



Universidade de São Paulo

www.revistas.usp.br/rdg - ISSN 2236-2878

Volume 44 (2024), e205124

DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2024.205124

Uma nova abordagem no mapeamento de dados de áreas contaminadas como contribuição ao processo de avaliação da qualidade ambiental urbana

A new approach to mapping contaminated land data as a contribution to the assessment of urban environmental quality

Juliana dos Santos Lino* ; André Gomes Lamas Otero ; Delvonei Alves de Andrade 

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo,
São Paulo, SP, Brasil.

E-mail: lamas3000@gmail.com (AGLO); delvonei@ipen.br (DAA).

*Email para correspondência: jslino@alumni.usp.br

Recebido (Received): 30/11/2022

Aceito (Accepted): 23/04/2024

Resumo: A poluição ambiental é um desafio enfrentado pelos centros urbanos, globalmente. Dentro dessa temática, estão as áreas contaminadas, locais que em decorrência do uso e ocupação anterior, apresentam substâncias poluentes no solo, subsolo e em águas subterrâneas. A gestão e a compreensão dos dados das áreas contaminadas são fundamentais para alcançar um planejamento urbano sustentável, que promova cidades e comunidades ambientalmente saudáveis. Neste trabalho, foi desenvolvida uma nova abordagem no mapeamento das áreas contaminadas, a fim de aprimorar a visualização da informação e a proposição de um indicador de qualidade ambiental. Por meio de pesquisas documentais, foram obtidos dados secundários quantitativos, que permitiram a construção de duas bases de dados. Estas, foram armazenadas e tratadas, adicionando-se informações geoespaciais, permitindo assim a elaboração de mapas, com o uso do software ArcGIS 10.8.1. A nova abordagem de mapeamento permitiu identificar os distritos que abrigam a maior ocorrência de áreas contaminadas na cidade de São Paulo, Santo Amaro, Ipiranga e Lapa. Adicionalmente, indicou os distritos com maior número de áreas contaminadas com risco confirmado. Já o indicador desenvolvido foi aplicado em duas escalas: ao estado de São Paulo, identificando a cidade de São Caetano do Sul com a maior taxa de áreas contaminadas; e à cidade de São Paulo, cujo distrito que apresenta o maior resultado é o da Santa Cecília. Os resultados oferecem também as cidades do estado paulista e os distritos da cidade de São Paulo onde há ausência de áreas contaminadas. Com as análises desenvolvidas, observa-se que as áreas contaminadas são difusas na cidade de São Paulo. Todavia, áreas remediadas podem ser observadas com maior frequência em distritos mais próximos a região central. O indicador desenvolvido neste estudo é passível de adoção em qualquer estado ou cidade brasileira e, tal aplicação, poderá contribuir para melhor compreensão das diferentes realidades regionais, oferecendo dados para apoiar o desenvolvimento de políticas públicas de planejamento urbano.

Palavras-chave: Áreas contaminadas; Indicador ambiental; Ocupação do solo; Qualidade ambiental urbana.

Abstract: Environmental pollution is a current challenge facing urban centers globally. Contaminated land are sites that, as a result of previous use and occupation, have polluting substances in the soil, subsoil and groundwater. Managing and understanding the data related to contaminated land is fundamental to achieving sustainable urban planning that promotes environmentally healthy cities and communities. In this work, a new approach to mapping contaminated areas was developed in order to improve the visualization of information and the proposition of an environmental quality indicator. Through documentary research, quantitative secondary data was obtained, which enabled the construction of two databases. These were stored and processed, adding geospatial information, allowing maps to be drawn up using ArcGIS 10.8.1 software. The new mapping approach made it possible to identify the districts with the highest occurrence of contaminated land in the city of São Paulo, Santo Amaro, Ipiranga and Lapa. In addition, it indicated the districts with the highest number of contaminated lands with confirmed risk. The indicator developed was applied on two scales: to the state of São Paulo, identifying the city of São Caetano do Sul with the highest rate of contaminated lands; and to the city of São Paulo, whose district with the highest result is Santa Cecília. The results also show the cities in the state of São Paulo and the districts in the city of São Paulo where there is no contaminated land. The analyses carried out show that contaminated land is widespread in the city of São Paulo. However, remediated areas can be observed more frequently in districts closer to the downtown area. The indicator developed in this study can be adopted in any Brazilian state or city and its

application could contribute to a better understanding of the different regional realities, providing data to support the development of public urban planning policies.

Keywords: *Contaminated land; Environmental indicator; Land use; Urban environmental quality.*

1. Introdução

Os processos de urbanização lançam importantes desafios às cidades. Quando um número significativo de pessoas se muda para áreas urbanas, os limites das cidades se expandem a fim de acomodar novos habitantes. Em contrapartida, um fenômeno que ocorre em grandes cidades é a desinstalação de processos econômicos produtivos, ocasionados por diferentes razões, tais como a procura de mais espaço físico, menores custos operacionais, incentivos fiscais oferecidos por outras regiões, até o fim do ciclo de vida de uma determinada atividade. Este processo resulta em áreas desativas, com potencial de contaminação, formando um novo mosaico urbano, que pode ser identificado a partir das áreas centrais, especialmente ao longo de estradas e ferrovias.

Com a análise dos fatores aumento na procura de espaço nas cidades e ocorrência do processo de desindustrialização, é possível encontrar um aspecto em comum, uma vez que a desativação de áreas industriais gera oportunidades para novas formas de uso e ocupação do espaço. Contudo, planejamento urbano e as políticas públicas adequadas para garantir o crescimento e a transformação sustentável das cidades são imprescindíveis, uma vez que a possível contaminação presente em espaços desativados ou subutilizados, pode acarretar em impactos nas ações de desenvolvimento urbano, em decorrência dos processos de investigação e remediação, que podem requerer grandes escalas de tempo e orçamentos substanciais (SWARTJES *et al.*, 2012).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), no ano de 2018, aproximadamente 55 por cento da população mundial vivia em cidades e, uma em cada cinco pessoas, vivia em cidades com mais de 1 milhão de habitantes. O termo Megacidades foi elaborado para se referir a cidades que abrigam mais de 10 milhões de habitantes. Das 33 Megacidades do mundo, 27 encontram-se em regiões menos desenvolvidas, localizadas no hemisfério sul do globo. A região metropolitana de São Paulo, por sua vez, ocupa a quarta posição nesta classificação (UNITED NATIONS, 2018).

O estado de São Paulo apresenta, ao mesmo tempo, o Produto Interno Bruto (PIB) em 2019, e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), 0,783 em 2010, mais elevados do Brasil. O Estado possui uma área territorial de 248.219,48 km², com uma população estimada de 46.649.132 habitantes em 2021. A cidade de São Paulo, capital do estado, possui uma área de 1.521,20 km² com uma população de aproximadamente 12.396.372 habitantes em 2021 (IBGE, 2010, 2021b, 2021c). O estado de São Paulo, por meio de sua agência ambiental estadual, a CETESB, foi o pioneiro na implementação de mecanismos de gestão de áreas contaminadas no país. Consequentemente, estado e cidade, lideram o ranking de áreas contaminadas identificadas no Brasil.

A norma brasileira ABNT NBR 15515-1, intitulada Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea, atualizada em 2011, conceitua área contaminada como área onde as concentrações de substâncias químicas de interesse estão acima de um valor de referência vigente na região, no país ou, na ausência desse, aquele internacionalmente aceito, que indica a existência de um risco potencial à segurança, à saúde humana ou ao meio ambiente" (ABNT, 2011). O termo áreas contaminadas não se refere apenas à fonte de contaminação, ou o solo que recebeu os contaminantes, é um conceito que engloba o conjunto de compartimentos ambientais afetados. Nestes espaços, os poluentes e contaminantes podem estar presentes na superfície do solo ou no subsolo, em diferentes matrizes ambientais, tais como: o solo, água, ar, biota, também no ambiente construído, material utilizado para aterro, justificando assim o nome, área contaminada, e não apenas solo contaminado. O termo áreas reabilitadas, por outro lado, se refere a locais cujo processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas já foi concluído. (RISSO GÜNTHER, 2006).

No Brasil, não existe um inventário oficial sobre as áreas contaminadas. O estado de São Paulo, por sua vez, por meio da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), publica anualmente o documento Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas. Conforme a publicação, no ano 2020, existiam 6.434 áreas contaminadas no estado (CETESB, 2020). Uma vez identificada uma área contaminada, inicia-se o processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), incluindo várias medidas e etapas, tais como a investigação da origem da contaminação, a identificação e quantificação das substâncias contaminantes, quais as matrizes ambientais afetadas, buscando compreender as características da área e definir quais serão as medidas de intervenção mais adequadas, com vista a eliminar ou minimizar os danos e/ou riscos para os bens a proteger, decorrentes dos contaminação existente (SÃO PAULO (estado), 2013).

O relatório publicado pela CETESB é o instrumento de comunicação entre a agência ambiental paulista e a comunidade. Dentro deste documento são descritas as informações sobre o endereço da área, as fases que esta já cumpriu dentro do GAC, informações resumidas sobre as matrizes ambientais afetadas, os grupos de contaminantes presentes e as tecnologias de remediação utilizadas. Adicionalmente, a CETESB disponibiliza os dados georreferenciados na plataforma DataGEO, uma base territorial ambiental unificada, na qual é possível elaborar mapas, em que as áreas contaminadas são representadas por pontos. Apesar da divulgação destes dados, não há utilização deles sob o ponto de vista de indicadores de qualidade ambiental urbana. Kwatra *et al.* (2020), compreende indicador como uma ferramenta, por meio da qual, se obtém informação sobre uma dada realidade, que pode ser um dado individual ou um agregado de informações, comunicando eficazmente o estado do fenômeno observado. De acordo com Verma e Raghubanshi (2018), medir o progresso das nações rumo ao desenvolvimento sustentável, ou insustentável, requer a quantificação dos fenômenos que representam este progresso. Tal processo é feito utilizando indicadores (KWATRA; KUMAR; SHARMA, 2020; VERMA; RAGHUBANSHI, 2018).

Portanto, o objetivo do presente trabalho é elaborar um indicador ambiental, que contribua ao processo de planejamento urbano da cidade. Objetiva-se ainda, desenvolver uma nova abordagem no mapeamento das áreas contaminadas, a fim de contribuir ao processo de avaliação da qualidade ambiental urbana.

2. Materiais e métodos

Este trabalho emprega a pesquisa documental, para obter dados secundários quantitativos. A fonte é o Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas, publicado pela CETESB. A informação geográfica foi coletada nos sites da Prefeitura de São Paulo e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (CETESB, 2017; IBGE, 2021A; PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2019).

Os indicadores foram desenvolvidos considerando os princípios de Bellagio e aplicando os seguintes critérios de Gibson: Integridade do sistema socioecológico, manutenção e eficiência dos recursos, civilidade sócio-ecológica e governação democrática (GIBSON, 2006; GIBSON *et al.*, 2005; PINTÉR *et al.*, 2012).

2.1. Conjunto de dados

A base de dados foi elaborada a partir de um arquivo, em formato de planilha eletrônica, contendo todos os dados das fichas do Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do estado de São Paulo, do ano de 2017 (CETESB, 2017). A seguir, a base foi separada em dois conjuntos de dados. No conjunto de dados 1, os dados das 5.942 áreas contaminadas e reabilitadas foram agregados por município e adicionou-se informações sobre a área territorial de cada município, em quilômetros quadrados, para cada um dos 645 municípios do estado de São Paulo (IBGE, 2022).

O conjunto de dados 2 continha apenas os dados relativos à cidade de São Paulo. Foram incluídas informações sobre os distritos, a qual pertenciam cada uma das 2.148 áreas contaminadas. Em seguida, os dados foram agregados por essa unidade territorial. A cidade de São Paulo possui 96 distritos e foram inseridas também informações sobre a área territorial, em quilômetros quadrados, de cada distrito (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017).

2.2. Mapeamento das informações do conjunto de dados 2

Os dados presentes no conjunto de dados 2 foram mapeados utilizando uma nova abordagem de visualização das informações. Foram elaborados mapas de círculos proporcionais, utilizando dados absolutos e apresentando três informações: o valor total de áreas contaminadas e reabilitadas, para cada distrito da cidade; o número total de áreas contaminadas classificadas como áreas com risco confirmado; e número total de áreas reabilitadas. Cada distrito pode ser identificado com um número.

A fonte utilizada para obter informações sobre os limites de cada distrito e o arquivo *shapefile* utilizado na elaboração do mapa foram obtidos no site oficial da Prefeitura da cidade de São Paulo (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2019).

2.3. Indicador de Áreas Contaminadas (IAC)

O indicador proposto na pesquisa e denominado Indicador de Áreas Contaminadas (IAC), calcula as taxas de concentração de áreas contaminadas num dado território. É o quociente do número de áreas contaminadas

e reabilitadas em uma dada unidade territorial (AC), pela sua área em quilômetros quadrados (A). O IAC foi aplicado ao estado de São Paulo, em que a unidade territorial adotada foi o município. Na aplicação do IAC ao município de São Paulo, a unidade territorial empregada foi o distrito. O IAC é calculado conforme indicado na **Eq.1**.

$$IAC = \frac{AC}{A} \quad \text{Eq.1}$$

A próxima etapa executada, foi a inserção dos dados relativos no software ArcGIS 10.8.1 (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 2020), gerando dois mapas coropléticos, um relativo ao estado de São Paulo e outro a cidade de São Paulo. Os dados são apresentados agregados em 06 classes, usando o método de Intervalos Iguais (MALCZEWSKI, 1999).

No desenvolvimento deste indicador, foram seguidas as etapas indicadas por Nardo *et al.*, (2008) sobre o processo de construção de indicadores (NARDO *et al.*, 2008). O indicador apresentado nesta pesquisa, de acordo com a classificação sugerida por Quiroga-Martínez, pode ser qualificado como um indicador de sustentabilidade ambiental de 1ª geração (QUIROGA-MARTINEZ, 2001).

3. Análise e discussão dos resultados

Uma vez que os conjuntos de dados foram tratados e as informações mencionadas na etapa anterior foram adicionadas, o IAC, indicador proposto nesta pesquisa foi aplicado, bem como o mapeamento das informações relativas ao conjunto 2. Os resultados são apresentados e discutidos a seguir

3.1. Agregação dos dados por unidade territorial estado

Com a agregação dos dados das áreas contaminadas e reabilitadas do estado de São Paulo por municípios, foi possível identificar que dos 645 municípios do estado, no ano de 2017, 420 possuíam áreas contaminadas e reabilitadas, correspondendo assim a 65% dos municípios do estado. Dos 225 municípios em que áreas contaminadas não foram identificadas até o momento, destacam-se, por possuírem área territorial maiores que o município de São Paulo, os municípios de Rancharia e Teodoro Sampaio. Ademais, os municípios de Martinópolis, Mirante do Paranapanema e Mira Estrela, possuem mais de 1000 km² de área (CETESB, 2017).

3.2. Indicador de Áreas Contaminadas aplicado ao estado de São Paulo

O conjunto de dados 1, com informações sobre as áreas contaminadas do estado de São Paulo foi tratado e a ele foi aplicado o IAC desenvolvido, obtendo assim, resultados sobre os municípios que apresentavam as maiores taxas. Essas informações são apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1 Indicador de Áreas Contaminadas aplicado as cidades do estado de São Paulo

Município	ACs	Area (km ²)	IAC
São Caetano do Sul	63	15,331	4.109320984
Osasco	93	64,954	1.431782492
Diadema	44	30,732	1.431732396
São Paulo	2148	1.521,202	1.412041267
Santo André	157	175,782	0.893151745
Taboão da Serra	18	20,388	0.882872278
Águas de São Pedro	3	3,612	0.830564784
Mauá	44	61,937	0.710399277
Paulínia	76	138,777	0.54764118

A **Tabela 1**, compreende os dados dos 9 municípios que possuem os maiores resultados do IAC. Quanto maior o valor atribuído ao IAC para um dado município, maior a taxa de áreas contaminadas por quilômetro quadrado. É possível observar que quase todas com as cidades indicadas pertencem a região metropolitana de São Paulo, as exceções são Águas de São Pedro, em decorrência de sua pequena área territorial e a cidade de Paulínia, pertencente a região metropolitana de Campinas.

A cidade de São Caetano do Sul, que ocupa a primeira colocação no ranking, conforme o Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas de São Paulo (CETESB, 2017) possui 39 áreas contaminadas e reabilitadas, cuja origem da contaminação são postos de combustíveis e 13 áreas, por atividades industriais. A cidade abriga, ainda um área que possui a classificação de Área Contaminada Crítica, que conforme a CETESB “é aquela onde há dano ou risco agudo à vida ou à saúde humana ou a outros bens a proteger, juntamente com dificuldades de gestão de natureza administrativa, jurídica ou de comunicação (com outros órgãos públicos ou com a população envolvida) ...” (CETESB, 2001). A área em questão refere-se a Indústria Química Matarazzo S.A, que implantou seu complexo industrial no ano de 1932. No decorrer de 5 décadas, a empresa foi desativando sistematicamente suas unidades. No ano de 1987, nenhuma atividade industrial era exercida no local, estando a maioria dos galpões demolidos (CETESB, 2022). Staschower destaca que historicamente, os espaços rurais, localizados nas franjas da cidade moldaram-se em subúrbios industriais, cujos capitais advindos do comércio e do café, foram as bases industriais na virada do século XX, com a implantação de indústrias nas margens do vale do rio Tamanduateí, paralelamente à linha férrea da São Paulo Railway. O antigo Núcleo Colonial de São Caetano, assentado sobre a antiga Fazenda Beneditina de São Caetano do Tijucussu, foi a origem ao subúrbio industrial de São Caetano do Sul ao final do século XIX. (STASCHOWER, 2019). Contudo, a região metropolitana, tem uma história que se expressa fisicamente, apresentando as evidências de um passado industrial, que hoje caminha rumo a uma nova realidade, tornando as cidades do ABC paulistas, centros de gestão e serviços.

Com relação a cidade de Paulínia, que ocupa a última posição do ranking, conforme o Relatório da CETESB, possui 29 áreas contaminadas e reabilitadas cuja origem são atividades industriais ou de depósito. A cidade abriga um caso emblemático, relacionado a contaminação provocada pela indústria química Shell. Em 1974, a empresa adquiriu um terreno de 78,9 hectares na cidade de Paulínia, próximo às margens do rio Atibaia, para a instalação de uma fábrica. Entre os anos de 1977 e 1993, a unidade produziu compostos organoclorados e organofosforados. Tal atividade gerou a contaminação das águas subterrâneas nas proximidades do rio Atibia, importante manancial da região. (SANDES, 2011).

No que se refere as demais cidades indicadas na **Tabela 1**, vale ressaltar as cidades de Osasco, Diadema e Taboão da Serra, uma vez que tais municípios são os que apresentam as maiores taxas de densidade demográfica no estado, conforme estudo da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). Taboão da Serra lidera a lista, com 14.246 hab/ km², seguido de Diadema, com 13.205. Em quarto lugar está o município de Osasco (10.543), (SEADE, 2022). Segundo Amadei (2019) é imperativo pensar e repensar a contaminação do solo, sob a ótica do planejamento urbano. É necessário um esforço conjugado de caráter urbanístico-ambiental, que versa do planejamento urbano à recuperação das áreas contaminadas, incluindo a reintegração da área ao espaços urbanos (AMADEI, 2019).

A fim de oferecer uma compreensão espacial dos dados, foi elaborado um mapa coroplético, com os dados do IAC aplicado ao estado de São Paulo, representado a seguir, na **Figura 1** destacando assim a distribuição das áreas contaminadas e reabilitadas no território paulista.

A **Figura 1** indica que as áreas contaminadas e reabilitadas se distribuem de forma difusa no estado de São Paulo, contudo com maior predominância na região central e principalmente na região leste do estado. Tais informações vão de encontro com dados demográficos. Segundo o SEADE, os municípios com população acima de 100 mil habitantes, estão concentrados à leste do estado, em praticamente cinco regiões: Regiões Metropolitanas de São Paulo, Baixada Santista, Campinas, Região Vale do Paraíba e Litoral e Região Administrativa de Sorocaba. Já os municípios de menor porte populacional, encontram-se nas regiões noroeste e sul (SEADE, 2022).

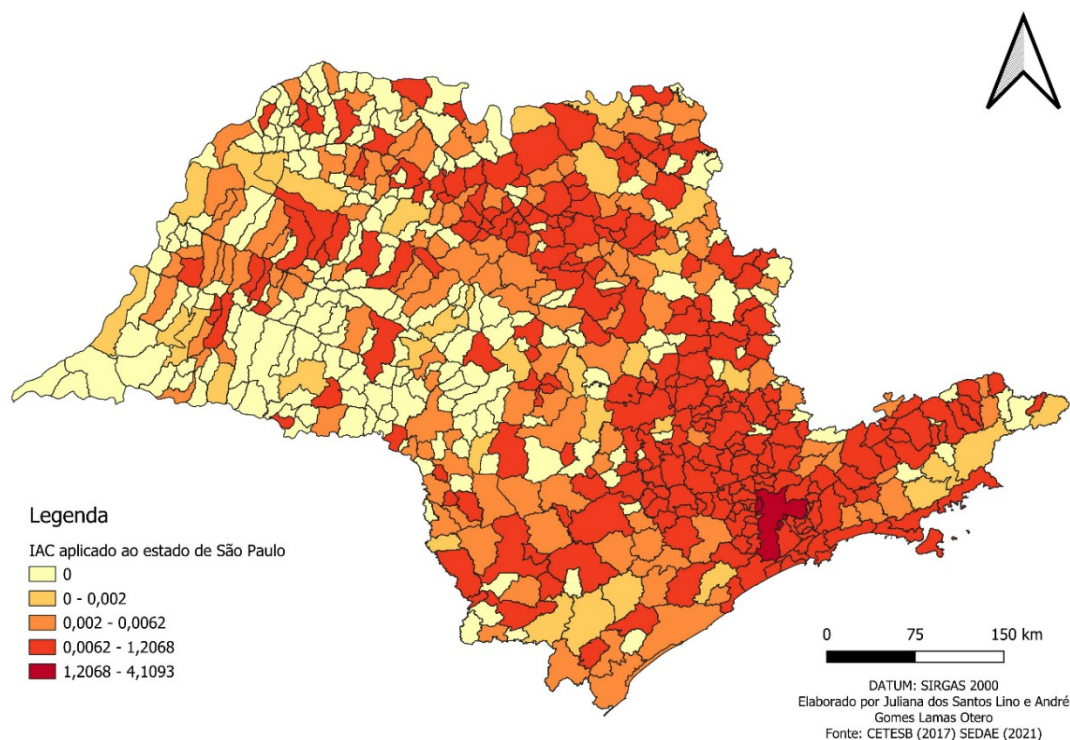


Figura 1 IAC aplicado ao estado de São Paulo.

3.3. Agregação dos dados por unidade territorial município

Na **Tabela 2** são apresentados os resultados da agregação dos dados, pela unidade territorial distrito, das áreas contaminadas e reabilitadas da cidade de São Paulo, ordenados do maior para o menor, exibindo as 10 áreas com os maiores resultados. Dados relativo as áreas contaminadas com risco confirmado e áreas remediadas também estão listados.

Tabela 2: Áreas Contaminadas e Reabilitadas na cidade São Paulo, agregadas por distritos

Código distrito	Distrito	Áreas contaminadas e reabilitadas	Áreas com risco confirmado	Áreas remediadas
71	Santo Amaro	83	20	26
34	Ipiranga	72	8	18
48	Lapa	70	8	23
16	Campo grande	65	5	23
80	Tatuapé	64	11	16
53	Mooca	58	9	14
68	Sacomã	53	14	17
35	Itaim Bibi	48	3	12
93	Vila Prudente	43	6	8
88	Vila Leopoldina	41	2	17

Utilizando a informação segregada por distrito, presente na **Tabela 2**, foi possível identificar que o distrito com o maior número de áreas contaminadas e reabilitadas é o distrito de Santo Amaro, seguido pelos distritos do Ipiranga e da Lapa, sendo todos distritos que possuem ou já possuíram zonas industriais. O caso distrito de Santo Amaro e seu número expressivo de áreas contaminadas foi previamente discutido por Lino e Aquino, destacando a característica tradicionalmente mista da região, que possui histórico de ocupação residencial e industrial (LINO; AQUINO, 2019). Relativo ao distrito de Ipiranga, foram conduzidos três estudos que abordaram e delimitaram a contaminação existente na região, proveniente de atividades industriais e de armazenamento de combustíveis (SALINAS, 2015, 2016; VILAR *et al.*, 2018). No distrito de Campo Grande foram realizados diversos estudos sobre a contaminação existente no bairro de Jurubatuba (BARBOSA, BERTOLO; HIRATA, 2017; FIUME *et al.*, 2020; L'APICCIRELLA *et al.*, 2009; PINO *et al.*,

2021). De acordo com a agência ambiental paulista, o bairro é classificado como área contaminada crítica, com diversas áreas com restrição ao uso de águas subterrâneas (CETESB, 2022).

Adicionalmente, foi identificado que em apenas um distrito da cidade de São Paulo não há presença de áreas contaminadas, o distrito de Marsilac. Contudo, este distrito está inserido em uma área de proteção ambiental (SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE, 2019) com baixa densidade populacional (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017). A partir dos dados agregados, foi elaborado um mapa de círculos proporcionais, exibido na **Figura 2**.

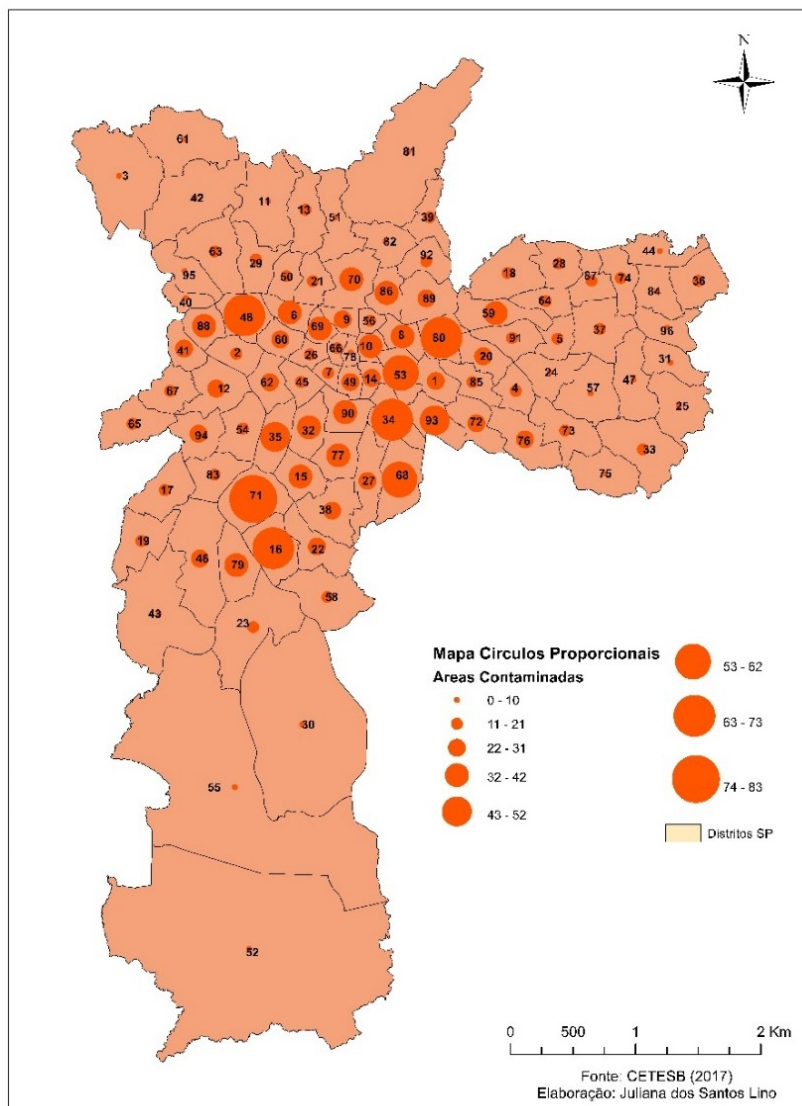


Figura 2: Áreas contaminadas, por distrito da cidade de São Paulo, no ano de 2017

A agregação dos dados permitiu, ainda, a elaboração de mais dois mapas de círculos proporcionais, a fim de observar a distribuição espacial, das áreas contaminadas com risco confirmado e das áreas remediadas. Os mapas são apresentados nas **Figura 3** e **Figura 4**.

Os resultados do mapeamento das áreas contaminadas com risco confirmado, apresentados na **Figura 3**, indicam que os distritos que obtiverem os valores mais elevados são: Santo Amaro, Sacomã e Penha. Já os resultados relativos aos distritos com maior número de áreas remediadas, exibidos na **Figura 4** foram: Santo Amaro, Campo Grande e Lapa. Outro achado relevante é o caso dos distritos de Artur Alvim, com 16 áreas contaminadas registradas, Pedreira, com 12 áreas, e Vila Jacuí com 14 áreas, e que não possuem quaisquer áreas remediadas. Tais distritos estão localizados na periferia da cidade de São Paulo. Este achado pode ser um indicativo da necessidade de incentivos públicos para suportar processos de remediação em regiões mais periféricas e já foi abordado anteriormente por Lino e Aquino, apontando que, das regiões analisadas, as que possuíam áreas cujo valor do metro quadrado era mais alto, detinham as maiores taxas de áreas remediadas (LINO; AQUINO, 2019).

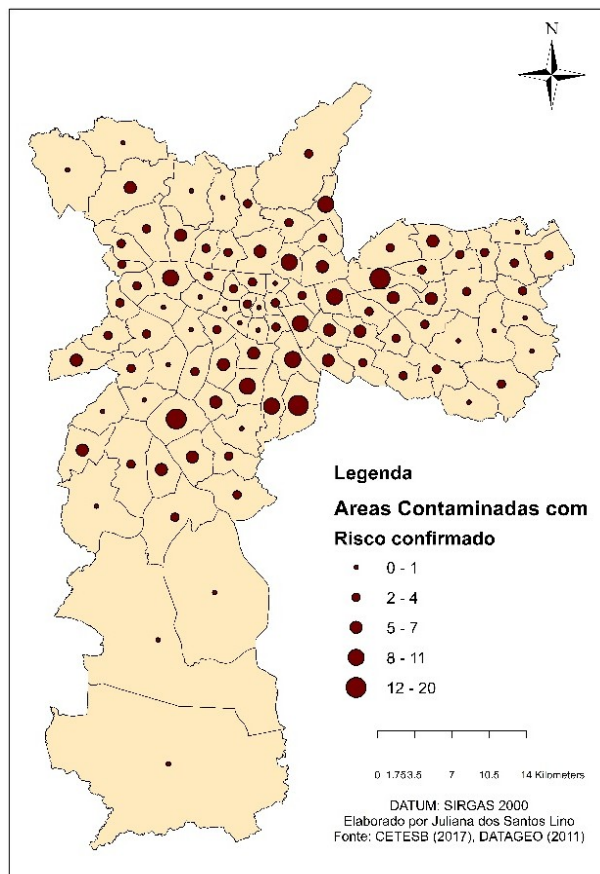


Figura 3: Áreas contaminadas com risco confirmado, por distrito.

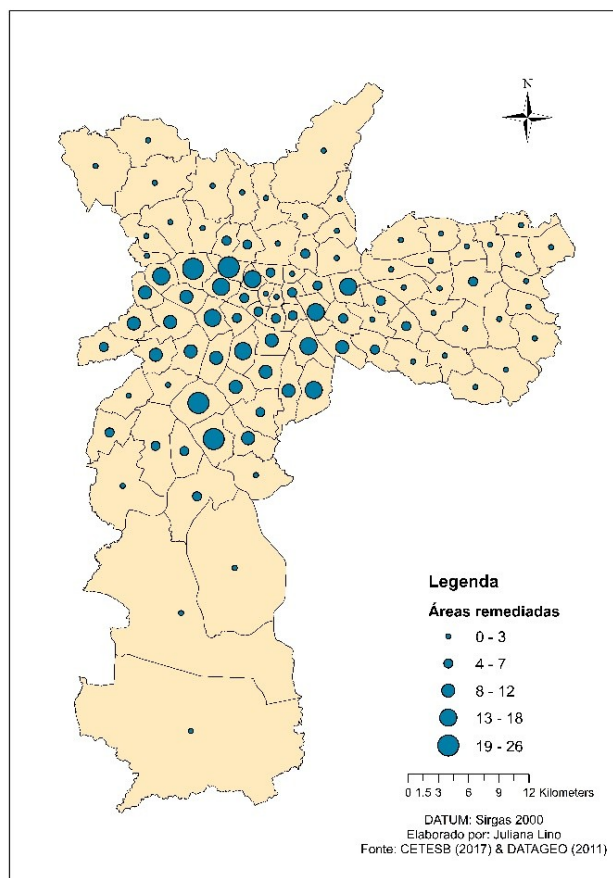


Figura 4: Áreas remediadas, por distrito.

Segundo Bravi *et al.* (2014), as decisões de investimento na aquisição e remediação de uma área contaminada são, basicamente, tomadas considerando-se duas variáveis: os custos da remediação e o valor de mercado da área, após o processo de remediação ambiental ter sido concluído (BRAVI, ROSSI; TALARICO, 2014). Um estudo realizado por Jackson e Yost-Bremm e publicado em 2018, permitiu que os autores estimassem que o valor de um terreno, classificado como uma área contaminada e comercializado antes da remediação, pode apresentar uma redução entre 12,80% e 30,28%. Contudo, após finalizado o processo de remediação essa desvalorização da área desaparece (JACKSON; YOST-BREMM, 2018). Não obstante é importante pensar na remediação de áreas contaminadas sob a ótica da temática da valoração ambiental, que, segundo Motta (1997), indica que “o valor econômico dos recursos ambientais é derivado de todos os seus atributos e que estes atributos podem estar ou não associados a um uso” (MOTTA, 1997).

3.4. Indicador de Áreas Contaminadas aplicado ao município de São Paulo

Os resultados da aplicação do IAC ao município de São Paulo são apresentados, resumidamente, na **Tabela 3** e na **Figura 5**.

Tabela 3: Indicador de Áreas Contaminadas aplicado aos distritos do município de São Paulo.

Código distrito	Distrito	Áreas contaminadas	Área em km ²	IAC
69	Santa Cecília	38	3,9	9,74
10	Brás	32	3,5	9,14
80	Tatuapé	64	8,2	7,80
53	Mooca	58	7,7	7,53
14	Cambuci	29	3,9	7,44
7	Bela Vista	19	2,6	7,31
48	Lapa	70	10,0	7,00
34	Ipiranga	72	10,5	6,86
6	Barra Funda	35	5,6	6,25
66	República	14	2,3	6,09

Na **Tabela 3** são exibidos os dados do IAC, apresentando os 10 primeiros distritos da lista, ordenados do maior resultado para o menor. A análise desenvolvida permitiu destacar diferentes distritos, que concentram um expressivo número de áreas contaminadas e reabilitadas, quando relacionamos à sua área territorial, mas que ao observarmos apenas os dados absolutos, não ficam evidentes, como é o caso dos distritos da Santa Cecília, Brás e Cambuci. Os resultados obtidos variaram entre 9,74 e 0. Avançando para apresentar a informação, contemplando a dimensão espacial, um mapa coroplético foi elaborado e é apresentado na **Figura 5**.

Com exceção aos distritos de Santo Amaro e Campo Grande, os distritos localizados próximos a região central do município de São Paulo ficam em evidência por meio da aplicação do Indicador de Áreas Contaminadas.

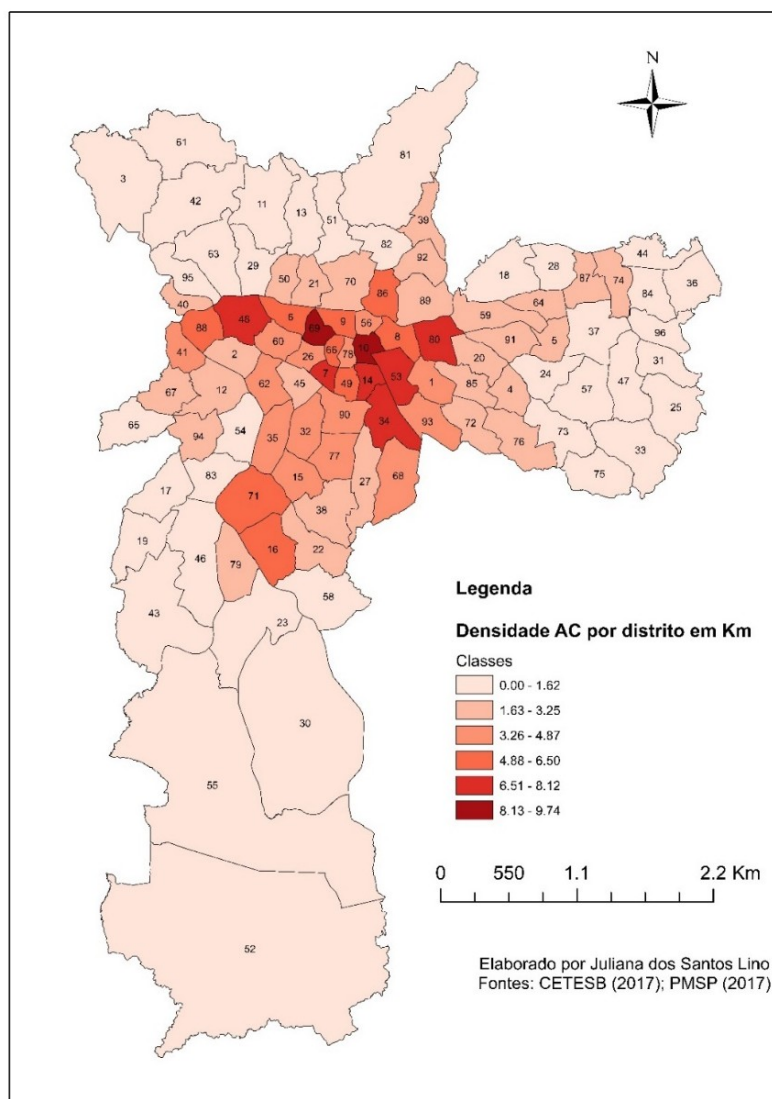


Figura 5 IAC aplicado a cidade de São Paulo

3.5. *Uso de indicadores no planejamento urbano*

A utilização de indicadores para a análise de dados de áreas contaminadas é, hoje, uma realidade na União Europeia. Adotados em relatórios técnicos publicados pelo *Joint Research Centre* (JRC), o serviço científico da União Europeia. Um dos parâmetros empregados no indicador que avalia a extensão da contaminação do solo na Europa é a densidade de áreas potencialmente contaminadas, mensurado em quilômetros quadrados, e semelhante ao IAC desenvolvido neste trabalho e apresentado nas **Tabela 3** e **Figura 5** (PAYA PEREZ; RODRIGUEZ EUGENIO, 2018).

Um estudo conduzido por Drobnik *et al.*, (2018), considera as áreas contaminadas como uma das variáveis envolvidas no indicador de qualidade do solo. O estudo utiliza a metodologia do índice BOKS e emprega seis atributos, utilizados para caracterizar a qualidade do solo. O autor salienta que, o diferencial desta metodologia reside no fato de considerar fatores naturais e antropogênicos na composição do índice de qualidade final do solo. Existem dois atributos antropogênicos: áreas contaminadas e nível de impermeabilização do solo (DROBNIK *et al.*, 2018).

O IAC, desenvolvido e proposto neste estudo, em escala estadual e municipal, poderá contribuir como parâmetro no desenvolvimento de um indicador de qualidade ambiental urbana, como sugerido por Quiroga-Martínez, ao abordar os indicadores de 2ª geração, que buscam transmitir informações robustas, considerando diferentes aspectos e capazes de consolidar informações acerca da saúde ambiental da cidade, atuando assim como instrumento de planejamento urbano (QUIROGA-MARTINEZ, 2001). Atualmente, são consolidados os critérios e parâmetros para indicadores de qualidade do ar e da água, contudo, quando se

trata de solo urbano, não há consenso. Para Silva *et al.* (2020), os indicadores de qualidade do solo são atributos mensuráveis, e podem ser descritos de forma quantitativa ou qualitativa, sendo capazes de avaliar as mudanças em cada ecossistema. O estudo destes atributos, num dado espaço de tempo, permite quantificar a magnitude e a duração das alterações causadas pelas diferentes formas de uso e ocupação do solo. Por conseguinte, contribui para a percepção dos limites do solo, fornecendo informações que permitirão a recuperação em caso de degradação. No entanto, esta avaliação não deve concentrar-se apenas na produtividade do solo. Uma avaliação adequada deve visar a qualidade ambiental (SILVA *et al.*, 2020).

A cidade de São Paulo mantém uma plataforma online com indicadores, cujo objetivo é medir a qualidade de vida dos cidadãos paulistanos, e está disponível no *website* do Observatório de Indicadores da Cidade de São Paulo (ObservaSampa). Atualmente, a plataforma conta com 577 indicadores, com 20 temas diferentes, dos quais 281 estão ligados aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estes indicadores estão associados ao ODS 3, Saúde e Bem-Estar. A meta 3.9 deste ODS, define que "Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças causadas por produtos químicos perigosos e pela poluição e contaminação do ar, água e solo" (UNITED NATIONS, 2021).

Na plataforma, são adotados quatro indicadores para monitorar questões relacionadas as áreas contaminadas na cidade de São Paulo, mas não há uma representação espacial destes dados. É possível seguir os indicadores, sob uma perspectiva temporal. Ademais, os indicadores visam apresentar dados consolidados do município, como descrever o número de áreas contaminadas que estão em processo de mudança, relacionado ao uso e ocupação do solo atual. São dados relevantes, contudo, o IAC, aqui proposto, poderia atuar de forma complementar, somando a essas informações, apresentando a realidade dos distritos que, como apresentado neste estudo, pode variar de forma considerável. O mapeamento dos dados, focado nas áreas remediadas por distrito, e empregado neste estudo, poderá contribuir, ainda, ao fomento de medidas e ações de planejamento urbano, visando apoiar os distritos no processo de reabilitação de suas áreas.

A existência de indicadores relativos as áreas contaminadas na plataforma ObservaSampa e a sua relação com os ODS indicam a relevância do tema no processo de avaliação da qualidade ambiental urbana. As áreas contaminadas geram impactos não apenas a qualidade do solo urbano, como a qualidade e a disponibilidade das águas subterrâneas, sendo uma questão discutida em estudos anteriores, em que se destaca as implicações desses impactos ao desenvolvimento sustentável das cidades (COULON *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2017; LINO; AQUINO, 2019; MAJONE *et al.*, 2015; PIGA *et al.*, 2017; SAM, COULON; PRPICH, 2017).

Um bom indicador oferece, frequentemente, um alerta de um problema antes que este alcance um estado grave, e favorece a busca de soluções ao problema. Segundo Flour e Bokhoree, a seleção de indicadores é reconhecida como o primeiro passo para o desenvolvimento sustentável. Este, por sua vez, caminha com o planejamento urbano e todos os instrumentos associados a ele. (ST FLOUR; BOKHOREE, 2022).

4. Conclusões

O planejamento urbano é um fator chave para desenvolver cidades sustentáveis. Assim, é essencial a existência e a disponibilidade de dados ambientais relativos à saúde ambiental das cidades. O estado de São Paulo, por meio da sua agência ambiental, CETESB, tem um importante papel na promoção e nos avanços nos processos de gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil. A cidade de São Paulo, por sua vez, é uma megacidade e oferece diretrizes para as cidades brasileiras.

Com as análises desenvolvidas no presente trabalho, foi possível identificar que as áreas contaminadas se distribuem em praticamente todo o território da cidade de São Paulo, contudo a áreas remediadas podem ser mais observadas em distritos mais próximos a região central, o que poderia ser um indicativo da necessidade de incentivos públicos para suportar esse processo em regiões mais periféricas.

O IAC desenvolvido neste estudo pode ser adotado para qualquer estado ou cidade brasileira. A aplicação ao estado de São Paulo, permitiu a identificação dos municípios que apresentaram as maiores taxas de áreas contaminadas, oferecendo assim dados regionais. Sob uma perspectiva local, os resultados indicaram os distritos da cidade de São Paulo com as maiores taxas de áreas contaminadas. Tais distritos podem necessitar de maior planejamento e controle, no que diz respeito à legislação de zoneamento e à utilização de águas subterrâneas.

Relacionar dados demográficos e de áreas contaminadas, em ações de planejamento urbano e gestão territorial pode contribuir no desenvolvimento de ações estratégicas, que considerem a história ambiental de um território, permitindo que este seja ocupado, respeitando suas possíveis limitações.

Alcançar os ODS e assegurar a ocupação sustentável da cidade depende do aumento na capacidade de gerir dados ambientais e de os empregar nos processos de planeamento. As análises e o indicador proposto neste documento, tem este objetivo, fornecer informação para uma cidade resiliente e sustentável.

Considerando perspectivas para novas pesquisas, com a recente publicação do Censo Demográfico realizado no ano de 2022, o desenvolvimento de novos estudos, que relacionem fatores demográficos, mudanças nas leis de zoneamento das metrópoles e como a reabilitação de áreas contaminadas se distribue no espaço, poderiam ser de grande relevância à compreensão dos fatores de incentivo a reabilitação de áreas contaminadas e como as cidades vem se reconfigurando, por meio das mudanças de uso e ocupação do solo. Seria relevante, ainda, estudos que aprofundem a temática de áreas contaminadas próximas a corpos hídricos, como no caso citado da cidade Paulínia. Ademais, a aplicação do IAC a outros estados brasileiros, que já possuem dados de áreas contaminadas disponíveis, seria uma importante contribuição ao entendimento do cenário brasileiro.

Agradecimentos

Esta pesquisa teve apoio financeiro da CAPES.

Referências

- ABNT, A. B. de N. T. **NBR 15515-1 Passivo ambiental em solo e água subterrânea Parte 1: Avaliação preliminar.** (2011).
- AMADEI, V. de A. A cidade e as áreas contaminadas. **Cadernos Jurídicos Da Escola Paulista Da Magistratura**, 20(52), 39–49, 2019. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/286814413.pdf>
- BARBOSA, M.; BERTOLO, R. A.; HIRATA, R. A Method for Environmental Data Management Applied to Megasites in the State of Sao Paulo, Brazil. **Journal of Water Resource and Protection**, 9, 322–338, 2017. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2017.93021>
- BRAVI, M.; ROSSI, S.; TALARICO, A. Valuation of brownfields recovery through the Real Options Theory, GEAM. **Geingegneria Ambientale e Mineraria**, 141(1), 42–50, 2014. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/277952719_Bravi_M_Rossi_S_Talarico_A_Valuation_of_brownfields_recovery_through_the_Real_Options_Theory_GEAM_Geingegneria_Ambientale_e_Mineraria_141_p_p_42-50_2014_ISSN_1121-9041
- CETESB. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas Projeto CETESB - GTZ Cooperação Técnica Brasil - Alemanha.** (2ed), 389, 2001.
- CETESB. **Relação das áreas contaminadas e reabilitadas no estado de São Paulo 2017.** Retrieved from <http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/11/Mapa-de-atividade.pdf>
- CETESB. **Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo: texto explicativo.** Retrieved April 15, 2020 from <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/>
- CETESB. **Áreas Contaminadas: Industrias Matarazzo.** 2022. Retrieved April 15, 2024, from Áreas Contaminadas Críticas website: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/areas-contaminadas-criticas/industrias-matarazzo/>
- CETESB. **Áreas Contaminadas.** 2022. Retrieved July 21, 2022, from Áreas Contaminadas Críticas website: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/2013/11/22/jurubatuba/>
- COULON, F.; JONES, K.; LI, H.; HU, Q.; GAO, J.; LI, F.; POLLARD, S. China's soil and groundwater management challenges: Lessons from the UK's experience and opportunities for China. **Environment International**, 91, 196–200, 2016. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2016.02.023>
- DROBNIK, T.; GREINER, L.; KELLER, A.; GRET-REGAMEY, A. Soil quality indicators – From soil functions to ecosystem services. **Ecological Indicators**, 94, 151–169, 2018. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2018.06.052>

- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Desktop 10.8.1**. California: ESRI, 2020.
- FIUME, B.; FERNANDES, A. J.; BARBOSA, M. B.; HIRATA, R.; BERTOLO, R. A. Integrated application of geophysical loggings and fracture survey on rock exposures for identifying transmissive fractures in crystalline aquifer: case study in the city of São Paulo. **Brazilian Journal of Geology**, 50 (1), 2020. <https://doi.org/10.1590/2317-4889202020190034>
- GIBSON, R. B. Beyond the pillars: Sustainability Assessment as a framework for effective integration of social, economic and ecological considerations in significant decision-making. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, 8 (3), 259–280, 2006. Retrieved from www.worldscientific.com
- GIBSON, R.; HASSAN, S.; HOLTZ, S.; TANSEY, J.; WHITELAW, G. **Sustainability assessment criteria and processes** (1st ed.; L. E. Sterling, Ed.). London: Routledge, 2005.
- IBGE. **Índice de Desenvolvimento Humano**. 2010. Retrieved July 20, 2022, from Índice de Desenvolvimento Humano website: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/pesquisa/37/30255?localidade1=31&tipo=cartograma>
- IBGE **Áreas Territoriais**. Retrieved July 20, 2022, from Organização do território website: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=35>
- IBGE **Produto Interno Bruto**. 2021b. Retrieved July 20, 2022, from Produto Interno Bruto - PIB website: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>
- IBGE **Cidades e Estados**. 2021c. Retrieved July 20, 2022, from Cidades e Estado website: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html>
- IBGE **Panorama**. 2022. Retrieved September 19, 2022, from Panorama Brasil website: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>
- JACKSON, T. O.; YOST-BREMM, C. (2018). Environmental Risk Premiums and Price Effects in Commercial Real Estate Transactions. **The Appraisal Journal**, 86 (1), 48–67. Retrieved from www.appraisalinstitute.org
- KWATRA, S.; KUMAR, A.; SHARMA, P. A critical review of studies related to construction and computation of Sustainable Development Indices. **Ecological Indicators**, 112, 106061, 2020. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2019.106061>
- L'APICCIRELLA, E.; HIRATA, R.; SIMONATO, M. D.; CARVALHO, A. M.; CAMPOS, J. E.; ROCHA, G.; WENDLAND, E. Metodologia para a definição de área de restrição e controle de uso de águas subterrânea no entorno do canal do Jurubatuba. **Anais do I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo**. 2009. Retrieved from <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22072>
- LI, P.; TIAN, R.; XUE, C.; WU, J. Progress, opportunities, and key fields for groundwater quality research under the impacts of human activities in China with a special focus on western China. **Environmental Science and Pollution Research**, 24 (15), 13224–13234, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8753-7>
- LINO, J. DOS S.; AQUINO, A. R. de. A study of contaminated land in São Paulo city, Brazil and mainly adopted remediation process face a deficient database. **International Journal of Environmental Pollution and Remediation**, 7, 23–35, 2019. <https://doi.org/10.11159/ijep.2019.003>
- MAJONE, M.; VERDINI, R.; AULENTA, F.; ROSSETTI, S.; TANDOI, V.; KALOGERAKIS, N.; AVA, F. In situ groundwater and sediment bioremediation: barriers and perspectives at European contaminated sites. **New Biotechnology**, 32(1), 133–146, 2015. <https://doi.org/10.1016/J.NBT.2014.02.011>
- MALCZEWSKI, J.. **GIS and multicriteria decision analysis**. J. Wiley & Sons. 1999.

MOTTA, R. S. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais** (Coordenação de Estudos do Meio Ambiente do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (CEMA/IPEA) & dos R. H. e da A. L. (COBIO/MMA) Coordenação Geral de Diversidade Biológica do Ministério do Meio Ambiente, Eds.). Rio de Janeiro, 1997.

NARDO, M.; SAISANA, M.; SALTELLI, A.; TARANTOLA, S.; HOFFMANN, A.; GIOVANNINI, E. **Handbook on Constructing Composite Indicators: methodology and user guide.** *In:* Stevens, C.; Baygan, G.; Olsen, K.; Moore, S. (Eds.). 2008. Retrieved from <https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf>

PAYA PEREZ, A.; RODRIGUEZ EUGENIO, N. **Status of local soil contamination in Europe: Revision of the indicator “Progress in the management contaminated sites in Europe.”** 2018. <https://doi.org/10.2760/093804>

PIGA, F. G.; TÃO, N. G. R.; RUGGIERO, M. H.; MARQUEZOLA, D. de S.; BOINA, W. L. de O.; COSTA, C. W.; MOSCHINI, L. E. Multi-criteria potential groundwater contamination and human activities: Araras watershed, Brazil. **RBRH**, 22(0), 2017. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.0217170052>

PINO, D. S.; BERTOLO, R.; LOJKASEK-LIMA, P.; FERNANDES, A. J.; PARKER, B.; HIRATA, R. Discrete fracture network characterization using multiple, high-resolution borehole methods in a crystalline rock aquifer in tropical Sao Paulo city, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 105, 102911, 2021. <https://doi.org/10.1016/J.JSAMES.2020.102911>

PINTÉR, L.; HARDI, P.; MARTINUZZI, A. ; HALL, J. Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement. **Ecological Indicators**, 17, 20–28, 2012. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2011.07.001>

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Dados demográficos dos distritos pertencentes às Prefeituras Regionais | Secretaria Municipal de Prefeituras Regionais**, Prefeitura da Cidade de São Paulo. 2017. Retrieved May 14, 2018, from http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/regionais/subprefeituras/dados_demograficos/index.php?p=12758

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Sistema de Consulta do Mapa Digital da Cidade de São Paulo**. 2019. Retrieved August 19, 2019, from http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx#

QUIROGA-MARTINEZ, R. **Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe**. 2001. Retrieved from <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5570-indicadores-sostenibilidad-ambiental-desarrollo-sostenible-estado-arte>

RISSO GÜNTHER, W. M. Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 2, p. 105–117, 2006. Retrieved from http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20n02_08.pdf

SALINAS, V. C. F. Contaminacao do solo em São Paulo: o caso da operação urbana bairros do Tamanduateí. **Revista LABVERDE**, 10 (04), 84–102, 2015. Retrieved from <http://www.periodicos.usp.br/revistalabverde/article/view/98428>

SALINAS, V. C. F. Brownfields and its consequences: A particular case of the urban operation of Tamanduateí districts. **Revista LABVERDE**, 11 (03), 52–74, 2016. Retrieved from <http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/107249/111590>

SAM, K.; COULON, F.; PRPICH, G. A multi-attribute methodology for the prioritisation of oil contaminated sites in the Niger Delta. **Science of The Total Environment**, 579, 1323–1332, 2017. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2016.11.126>

SANDES, B. B. de O. F. **Ação Civil Publica: O caso de contaminação em Paulínia/SP**. Centro Universitário de Brasília. 2011.

Retrieved from <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/123456789/422/3/20502847.pdf>

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto estadual n.59.263, de 05 de junho de 2013.** , Pub. L. No. 59.263, Diário Oficial do Estado, 2013.

SEADE. **SP tem 9 municípios que concentram 42% da população paulista.** 2022. Retrieved April 13, 2024, from Seade na Imprensa website: <https://www.seade.gov.br/sp-tem-9-municipios-que-concentram-42-da-populacao-paulista-sao-jose-esta-na-lista/>

SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE. **Área de Proteção Ambiental CAPIVARI-MONOS.** 2019. Retrieved June 11, 2019, from Prefeitura da Cidade de São Paulo website: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de_conservacao/apa_capivarimono/s/index.php?p=41966

SILVA, M. de O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L. do; OLIVEIRA, J. de; PEREIRA, D. de F.; COSTA, K. D. da S. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, 6 (7), 47838–47855, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-431>

ST FLOUR, P. O.; BOKHOREE, C. A fuzzy based sustainability assessment tool for small island states. **Current Research in Environmental Sustainability**, 4, 100123, 2022. <https://doi.org/10.1016/J.CRSUST.2022.100123>

STASCHOWER, E. As transformações do espaço fabril em S. Caetano do Sul (SP), no século xx: O caso da i.r.f. matarazzo. **URBANA: Revista Eletrônica Do Centro Interdisciplinar de Estudos Sobre a Cidade**, 11(2), 236–260, 2019. <https://doi.org/10.20396/urbana.v11i2.8651613>

SWARTJES, F. A.; RUTGERS, M.; LIJZEN, J. P. A.; JANSSEN, P. J. C. M.; OTTE, P. F.; WINTERSEN, A.; POSTHUMA, L. State of the art of contaminated site management in The Netherlands: Policy framework and risk assessment tools. **Science of The Total Environment**, 427–428, 1–10, 2012. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2012.02.078>

UNITED NATIONS. **The Worlds Cities in 2018 - Data Booklet.** 2018. Retrieved from https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf

UNITED NATIONS. **Home - E-Handbook on SDG Indicators - UN Statistics Wiki.** 2021. Retrieved May 3, 2022, from E-Handbook on Sustainable Development Goals Indicators website: <https://unstats.un.org/wiki/display/SDGeHandbook/Home>

VERMA, P.; RAGHUBANSHI, A. S. Urban sustainability indicators: Challenges and opportunities. **Ecological Indicators**, 93, 282–291, 2018. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2018.05.007>

VILAR, J.; JARDIM, L.; RIYIS, M. T.; CUNHA, R. C. de A. Smart Characterization para mapeamento da distribuição de contaminantes em área fonte impactada por solventes clorados. **InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, 13 (1), 17–41, 2018. Retrieved from <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual* (CC BY-NC-SA).