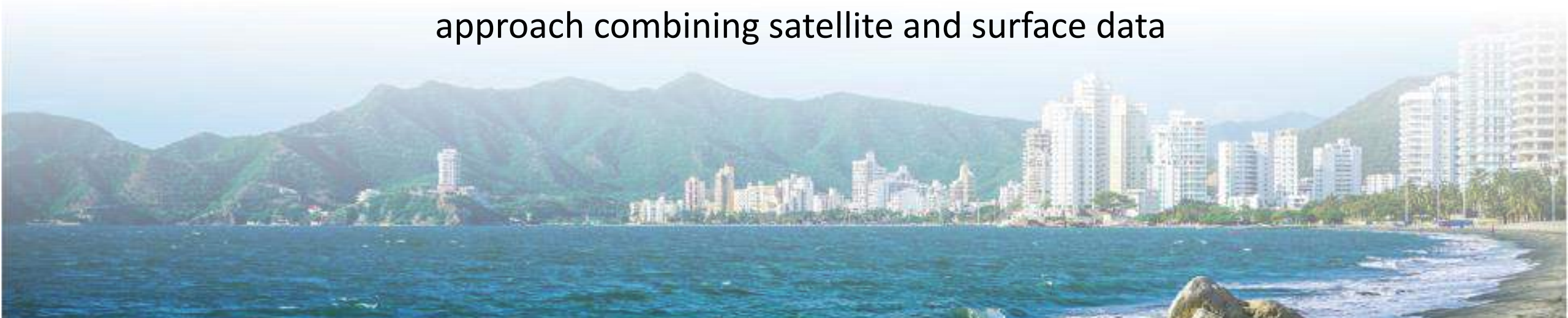


Características de la Isla de Polución del Aire Urbana en la región metropolitana de San Paulo: Un enfoque combinando datos de satélite y de superficie

Characteristics of the Urban Air Pollution Island in the metropolitan area of San Paulo: an approach combining satellite and surface data



Presentador: Fabian Leonardo Moreno Camacho
Orientador: Dr. Admir Targino

■ Introducción

Según el banco mundial, más de **8 billones** de personas vivirán en las ciudades para el año 2050 (WORLD BANK, 2018).



Altas concentraciones de CO₂ en el centro de las ciudades

(CRUTZEN, 2004).

La Isla de Polución del Aire Urbana (IPU) es definida como el aumento de las concentraciones de las áreas urbanas, en comparación con las áreas rurales

(LI *et al.*, 2018; ZHU *et al.*, 2020).



¿Existe la Isla de Polución del Aire Urbano en la megaciudad de San Paulo?



METODOLOGÍA

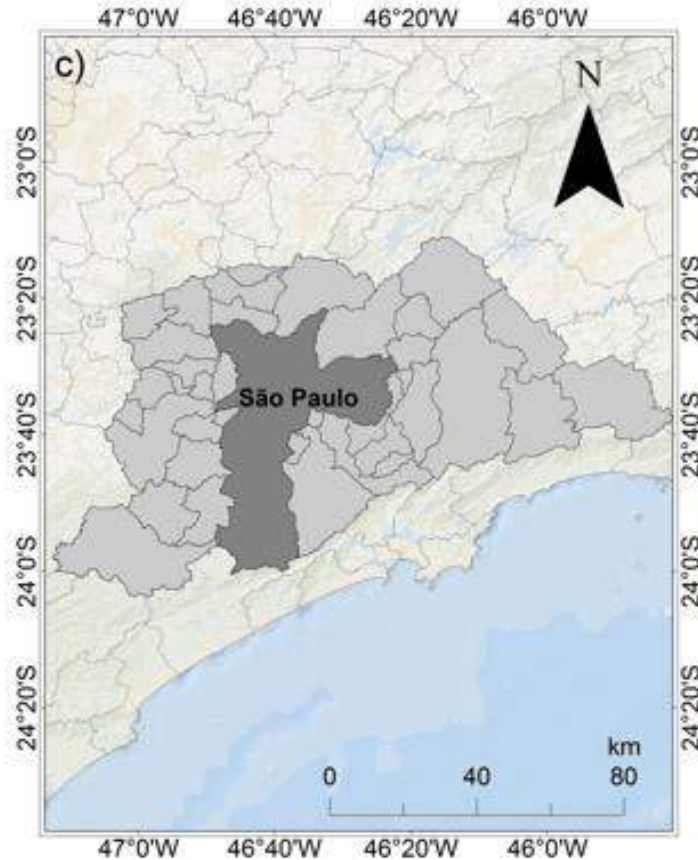
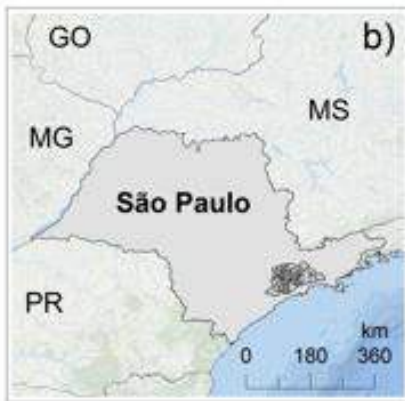
Área de estudio

Datos auxiliares

Análisis estadística y
tratamiento de datos

Análisis de la IPU

Localización



Población

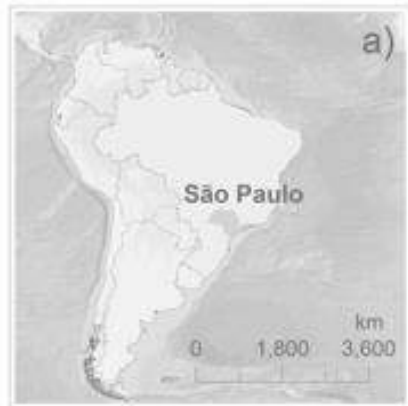
Área de estudo	Área (km ²)	Población (millones)
Cidade San Paulo	1.523	12,3 ^a
Región Metropolitana de San Paulo	7.947	21,9 ^b

^a(IBGE,2020a), ^b(IBGE,2020b)



METODOLOGÍA

Área de estudio



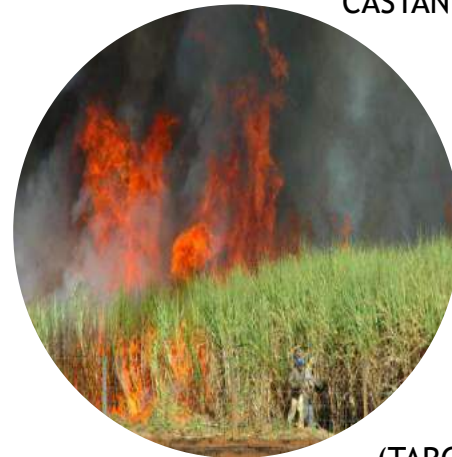
Datos auxiliares



Análisis estadística y
tratamiento de datos



(SILVA JUNIOR E ANDRADE, 2013; CARVALHO *et al.*, 2015;
CASTANHO E ARTAXO, 2001)



(TARGINO *et al.*, 2019)



METODOLOGIA

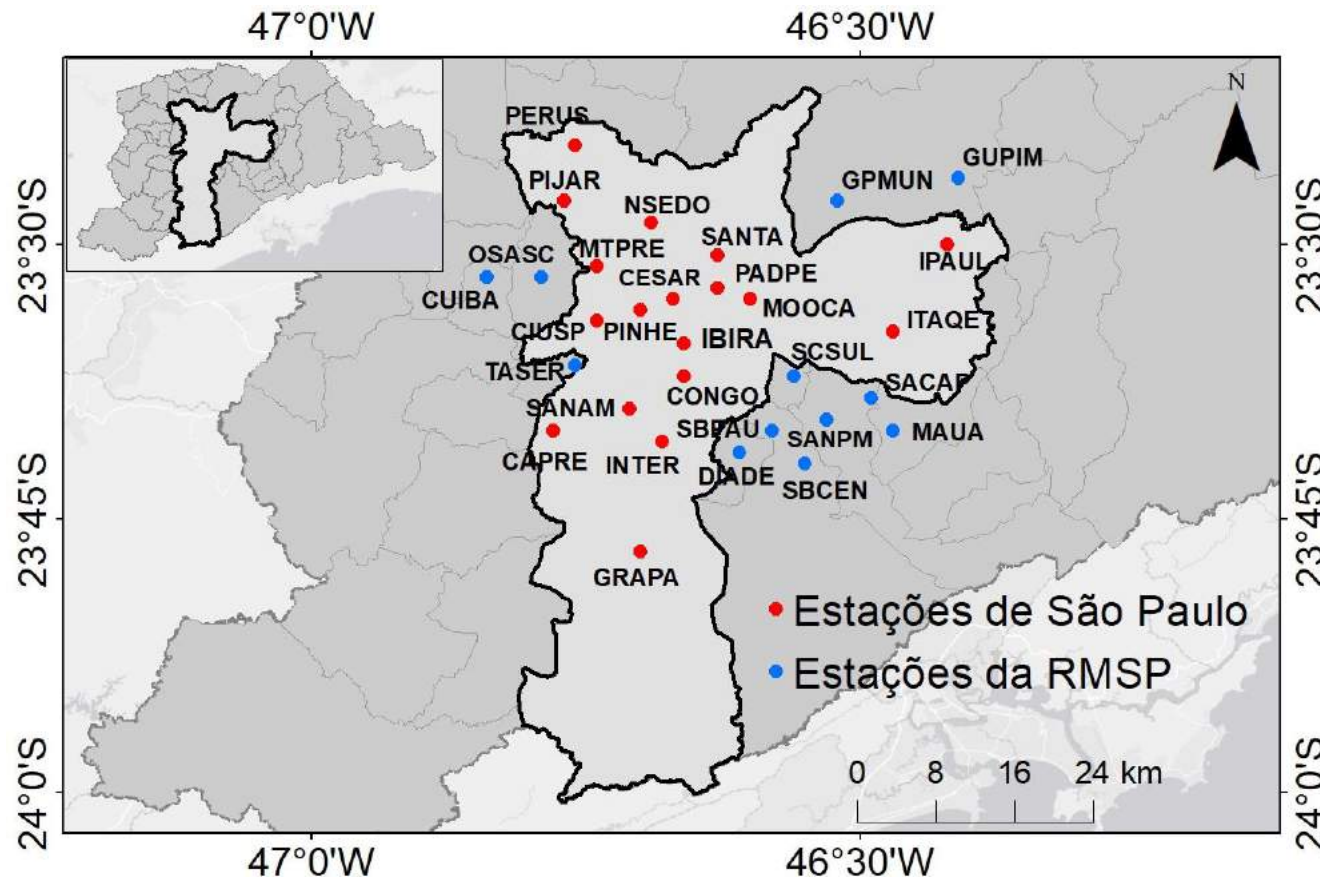
Área de estudio

Datos auxiliares

Análisis estadística y
tratamiento de datos

Análisis de la IPU

Observaciones in situ

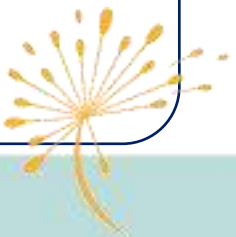


Representatividade espacial

O_3 -> 22 estaciones
 $MP_{2,5}$ -> 16 estaciones

Representatividade de la información

Decreto Estadual de São Paulo n°
59.113/2013
16 dados horários
50% período de cuatro meses



METODOLOGIA

Área de estudio

Datos auxiliares

Análisis estadística y
tratamiento de datos

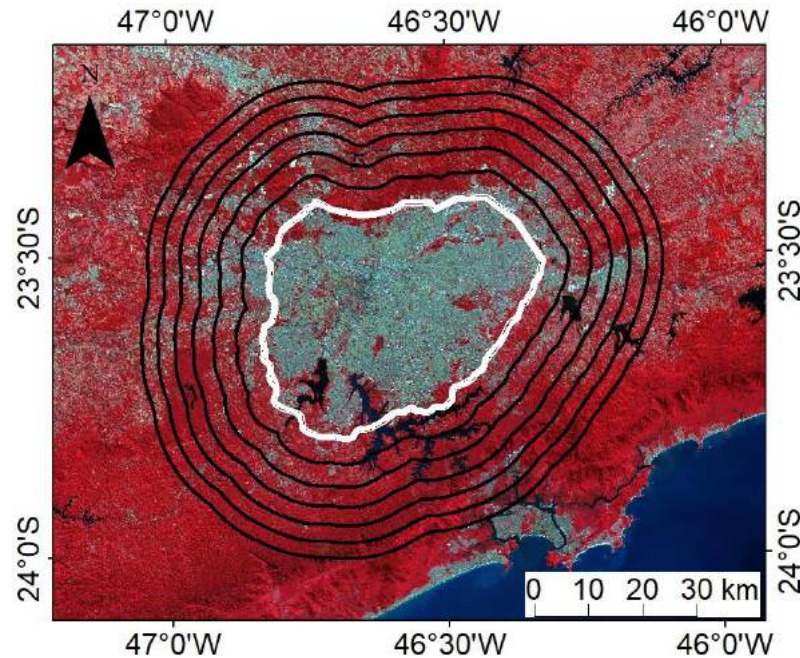
Análisis de la IPU

Profundidad óptica del aerosol
(AOD)



Resolução temporal diária
Espacial de 1 km (LYAPUSTIN, 2018).

Delimitación de las áreas



Punto de referencia:
Rodoanel Mario Covas
(LI *et al.*, 2018; LI *et al.*, 2020)

↓
Área periférica:
Buffers

↓
Unidad de medida para la
cuantificación de la IPU
(CAO *et al.* 2020; HUANG *et al.* 2019)



METODOLOGIA

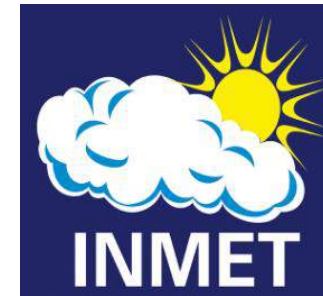
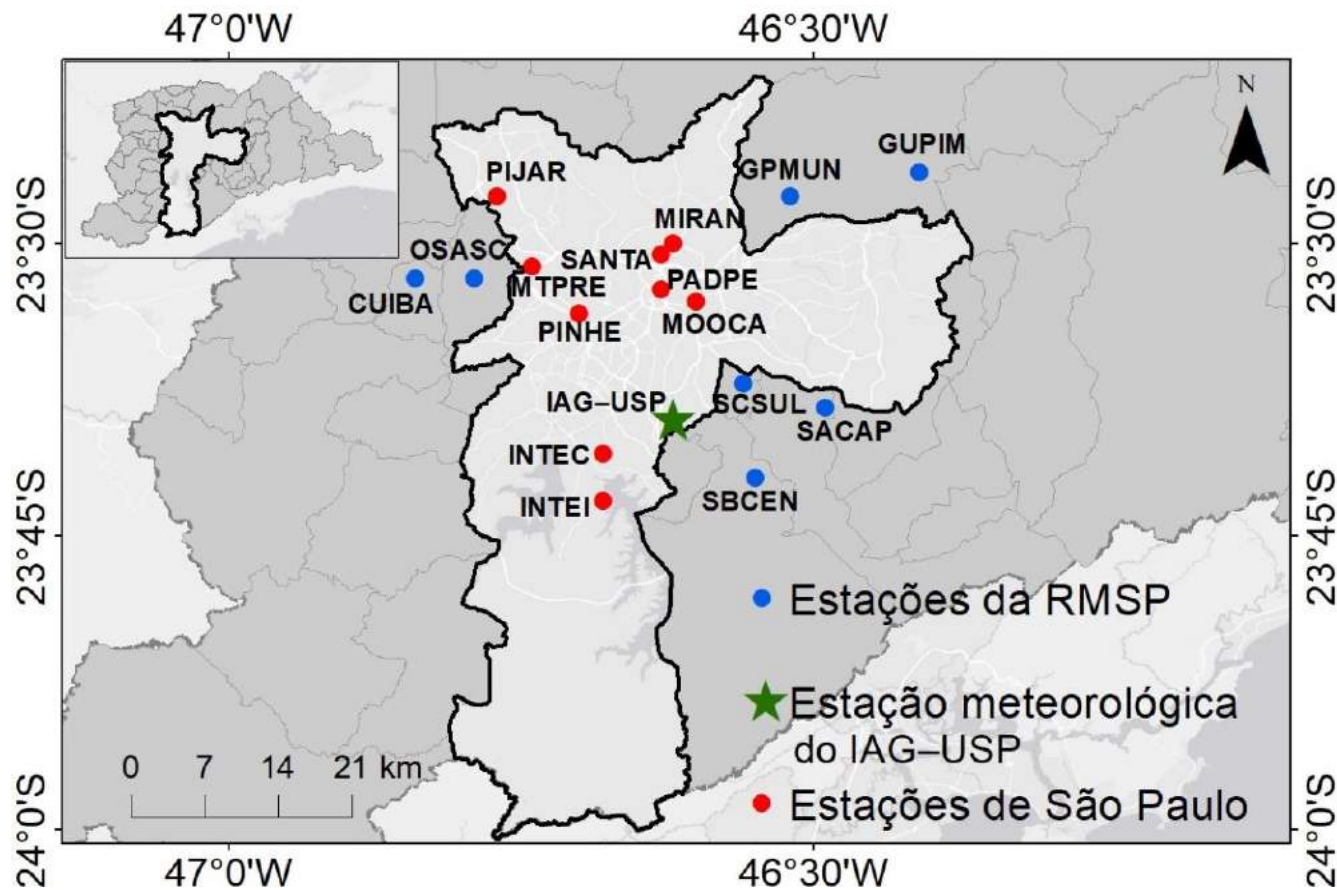
Área de estudio

Datos auxiliares

Análisis estadística y
tratamiento de datos

Análisis de la IPU

Datos meteorológicos



Resolução temporal horária

Temperatura del aire,
radiación

solar, velocidad del viento y
humedad relativa.



METODOLOGIA

Área de estudio

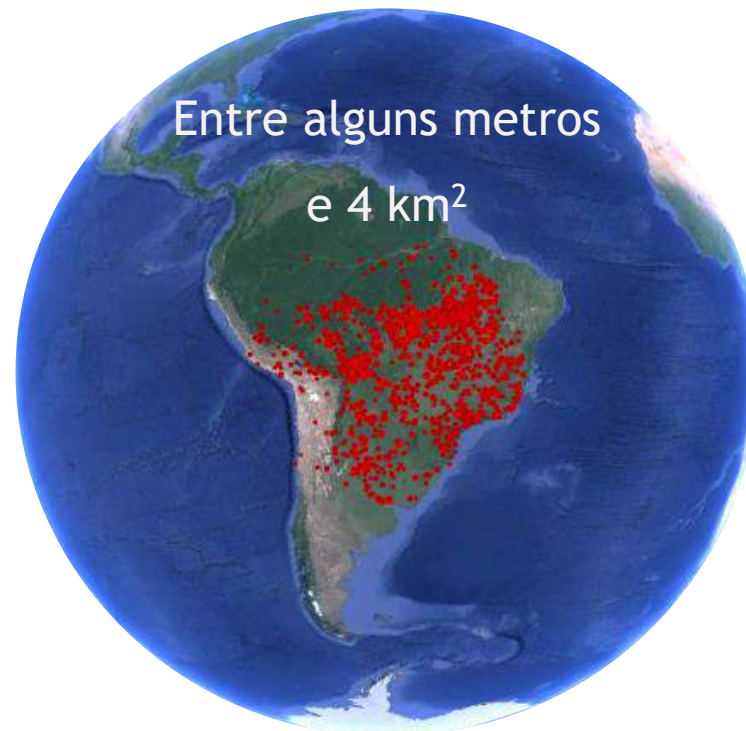
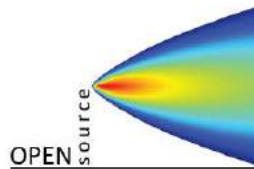
Datos auxiliares

Análisis estadística y
tratamiento de datos

Análisis de la IPU

Transporte regional de contaminantes

Focos de quemas



Conjunto de 10
satélites
Que detectam los
focos de quemas



METODOLOGIA

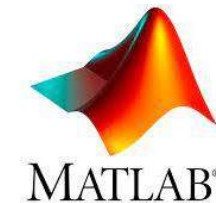
Área de estudio

Datos auxiliares

Análisis estadística y
tratamiento de datos

Análisis de la IPU

- Correlación de *Pearson*
- *Test* estadísticos
- Coeficiente de divergencia (*COD*)
- Método jerárquico de *Ward*



METODOLOGIA

Area de estudio

Datos auxiliares

Análisis estadística y

Análisis de la IPU

Satelitales

$$\Delta C_i = C_i - C_R$$

C_i = Valor promedio del AOD del i -ésimo *buffer*

C_R = Valor promedio del AOD en el último *buffer*

$$IIPU = C_1 - C_R$$

C_0 = Valor promedio del AOD del primer *buffer*

C_R = Valor promedio del AOD en el último *buffer*

In-situ

$$IIPU = C_0 - C_R$$

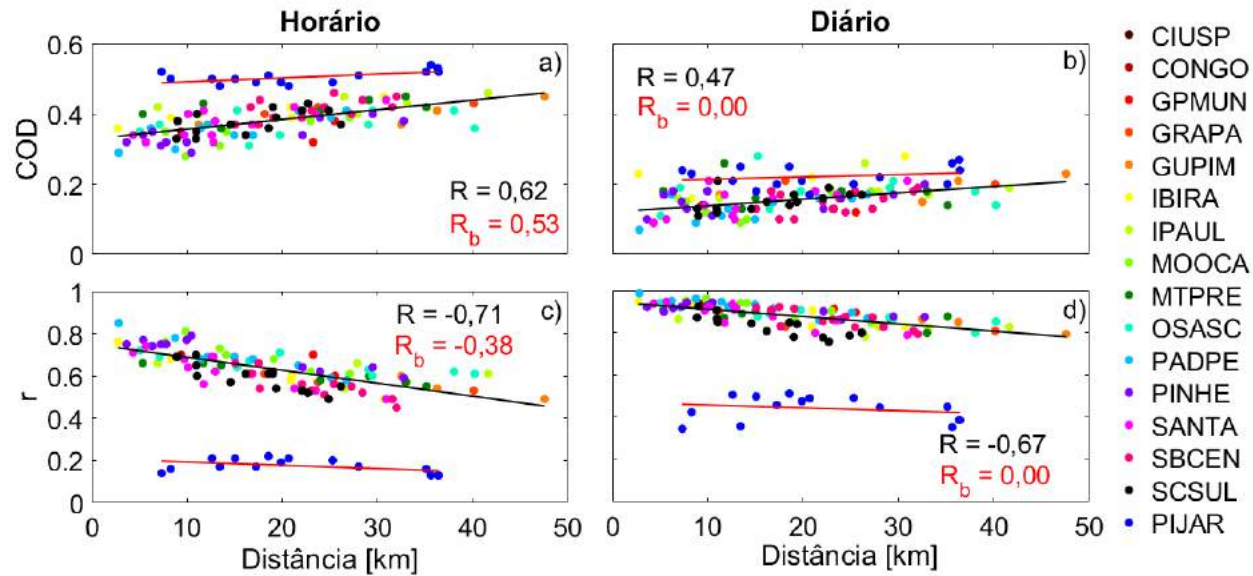
C_0 = Valor promedio de las estaciones urbanas

C_R = Valor promedio de la estación de referencia



RESULTADOS

Análisis espacio-temporal del $MP_{2,5}$



Coeficiente de divergencia

CONGO-MOOCA, localizadas a 9,8 km, (0,28)

PIJAR-IPAUL, localizadas a 35,6 km, (0,54)

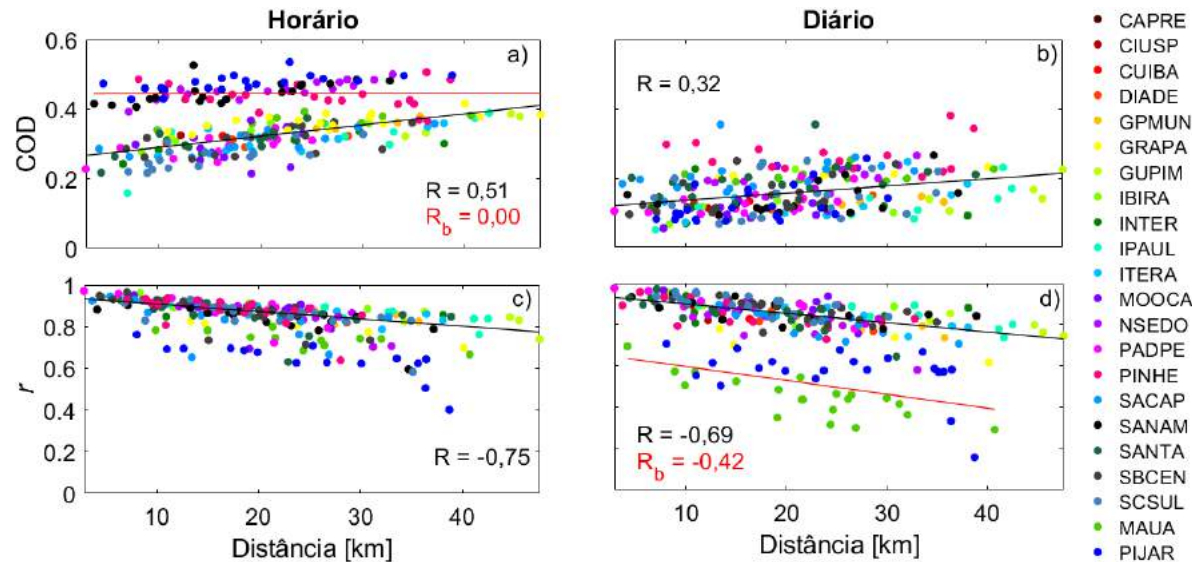
Correlación de *Pearson*

PIJAR-GRAPA localizadas a 36,4 km, (0,13)

PADPE-MOOCA localizadas a 2,8 km, (0,85)



Análisis espacio-temporal del O₃



Coeficiente de divergencia

IPAUL-GUPIM localizadas a 6,94 km, (0,16)
 SANAM-PIJAR localizadas a 22,9 km, (0,54)

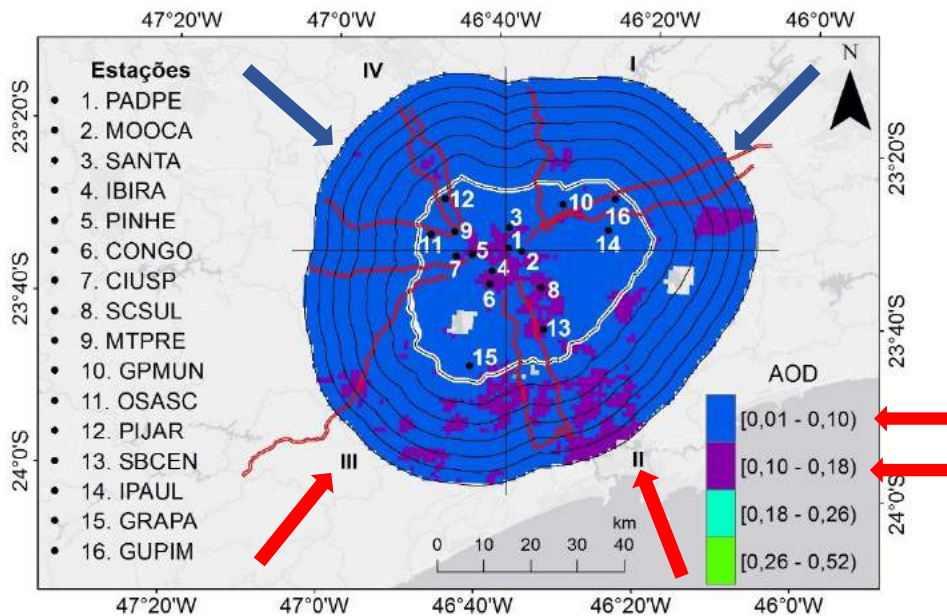
Correlación de Pearson

PIJAR-MAUA, localizadas a 38,7 km, (0,4)
 PADPE-MOOCA, localizadas a 2,8 km, (0,97)

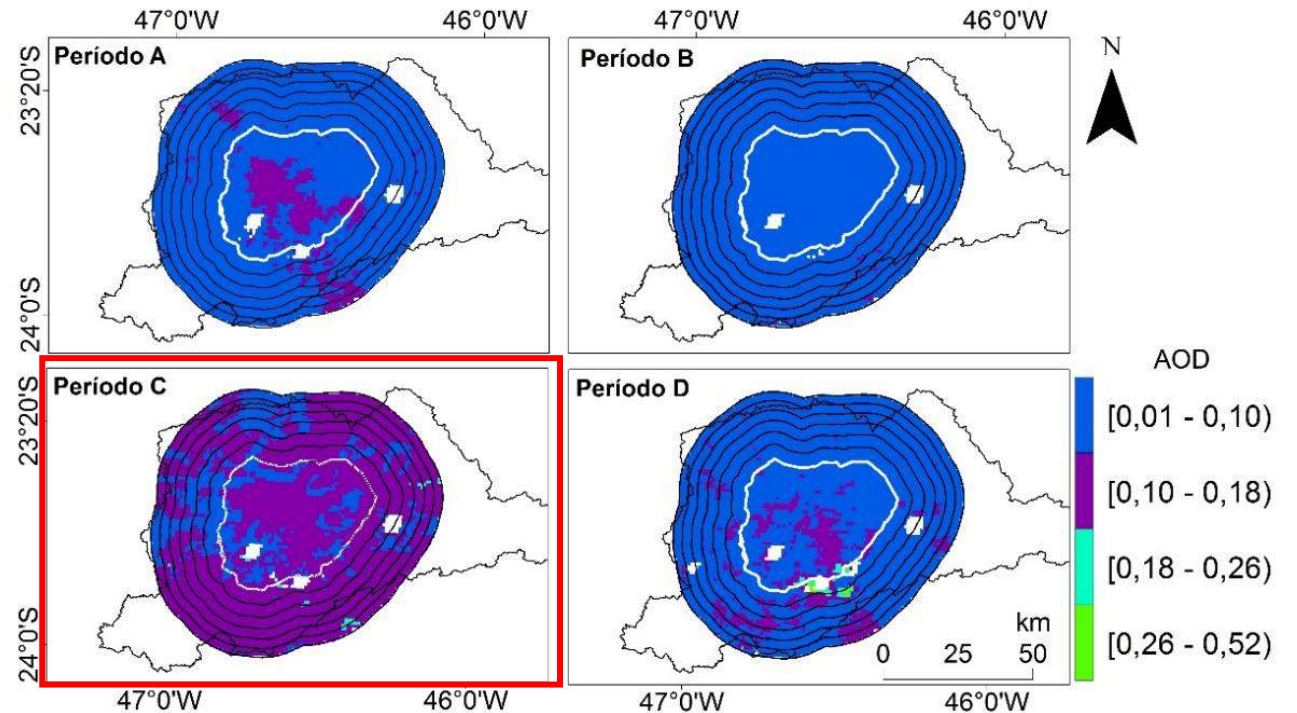
- Incendios forestales y circulaciones brisa tierra-mar e brisa valle-montaña (PINTO *et al.*, 2004).
- Diferencias en la intensidad del tráfico vehicular (BRAVO e BELL 2011).
- Los sitios de monitoreo en áreas con mayor relieve (PINTO *et al.*, 2005).
- Proximidad a un gran complejo petroquímico
- Alta influencia de NO y NO₂ sobre las concentraciones de O₃ (GUARDANI *et al.*, 2003)



Análise espaço-temporal do AOD



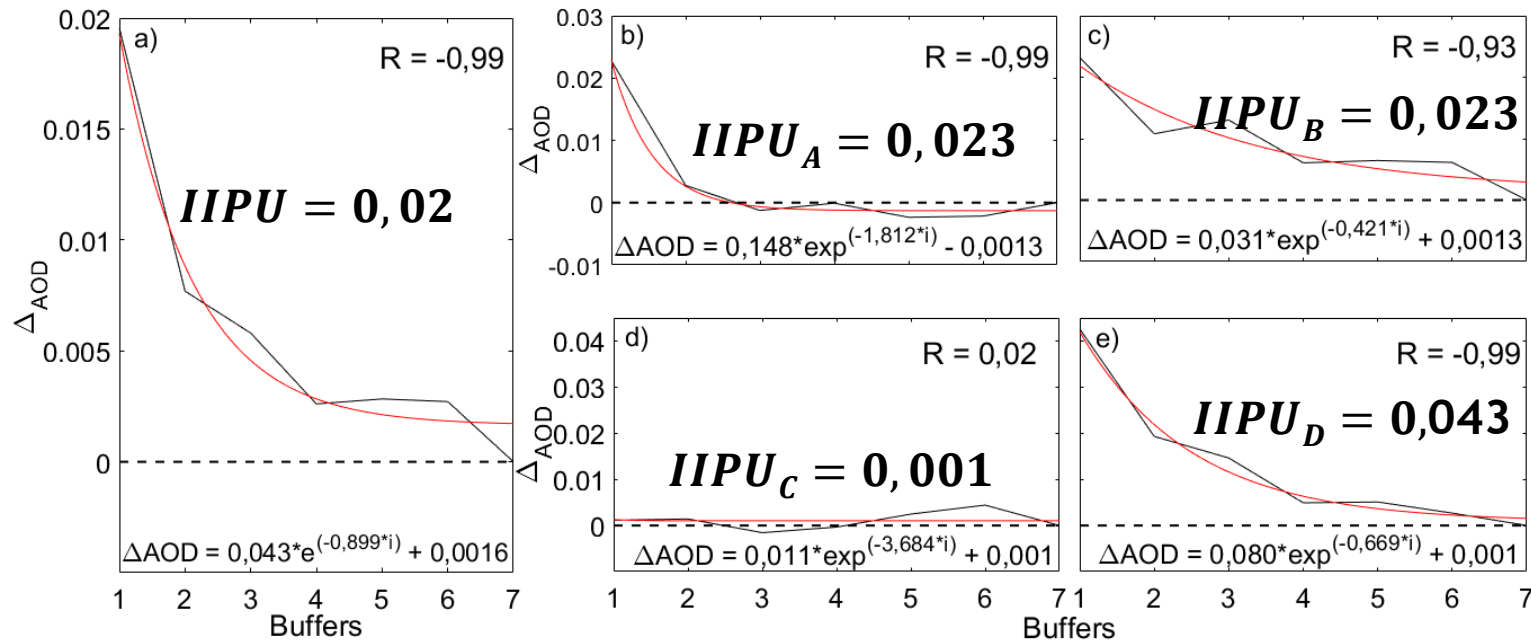
Cuadrantes II y III ocupan mayor área (454,4 km²), en comparación con los cuadrantes I y IV que ocupan apenas 88,57 km².



Transporte de masas de aire contaminadas de áreas remotas (YAMASOE *et al.*, 2017).



Análisis de la IPU con sensor remoto



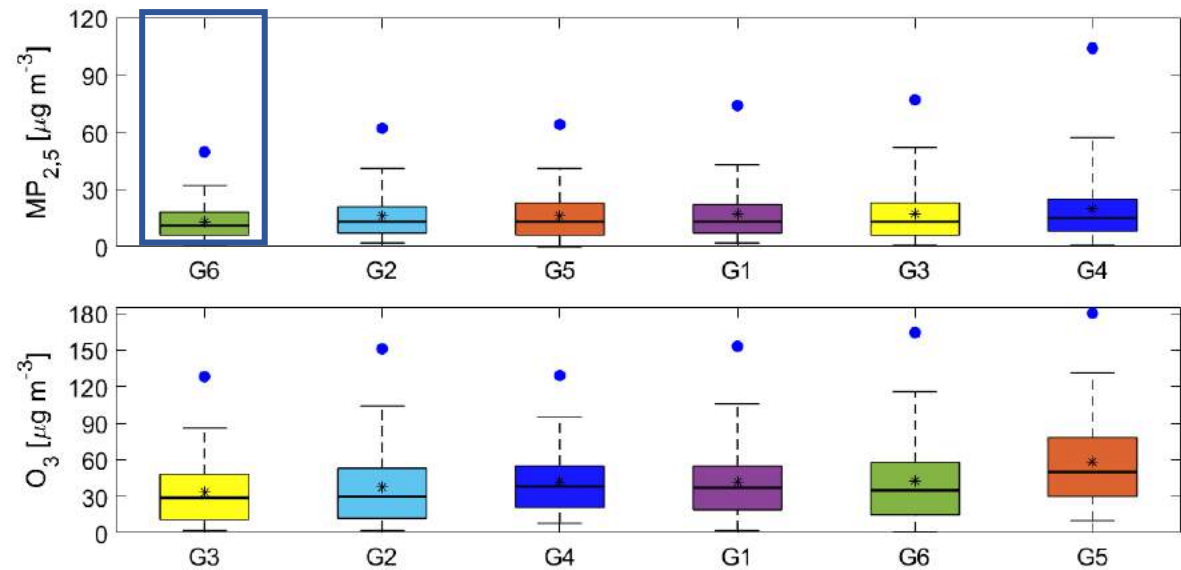
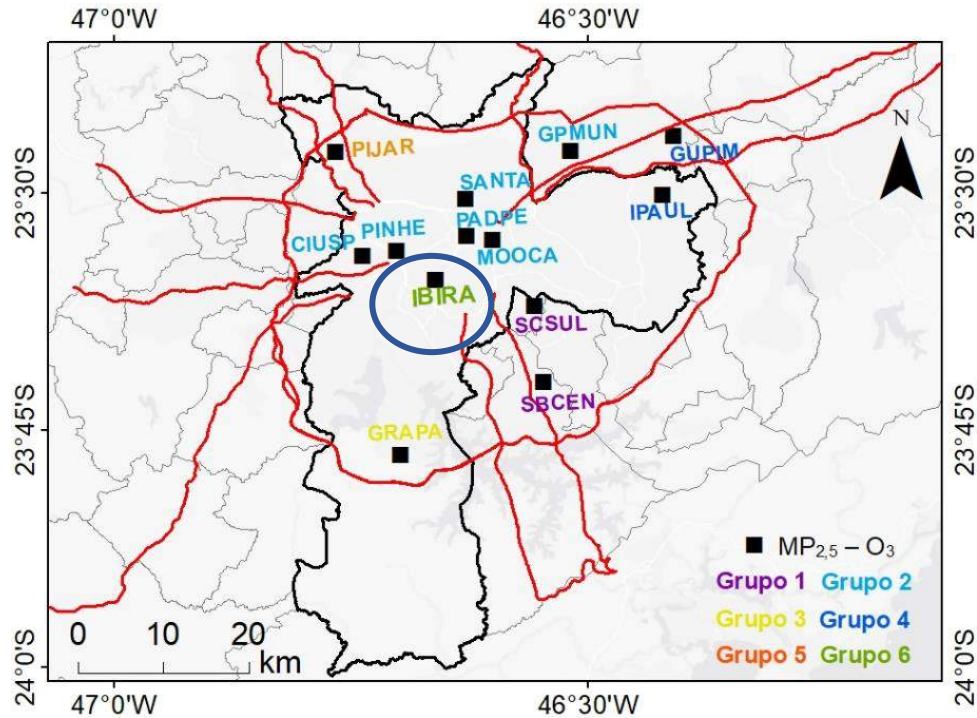
Modelo exponencial de decaimiento
 $R > -0,93$

$$\Delta C_i = C_i - C_R$$

$$IIPU = C_1 - C_R$$



Análisis de agrupamiento



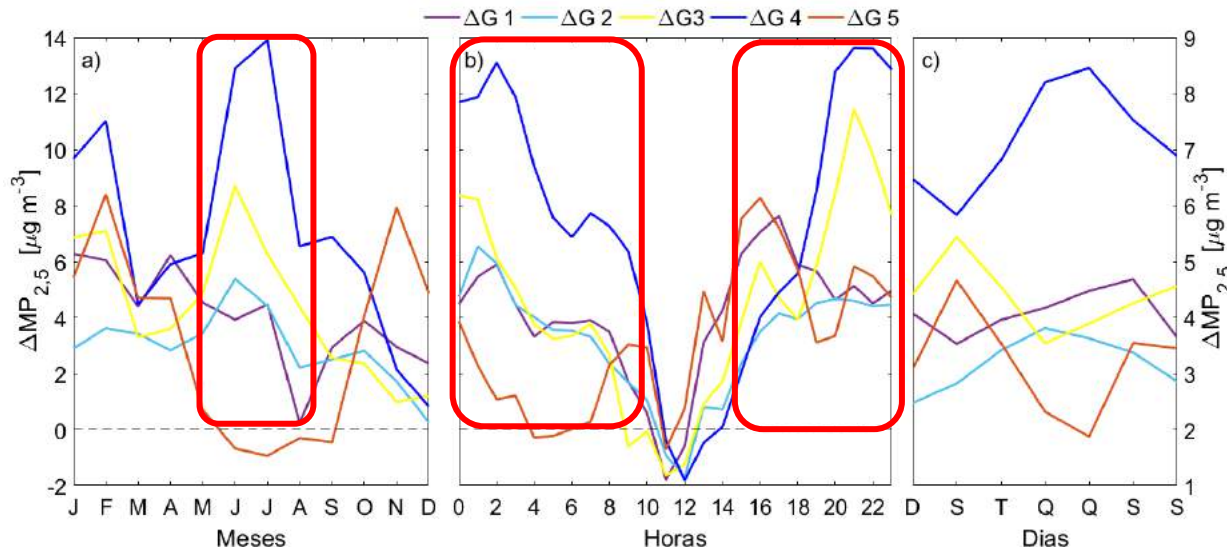
Menor valor promedio horario (12,9 µg m⁻³)

diferencias significativas (p < 0,05) con los demás grupos



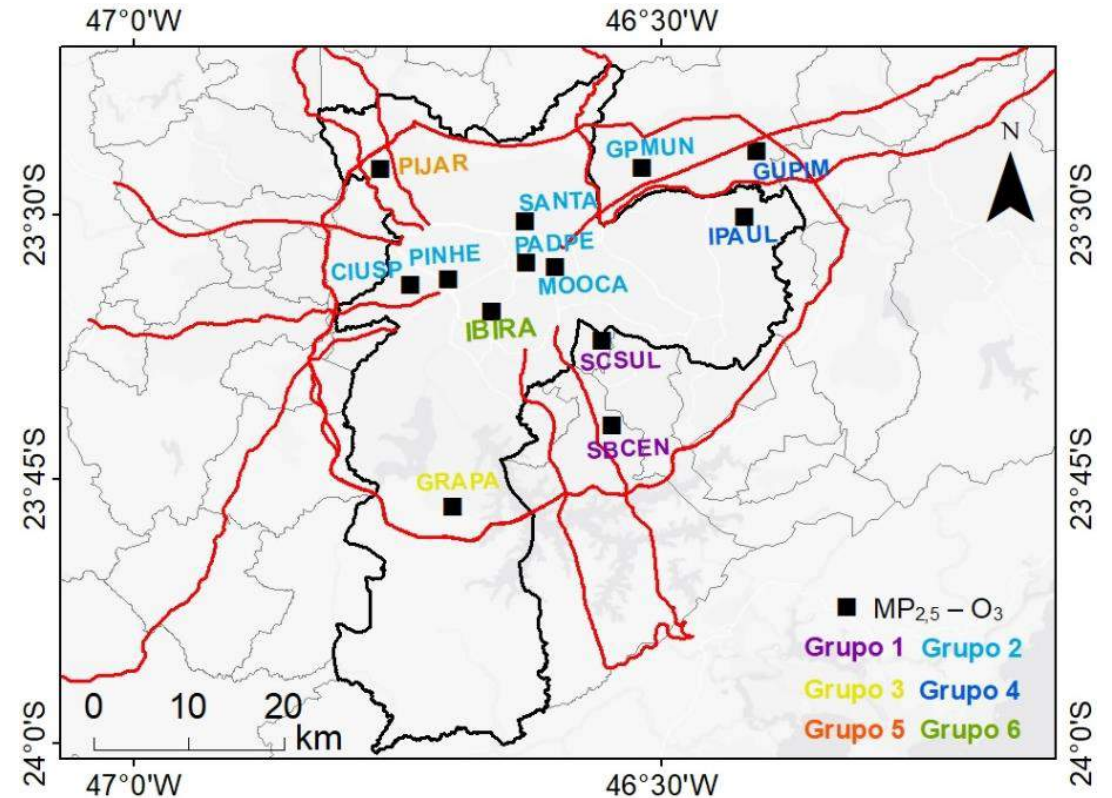
RESULTADOS

Análisis de la IPU para el $MP_{2,5}$



$$IIPU = C_0 - C_R$$

$\Delta MP_{2,5}$ variaron entre -2 e $14 \mu g m^{-3}$

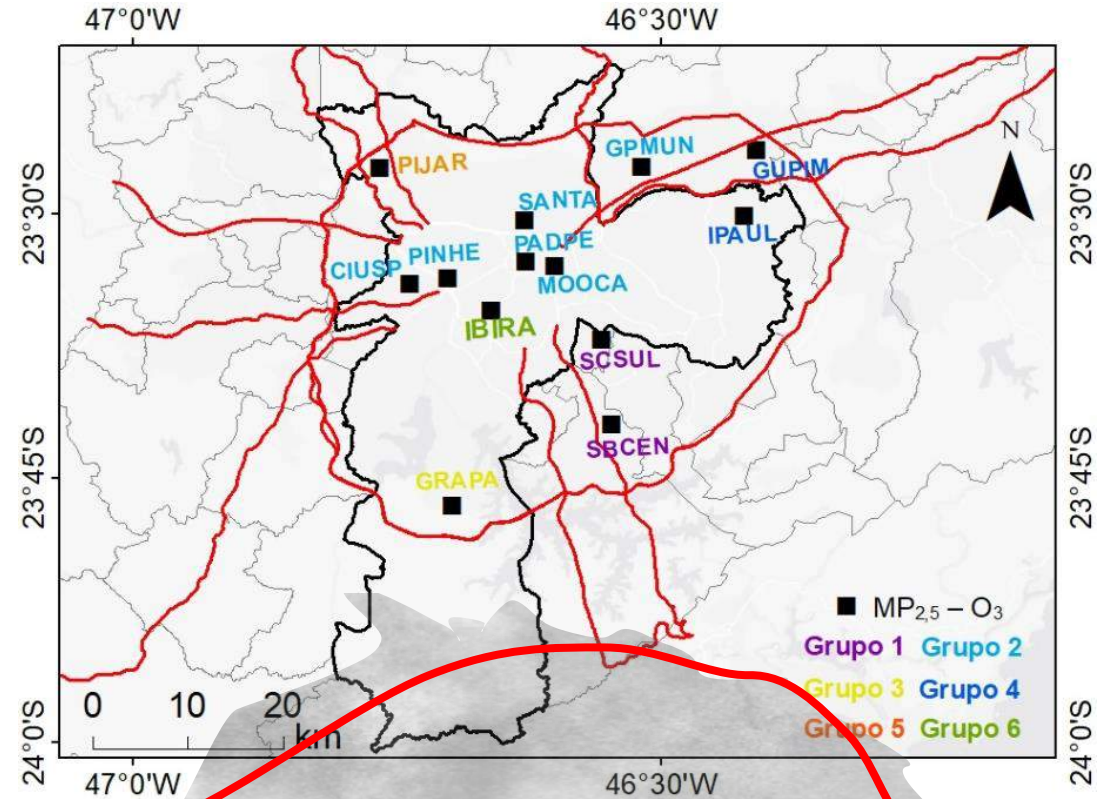
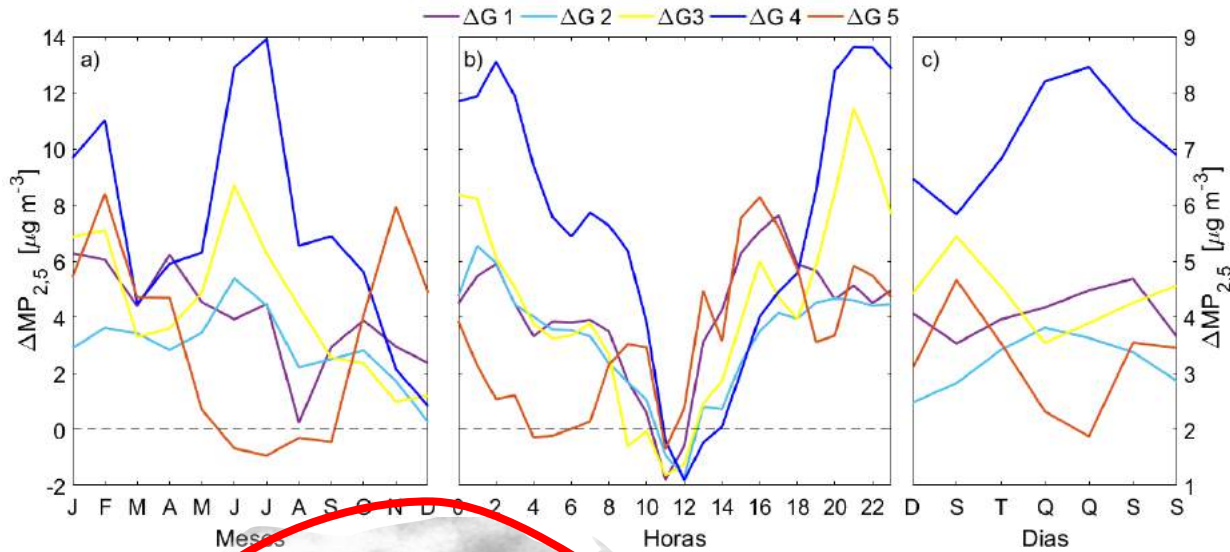


Aumento de la capa limite planetaria que favorece la dispersión y la homogenización de las concentraciones del $MP_{2,5}$



RESULTADOS

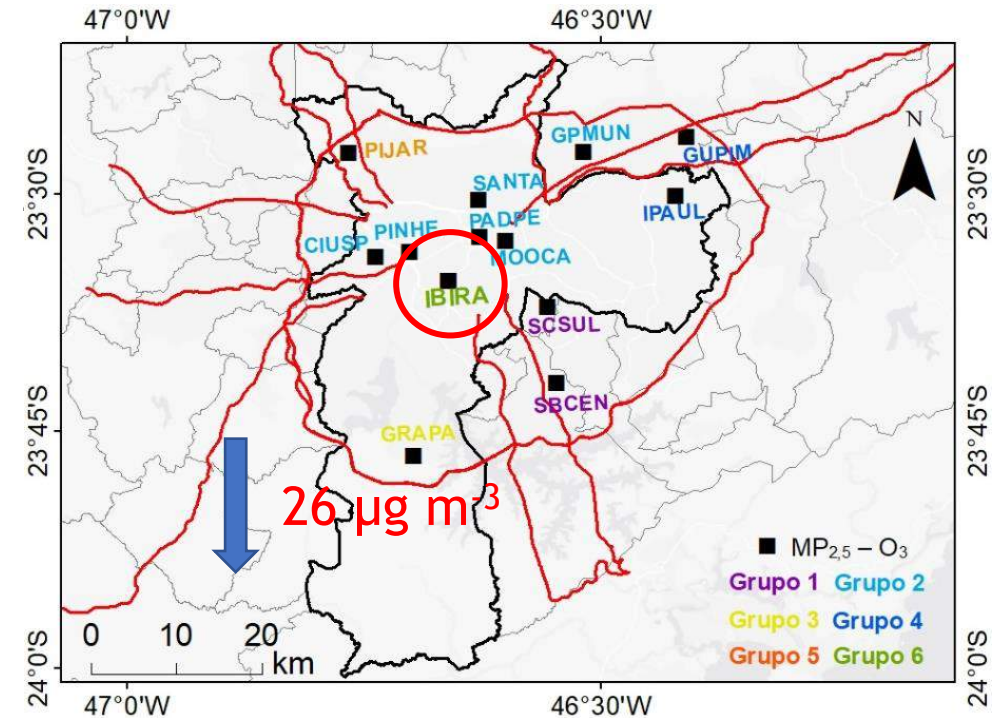
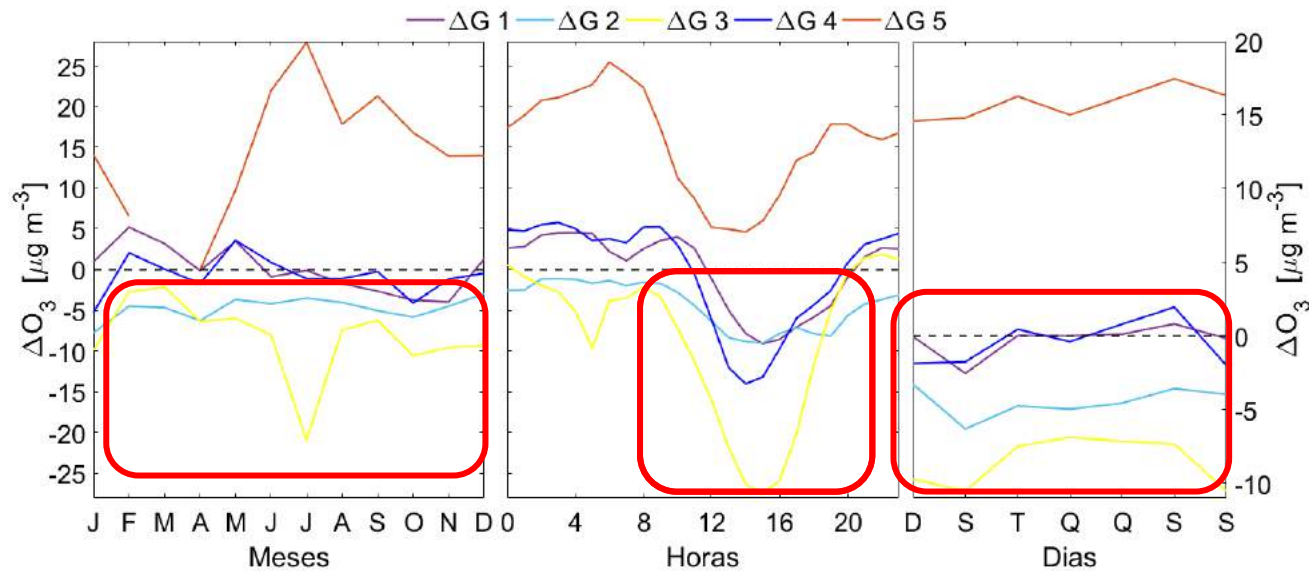
Análisis de la IPU para el $MP_{2,5}$



IPU se refiere a una forma geométrica donde las concentraciones disminuyen del área central para la periferia (LI *et al.*, 2018)



Análisis de la IPU para el O₃

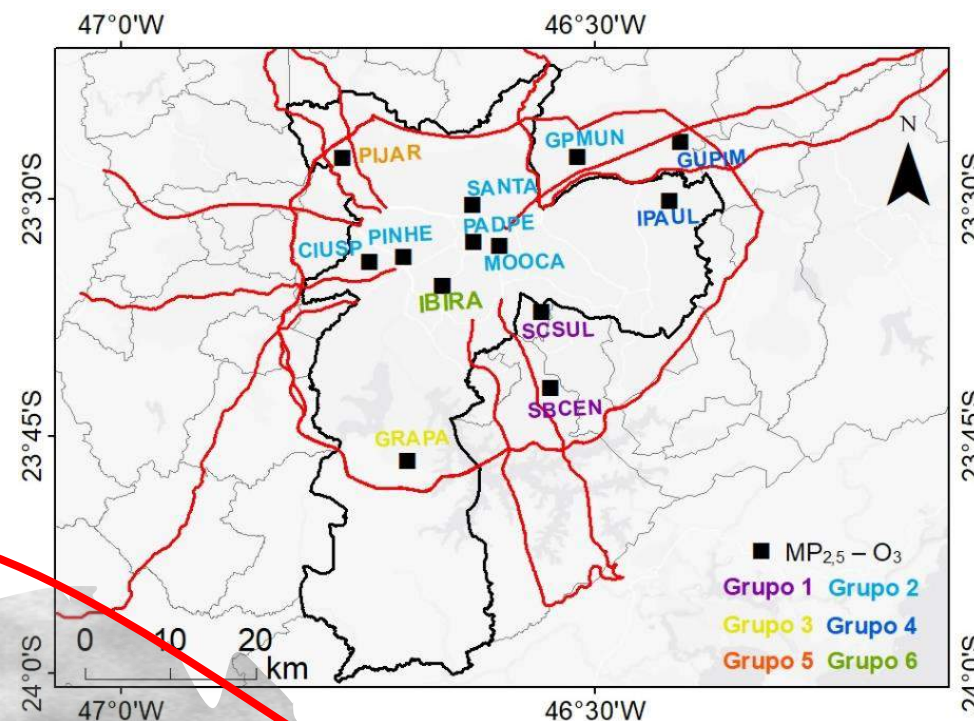
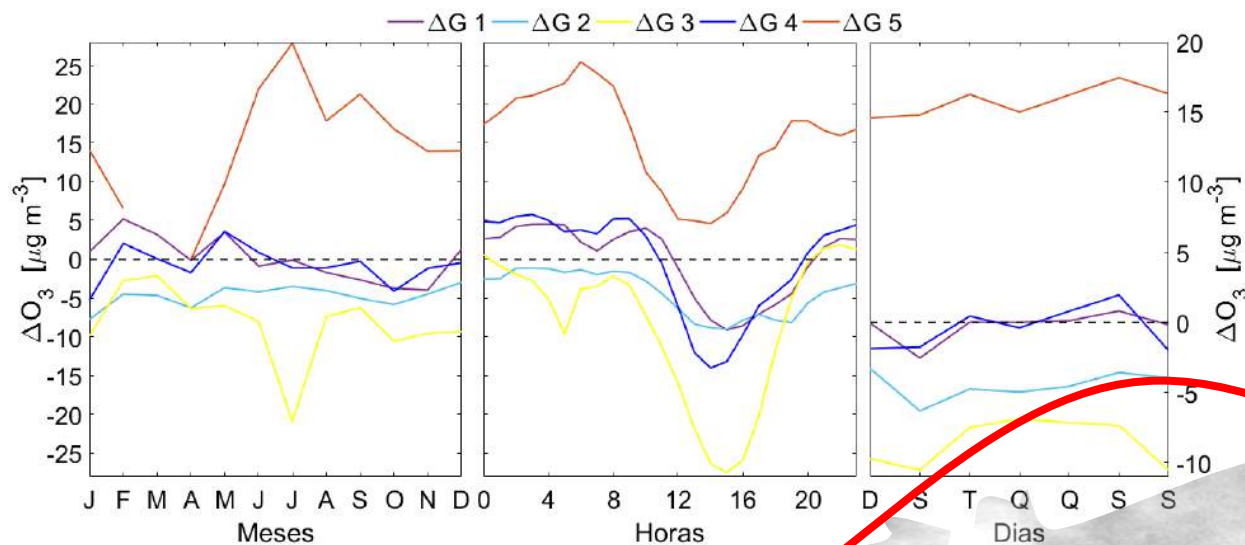


El ciclo diurno está relacionado con el ciclo fotoquímico del O₃ que responde tanto a la intensidad de radiación solar como a la disponibilidad de precursores.



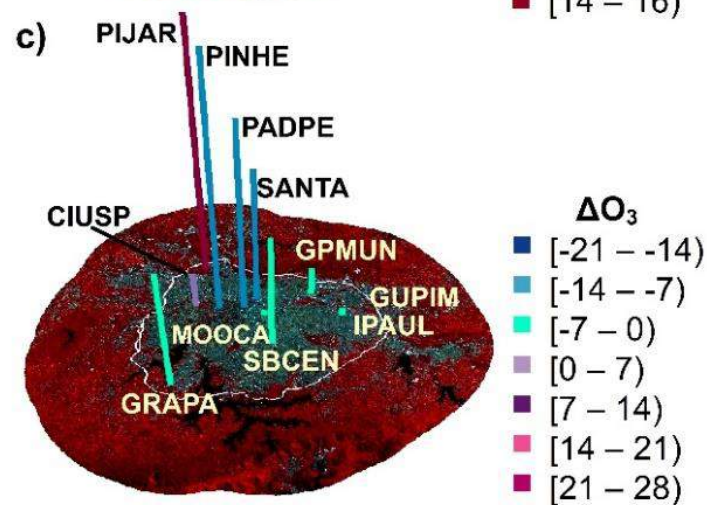
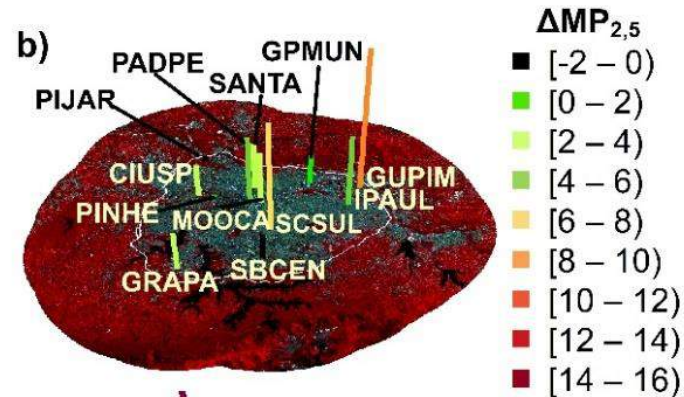
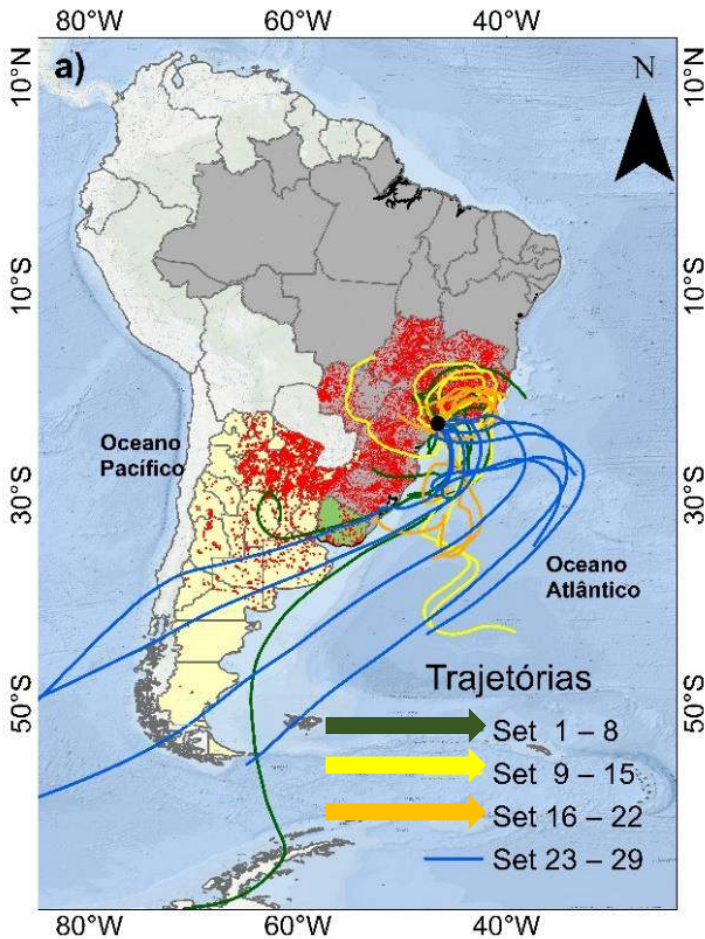
RESULTADOS

Análise da IPU para o O₃



RESULTADOS

Transporte regional: Estudio de caso para septiembre

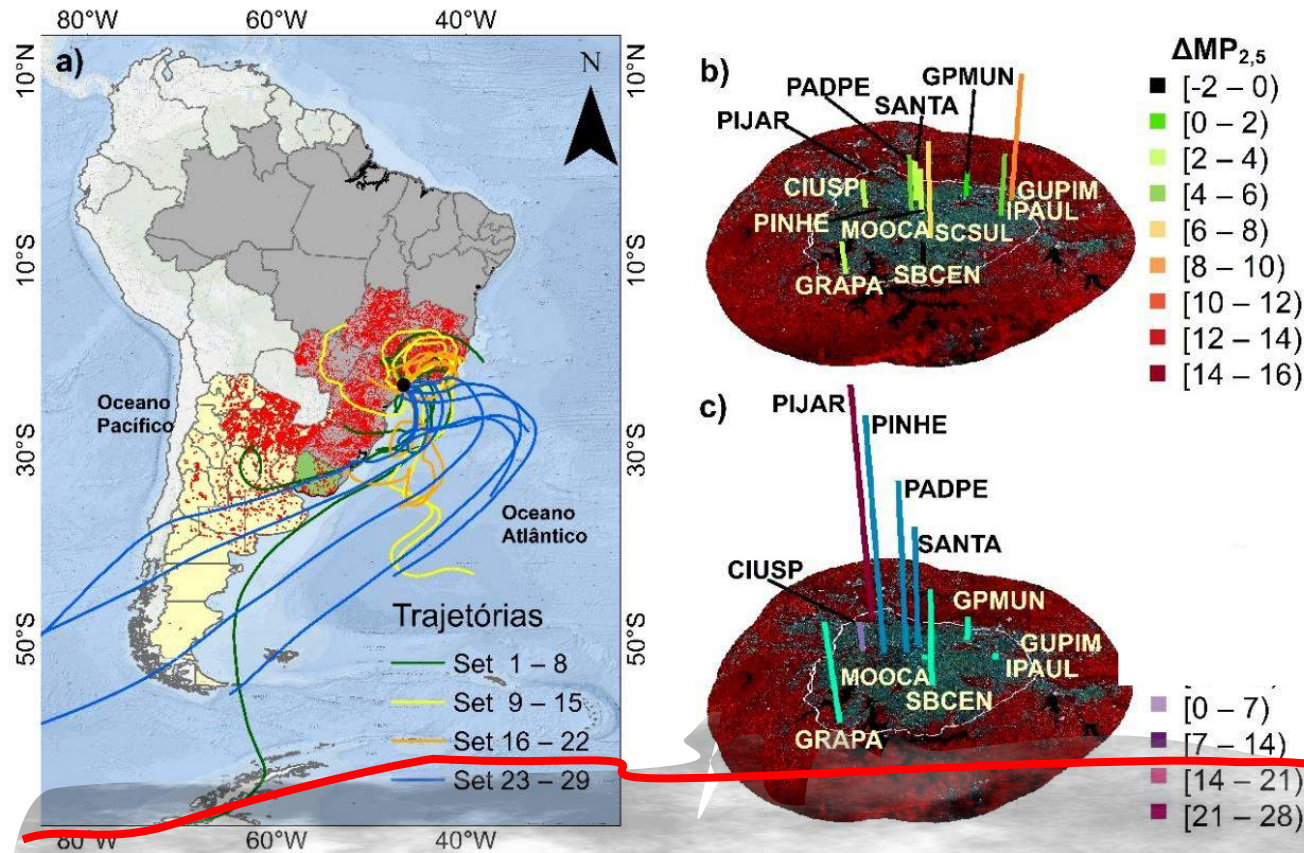


- Movimiento anticiclónico,
- Atraviesan los estados de Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e São Paulo.
- Tienen origen en el oceano Pacífico, atraviesan la patagônia y entran em contacto con algunos focos de incendio en Argentina y Uruguay.



RESULTADOS

Transporte regional: Estudo de caso para setembro

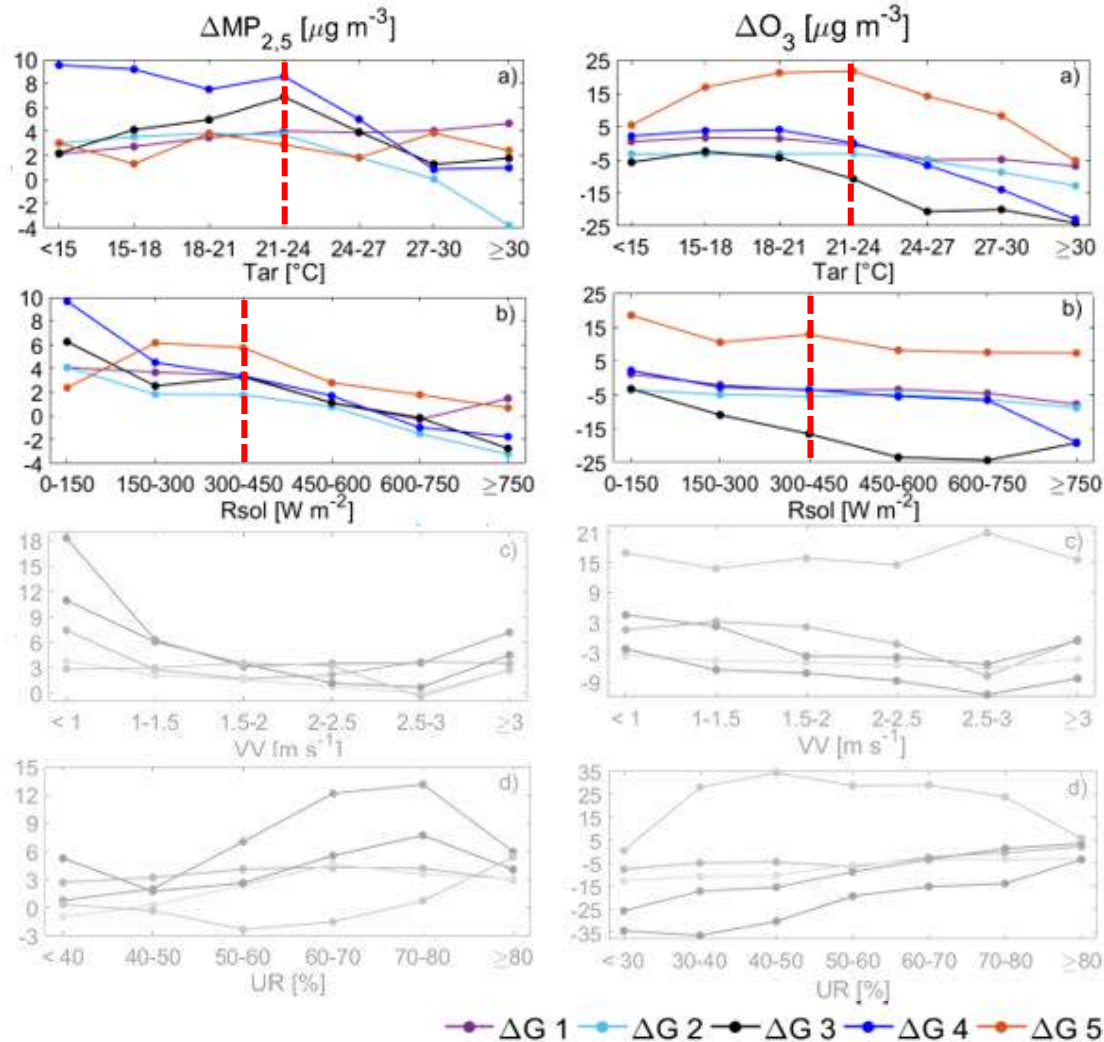


Transporte de massas de ar contaminadas homogeniza a distribuição de contaminantes na RMSP, mascarando a IPU.



RESULTADOS

Asociación de las variables meteorológicas y los $\Delta MP_{2,5}$ y ΔO_3

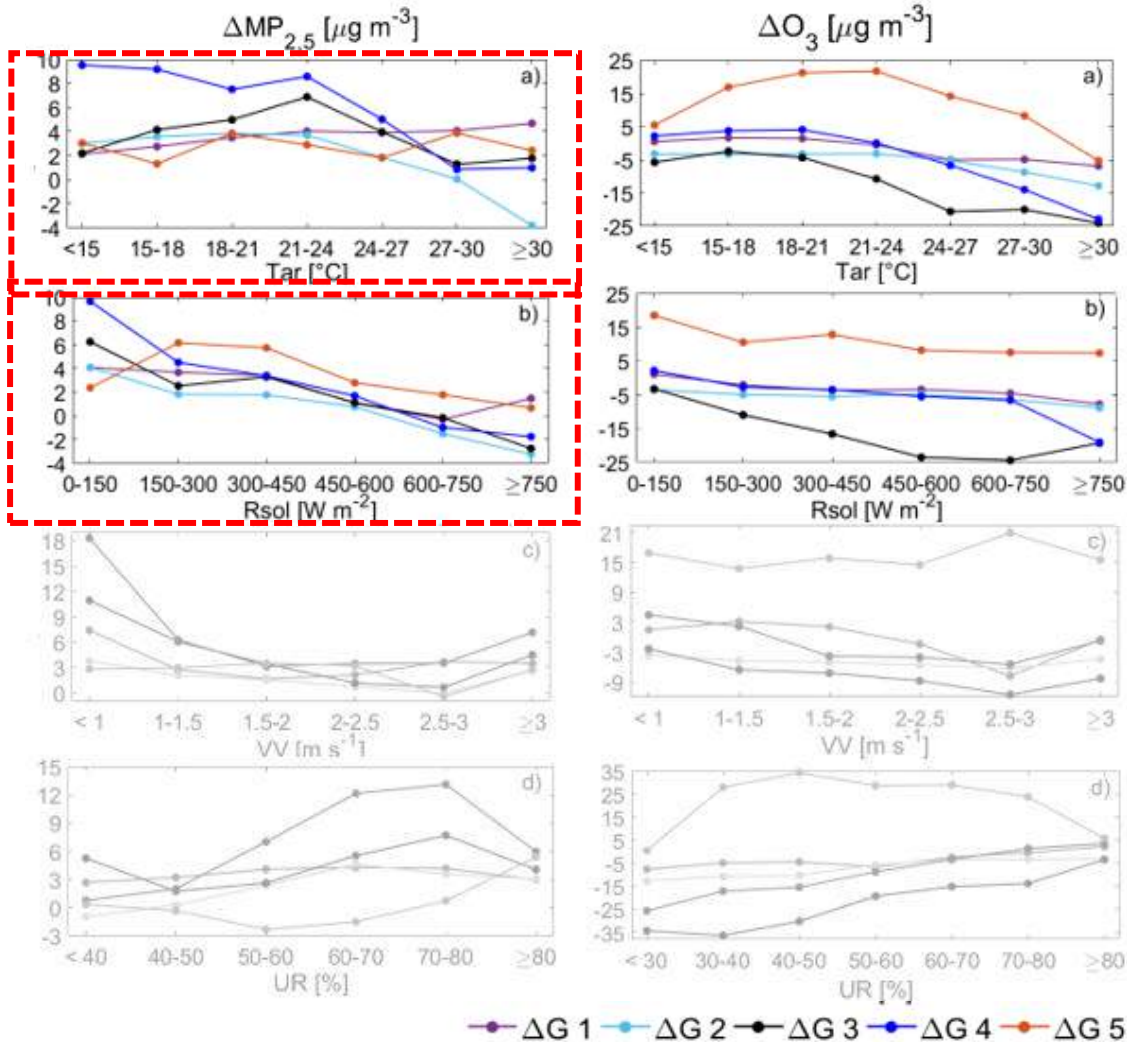


La temperatura del aire y la radiación solar disminuyen $\Delta MP_{2,5}$ e ΔO_3



RESULTADOS

Asociación de las variables meteorológicas y los $\Delta MP_{2,5}$ y ΔO_3



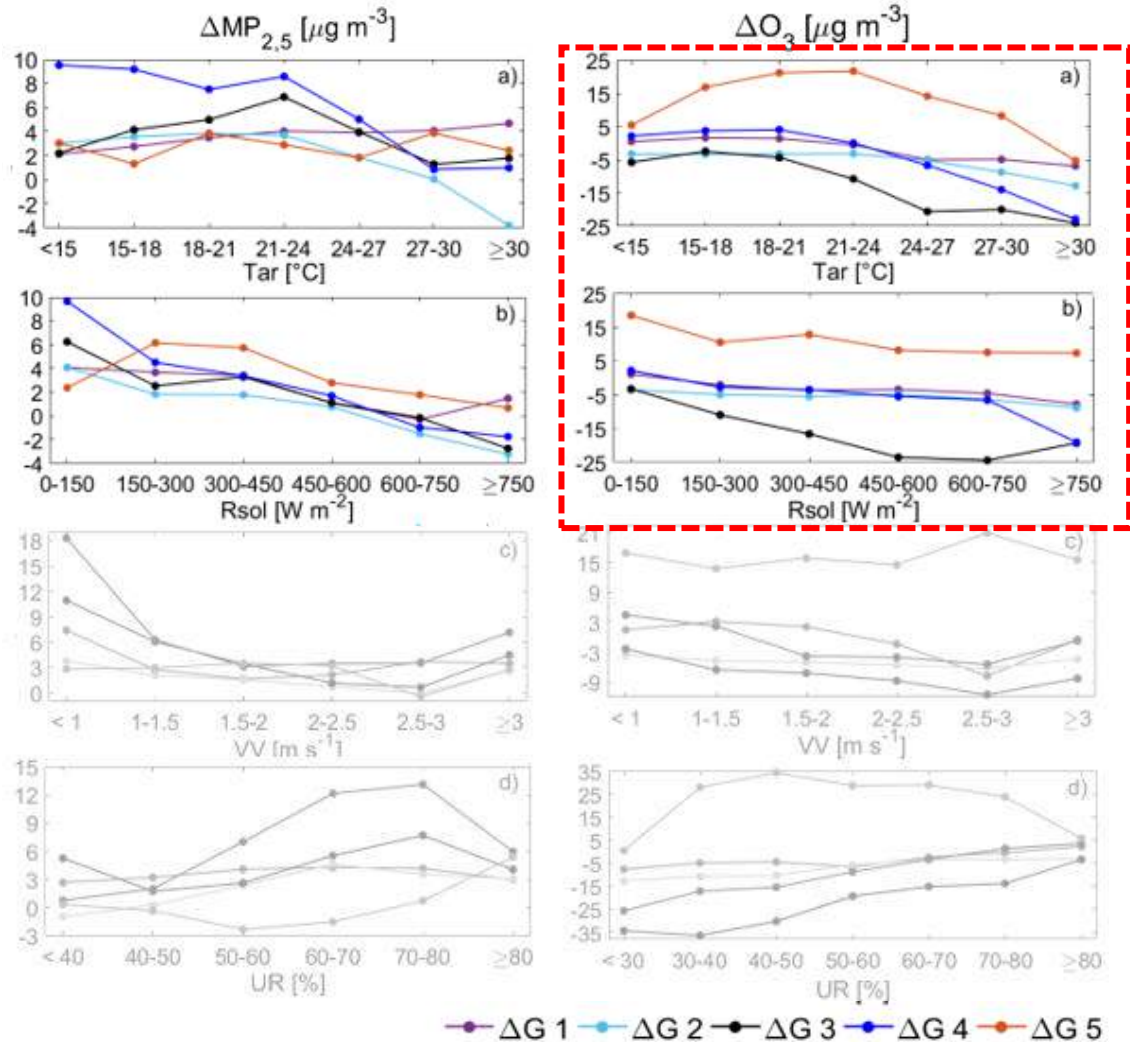
Variabilidad del campo térmico asociado a la ICU (SILVA *et al.*, 2016).

Mayor incidencia de radiación solar produce un aumento de la convección en superficie (OKE *et al.*, 2017).



RESULTADOS

Asociación de las variables meteorológicas y los $\Delta MP_{2,5}$ y ΔO_3

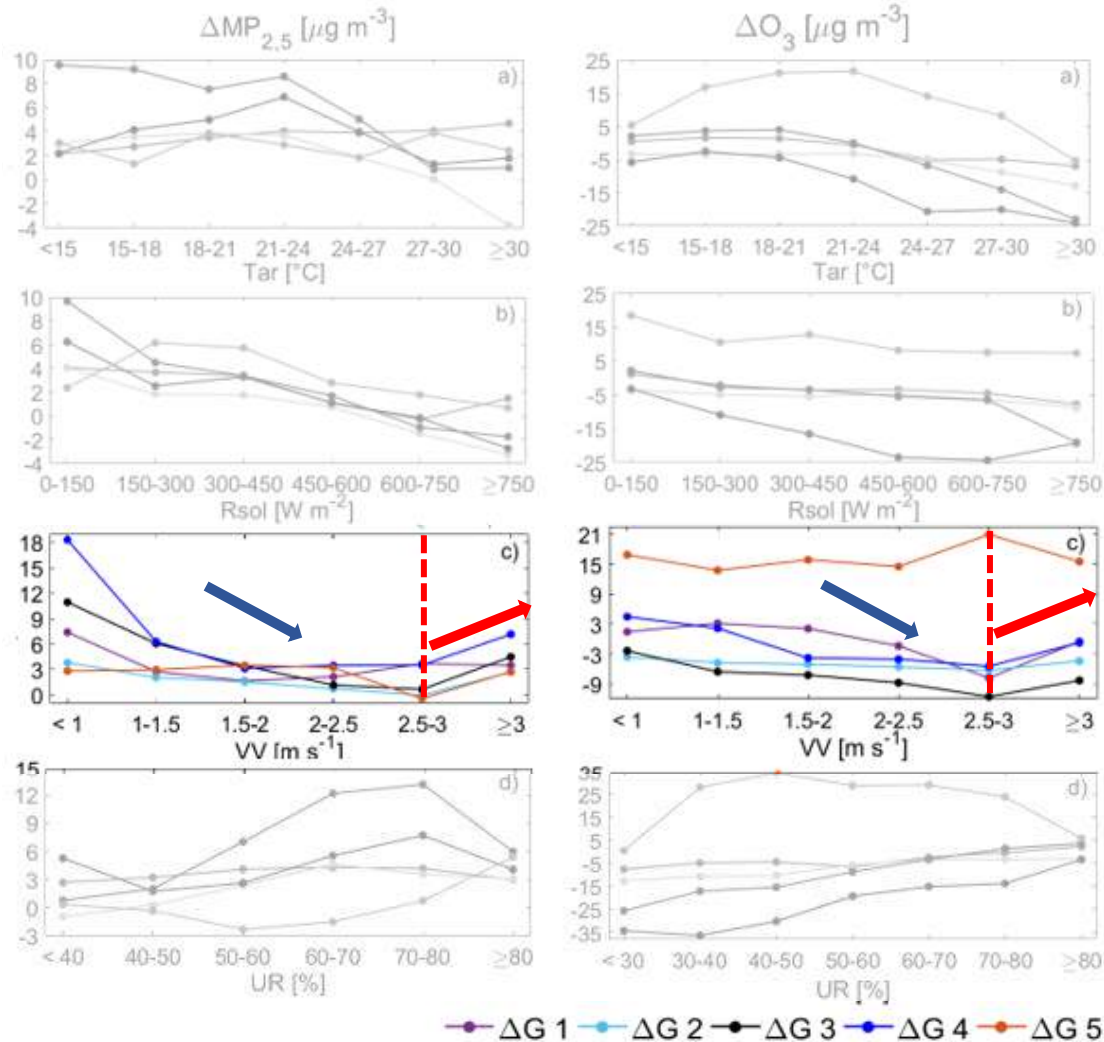


O_3 producido por los COVs biogénicos, que son sensibles al aumento de esas dos variables (FITZKY *et al.*, 2019)



RESULTADOS

Asociación de las variables meteorológicas y los $\Delta MP_{2,5}$ y ΔO_3



Disminuyeron para velocidades de viento entre 2,5 y 3 $m s^{-1}$, y aumentaron para velocidades de viento superiores a 3 $m s^{-1}$.

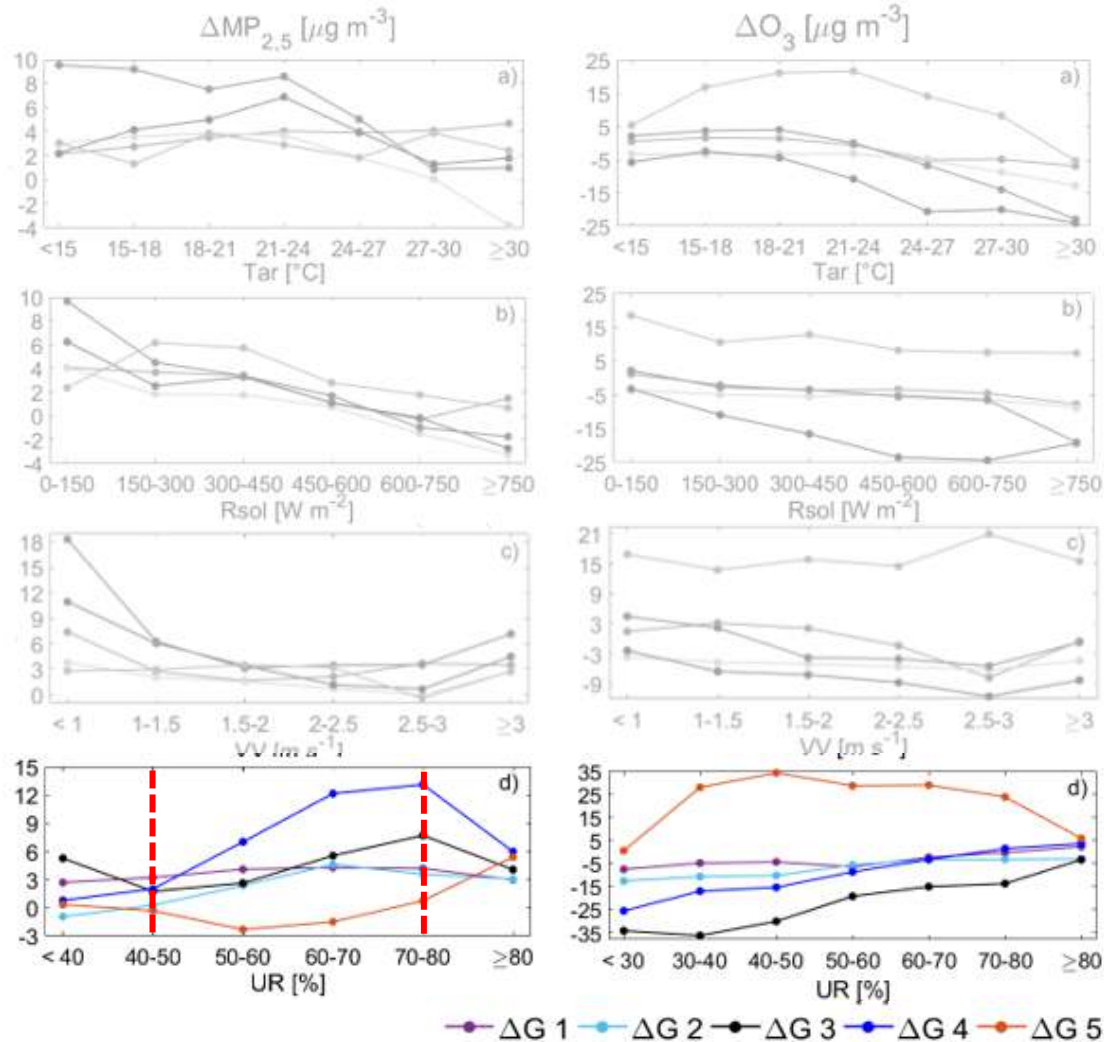
Transporte horizontal de MP y precursores de O_3 .

Chiquetto *et al.* (2018) observaron transporte horizontal de O_3 del sureste, norte y noroeste de San Paulo a velocidades del viento $> 5 m s^{-1}$.



RESULTADOS

Asociación de las variables meteorológicas y los $\Delta MP_{2,5}$ y ΔO_3



$\Delta MP_{2,5}$



UR entre 40 y 80%



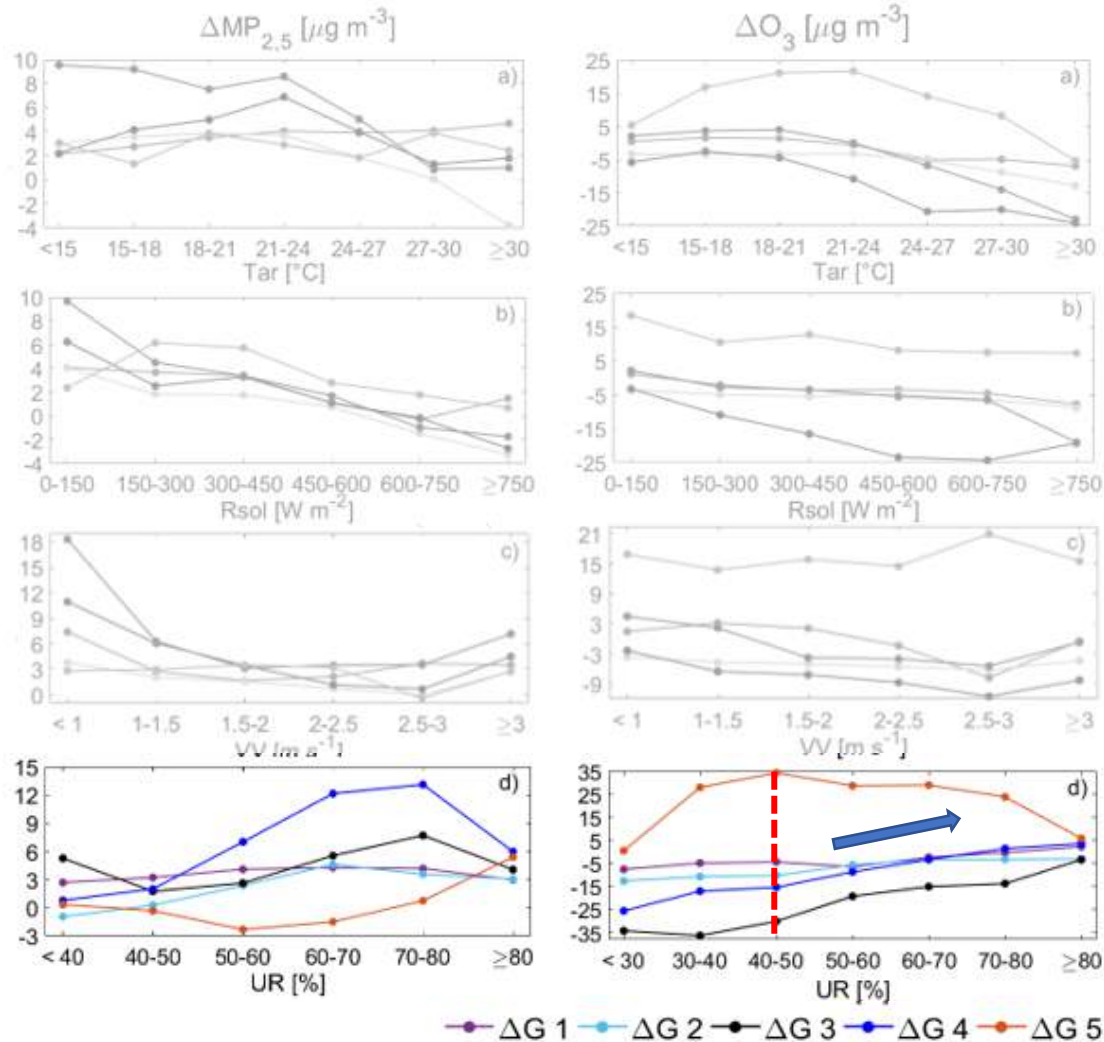
UR > 80%

El vapor de agua acelera el proceso de conversión de gases en partículas (LOU *et al.*, 2017)

Aumento de la condensación y la deposición húmeda (LOU *et al.*, 2017)



RESULTADOS



↑ $\Delta MP_{2,5}$
UR entre 40 y 80%

↓ UR > 80%

↑ ΔO_3
UR 40%

El vapor de agua acelera el proceso de conversión de gases en partículas (LOU *et al.*, 2017)

Aumento de la condensación y la deposición húmeda (LOU *et al.*, 2017)

La reacción entre el O_2 y el vapor de agua forma radicales OH, que reaccionan con especies individuales de nitrógeno reactivo (NO_y).



CONCLUSIONES

- Atmósfera más limpia en el centro de la ciudad en términos de $MP_{2.5}$ y más contaminada en términos de O_3 . El área periférica mostró el patrón opuesto.
- Los resultados indican la ausencia del fenómeno del IPU para el $MP_{2.5}$ pero la existencia del IPU para el O_3 sobre el RMSP.
- Los $\Delta MP_{2.5}$ y ΔO_3 están influenciados principalmente por los períodos del año y por eventos de contaminación de fuentes externas.
- La IPU con la ΔAOD mostró mayor ΔAOD en la región central (0.02) que en la periferia (0.003), y un decaimiento exponencial de la ΔAOD a medida que se aleja del centro urbano ($R=-0.93$).
- Finalmente, la variabilidad de la IPU para $\Delta MP_{2.5}$, ΔO_3 y ΔAOD está modulada por los períodos del año, e influenciada por las emisiones de fuentes locales y regionales y variables meteorológicas.



¡Gracias!

Compañía Ambiental del estado de San Paulo (CETESB), al Instituto Meteorológico (INMET), Universidad Tecnológica Federal de Paraná por la beca y al DR. Admir Targino

Contacto: fab901122an@gmail.com

Más información



<https://casap.science/>



casap@casap.science