

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Evaluación de la calidad de aire en términos de (SO₂, CO, O₃, H₂S) y su relación con las áreas verdesurbanas de Tarapoto 2022

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Jherson Raul Gamboa Ysmiño
Nilton Cubas Lozano

Asesor:

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Tarapoto, 02 de Setiembre del 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

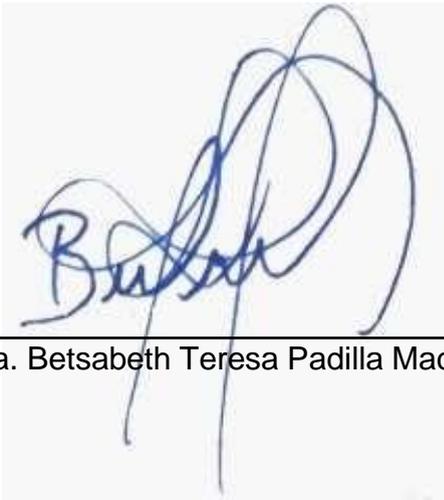
Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE EN TÉRMINOS DE (SO₂, CO, O₃, H₂S) Y SU RELACIÓN CON LAS ÁREAS VERDES URBANAS DE TARAPOTO 2022”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) Jherson Raul Gamboa Ysmiño y Nilton Cubas Lozano para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 14 días del mes de Setiembre del año 2022.



Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a. 02... día(s) del mes de... Setiembre ... del año 2022... siendo las... 11:00... horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtro. Jhon Patrick Ríos Bartra....., el (la) secretario(a): Mtro. Carmelino Almaster Villegas..... y los demás miembros:

..... y el (la) asesor(a) Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Evaluación de la calidad de aire en términos de (SO₂, CO, O₃, H₂S) y su relación con las áreas verdes urbanas de Tarapoto 2022

..... del(los) bachiller(es): a) Jherson Raul Gamboa Ysmiño.....
 b) Nilton Cubas Lozano.....
 c).....

..... conducente a la obtención del título profesional de:.....
Ingeniero Ambiental
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Jherson Raul Gamboa Ysmiño.....

CALIFICACIONES	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy Bueno

Bachiller -(b): Nilton Cubas Lozano.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy Bueno

Bachiller -(c):.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar la relación entre la calidad del aire y las áreas verdes urbanas en la ciudad de Tarapoto 2022. En cada uno de los parques se consideró un punto de muestreo y se determinó la concentración de los siguientes gases SO₂, CO, O₃, H₂S. Asimismo, se identificó las especies vegetales de las áreas verdes urbanas de cada uno de los cuatro parques: Plazuela de la Paz, Los Jardines, Suchiche y Aviación. En cada uno de los cuatro parques, así como en el punto de control (Av. Alfonso Ugarte, cuadra 15), se encontró valores de SO₂ menores a 150 µg/m³; el CO fue inferior a 3,7 µg/m³; el O₃ fue inferior a 1,3 µg/m³ y el H₂S fue inferior a 0,7 µg/m³; asimismo, en todos los parques, la concentración de contaminantes estuvo por debajo del estándar de calidad ambiental del D.S. 003-2017-MINAM. También se determinó una calificación INCA de Valor umbral del estado de cuidado (VUEC) para el SO₂ en cada uno de los cuatro parques y en el punto de control; mientras que, para los gases CO, O₃ y H₂S se encontró una calificación buena. Para la Plazuela de la Paz, se encontró en total nueve especies vegetales, siendo *Duranta Erecta* la más abundante (75,2%), con un índice de H' de 1,02; para el parque los Jardines, se encontró seis especies vegetales, siendo *Chrysalidocarpus Lutescens* la más abundante (36,7%), con un índice de H' de 1,58; para el parque Suchiche se encontró once especies vegetales, siendo *Duranta Erecta* la más abundante (31,3%), con un índice H' de 2,04; y para el parque Aviación, se encontró siete especies vegetales, siendo *Miconia Barbeyana Cogniaux* la más abundante (64,4%), con un valor de índice H' de 1,13. Se debe continuar realizando estudios futuros para conocer el efecto que tienen las áreas verdes en la disminución de los contaminantes del aire en las áreas urbanas.

Palabras clave: Contaminación del aire, contaminantes gaseosos, espacios verdes

ABSTRACT

The purpose of the study was to analyze the relationship between air quality and urban green areas in the city of Tarapoto 2021. In each of the parks, a sampling point was considered and the concentration of the following gases SO₂, CO, O₃, H₂S. Likewise, the plant species of the urban green areas of each of the four parks were identified: Plazuela de la Paz, Los Jardines, Suchiche and Aviación. In each of the four parks, as well as at the control point (Av. Alfonso Ugarte, block 15), SO₂ values of less than 150 µg/m³ were found; CO was less than 3.7 µg/m³; O₃ was less than 1.3 µg/m³ and H₂S was less than 0.7 µg/m³; In all the parks, the concentration of pollutants was below the environmental quality standard of D.S. 003-2017-MINAM. An INCA State of Care Threshold Value (VOEC)

rating for SO₂ was also determined at each of the four parks and at the checkpoint; Likewise, for CO, O₃ and H₂S gases, a good rating was found. On the other hand, a greater number of plant species was found in Parque Suchiche, with a Shannon-Wiener index of 2.04. On the other hand, the Park with the largest area was Aviación with 4,569 m². Although it was not possible to determine a relationship between the concentration of gases and urban green areas, because the concentration of gases was below the limit of quantification, however, more studies should continue to be carried out to know the effect that have green areas in the decrease of air pollutants.

Keywords: Air pollution, gaseous pollutants, green space

INTRODUCCIÓN

La mala calidad del aire es un problema común en muchas áreas urbanas, condición que puede conducir a una disminución de la salud humana, daño a los materiales del paisaje, a los procesos del ecosistema y vistas panorámicas deterioradas debido a la contaminación visual del paisaje (1).

Por otro lado, la contaminación del aire es causa del mayor número de muertes entre los riesgos ambientales a nivel mundial, pero las intervenciones para purificar el aire siguen siendo inadecuadas e insuficientes. La vegetación y los espacios verdes han mostrado efectos reductores en las concentraciones de contaminantes transportados por el aire (2).

Aunque la mitad de la población de la tierra vive en ciudades, la importancia de la calidad del aire urbano no tiene un alto impacto en los procesos de planificación urbana, a pesar de que el aire puro es esencial para el bienestar de las personas (3).

Asimismo, los espacios verdes bien diseñados, ayudan a que las personas los usen adecuadamente, de hecho, generan sostenibilidad ambiental y mejoran la salud de las personas, mediante de la purificación del aire (4). Las áreas verdes urbanas pueden contribuir a mitigar los efectos perjudiciales de los gases contaminantes de las ciudades (5), ya que, las plantas eliminan la contaminación del aire principalmente por absorción a través de las hojas, aunque algunos gases son eliminados a través de la superficie de la planta; además los árboles también eliminan compuestos contaminantes al interceptar partículas en el aire (6).

Entre los tipos de plantas, los árboles tienen una capacidad excepcional para capturar y filtrar múltiples contaminantes del aire, incluido el ozono, el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y el material particulado (7). La investigación tuvo como objetivo analizar la relación entre la calidad del aire (SO₂, CO, O₃, H₂S) y las áreas verdes urbanas en la ciudad de Tarapoto 2021.

PARTE EXPERIMENTAL

Medición de la concentración de gases

El estudio se realizó en el distrito de Tarapoto, provincia y departamento de San Martín. En primer lugar, se determinó la concentración de gases (SO₂, CO, O₃, H₂S) en un punto de cada uno de los cuatro parques en estudio. Para determinar la concentración de gases se utilizó un tren de muestreo con soluciones captadores, las cuales fueron suministradas por el laboratorio. El flujo volumétrico de succión de aire fue 0,20 L/min. El tren de muestreo estuvo equipado de un dispositivo de absorción sencillo, una bomba de aire y un medidor de flujo volumétrico. Para los gases CO y O₃ se consideró un periodo de recolección de las muestras de 8 horas, mientras que, para los gases SO₂ y H₂S se consideró un periodo de 24 horas. Al finalizar cada uno de los periodos, las soluciones captadoras se envasaron en un frasco y luego se enviaron al laboratorio, para su respectivo análisis.

Inventario de especies vegetales

Se identificó a las especies vegetales, el número de cada especie, así como la superficie en metros cuadrados de cada uno de los cuatro parques: Plazuela de la Paz, Los Jardines, Suchiche y Aviación. Asimismo, se determinó el índice de diversidad vegetal de Shannon- Wiener en cada parque, utilizando la siguiente ecuación: Siendo H': índice de Shannon- Wiener p_i: abundancia relativa y LN: logaritmo natural.

$$H' = - \sum p_i * LN(p_i)$$

Por otro lado, para la interpretación del índice de Shannon-Wiener se utilizó la clasificación indicada por Dousdebes (2016): Diversidad baja (0.1-1.5), diversidad media (1.6-3.0) y

diversidad alta (3.1-4.5).

Parque	Valores INCA			
Plazuela de la Paz	750	0,037	1,083	0,467
Parque Los Jardines	750	0,037	1,083	0,467
Parque Suchiche	750	0,037	1,083	0,467
Parque Aviación	750	0,037	1,083	0,467
Punto de control	750	0,037	1,083	0,467
Calificación del INCA	VUEC	Buena	Buena	Buena

RESULTADOS

En cada uno de los cuatro parques Plazuela de la Paz, Los Jardines, Suchiche y Aviación; así como en el punto de control (Av. Alfonso Ugarte, cuadra 15), se encontró valores de SO₂ menores a 150 µg/m³; el CO fue inferior a 3,7 µg/m³; el O₃ fue inferior a 1,3 µg/m³ y el H₂S fue inferior a 0,7 µg/m³. En todos los parques, la concentración de contaminantes estuvo por debajo del estándar de calidad ambiental del D.S. 003-2017-MINAM.

Tabla 1. Concentración de gases en los parques urbanos

Parque	Concentración de gases (µg/m ³)			
	SO ₂	CO	O ₃	H ₂ S
Plazuela de la Paz	<150	<3,7	<1,3	<0,7
Parque Los Jardines	<150	<3,7	<1,3	<0,7
Parque Suchiche	<150	<3,7	<1,3	<0,7
Parque Aviación	<150	<3,7	<1,3	<0,7
Punto de control	<150	<3,7	<1,3	<0,7
ECA	250	10000	100	150

Por otro lado, se determinó los valores INCA para cada uno de los gases; se encontró una calificación INCA de Valor umbral del estado de cuidado (VUEC) para el SO₂ en cada uno de los cuatro parques y en el punto de control; asimismo, para los gases CO, O₃ y H₂S se encontró una calificación de buena.

Tabla 2. Valores y calificación INCA para cada uno de los gases

Inventario de especies vegetales en los parques urbanos

La Plazuela de la Paz cuenta con un área total de 3075 m², siendo 1759,10 m² de área verde. Se encontró en total nueve especies vegetales y la más abundante fue *Duranta Erecta* con abundancia del 75,2%. Asimismo, el índice de Shannon-Wiener fue 1,02 (diversidad baja). La especie *Duranta Erecta*, se caracteriza por ser un arbusto de hojas verdes y perennes, las cuales interceptarán a los gases contaminantes en la superficie foliar.

Tabla 3. Especies vegetales de la Plazuela de la Paz

Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Cantidad	Abundancia (%)	Índice H'
1	Pinglo de Oro	<i>Duranta Erecta</i>	300	75,2	1,02
2	Palmera Hawaiana	<i>Chrysalidocarpus Lutescens</i>	30	7,5	
3	Palmera Cubana	<i>Roystonea regia</i>	18	4,5	
4	Cucardas	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	15	3,8	
5	Ficus	<i>Ficus benjamina</i>	12	3,0	
6	Flor Alamanda	<i>Allamanda Cathartica</i>	10	2,5	
7	Buganvillas	<i>Bougainvillea</i>	7	1,8	
8	Paliperro	<i>Miconia Barbeyana</i> <i>Cogniaux</i>	5	1,3	
9	Palmera Taraputus	-	2	0,5	
Total			399	100,0	

El parque Los Jardines cuenta con un área total de 4332 m², siendo 241,10 m² de área verde. Se encontró en total seis especies vegetales y la más abundante fue *Chrysalidocarpus Lutescens* con abundancia del 36,7%. Asimismo, el índice de Shannon-Wiener fue 1,58 (diversidad media). La especie *Chrysalidocarpus Lutescens*, presenta una copa pronunciada y hojas alargadas, con lo cual se tendrá una mayor superficie de contacto con los gases contaminantes, permitiendo de este modo su interceptación.

Tabla 4. Especies vegetales del parque Los Jardines

Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Cantidad	Abundancia (%)	Índice H'
1	Palmera Hawaiana	<i>Chrysalidocarpus Lutescens</i>	11	36,7	1,58
2	Crotos	<i>Codiaeum</i>	8	26,7	
3	Palmera Excelsa	<i>Trachycarpus Fortunei</i>	4	13,3	
4	Cucardas	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	3	10,0	
5	Palmera Cubana	<i>Roystonea regia</i>	2	6,7	
6	Ficus	<i>Ficus benjamina</i>	2	6,7	
Total			30	100,0	

El parque Suchiche cuenta con un área total de 2654 m², siendo 1549,00 m² de área verde. Se encontró en total once especies vegetales y la más abundante fue *Duranta Erecta* con

abundancia del 31,3%. Asimismo, el índice de Shannon-Wiener fue 2,04 (diversidad media).

La especie *Duranta Erecta*, presenta hojas perennes de color verde, característica que permitirá constantemente capturar y filtrar gases contaminantes como SO₂, CO, O₃, H₂S.

Tabla 5. Especies vegetales del parque Suchiche

Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Cantidad	Abundancia (%)	Índice H'
1	Pinglo de Oro	<i>Duranta Erecta</i>	45	31,3	2,04
2	Palmera Taraputus	-	25	17,4	
3	Ficus	<i>Ficus benjamina</i>	16	11,1	
4	Palmera Hawaiana	<i>Chrysalidocarpus Lutescens</i>	15	10,4	
5	Palmera Cubana	<i>Roystonea regia</i>	12	8,3	
6	Crotos	<i>Codiaeum</i>	10	6,7	
7	Pomarrosa	<i>Syzygium jambos</i>	6	4,2	
8	Coco	<i>Cocos nucifera L</i>	6	4,2	
9	Almendro	<i>Terminalia catappa</i>	5	3,5	
10	Chirimoya	<i>Annona Cherimola</i>	2	1,4	
11	Mango	<i>Mangifera indica</i>	2	1,4	
Total			144	100,0	

El parque Aviación cuenta con un área total de 4569 m², siendo 2726,42 m² de área verde. Se encontró en total siete especies vegetales y la más abundante fue *Miconia Barbeyana Cogniaux* con abundancia del 64,4%. Asimismo, el índice de Shannon-Wiener fue 1,13 (diversidad baja). *Miconia Barbeyana Cogniaux*, es una especie maderable con una copa extensa, con lo cual permitirá capturar y filtrar a través de las hojas a los gases contaminantes.

Tabla 6. Especies vegetales del parque Aviación

Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Cantidad	Abundancia (%)	Índice H'
1	Paliperro	<i>Miconia Barbeyana Cogniaux</i>	130	64,4	1,13
2	Cedro	-	40	19,8	
3	Palmera Hawaiana	<i>Chrysalidocarpus Lutescens</i>	13	6,4	
4	Pashaca	-	8	4,0	
5	Cucardas	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	4	2,0	
6	Buganvillas	<i>Bougainvillea</i>	4	2,0	
7	Palmera Cubana	<i>Roystonea regia</i>	3	1,5	
Total			202	100,0	

Relación entre calidad del aire y áreas verdes

El propósito del estudio fue analizar la relación entre la calidad del aire y áreas verdes urbanas; sin embargo, debido a que la concentración de los gases en los cuatro parques y en el punto de control, fue inferior al límite de cuantificación del método, por lo cual no se pudo determinar la relación entre las variables en estudio. La concentración de gases SO₂, CO, O₃, H₂S fue menor, fue menor al límite de cuantificación del método, lo cual se explica

por la presencia mínima de actividades industriales y de unidades móviles del parque automotor, las cuales son las fuentes principales de generación de estos gases.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, se determinó que, en cada uno de los cuatro parques, así como en el punto de control (Av. Alfonso Ugarte, cuadra 15), se encontró valores de SO_2 menores a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$; el CO fue inferior a $3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$; el O_3 fue inferior a $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el H_2S fue inferior a $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. También se determinó una calificación INCA de Valor umbral del estado de cuidado (VUEC) para el SO_2 en cada uno de los cuatro parques y en el punto de control; asimismo, para los gases CO, O_3 y H_2S se encontró una calificación buena. Por otro lado, se encontró mayor número de especies vegetales en el Parque Suchiche, con un índice de Shannon-Wiener de 2,04. Por otro lado, el parque con mayor área fue Aviación con 4569 m^2 .

La presencia de áreas verdes urbanas puede reducir la concentración de gases en comparación con lugares con menos cobertura vegetal, proporcionando una mejor calidad del aire (5). Asimismo, la vegetación urbana influye en la calidad del aire, mediante la filtración de contaminantes gaseosos del aire (3). Pese a que, las reducciones de la contaminación del aire de los espacios verdes son insignificantes en relación con las emisiones urbanas, esta contribución aumenta con la cantidad y diversidad de especies vegetales de los espacios verdes (9). Por otro lado, los árboles emiten polen y terpenos. En cuanto al polen, se debe prestar atención a la elección de especies vegetales que no sean alergénicas. Por su parte, los terpenos son precursores del ozono, un contaminante nocivo para la salud. Pero estos terpenos también son identificados por algunos estudios como beneficiosos para la salud. Sin embargo, a pequeña escala, la vegetación puede reducir la dispersión de contaminantes. Dado que estas situaciones están bien identificadas, es posible implementar estrategias de revegetación a fin de reducir la concentración de los contaminantes del aire, evitando de este modo sus efectos nocivos en la población (10). Los espacios verdes urbanos tienen un impacto en la reducción de la contaminación del aire, lo cual se evidencia a través de la disminución de la concentración de los gases SO_x , NO_x , CO (11). La vegetación actúa en la ciudad como absorbente de gases contaminantes (NO_x , Ozono, COV, CO_2), y trampa de partículas contaminantes, con una eficiencia que depende de la especie, el clima y el contaminante (12). Sin embargo, los contaminantes y las condiciones climáticas afectan la capacidad de los árboles para mantenerse saludables y mantener una buena capacidad de absorción y captura a lo largo del tiempo. Para que las áreas verdes urbanas sean eficaces en el atrapamiento de contaminantes del aire, la vegetación debe tener una gran superficie foliar, al mismo tiempo que permite el paso del aire, y debe estar cerca de las fuentes de emisión de contaminantes. La proximidad a la fuente aumenta localmente las concentraciones de contaminantes y, por tanto, la cantidad de contaminante atrapado (13). Por otro lado, estudios experimentales han informado que la vegetación puede reducir los niveles de contaminación gaseosos del aire, principalmente ozono entre un 15% y un 60% gracias a las barreras vegetales de los parques urbanos (14). Por otro lado, los espacios verdes urbanos contribuyen a la felicidad de los ciudadanos al promover la salud física y mental (15). Asimismo, en un estudio desarrollado en los Estados Unidos, las áreas con vegetación densa, mejoran la calidad del aire hasta en un 16% (16). Otros estudios, también muestran que el uso de árboles en las ciudades es efectivo

para reducir los contaminantes del aire atmosférico (17). Los contaminantes atmosféricos que se pueden captar son: CO, CO₂, NO₂, O₃, SO₂, entre otros. Con esto se corrobora que las áreas verdes mejoran la calidad del aire y, en consecuencia, la calidad de vida de las personas. Por otro lado, una de las ventajas del uso de especies vegetales en los parques urbanos es la absorción de componentes gaseosos a través de los estomas, interceptando el material particulado, siendo fundamental para mejorar la calidad del aire y la salud de las personas (18).

CONCLUSIÓN

Para cada uno de los cuatro parques, así como en el punto de control (Av. Alfonso Ugarte, cuadra 5), se encontró valores de SO₂ menores a 150 µg/m³; el CO fue inferior a 3,7 µg/m³; el O₃ fue inferior a 1,3 µg/m³ y el H₂S fue inferior a 0,7 µg/m³, en todos los parques, la concentración de contaminantes estuvo por debajo del estándar de calidad ambiental del D.S. 003-2017-MINAM. También se determinó una calificación INCA de Valor umbral del estado de cuidado (VUEC) para el SO₂ en cada uno de los cuatro parques y en el punto de control; asimismo, para los gases CO, O₃ y H₂S se encontró una calificación buena. El mayor número de especies vegetales correspondió al Parque Suchiche, con un índice de Shannon-Wiener de 2,04; mientras que, el parque con mayor área fue Aviación con 4569 m². Si bien, no se pudo determinar una relación entre la concentración de los gases y las áreas verdes urbanas, debido a que la concentración de gases estuvo por debajo del límite de cuantificación, sin embargo, se deben seguir realizando más estudios para conocer el efecto que tienen las áreas verdes en la disminución de los contaminantes del aire.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NPS. Remoção da Poluição do Ar por Florestas Urbanas [Internet]. 2018. Available from: <https://www.nps.gov/articles/000/uerla-trees-air-pollution.htm>
2. Diener A, Mudu P. Como a vegetação pode nos proteger da poluição do ar? Uma revisão crítica sobre as capacidades de mitigação dos espaços verdes para partículas transportadas pelo ar a partir de uma perspectiva de saúde pública - com implicações para o planejamento urbano. *Sci Total Environment*. 2021;796.
3. Száraz L. O Impacto dos Espaços Verdes Urbanos no Clima e na Qualidade do Ar nas Cidades. *Stud Localidade Geogr*. 2014;2(1):327–67.
4. Kruizse H. Espaço verde urbano: criando uma vitória tripla para sustentabilidade ambiental, saúde e equidade em saúde por meio de mudança de comportamento. *Int J Environ Res Saúde Pública*. 2019;16(22).
5. Moreira J. O Efeito dos Espaços Verdes Urbanos na Redução da Concentração de Particulados. *Bull Environ Contam Toxicol* [Internet]. 2022; Available from: <https://doi.org/10.1007/s00128-022-03460-3>
6. Nowak D. Efeitos da qualidade do ar de árvores e parques urbanos [Internet]. 2010.
7. Zupancic T. O impacto do espaço verde no calor e na poluição do ar em comunidades urbanas: uma revisão sistemática metanarrativa [Internet]. 2015.
8. Dousdebes C. Report on the current status of the biotic component for the Environmental Impact Study project and Environmental Management Plan for the Deep Water Port of Posorja [Internet]. 2016. p. 200.
9. Son JY. Os papéis do verde residencial na associação entre poluição do ar e saúde:

- uma revisão sistemática. *Environ Res Lett.* 2021;16(9).
10. Sang K. Terpenos de Florestas e Saúde Humana. *Toxicol Res.*2017;33(2):97–106.
 11. Vargas-Hernández J. Espaços verdes urbanos como componente de um ecossistema. Funções, serviços, usuários, envolvimento da comunidade, iniciativas e ações. *Rev Urbano.* 2017;(37):1.
 12. Pascal M. Relevância de ambientes verdes e sombreados na prevenção de efeitos adversos à saúde causados pelo calor e poluição do ar em áreas urbanas. *Sante Publique (Paris).* 2019;31:197–205.
 13. Redondo M. ‘Barreiras verdes’ para captura de poluentes atmosféricos: micromorfologia foliar como mecanismo para explicar a capacidade das plantas de capturar material particulado. *Poluição Ambiental.* 2021;288.
 14. Abhijith K. Desempenhos de redução da poluição do ar de infraestrutura verde em ambientes de estradas abertas e canyons de ruas construídas – Uma revisão. *Ambiente Atmos [Internet].* 2017;162:71–86.
 15. Kwon O. Espaço verde urbano e felicidade em países desenvolvidos. *EPJ Ciência de Dados [Internet].* 2021;10(1).
 16. Martins A. Green infrastructure to monitor and minimize the impacts of air pollution. *Advanced Studies.* 2021;35(102):31–57.
 17. Selmi W. Remoção da poluição do ar por árvores em espaços verdes públicos na cidade de Estrasburgo, França. *Urbano Para Verde Urbano.* 2016;17(2):192–201.
 18. Marques E. Influence of afforestation and building on the dispersion of respirable particulate matter in a highly urbanized coastal city (Fortaleza, CE-Brazil) *Rev Bras Geogr Física.* 2019;12(3):913.