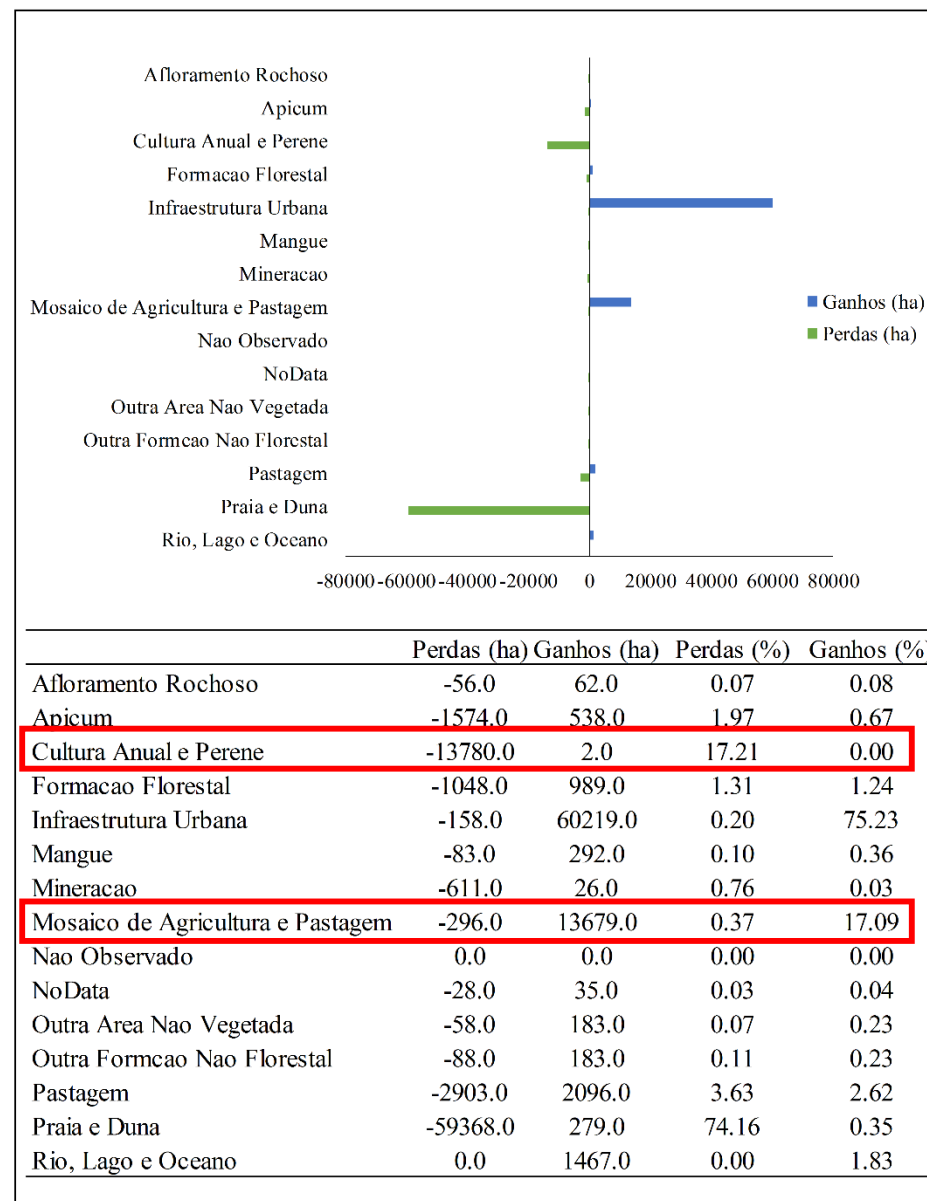


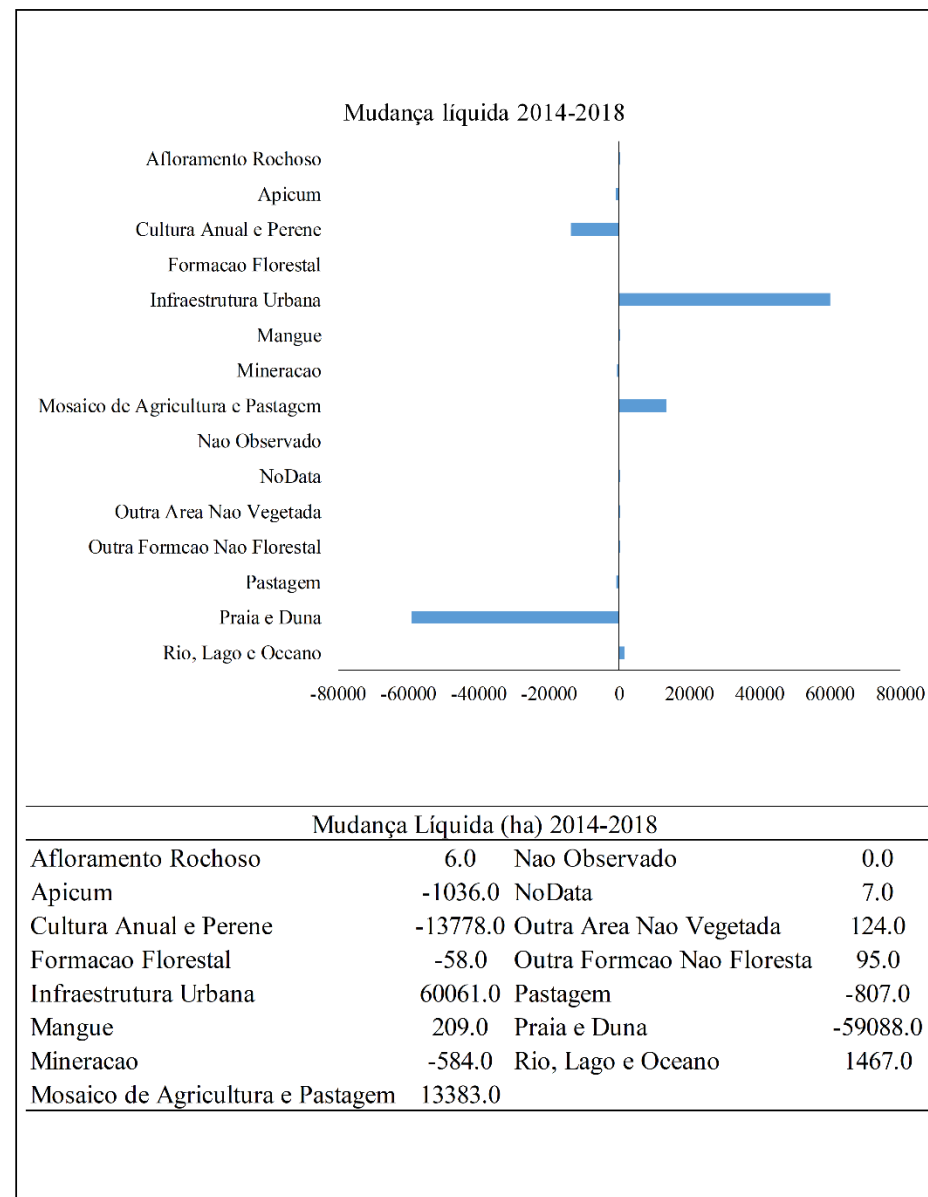


Incremento na classe Mosaico de
Agricultura e pastagem (17.09 %)



Perda na classe Cultura Anual e Perene
(17.21 %)

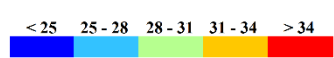
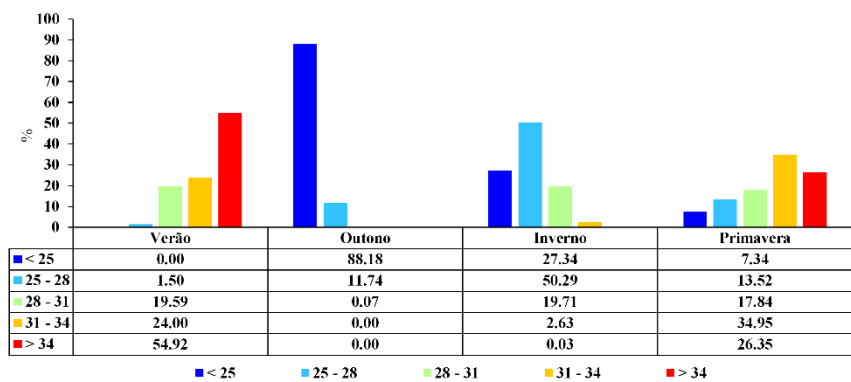
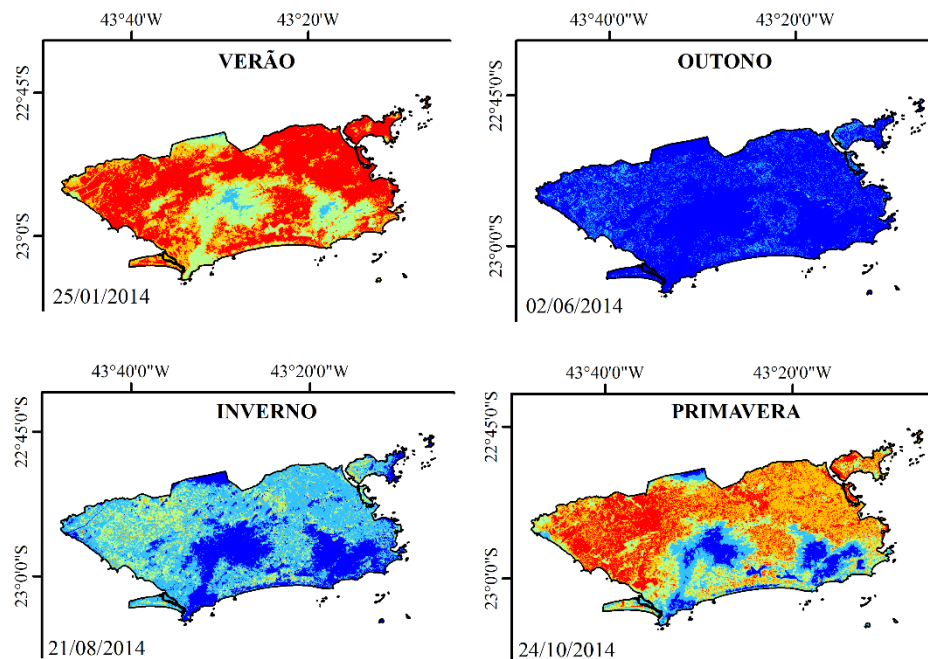




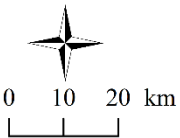
Mudança Líquida (ha) 2014-2018

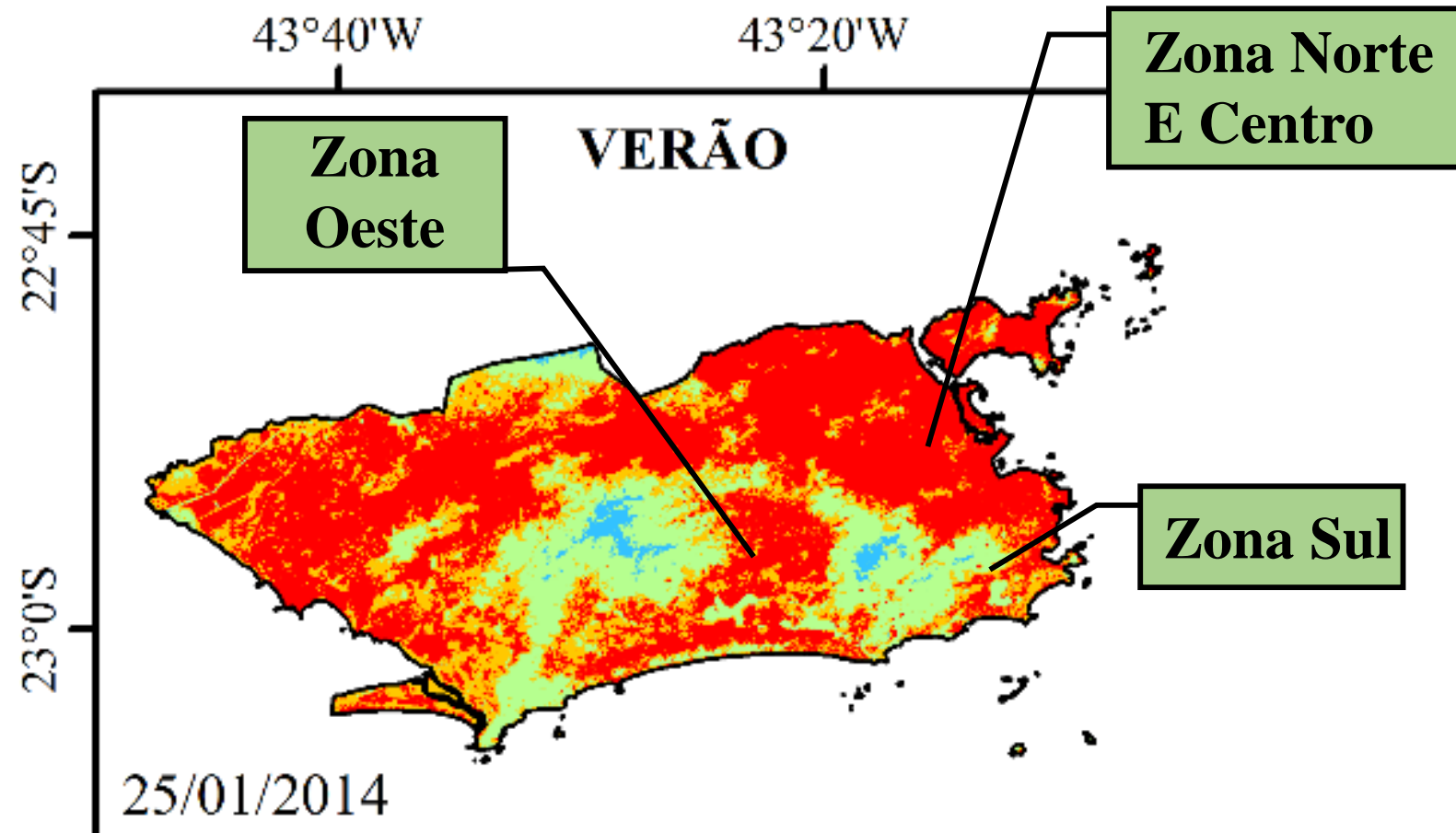
Afloramento Rochoso	6.00	Não Observado	0.0
Apicum	-1036.00	NoData	7.0
Cultura Anual e Perene	-13778.00	Outra Área Não Vegetada	124.0
Formação Florestal	-58.00	Outra Formação Não Florestal	95.0
Infraestrutura Urbana	60061.00	Pastagem	-807.0
Mangue	209.00	Praia e Duna	-59088.0
Mineração	-584.00	Rio, Lago e Oceano	1467.0
Mosaico de Agricultura e Pastagem	13383.00		

Ts - 2014



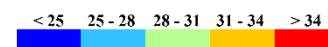
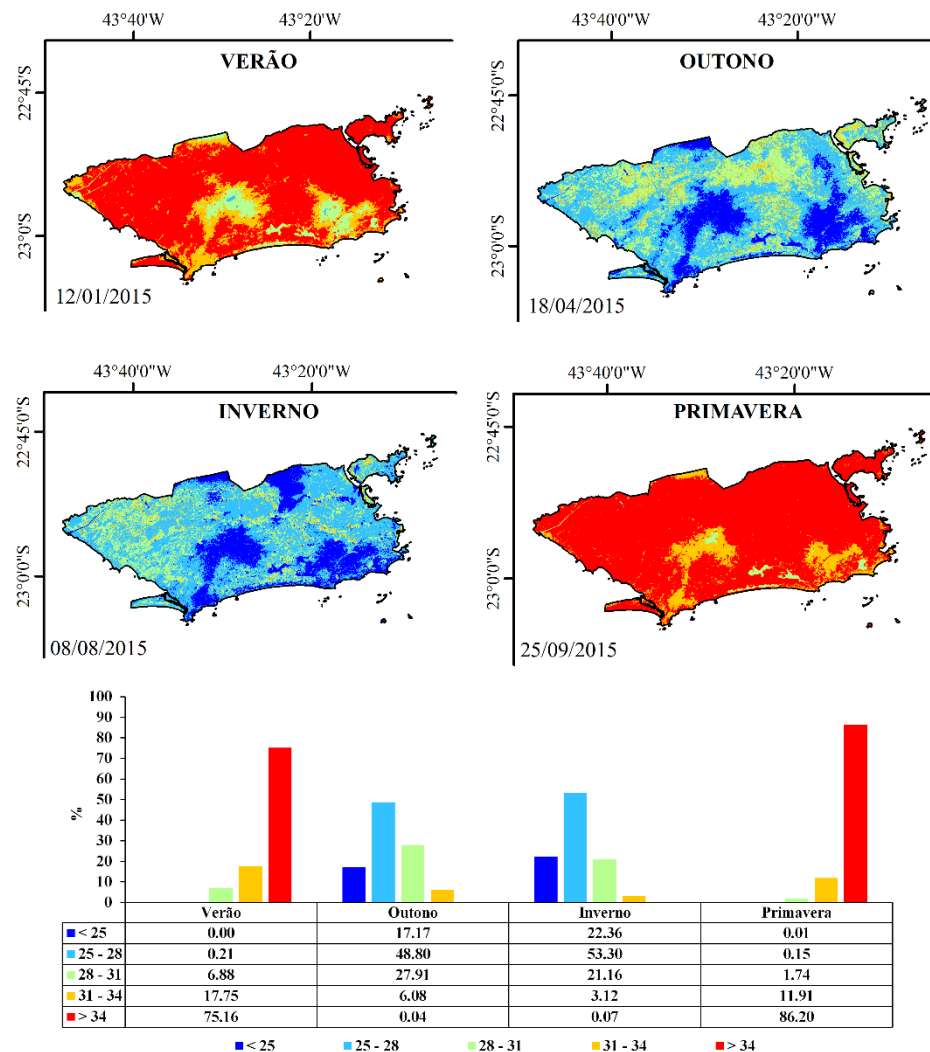
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84



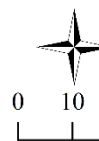


Ts - 2015

- Ocorrência de EL Niño.
- Predomínio de temperaturas elevadas no Verão e Primavera.

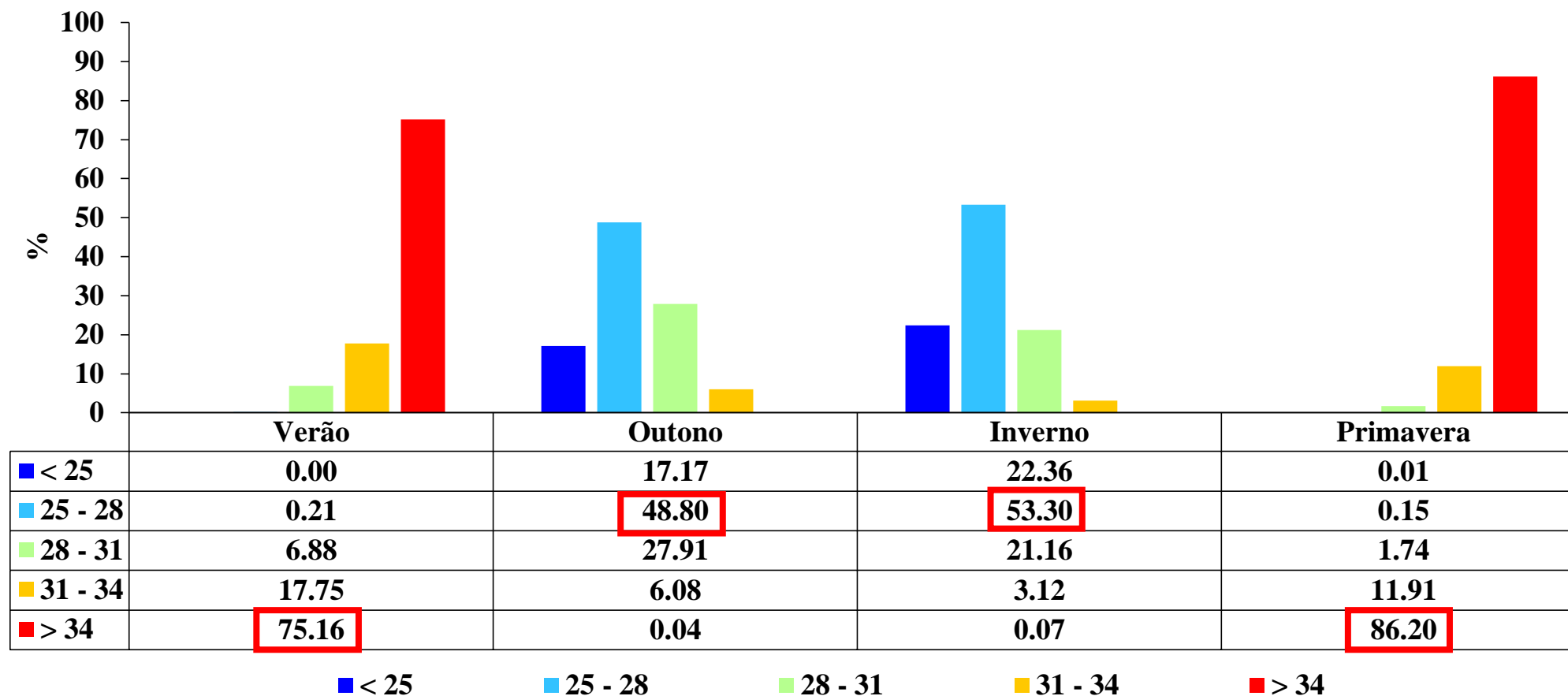


Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84

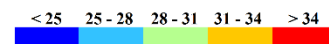
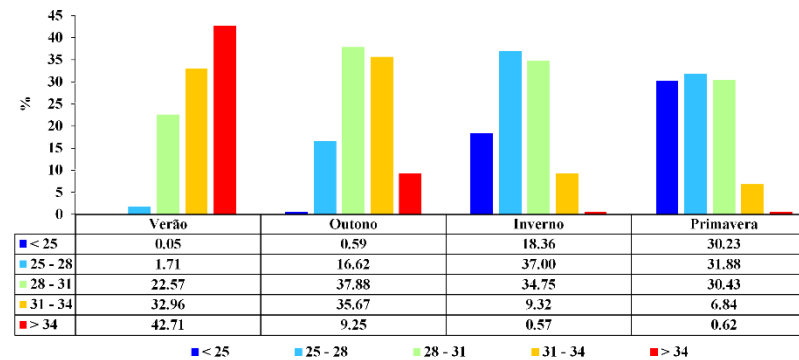
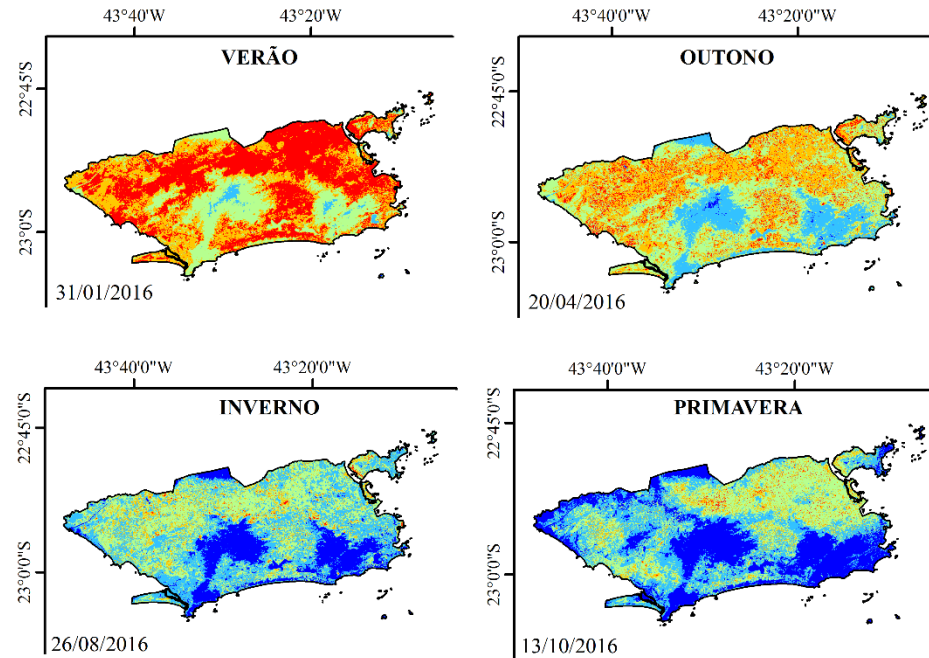


0 10 20 km

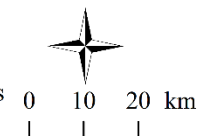
Ts - 2015

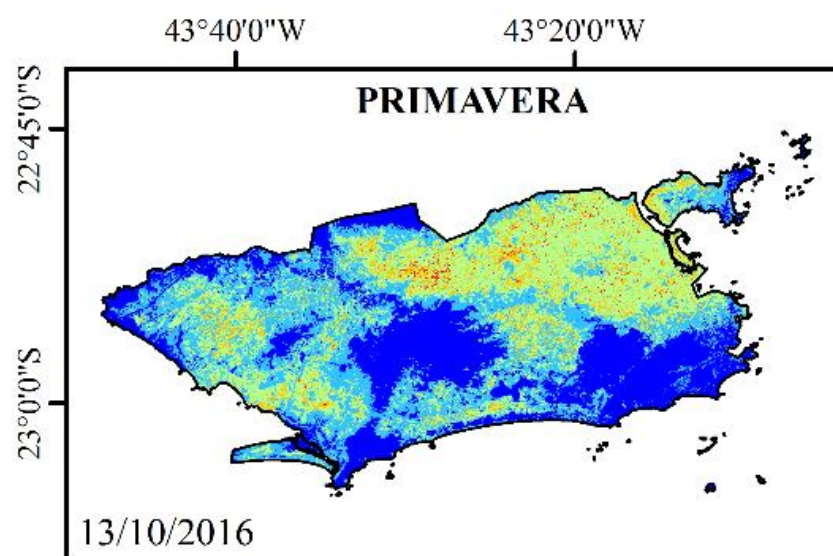
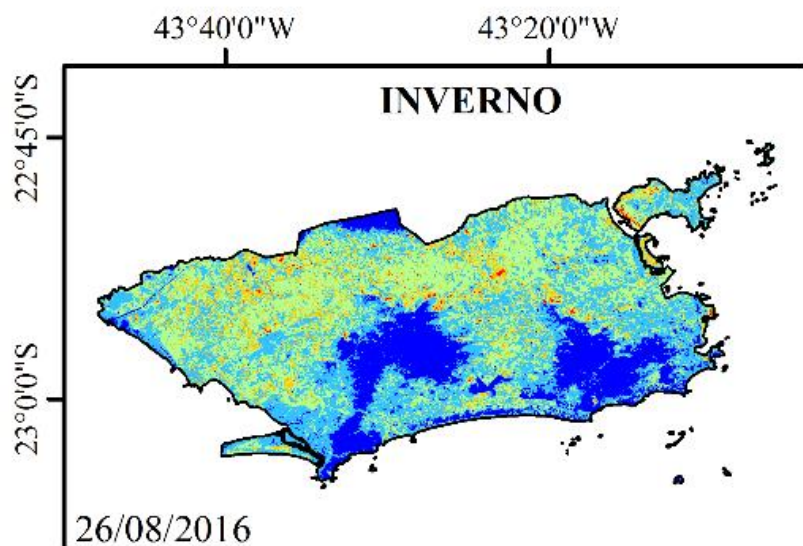
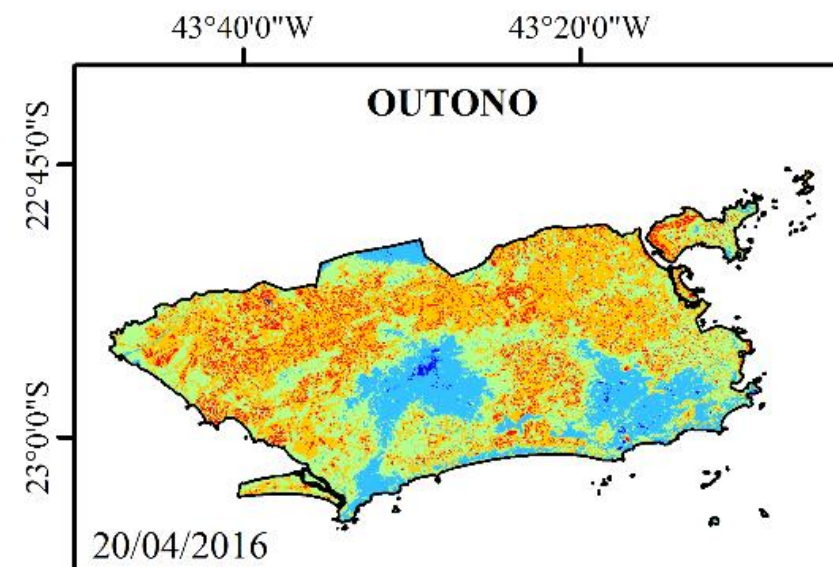
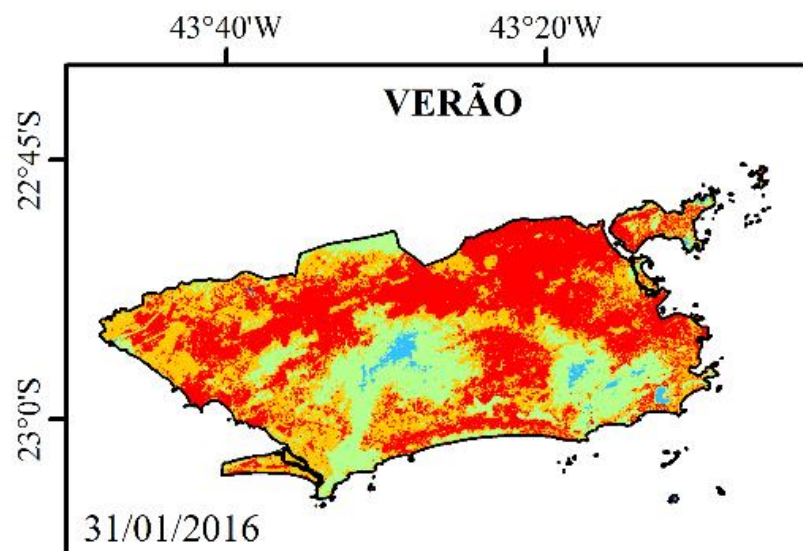


Ts - 2016



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84



Ts - 2016

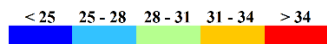
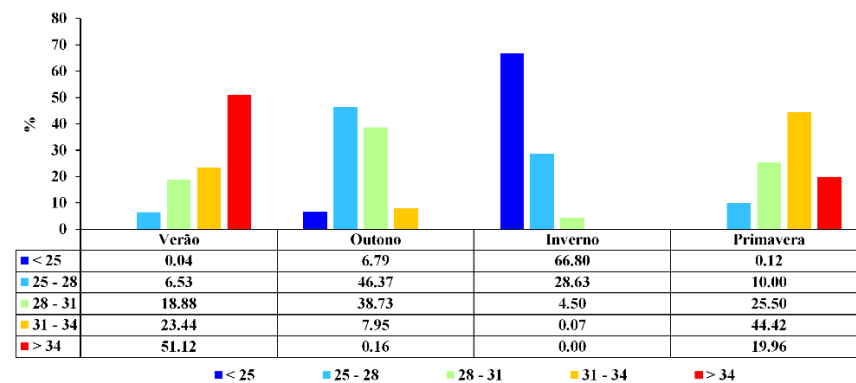
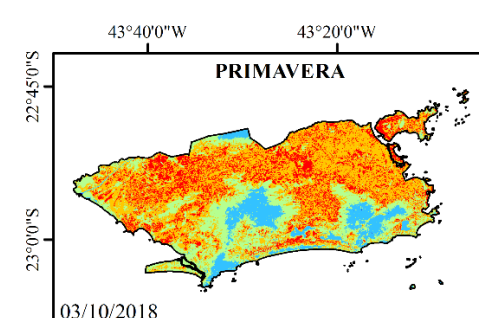
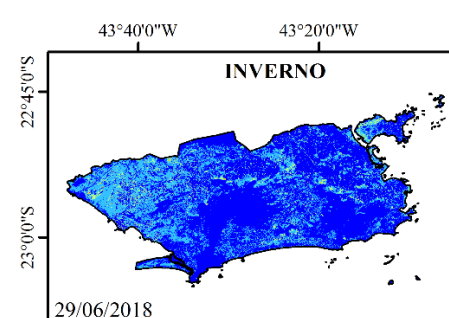
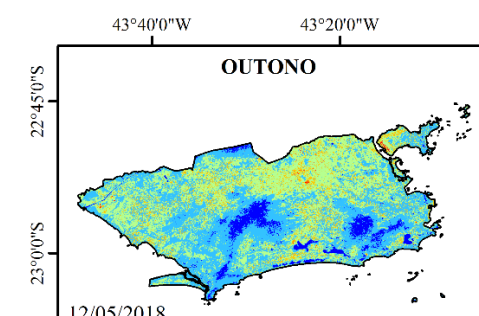
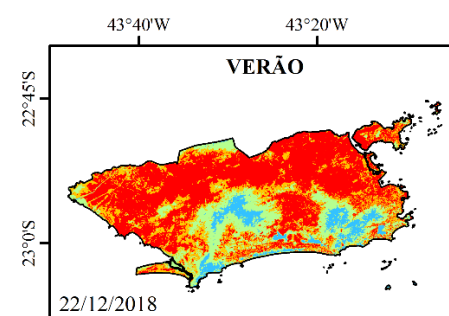
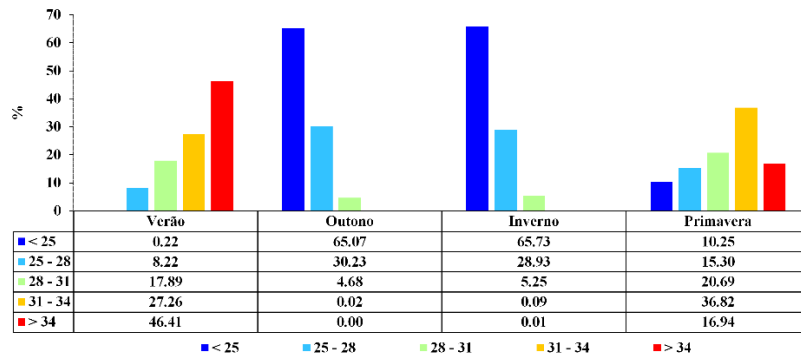
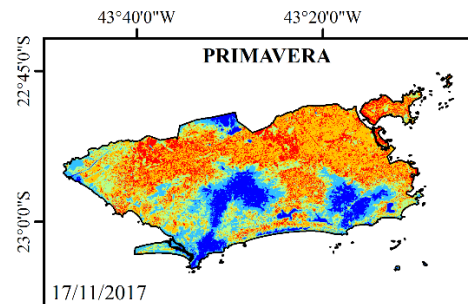
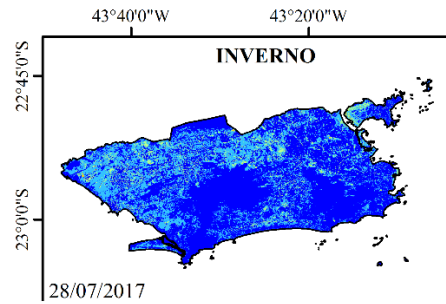
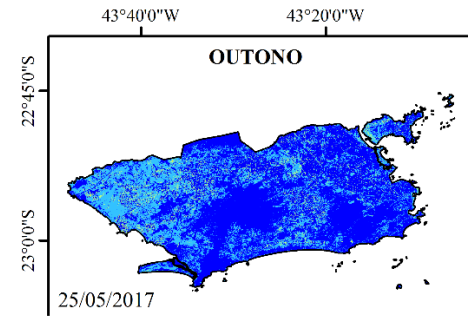
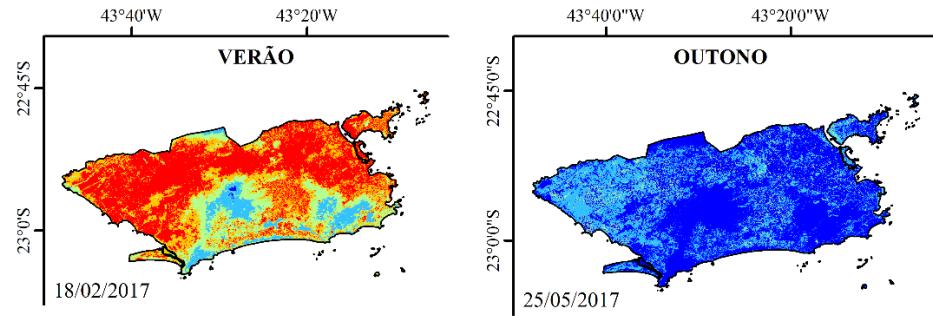
Introdução

Objetivos

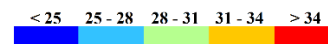
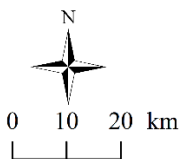
Material e Métodos

Resultados e discussão

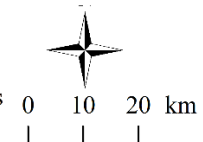
Conclusões



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84



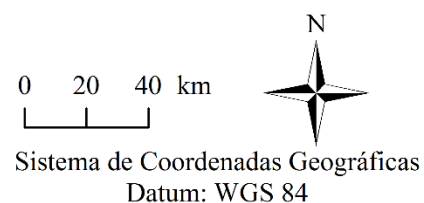
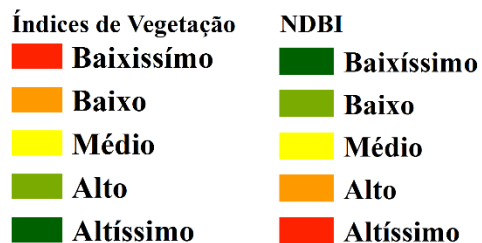
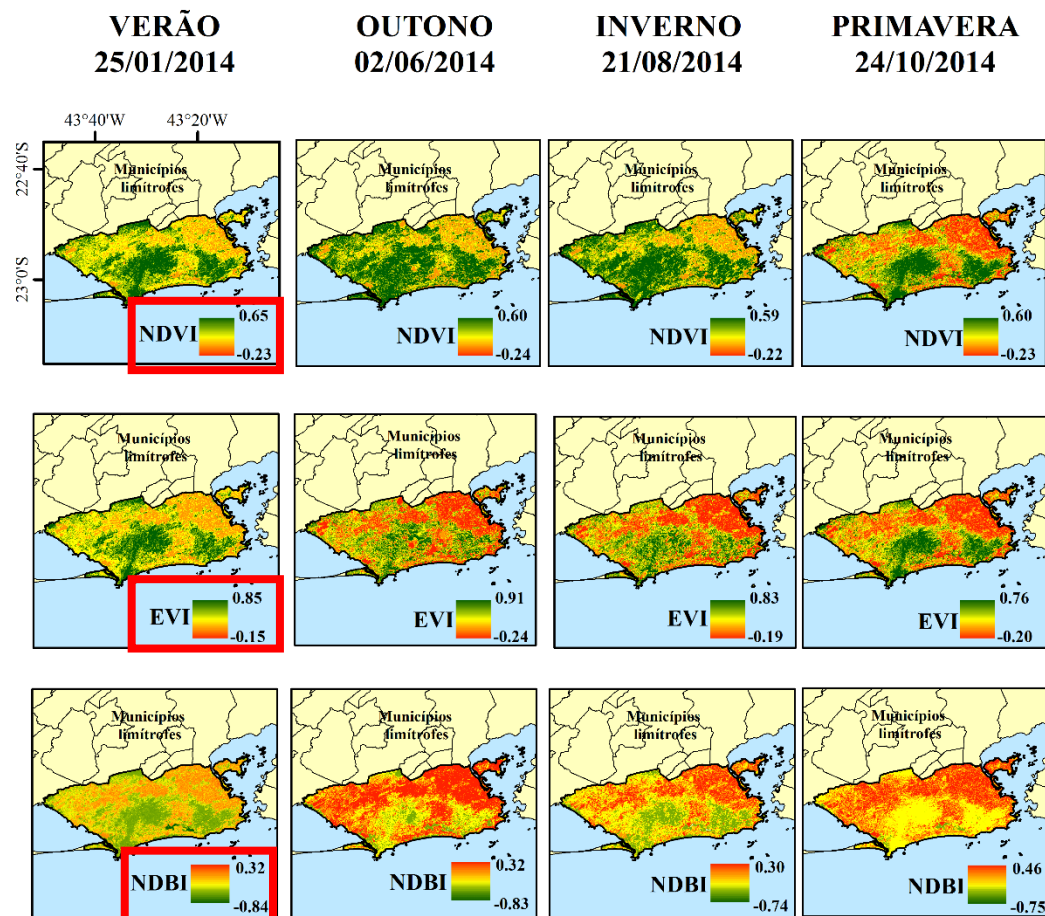
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84

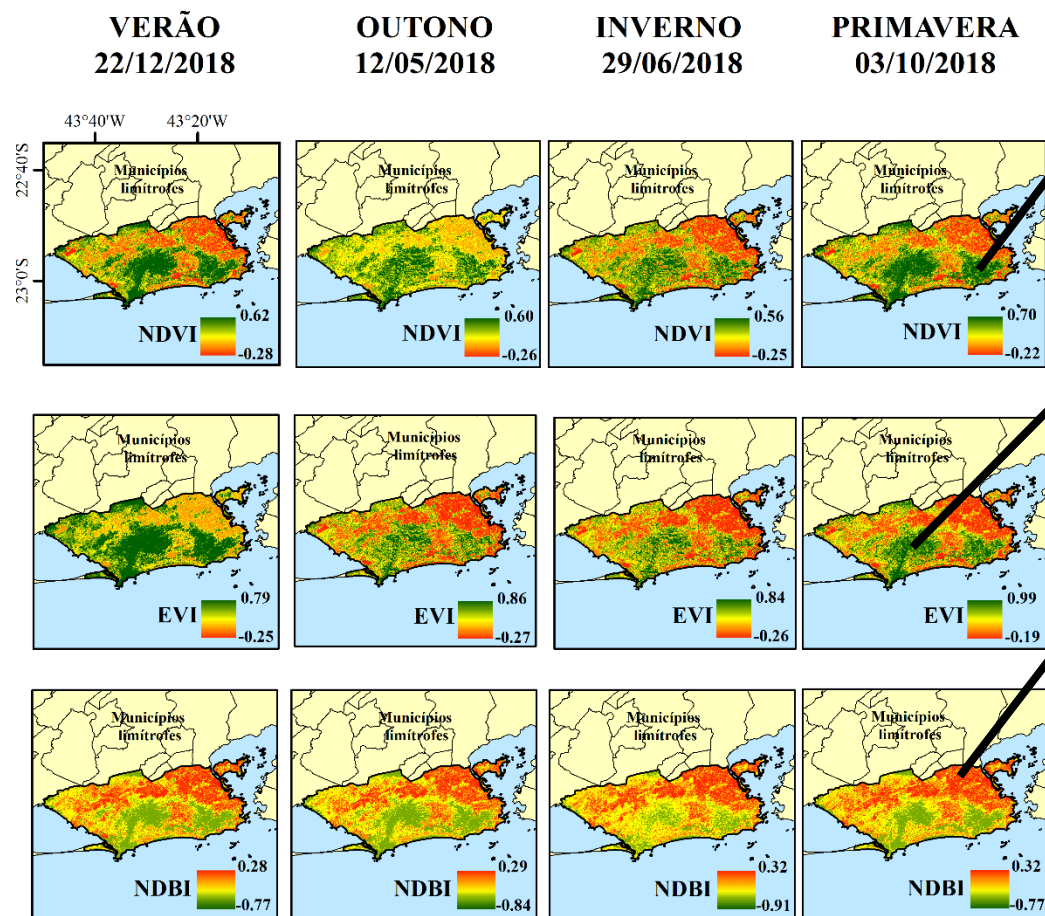


- Análise de temperatura por bairro - 2015**

	BAIRRO	Estação do ano	<25 °C	25 - 28 °C	28 - 31 °C	31 - 34 °C	>34 °C
Zona Central	Benfica	Verão					100.00
		Primavera					100.00
	Centro	Verão		0.08	1.33	12.27	86.33
		Primavera		0.12	2.49	23.12	74.27
	Lapa	Verão					100.00
		Primavera					100.00
	Mangueira	Verão					100.00
		Primavera				0.08	99.92
	Santa Teresa	Verão			1.45	32.11	66.44
		Primavera			0.05	13.52	86.43
	Glória	Verão			0.59	4.61	94.80
		Primavera		0.05	1.84	12.35	85.75
Zona Sul	Botafogo	Verão				4.93	95.07
		Primavera			0.05	18.06	81.89
	Copacabana	Verão			0.40	37.23	62.37
		Primavera		0.22	1.12	49.48	49.17
	Jardim Botânico	Verão				26.28	73.72
		Primavera				21.18	78.82
	Ipanema	Verão		2.30	10.45	56.78	30.47
		Primavera	0.54	3.90	8.44	64.26	22.86
	Lagoa	Verão			40.55	16.83	42.62
		Primavera		0.20	42.86	19.27	37.67
	Rocinha	Verão			21.32	68.67	10.01
		Primavera				49.21	50.79

NDVI, EVI, NDBI

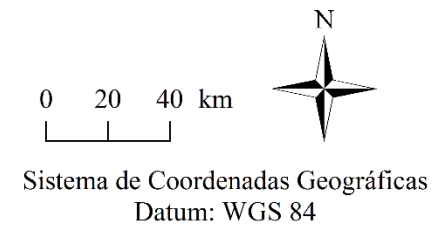
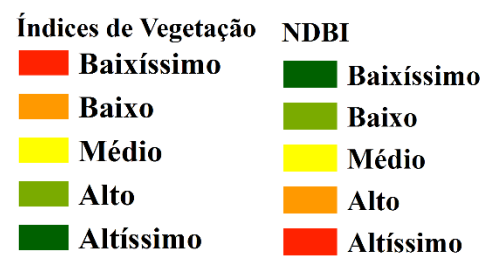




Parque Nacional da Tijuca

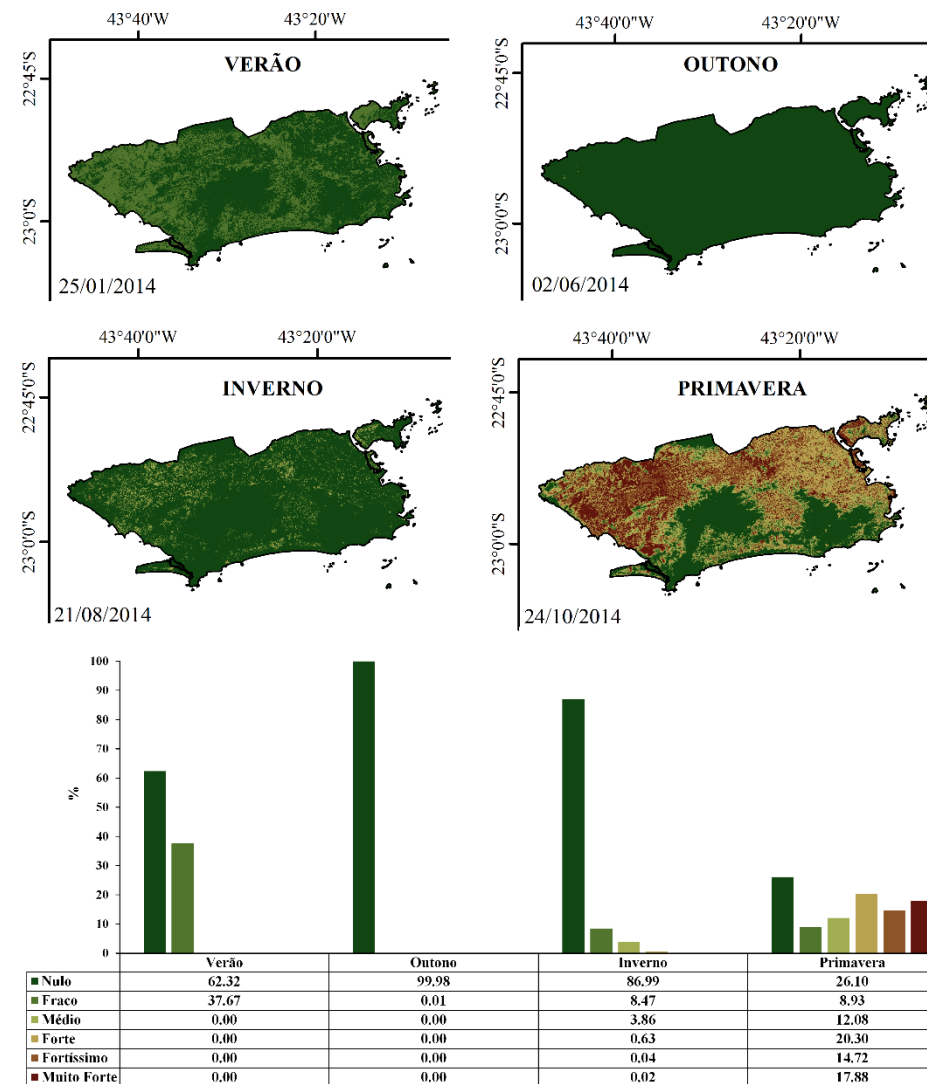
Parque Estadual da Pedra Branca

Expressiva densidade urbana

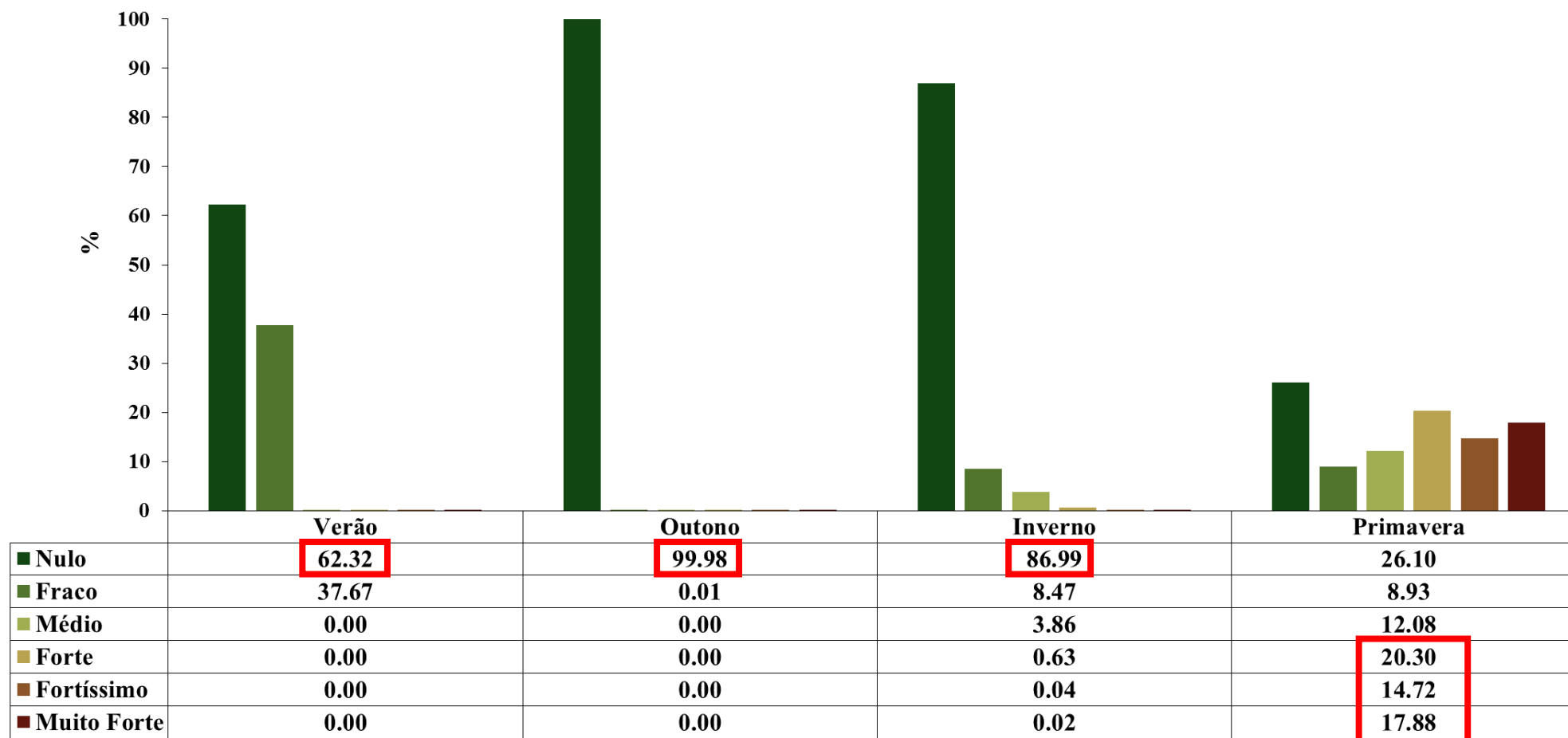


Índice de Variação do Campo Térmico Urbano

- Permitiu analisar, a intensidade e as áreas de piores classificações quanto a presença das ilhas de calor.

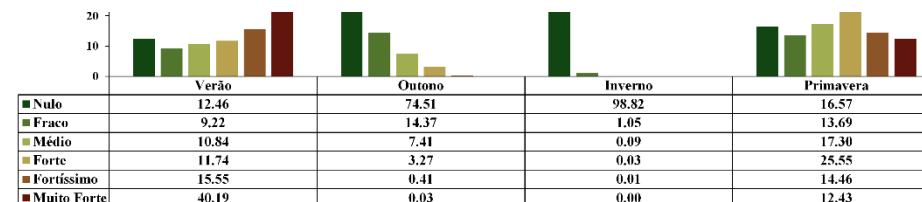
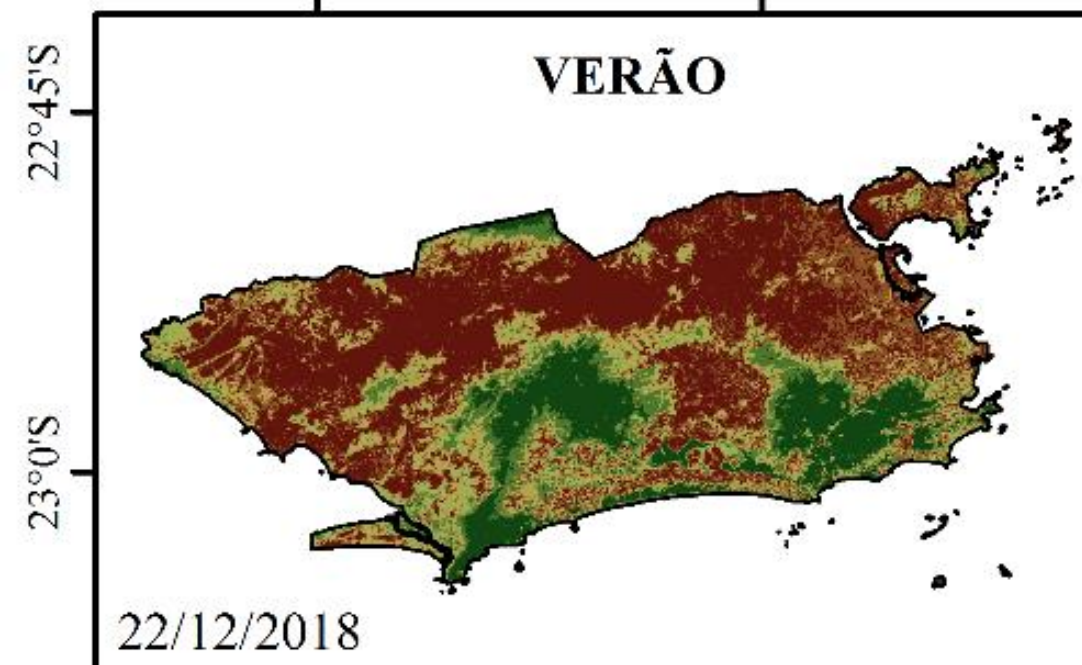
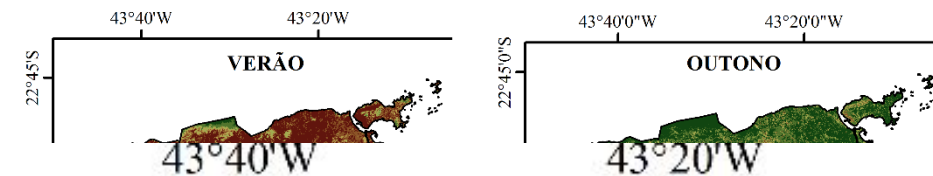


UTFVI - 2014

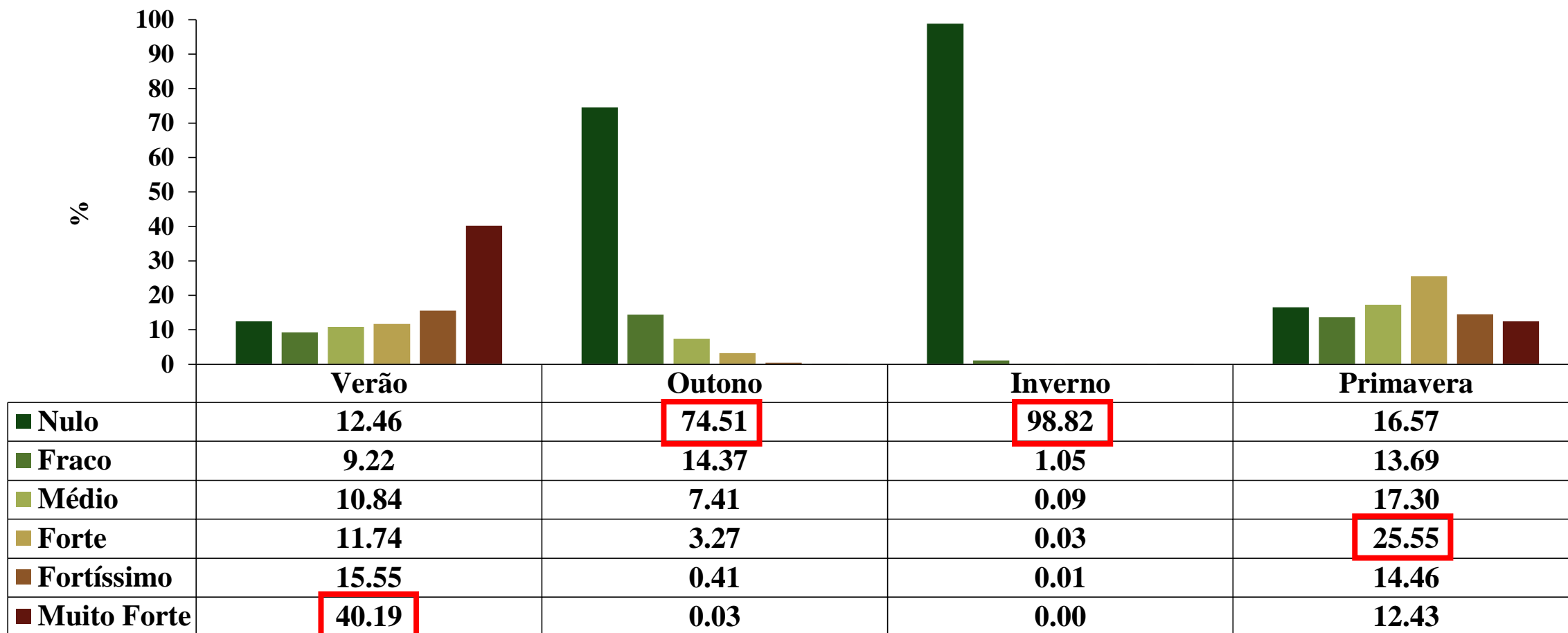


Índice de Variação do Campo Térmico Urbano

- Áreas mais urbanizadas durante as estações mais quentes foram classificadas como **péssimas**, tendo a presença do fenômeno ilha de calor com intensidade **muito forte**.



UTFVI - 2018



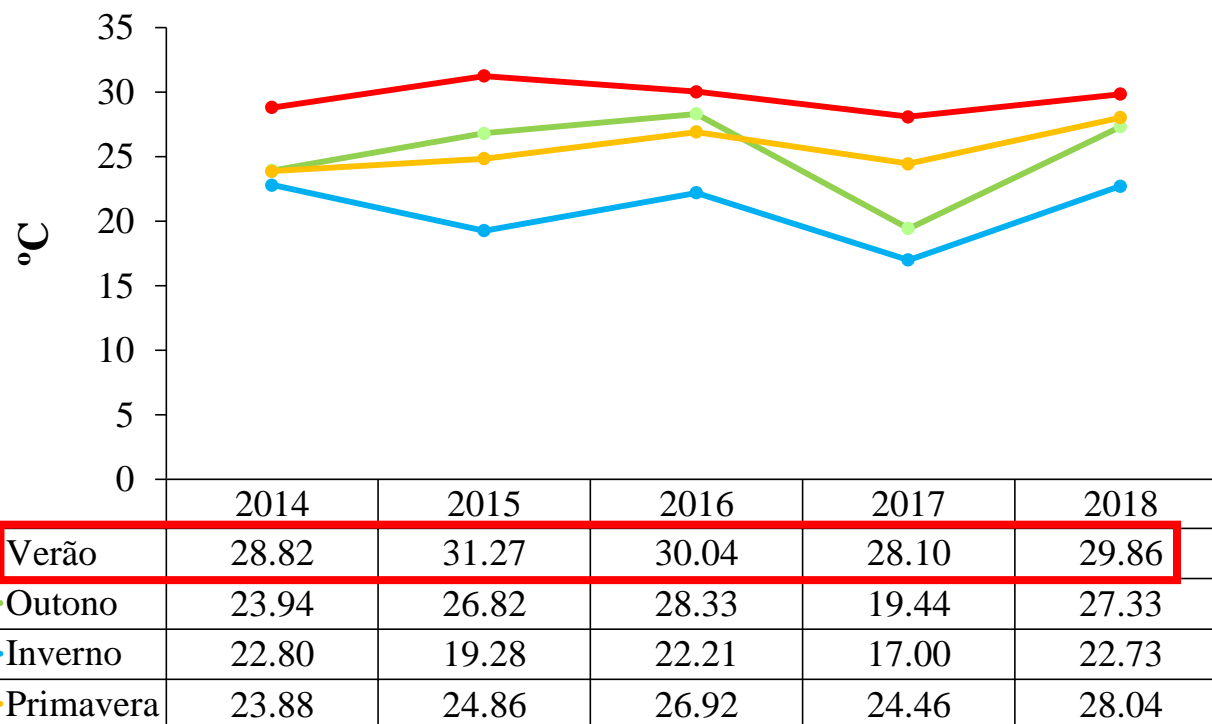
■ Análise do UTFVI por bairro - 2015

	BAIRRO	Estação do ano	Nulo	Fraco	Médio	Forte	Fortíssimo	Muito Forte
Zona Central	Benfica	Verão					0.56	99.44
		Primavera						100.00
	Centro	Verão	0.19	0.74	1.23	6.38	19.19	72.27
		Primavera	0.61	1.44	2.14	12.14	26.59	57.08
	Lapa	Verão					1.71	98.29
		Primavera					13.39	86.61
	Mangueira	Verão					12.80	87.20
		Primavera					15.11	84.89
	Santa Teresa	Verão		0.13	8.86	18.06	18.45	54.49
		Primavera		0.01	0.05	7.99	28.71	63.23
	Glória	Verão		0.38	0.82	2.52	6.11	90.17
		Primavera	0.42	0.82	3.07	6.25	27.18	62.25
Zona Sul	Botafogo	Verão			0.09	1.80	22.89	75.23
		Primavera		0.00	1.05	9.55	29.77	59.64
	Copacabana	Verão	0.05	0.26	0.46	21.19	35.17	42.87
		Primavera	0.42	0.79	1.80	30.43	35.35	31.22
	Jardim Botânico	Verão			0.15	15.57	29.01	55.27
		Primavera			0.07	8.17	42.40	49.36
	Ipanema	Verão	4.14	6.68	9.78	40.13	13.71	25.57
		Primavera	6.37	3.83	12.92	50.40	7.90	18.58
	Lagoa	Verão	13.82	24.39	6.75	8.59	11.83	34.62
		Primavera	31.18	9.25	8.63	9.90	9.72	31.33
	Rocinha	Verão	0.38	10.39	36.13	38.82	8.30	5.99
		Primavera			1.45	35.38	31.06	32.11

▪ Análise do UTFVI por bairro - 2015

	BAIRRO	Estação do ano	Nulo	Fraco	Médio	Forte	Fortíssimo	Muito Forte
Zona Oeste	Jacarepaguá	Verão	2.84	9.68	16.88	18.37	14.47	37.76
		Primavera	0.01	0.29	2.50	8.19	14.65	74.35
	Barra da Tijuca	Verão	9.01	12.47	7.77	10.07	12.20	48.48
		Primavera	4.27	12.99	6.85	4.73	11.00	60.16
	Cidade de Deus	Verão						100.00
		Primavera						100.00
	Guaratiba	Verão	0.04	0.96	4.91	11.54	14.22	68.32
		Primavera	0.19	0.41	1.19	7.99	21.62	68.60
	Bangu	Verão	0.97	5.42	9.87	9.68	11.14	62.92
		Primavera			3.03	7.21	10.22	79.53
Realengo	Verão		0.73	3.44	3.83	7.03	84.97	
	Primavera			0.35	1.03	2.01	96.61	
Zona Norte	Alto da Boa Vista	Verão	3.69	32.31	35.08	20.32	5.41	3.18
		Primavera	0.01	0.23	5.68	47.67	35.64	10.76
	Tijuca	Verão			3.12	17.54	10.77	68.57
		Primavera				0.32	16.18	83.50
	Abolição	Verão						100.00
		Primavera						100.00
	Méier	Verão						100.00
		Primavera						100.00
	Complexo do Alemão	Verão					0.97	99.03
		Primavera					3.35	96.65
Galeão	Verão	0.01	0.02	0.05	0.58	4.86	94.47	
	Primavera	0.00	0.07	0.20	0.77	7.55	91.41	

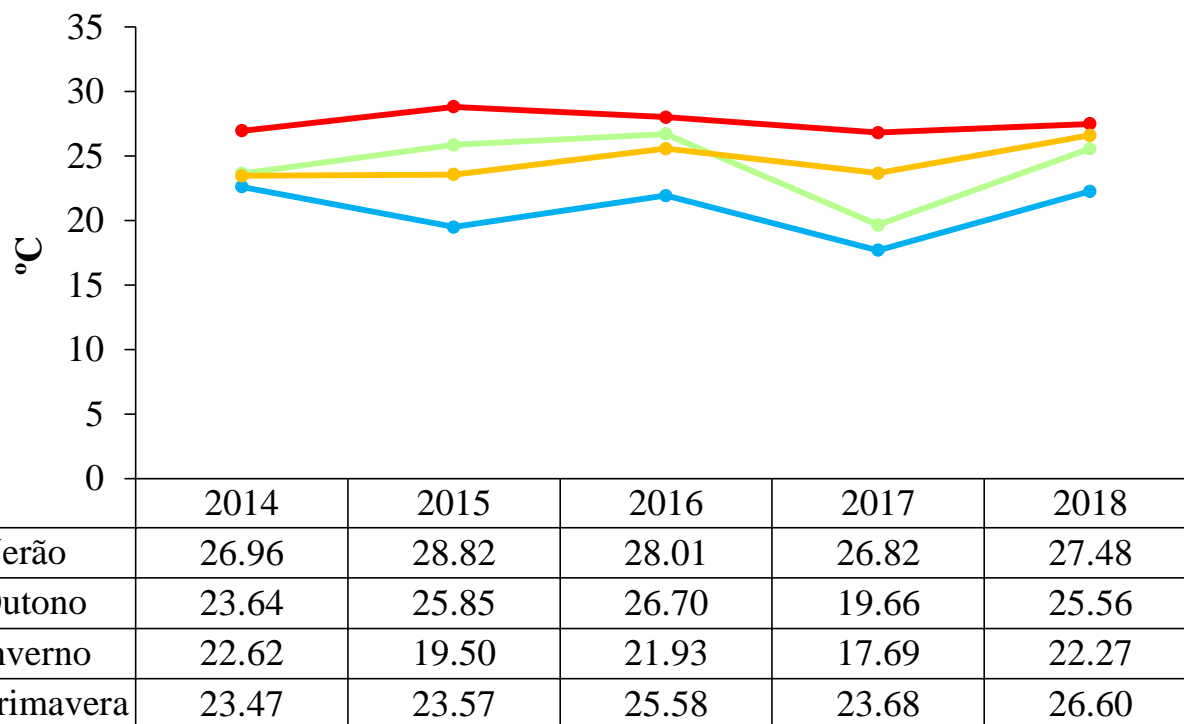
Índice de Temperatura e Umidade - ITU



Faixas	ITU (°C)	Níveis de conforto
1	21 < ITU < 24	Confortável
2	24 < ITU < 26	Levemente desconfortável
3	ITU > 26	Extremamente desconfortável

- Predomínio de dias extremamente desconfortáveis durante o período do Verão.

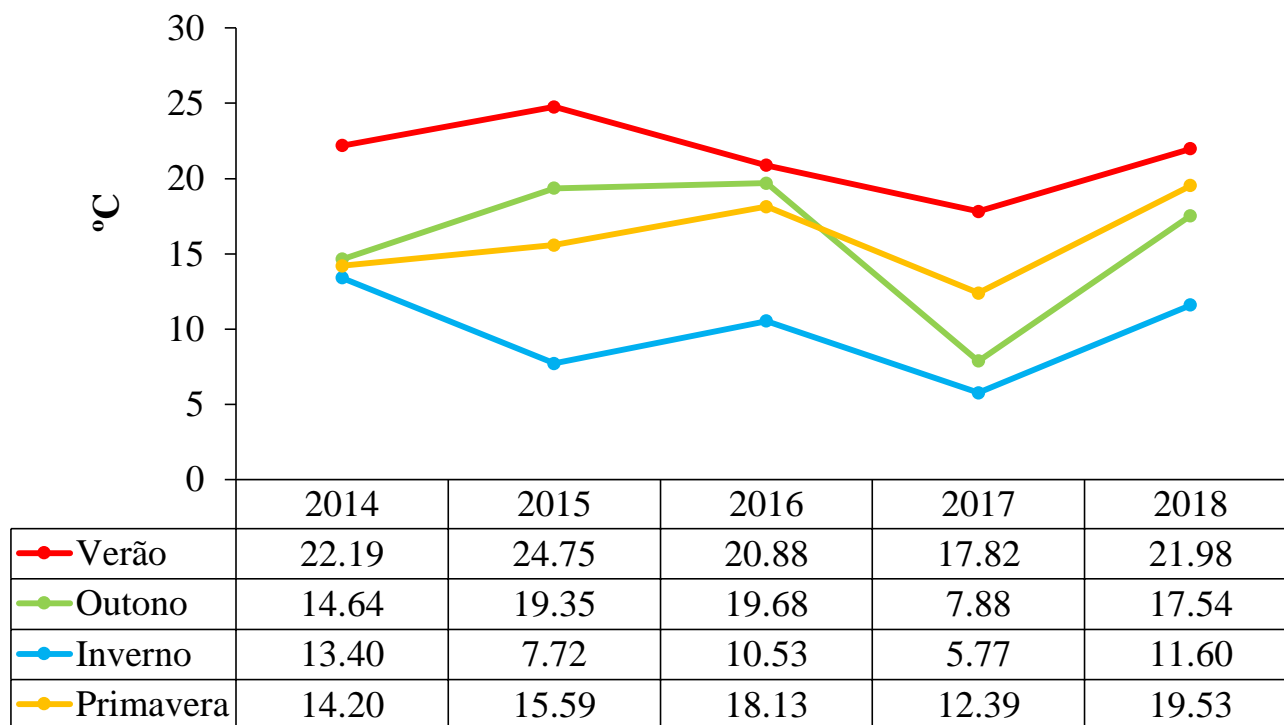
Índice de Desconforto Térmico (IDT)



Faixas	IDT (°C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 24,0	Confortável
2	24 ≤ IDT ≤ 26,0	Parcialmente confortável
3	26,0 < IDT < 28,0	Desconfortável
4	IDT ≥ 28,0	Muito desconfortável

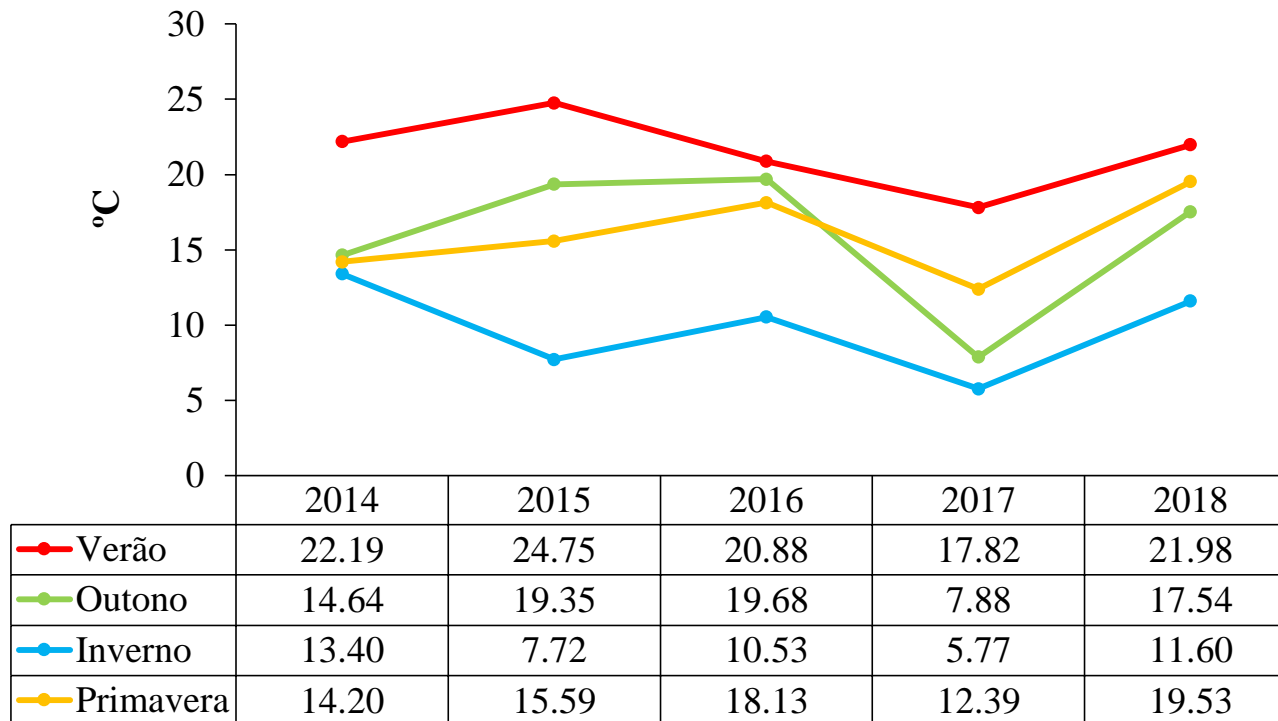
- Predomínio de dias “confortáveis” e “parcialmente confortáveis”.

Índice de Temperatura Efetiva em função do Vento (TEV)



Faixas	TEV (°C)	Sensação térmica	Grau de estresse fisiológico
1	< 05	Muito Frio	Extremo estresse ao frio
2	05 -10	Frio	Extremo estresse ao frio
3	10 -13	Moderadamente Frio	Tiritar
4	13 -16	Ligeiramente Frio	Resfriamento do corpo
5	16 -19	Pouco Frio	Ligeiro resfriamento do corpo
6	19 -22	Ligeiramente Fresco	Vasoconstrição
7	22 -25	Confortável	Neutralidade térmica
8	25 -28	Ligeiramente Quente	Ligeiro suor, vasodilatação
9	28 -31	Quente Moderado	Suando
10	31 -34	Quente	Suor em profusão
11	> 34	Muito Quente	Falha na termorregulação

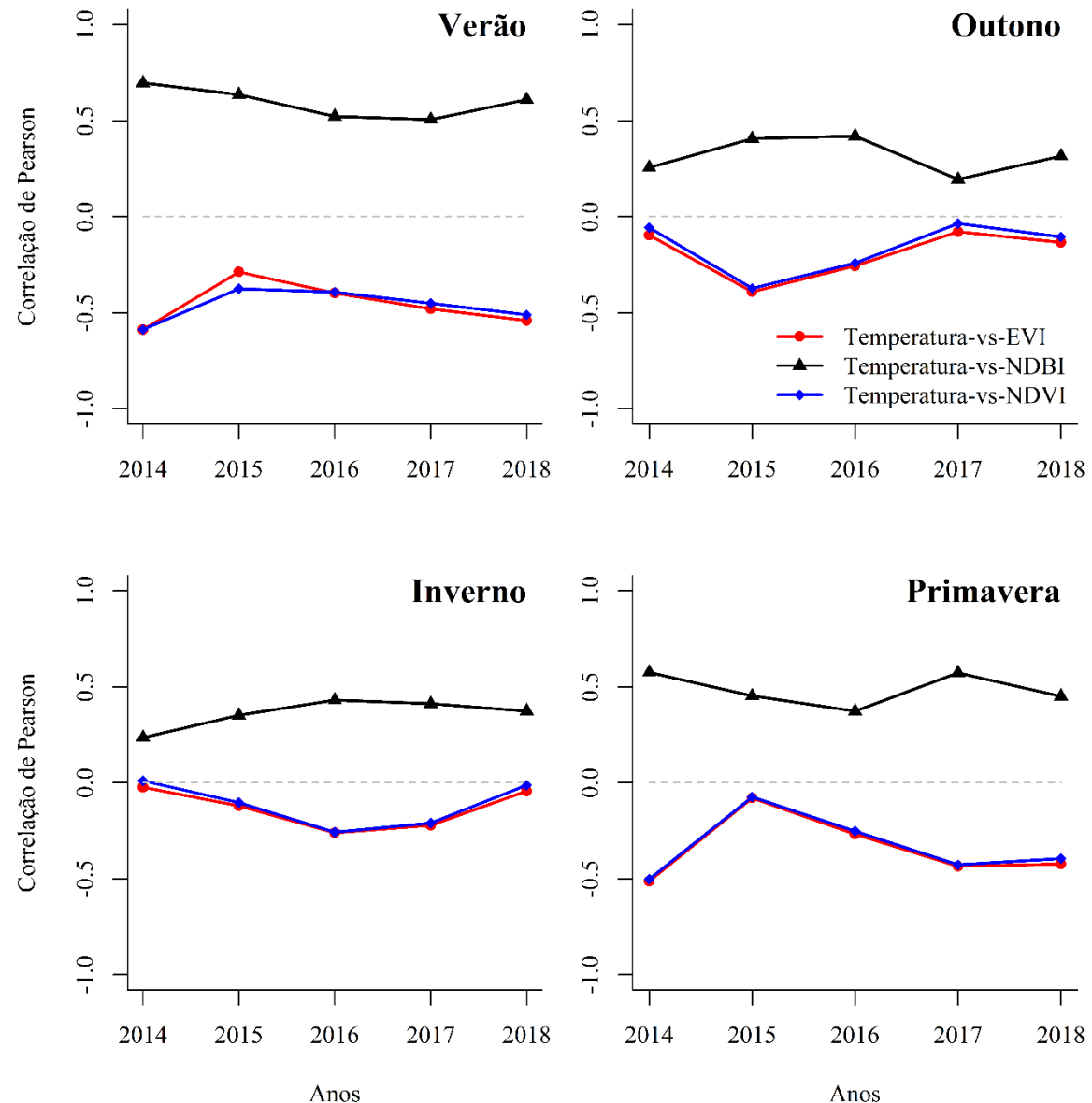
Índice de Temperatura Efetiva em função do Vento (TEV)



- Observa-se, para este índice, uma tendência ao resfriamento que muitas vezes não são condizentes com a situação do conforto térmico real.
- Em situações de pouco vento tende a maximizar o resfriamento pelo vento, gerando um erro no resultado real do conforto térmico observado.

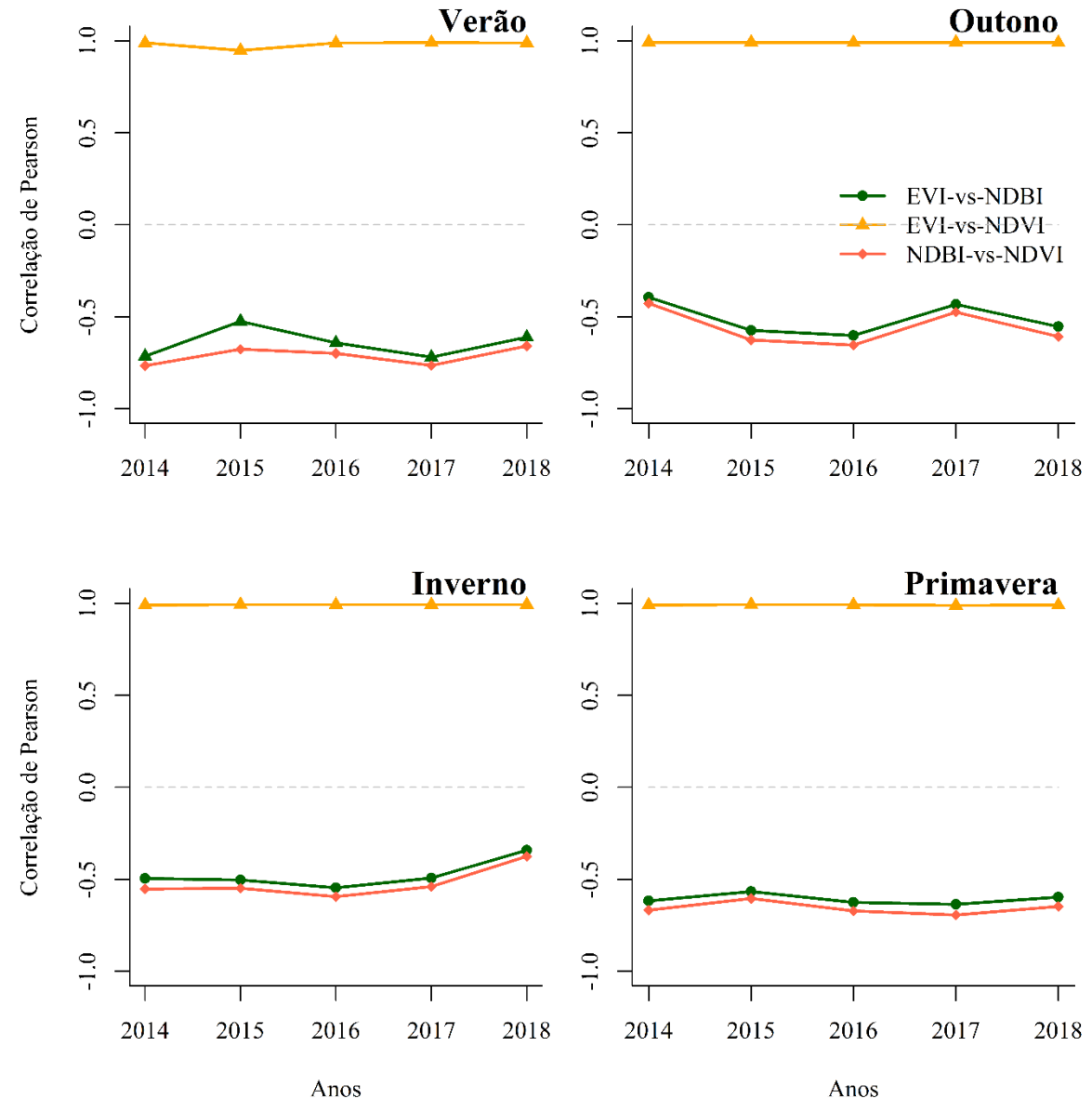
Correlação de Pearson

- Coeficiente de correlação negativo entre a Temperatura da Superfície Terrestre (Ts) e o (EVI) e (NDVI);
- Encontrou-se um coeficiente de correlação positivo entre os valores de (Ts) e o (NDBI).



Correlação de Pearson

- Coeficiente de correlação positivo entre o (EVI) e (NDVI);
- Coeficiente de correlação negativo entre os valores de (EVI) e (NDBI) e (NDBI) e (NDVI).



- O padrão de modificação sofrido no uso e ocupação da terra, sobretudo em grandes centros urbanos, contribuí diretamente para a formação de ilhas de calor, estando sua configuração espacial intimamente relacionada com a classificação termal.
- Foram encontradas variações de temperatura significantes, principalmente entre as áreas com menor vigor vegetativo, estando comprovado através dos coeficientes de correlação (negativos) entre temperatura e índices de vegetação a influência positiva que as áreas verdes exercem na atenuação da temperatura.

- Os valores de coeficientes (positivos) entre a temperatura e áreas construídas (NDBI) servem como indicadores da forte influência das modificações sofridas no uso e ocupação da terra para urbanização no aumento da temperatura na cidade.
- Estudos relacionados ao conforto térmico urbano são importantes para auxiliar no planejamento e na gestão do espaço urbano, contribuindo para o desenvolvimento de ambientes termicamente mais agradáveis.
- A metodologia empregada tem potencial de ser aplicada para o estudo comportamental das ilhas de calor urbanas para outras cidades do mundo.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

AGRADECIMENTOS

**Família e
amigos**



OBRIGADA!

Gizely Azevedo Costa
gizelyac.11@hotmail.com