

## Mapeamento de áreas vulneráveis a impactos ambientais causados por postos de combustíveis na cidade de Londrina – PR

### RESUMO

A Resolução do CONAMA 237/2000 considera os postos de combustíveis como empreendimentos potencialmente poluidores, uma vez que podem gerar significativos impactos negativos sobre o meio ambiente e a sociedade. O trabalho teve como objetivo mapear os postos de combustíveis da cidade de Londrina-PR e avaliar sua conformidade com a legislação municipal, bem como identificar as áreas mais vulneráveis a impactos sobre os recursos hídricos. Técnicas de geoprocessamento foram aplicadas para a espacialização dos postos de combustíveis e dos elementos urbanos próximos, assim como no levantamento das condições ambientais da cidade de Londrina. Foram realizadas análises de distâncias mínimas dos postos de combustíveis com: elementos urbanos, áreas de preservação permanente (APP) e poços de abastecimento. Para avaliar a vulnerabilidade do aquífero Serra Geral (SASG) na região de Londrina foi aplicada a metodologia GOD. Os resultados obtidos demonstraram que, dos 107 postos analisados, apenas 18 apresentaram-se regulares segundo as análises de conformidade. Foi constatado pelo mapa de vulnerabilidade que o risco de contaminação das águas subterrâneas na cidade de Londrina é desprezível. Assim, verificaram-se irregularidades principalmente no que se refere ao atendimento às distâncias mínimas estabelecidas pelas legislações, as quais deveriam ser observadas para proteção do meio ambiente e da segurança da população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise de conformidade. Legislação Ambiental. Risco de contaminação. Geoprocessamento.

**Audrey Hanae Maeda**

[audreymaeda@gmail.com](mailto:audreymaeda@gmail.com)

[orcid.org/0000-0001-5062-3933](https://orcid.org/0000-0001-5062-3933)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, Paraná, Brasil.

**Lígia Flávia Antunes Batista**

[ligia@utfpr.edu.br](mailto:ligia@utfpr.edu.br)

[orcid.org/0000-0002-2146-765X](https://orcid.org/0000-0002-2146-765X)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, Paraná, Brasil.

## INTRODUÇÃO

O transporte no Brasil é predominantemente rodoviário, dependendo basicamente de combustíveis fósseis e biocombustíveis para manter o ciclo econômico. Por isso, é de grande importância a cadeia de postos de abastecimento de combustíveis disposta estrategicamente em todo território nacional (BARROS, 2006). Em contrapartida, a concentração de postos de combustíveis em uma região da cidade pode implicar em diversos problemas ambientais e sociais. Nota-se que a escolha do local para instalação dos postos muitas vezes não considera as características do meio ambiente ou a dinâmica social do entorno, visto que muitos postos de combustíveis são implantados próximos a diversos empreendimentos comerciais ou equipamentos públicos (SILVA; OLIVEIRA, 2017).

Os acidentes ambientais envolvendo os postos de combustíveis estão, na maioria dos casos, relacionados com vazamentos dos tanques subterrâneos de armazenamento ou derramamentos (SILVA; SOUZA; RIBEIRO, 2018). Santos (2008) alega que muitos dos acidentes envolvendo vazamentos podem ser atribuídos à falta de instrumentos técnicos que estabeleçam critérios de escolha de áreas para ocupação com atividades potencialmente poluidoras, bem como a inexistência de áreas com prioridades de proteção, por apresentarem características ambientais que as tornem mais sensíveis aos vazamentos. Por isso, faz-se necessário utilizar critérios e procedimentos definidos em legislações para definir a instalação de postos de combustíveis, com o objetivo de minimizar esses impactos negativos (OLIVEIRA et al., 2008).

Neste contexto, evidencia-se a necessidade desses postos estarem em conformidade com as normas estabelecidas pelos órgãos competentes, para resguardar o equilíbrio do meio ambiente (LORENZETT; ROSSATO; NEUHAUS, 2011).

Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 273/ 2000 (CONAMA, 2000), norma federal que trata da regulamentação desses empreendimentos, os postos de combustíveis são considerados empreendimentos potencialmente poluidores, uma vez que podem poluir as águas superficiais e subterrâneas, o solo e o ar (BRASIL, 2000). Essa resolução determina que é necessário identificar as áreas de recarga, assim como, a localização dos poços de captação de água destinados ao abastecimento urbano, dos quais os postos devem estar a uma distância superior a 100 metros.

No âmbito do município de Londrina, a legislação que regulamenta a distância mínima para instalação de postos revendedores de combustíveis é a Lei Municipal nº 6.168/ 1995 e a Lei Municipal nº 10.353/2007, que altera os artigos 2º, 3º e o inciso XII do artigo 6º (LONDRINA, 2007). Dependendo da data de instalação do posto, deve-se considerar uma ou outra legislação. A Lei referente ao ano de 1995 (LONDRINA, 1995) define uma distância de 1500 metros entre um posto e outro e, a Lei de 2007, altera essa distância para 1000 metros. Devem ainda obedecer aos seguintes distanciamentos mínimos de 100 metros de igrejas, 300 metros de hospitais, postos de saúde, áreas militares, mercados e supermercados e de 400 metros de escolas e creches para a Lei nº 6.168/1995. A Lei nº 10.353/2007 estabelece o mínimo de distância de 100 metros de igrejas e 300 metros escolas, creches, áreas militares, mercados e supermercados.

No que se refere a distância entre os postos de combustíveis e corpos hídricos, o Novo Código Florestal (NCF), Lei nº 12.651/2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, apresentando parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (APP). Em seu art. 4º, considera como APP as faixas marginais de 30 metros, para os cursos d'água com menos de 10 metros de largura e, para nascentes e dos olhos d'água perenes, as áreas ao entorno no raio mínimo de 50 metros (BRASIL, 2012).

Embora atualmente já existam legislações que regulamentem a instalação e operação de postos de combustíveis de modo a evitar riscos ambientais e à população, observa-se que contaminações ainda ocorrem e, portanto, constitui-se um problema socioambiental que merece atenção (SANTOS, 2008).

Segundo Câmara e Davis (2004), o geoprocessamento fundamenta-se em técnicas matemáticas e computacionais, por meio das quais possibilita o tratamento e integração de dados georreferenciados e realização de análises complexas que servem como subsídio em processos de tomada de decisão. As geotecnologias de uma forma geral vêm sendo bastante utilizadas no planejamento urbano, bem como no monitoramento e análise ambiental, visto que permitem o cruzamento de dados a partir de diversos métodos de análise multicritério, permitindo uma visão mais ampla e precisa do local de estudo (SANTOS, 2008).

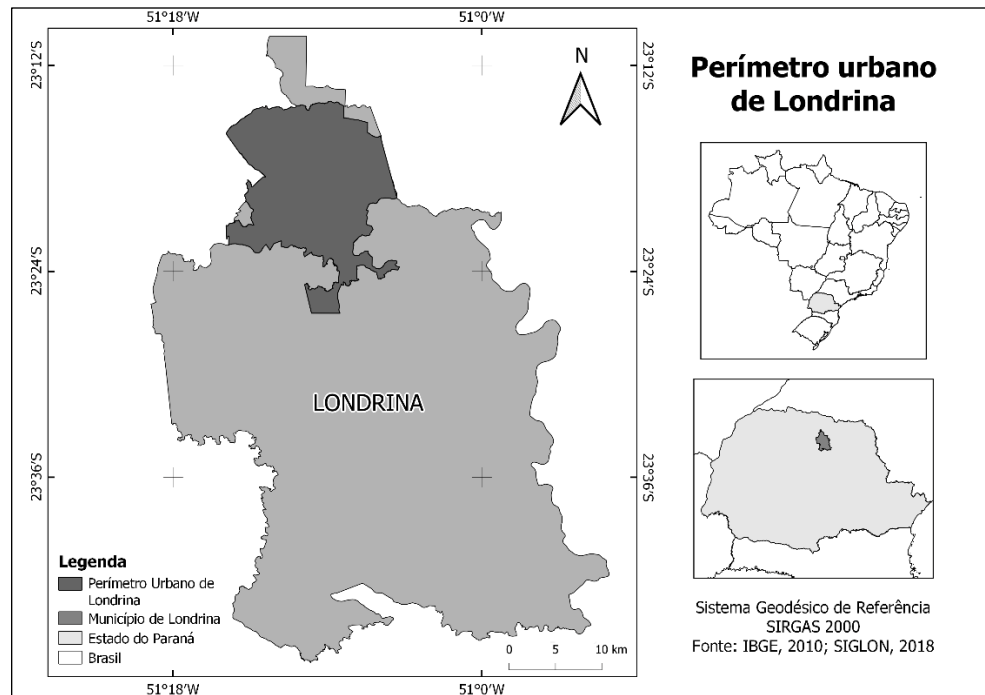
As aplicações de geoprocessamento em contextos de apoio à gestão urbana e análises ambientais são as mais variadas, tais como avaliação de áreas potenciais para implantação de aterros sanitários (SAMIZAVA et al., 2008), modelagem de expansão urbana (STEVENS; DRAGICEVIC; ROTHLEY, 2007) e de risco de incêndio causado por atividades humanas (ROMERO-CALCERRADA et al., 2010), análise de áreas de proteção ambiental (ALMEIDA; SILVA, 2016), caracterização da dinâmica de espaços verdes em áreas urbanas (WANG et al., 2018). As possibilidades tornam-se ainda maiores quando se agregam imagens de sensoriamento remoto, técnicas de aprendizado de máquina e diversidade de sensores para aquisição de dados (MEEROW; NEWELL, 2017; QIU et al., 2020; TOTH; JÓZKÓW, 2016).

Dessa forma, este trabalho tem o objetivo de analisar espacialmente os postos de combustíveis na área urbana do Município de Londrina, verificando a distribuição e conformidade dos mesmos de acordo com as legislações vigentes e identificar as áreas de potencial impacto ambiental e social por meio de operações de geoprocessamento.

## **MÉTODOS**

A área de estudo abrange a área urbana do município de Londrina (Figura 1). Situada no norte do Estado do Paraná, é a segunda cidade mais populosa do estado e a quarta do Sul do país (IBGE, 2016). Encontra-se entre as coordenadas 23°08'47" e 23°55'46" de latitude Sul e entre 50°52'23" e 51°19'11" a Oeste de Greenwich. É cidade de porte médio, com uma área de 1.652, 569 km<sup>2</sup>, sendo 264,641 km<sup>2</sup> a área do perímetro urbano (IBGE, 2016). Possui mais de 500 mil habitantes, com densidade demográfica de 306,52 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2016) e uma frota de mais de 500 mil veículos (DETRAN, 2017).

Figura 1 – Área de estudo delimitada pelo perímetro urbano de Londrina



Fonte: Autoria própria (2019).

## ESPACIALIZAÇÃO DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ELEMENTOS URBANOS

Os endereços dos postos de combustíveis foram adquiridos por meio do site da ANP (2019). A localização dos postos de revenda de combustíveis foi obtida a partir do georreferenciamento dos endereços, pelo processo de geocodificação.

Os dados referentes aos elementos urbanos foram disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina (IPPUL), os quais se tratavam de estabelecimentos de saúde, educação e elementos religiosos. Para a elaboração de bancos de dados geográfico, vetorização, processamento e análises espaciais foi utilizando o software livre QGIS versão 3.4.

## ESPACIALIZAÇÃO DOS POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

A espacialização dos poços de captação de água foi realizada a partir dos dados disponibilizados no repositório do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), em que consta a localização dos poços tubulares profundos e outros dados cadastrais. Os dados adquiridos foram poços referentes ao município de Londrina, Cambé e Ibiporã.

Foram avaliados 488 poços tubulares profundos perfurados na cidade de Londrina. Os dados relativos a Cambé e Ibiporã serviram para aumentar a área de abrangência e a confiança da estimativa da interpolação dos poços. Para tanto, foram utilizados 532 pontos que apresentavam informações de nível estático da água. As seguintes informações dos poços foram importadas para o SIG: Número do ponto; Coordenadas UTM; Latitude e Longitude; Nível estático e Nível dinâmico; e Tipos de uso da água.

## DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Para a delimitação das áreas de preservação permanente foram utilizados os dados de hidrografia do município de Londrina, disponibilizados pelo Sistema de Informação Geográfica de Londrina (SIGLON, 2019). Utilizando-se dessa camada como base, foi realizada a delimitação das APPs ao longo dos cursos d'água e nascentes. A delimitação foi gerada pela análise de proximidade, com a operação *buffer*, seguindo as diretrizes de distância do artigo 4º do Novo Código Florestal (BRASIL, 2012). Para a delimitação da faixa de APP, primeiramente foi considerado que todos os cursos d'água do perímetro urbano da cidade de Londrina possuíam até 10 metros de largura, a fim de representar o leito dos rios. Posteriormente, foi delimitada uma faixa de 30 metros a partir das margens, correspondente à mata ciliar.

Os pontos relacionados a nascentes foram identificados por meio da interpretação visual da rede hidrográfica, na qual se admitiu que todo início de drenagem é advindo de nascente (HUPP; FORTES, 2013). Para tanto, foram digitalizadas as nascentes em cada uma das extremidades dos cursos d'água e, a partir de tais pontos, foi delimitado um raio de 50 metros.

Encontra-se na área urbana o Lago Igapó, um lago artificial criado a partir do represamento do Ribeirão Cambé, curso d'água localizado na área urbana de Londrina (OLIVEIRA, 2018). Por ter sido construído antes da publicação da primeira edição do Código Florestal e por não se enquadrar nos critérios estabelecidos por essa lei, foram consideradas para a delimitação de APP as disposições estabelecidas pela Lei Estadual nº 18.295/2014, art. 57, § 1º (PARANÁ, 2014). Foi necessário vetorizar manualmente a área de espelho d'água do lago, a partir da qual foi aplicado o *buffer* considerando uma faixa de 15 metros, correspondente a APP.

## ESTIMATIVA DA PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO

A fim de avaliar os poços mais suscetíveis a possíveis contaminações por vazamentos de combustíveis, foi realizada a estimativa da profundidade do lençol freático aplicando a interpolação pelo método da média ponderada pelo inverso do quadrado da distância (CAMARGO; FUCKS; CÂMARA, 2002), a partir das informações de profundidade de nível estático da água dos poços tubulares profundos.

## MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO - ÍNDICE GOD E IQR

O termo vulnerabilidade dos aquíferos é definido como a susceptibilidade ao risco de introdução e propagação de contaminantes, desde a superfície do terreno até o aquífero (SANTOS, 2005). Os lençóis de águas subterrâneas próximos à superfície estão mais sujeitos à ação de agentes contaminantes, portanto, a profundidade do nível estático do lençol freático é um parâmetro importante a ser considerado.

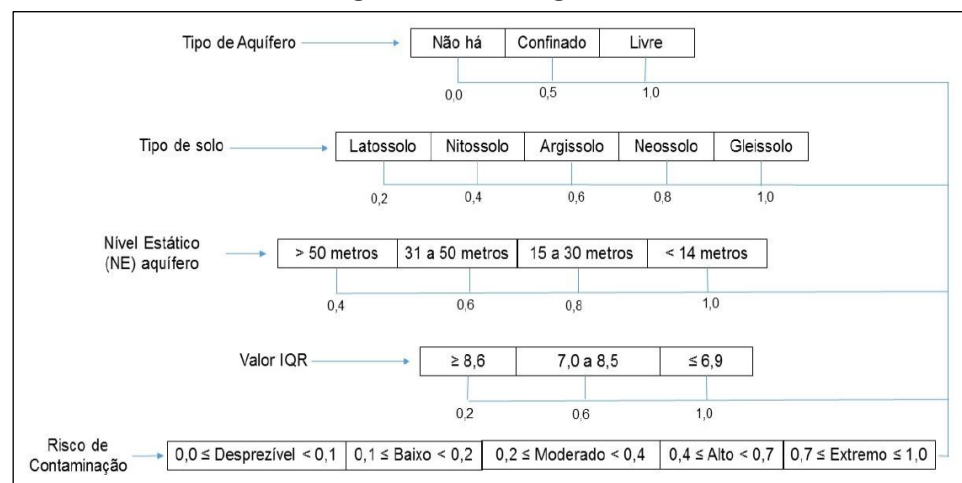
Para elaboração do mapa de risco de contaminação foi utilizada a combinação da metodologia GOD e IQR, desenvolvida por Eiras e Santos (2018), nomeada como RIQA. A nomenclatura da metodologia GOD é o acrônimo em inglês de três

parâmetros fundamentais: *Groundwater occurrence* (ocorrência de água subterrânea); *Overall lithology of unsaturated zone* (natureza composicional da zona não saturada e/ou aquitarde e seu grau de fraturamento) e; *Depth to groundwater table* (profundidade do nível d'água ou da base de confinamento do aquífero) (EIRAS, 2015). O IQR refere-se ao Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos, o qual permite avaliar áreas passíveis à implantação de aterros sanitários (SILVA et al., 2012).

Foram atribuídos índices para cada parâmetro de acordo com o seu potencial de vulnerabilidade a contaminação, cujos valores variam de 0 a 1, do aquífero menos vulnerável à contaminação ao mais vulnerável (EIRAS, 2015).

Na Figura 2 apresenta-se como foram distribuídas as notas para cada parâmetro para a construção do mapa de risco de contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) para a cidade de Londrina.

Figura 2 – Metodologia RIQA



Fonte: Eiras e Santos (2018).

Para o parâmetro tipo de aquífero foi considerado o valor 1, uma vez que o SASG é predominantemente livre. Para o parâmetro de solo, foi necessária a elaboração de um mapa pedológico, seguido da atribuição de pesos para cada classe. As informações acerca da pedologia foram obtidas no repositório do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG, 2019). Para o parâmetro nível estático do aquífero foram utilizados os dados dos poços tubulares profundos. Por meio de operações de álgebra de mapas, foram atribuídos pesos para cada valor de profundidade do nível estático do aquífero e, por fim, foi gerado o resultado que consistia no peso do lençol freático.

Eiras e Santos (2018), encontraram o valor do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) para o município de Londrina superior a 8,6. Portanto, para esse parâmetro foi considerado o peso de 0,2, conforme esquematizado na Figura 2. Por fim, para determinar o risco de contaminação do lençol freático fez-se a multiplicação dos índices IQR e GOD.

## AVALIAÇÃO DE PROXIMIDADE ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Após espacialização dos postos de combustíveis, realizou-se a classificação dos estabelecimentos segundo sua data de abertura. Para os postos instalados antes do ano de 1995, não foi realizada nenhuma análise de distanciamento pois não havia embasamento legal para esses empreendimentos.

Para os postos instalados entre os anos de 1995 e 2007, com o auxílio da ferramenta *buffer*, foi delimitado um raio de 1500 metros dos postos de abastecimento, seguindo o requisito apresentado pela Lei nº 6.168/1995. Para os postos instalados após o ano de 2007, o raio mínimo delimitado foi de 1000 metros, atendendo o requisito estabelecido pela Lei nº 10.353/2007.

Primeiramente foram realizadas análises de conformidade dos postos instalados entre os anos de 1995 e 2007 com relação aos demais postos, existentes antes da publicação da lei de 1995. Posteriormente, a análise foi aplicada para os postos inaugurados após o ano de 2007 com relação aos postos em operação anteriores a esse ano.

## AVALIAÇÃO DE PROXIMIDADE ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ELEMENTOS URBANOS

A delimitação dos elementos urbanos próximos aos postos foi gerada seguindo as disposições dadas pelas duas legislações citadas na seção anterior. As duas definem que os postos de combustíveis devem se apresentar a uma distância mínima de 300 metros de hospitais e clínicas. Para elementos de educação, a distância estabelecida na Lei nº 6.168/1995 foi de 400 metros, sendo essa distância alterada para 300 metros. Para elementos religiosos a distância estabelecida foi de 100 metros e sem alterações para a legislação mais recente.

A primeira análise foi realizada para os postos instalados entre os anos de 1995 e 2007 com relação aos elementos urbanos e a segunda para os postos instalados após o ano de 2007. Não foi considerada a data de instalação dos elementos urbanos, uma vez que tais informações não foram disponibilizadas pelo IPPUL.

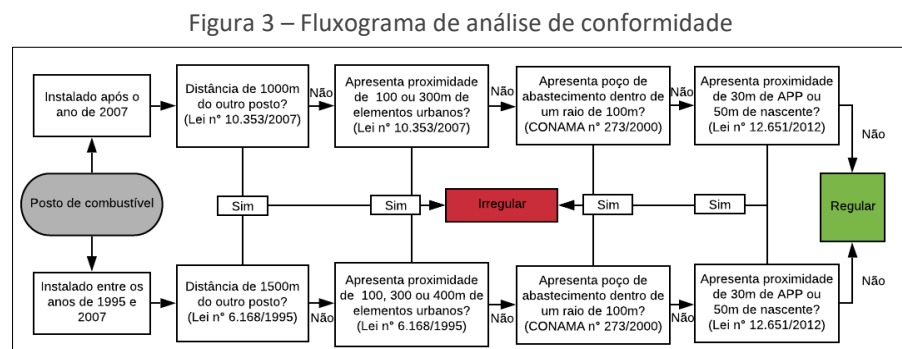
## INFLUÊNCIA DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

De acordo com a resolução do CONAMA nº 273/2000, para a emissão de licenças de um posto de combustível, é necessário identificar as áreas de recarga e a localização de poços de captação de águas subterrâneas, que devem estar a um raio acima de 100 metros.

As análises realizadas exigiram a discriminação dos postos de combustíveis instalados antes e após o ano de 2000. Da mesma forma, com o auxílio da ferramenta *buffer*, foi delimitado o raio mínimo a partir dos poços de abastecimento e, a análise de conformidade desse critério foi realizada somente para os postos instalados após o ano de 2000.

## ANÁLISE DE CONFORMIDADE

A análise de conformidade geral dos postos de combustível, considerando todos os critérios elencados neste estudo, foi realizada conforme o fluxograma da Figura 3. Considerou-se como irregular aquele posto que se apresentava dentro do raio estabelecido segundo um ou mais critérios. A ordem de análise dos critérios não alterou no resultado.



Fonte: Autoria própria (2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Na cidade de Londrina foram identificados 107 postos de combustíveis em operação, segundo os dados disponibilizados pela ANP. A Tabela 1 apresenta a quantidade de postos de combustíveis por região. A distribuição geográfica dos postos reflete o processo histórico de ocupação e desenvolvimento da cidade. A região central, mais antiga, é a que apresenta maior quantidade de postos de combustíveis instalados, com 48 empreendimentos, os quais correspondem a 44,9% do total de postos em Londrina. Os demais estão distribuídos por outras regiões da cidade.

Tabela 1 – Quantidade de postos por região urbana

Região	Quantidade de postos	Porcentagem (%)
Centro	48	44,9
Sul	16	14,9
Leste	16	14,0
Oeste	15	14,9
Norte	12	11,2
Total	107	100

Fonte: Autoria própria (2019).

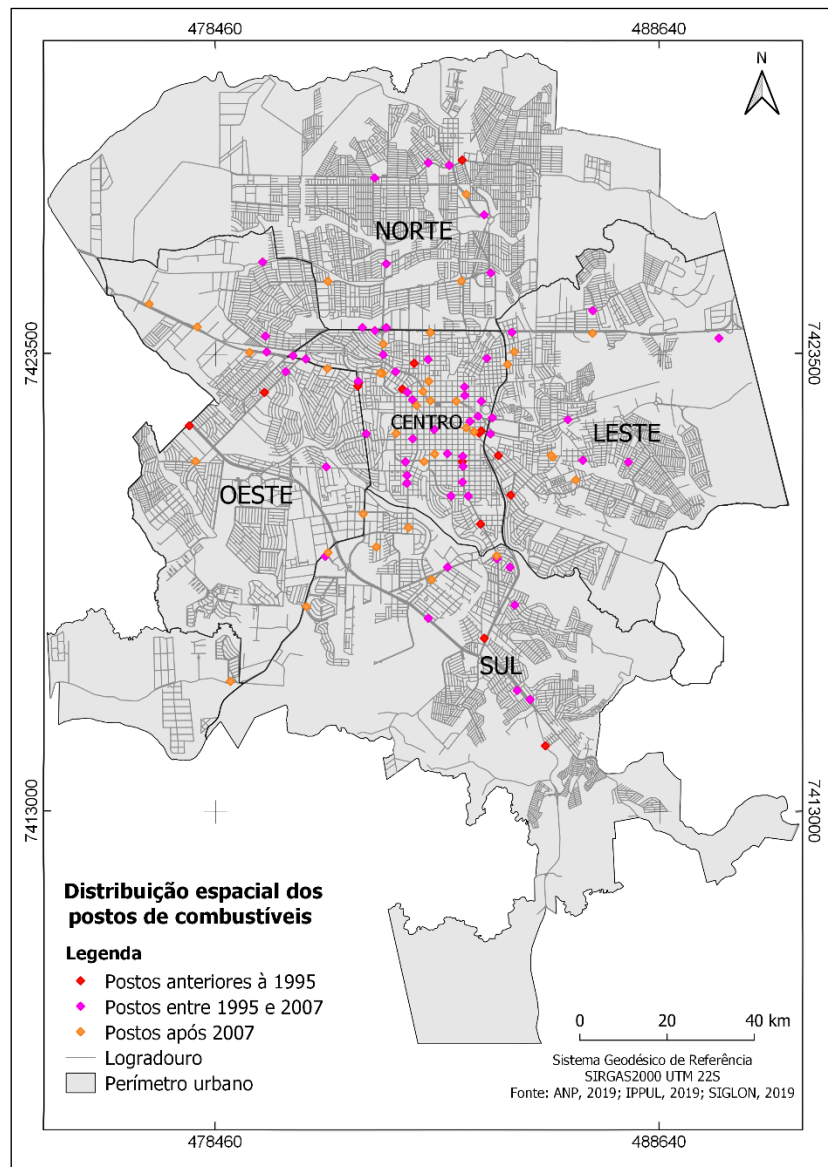
A Figura 4 mostra a distribuição espacial dos postos em cada uma das 5 regiões urbanas de Londrina, discriminados conforme o período de instalação.

Considerando a média de 5,4 tanques/postos (LOUREIRO et al., 2002), estima-se a existência de um total de cerca de 600 tanques de armazenamentos de



combustíveis instalados com capacidade de 15.000 litros cada. Assim, de acordo com essas estimativas, Londrina teria uma capacidade instalada de 9 milhões de litros de combustíveis armazenados em tanques subterrâneos.

Figura 4 – Distribuição espacial dos postos de combustível na cidade de Londrina



Fonte: Autoria própria (2019).

### ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Foi constatado um total de 15 postos de combustíveis instalados antes do ano de 1995. Para esses postos a orientação é a adequação ambiental segundo as disposições estabelecidas pelo CONAMA nº 273/2000, para preservar o equilíbrio do meio ambiente. As análises espaciais realizadas, conforme o fluxograma (Figura 3), apresentaram no total 71 postos irregulares instalados no período de 1995 até o ano de 2019, com distâncias inferiores a 1000 metros ou 1500 metros de outros postos. Ao analisar a totalidade dos dados, foi possível verificar que 66,3% dos postos instalados na cidade de Londrina apresentam-se irregulares segundo a

legislação consultada. Verificou-se também que o quadrilátero central de Londrina não comporta mais a instalação de novos empreendimentos dessa natureza. Ao avançar para as regiões periféricas da cidade, pode-se considerar a instalação de novos estabelecimentos em espaços pontuais, desde que se respeite a área de influência do posto de combustível (raio de 1000 metros) acerca das atividades que estão sendo desenvolvidas ao seu entorno e as respectivas legislações.

## **ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ELEMENTOS URBANOS**

Assim como a proximidade entre postos de combustíveis pode implicar em diversos problemas ambientais e sociais, a proximidade dos postos com os elementos urbanos também pode oferecer riscos à saúde e segurança da população. Os dados disponibilizados pelo IPPUL apresentam mais de 2000 estabelecimentos de saúde espalhados pela cidade de Londrina. O conjunto completo de dados urbanos abrange hospitais, clínicas de diversas atividades, clínicas veterinárias, laboratórios, prontos-socorros, unidades de pronto atendimento (UPA), unidades básicas de saúde (UBS), instituições religiosas cadastradas no IPPUL, escolas/colégios de ensino primário e médio, instituições de ensino superior, centros municipais de educação infantil (CMEI), centros de educação infantil (CEI) e outros centros de ensino.

Verificou-se que 72 postos próximos a elementos urbanos de saúde estavam irregulares, representando 67,3% do total. Para os elementos de ensino, obteve-se um total de 441 instituições de ensino de diversos níveis de escolaridade. Ao analisar os resultados observou-se que 72 postos encontravam irregulares em relação a estabelecimentos educacionais, representando 67,3% do total. Foi constatada a presença de 723 estabelecimentos religiosos, onde 22 postos de combustíveis encontram-se irregulares, representando 20,6% do total. Ressalta-se que nestas análises de equipamentos públicos, não foi verificada a data dos empreendimentos instalados, em virtude de indisponibilidade de dados. Por isso, não foi feita a comparação do que foi instalado primeiro, se o posto ou o equipamento urbano, em cada caso.

## **PROXIMIDADE ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)**

Para este estudo foi considerado como APP somente o entorno das nascentes e a mata ciliar das margens de rios, córregos, e do Lago Igapó. Tiburtius et al. (2004) afirmam que, em caso de vazamento de combustível, pode haver a contaminação do solo e da água em grandes proporções. Como exemplo, considerando-se o vazamento de 10 ml por dia, estima-se que pode haver o comprometimento de 3 milhões de litros de água por ano.

Constatou-se que nenhum posto de combustível se encontra irregular em relação a APP, indicando que os cursos d'água, neste sentido, estão preservados.

## ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E POÇOS DE ABASTECIMENTO

Alievi, Pinese e Celligoi (2012) verificaram que na cidade de Londrina os poços são utilizados principalmente por condomínios verticais localizados na área central, nas áreas periféricas da cidade, com grande quantidade de condomínios horizontais, e em áreas em que há elevada atividade industrial, principalmente do ramo alimentício. É possível notar que a captação de água por meio de poços é amplamente utilizada para o abastecimento doméstico. Assim, a contaminação de águas subterrâneas por vazamentos de derivados de petróleo é uma ameaça para a qualidade das águas, podendo vir a causar problemas ambientais sendo, portanto, uma grande ameaça à saúde da população.

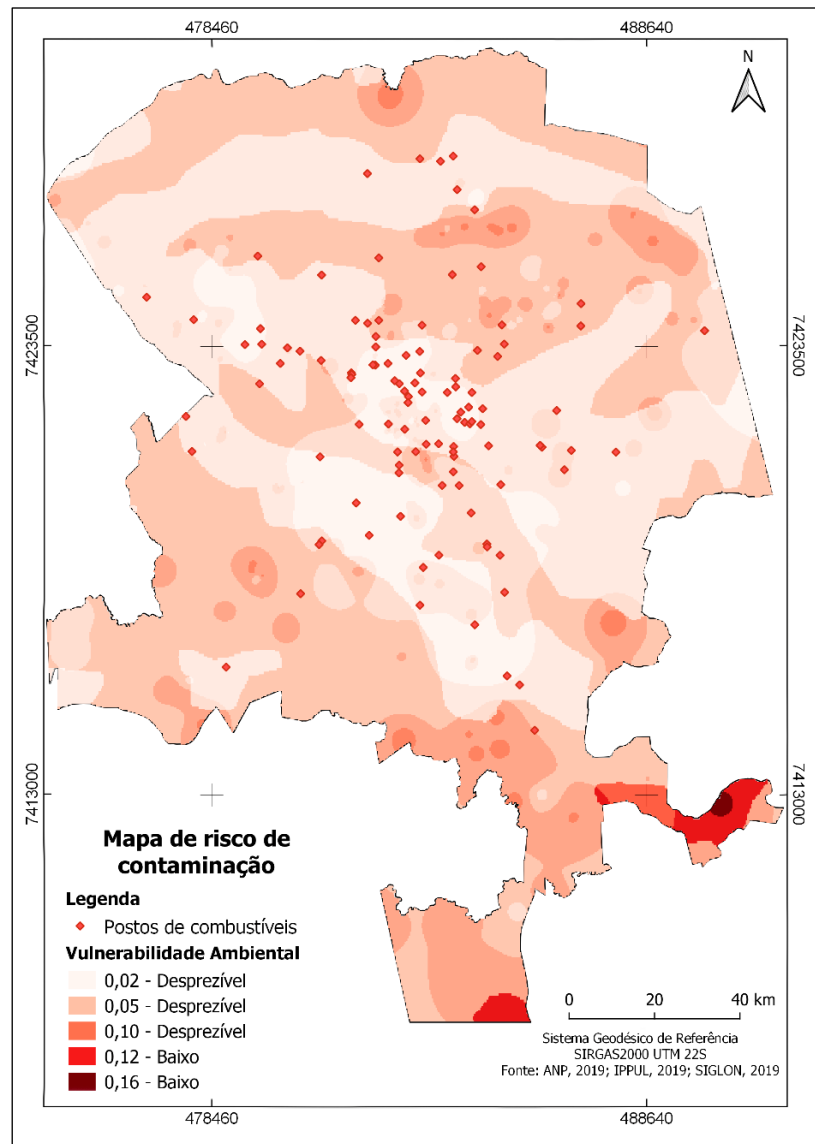
Após análises espaciais constatou-se que 8 postos de combustíveis estão irregulares com relação a proximidade de poços de abastecimento.

## MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DO SASG

Por meio da união das características estruturais intrínsecas do SASG e do IQR foi possível construir o mapa de risco de contaminação do SASG apresentado na Figura 5. Ao comparar os resultados obtidos com os valores apresentados na Figura 2, foi possível concluir que o risco de contaminação do lençol freático nas áreas onde estão instalados os postos de combustíveis é desprezível, já que os valores obtidos estão entre 0 e 0,1. Nas áreas do mapa com risco baixo (maior que 0,1) não há postos instalados.

Entretanto, sabe-se de casos de contaminação de águas de poços de abastecimento. Como exemplo pode-se citar o acontecimento de 2002, foi constatado o afloramento de óleo diesel a 300 metros do *pool* de combustíveis de Londrina. Por meio de laudos técnicos emitidos pelo IAP, verificou-se que aproximadamente 100 mil litros de combustível causaram a contaminação das águas do Ribeirão Lindóia e da sua Área de Preservação Permanente (TRIBUNA, 2002). Segundo Celligoi, Kiang e Santos (2007), ocorreu a infiltração do óleo diesel até o lençol freático, atingindo também a nascente próxima ao ribeirão. Outro acidente envolvendo o derramamento de combustíveis ocorreu em 2012, quando uma locomotiva e um vagão carregado de óleo diesel descarrilharam no pátio ferroviário derramando cerca de 40 mil litros de combustível que também acabou atingindo o Ribeirão Lindóia (G1 PR, 2012). Estes casos demonstram novamente a importância de minimizar os impactos ambientais decorrentes de vazamento de combustíveis.

Figura 5 – Mapa de risco de contaminação ambiental

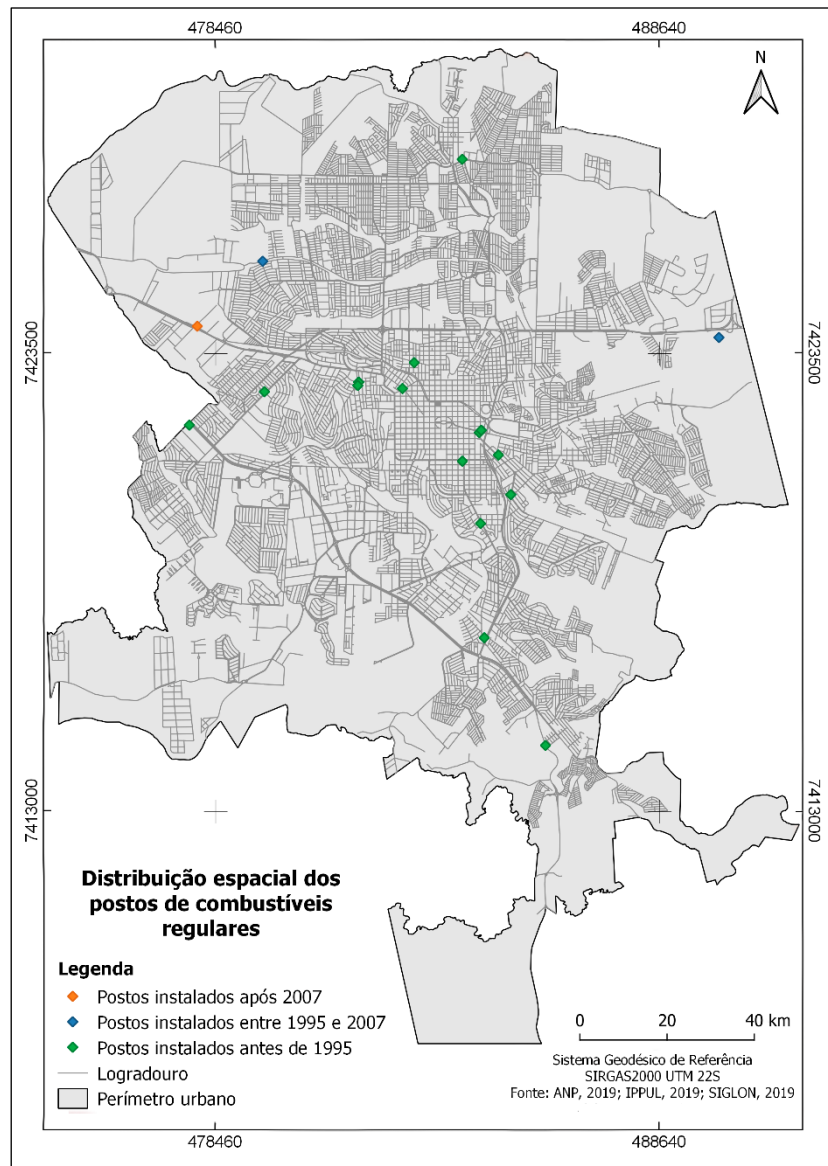


Fonte: Autoria própria (2019).

## POSTOS DE COMBUSTÍVEIS REGULARES

A análise de conformidade resultou em apenas três postos de combustíveis regulares conforme a legislação utilizada, representando apenas 2,8% do total, os quais foram instalados após a primeira legislação de 1995 e seguiram todos os critérios estabelecidos, apresentando-se fora do raio mínimo de outros postos, de elementos urbanos, distância adequada de APP e de poços de abastecimento. Para outros 15 postos, todos foram instalados antes da publicação da lei de 1995 e, por isso, nenhuma análise de conformidade foi aplicada a eles, já que não havia legislação pertinente. Tem-se, assim, 18 postos que não estariam irregulares. A Figura 6 apresenta a localização desses postos no que se refere às análises realizadas neste trabalho.

Figura 6 – Espacialização dos postos de combustíveis regulares



Fonte: Autoria própria (2019).

## CONCLUSÕES

Pode-se verificar por meio desse trabalho que a grande maioria de postos instalados na cidade de Londrina, correspondente a 83,2% do total, se encontra irregular, de acordo com as legislações consultadas. Os demais postos foram na maioria instalados antes da publicação da primeira legislação que estabelecia a distância mínima, o mais antigo datado em 1970. Portanto, seria importante alterar a legislação de forma a exigir a adequação dos postos mais antigos, os quais podem ter tanques de armazenamento de combustíveis com mais de 20 anos, suscetíveis a vazamentos decorrentes de corrosões. Seria necessário rever a regulamentação referente ao distanciamento dos elementos urbanos, com o objetivo de minimizar os potenciais impactos ambientais e sociais negativos causados pelas substâncias comercializadas no empreendimento.

O mapa elaborado de risco de contaminação ambiental apontou que a região de Londrina apresenta risco desprezível de contaminação das águas subterrâneas. De qualquer forma, já ocorreram problemas dessa natureza, citados neste trabalho. Por isso, não se pode considerar como zero a probabilidade de contaminação, uma vez que, vários fatores estão envolvidos. Portanto, é necessária uma investigação mais detalhada sobre as causas da poluição e o monitoramento dos postos de combustíveis em questão.

Esse trabalho também permitiu identificar áreas viáveis e inviáveis para a instalação de certas atividades ou para a implantação de futuros postos de combustíveis. Foi verificado que a região central de Londrina e áreas próximas não comportam a instalação de novos postos de combustíveis.

A concentração de postos de combustíveis pode implicar em diversos problemas ambientais e sociais, caso os empreendimentos não funcionem adequadamente. A proximidade desses postos oferece riscos à população em caso de acidentes com as substâncias inflamáveis, com a ocorrência de incêndios ou explosões, e substâncias tóxicas presentes nos estabelecimentos. Assim, faz-se necessário seguir os critérios e procedimentos definidos nas legislações e normas técnicas, com o intuito de minimizar os potenciais impactos ambientais e sociais negativos em decorrência de defeitos nas estruturas ou falhas humanas operacionais.

Recomenda-se para trabalhos futuros uma análise espacial que considere também a data de instalação dos estabelecimentos urbanos de saúde, ensino e religiosos, a fim de verificar se são anteriores aos postos de combustíveis. Outras questões a serem investigadas têm relação com as condições das instalações utilizadas, principalmente dos sistemas de armazenamento de combustíveis com o intuito de averiguar se os empreendimentos estão cumprindo com os critérios legais estabelecidos pelos órgãos competentes.

## Mapping of vulnerable areas to environmental impacts caused by gas stations in the city of Londrina - PR

### ABSTRACT

CONAMA Resolution 237/2000 considers gas stations as potentially polluting enterprises since they can cause significant negative impacts on the environment and society. This study aimed at mapping gas stations in the city of Londrina-PR and verify if they presented conflicts according to municipal legislation, as well as identify the most vulnerable areas to impact the water resources. Geoprocessing techniques were used in order to spatialize gas stations and nearby urban elements, as well as the survey of environmental conditions in the city of Londrina. Minimum distance analyses were applied to gas stations with: urban elements, permanent preservation areas (APP) and supply wells. In order to assess the vulnerability of the Serra Geral aquifer (SASG) in the Londrina region was used the GOD index methodology. The results showed that, of the 107 stations analyzed, only 18 were regular according to the conformity analyses. The vulnerability map shown that the risk of groundwater contamination in the Londrina city is negligible. Thus, it were observed irregularities related to minimum distances established by legislation. Because of this, it is necessary to verify them in order to ensure the balance of the environment and the safety of the population.

**KEYWORDS:** Conformity analysis. Environmental legislation. Risk of contamination. Geoprocessing.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Consulta Posto Web**, 2019. Disponível em: < <https://postos.anp.gov.br/>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2019.

ALIEVI, A. A; PINESE, J. P. P; CELLIGOI, A. Inventário das áreas de concentração de poços tubulares na zona urbana de Londrina (PR) e implicações ambientais. **Revista ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.6, n.13, p. 77-92, set/dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v6i13.549>.

ALMEIDA, N. V; MILENA DUTRA DA SILVA (Orgs.). **Geotecnologias e Meio Ambiente: analisando uma área de proteção ambiental**. João Pessoa: F e F Gráfica e Editora, 2016.

BARROS, P. E. O. **Diagnóstico ambiental para postos de abastecimento de combustíveis – DAPAC**. 2006. 187 fls. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2006.

BRASIL. Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. **Subchefia para Assuntos Jurídicos**, Brasília, D.F., 25 maio. 2012. Seção 1.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços. **Diário Oficial da União**, Brasília, D.F., 8 jan. 2000. Seção 1. pt. 20, p. 23.

CÂMARA, G; DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2004. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.

CAMARGO, E. C. G; FUCKS, S. D; CÂMARA, G. **Análise espacial de superfícies**. São José dos Campos: INPE, 2002. 38 p.

CELLIGOI, A; KIANG, C. H; SANTOS, M. M. Estudo hidrogeológico e hidroquímico de uma área com ocorrência de óleo diesel em nascentes próximas ao ribeirão Lindóia na Zona Norte de Londrina – PR. In: Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 15., 2007, Gramado. **Anais [...]** Gramado: Águas Subterrâneas, 2007.

DETRAN-PR. Departamento de Trânsito Do Paraná. **Frota de veículos licenciados por Município Paraná**. 2017. Disponível em:<



[http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/planejamento/2017/FROTA\\_LICENCIADA\\_2017.pdf](http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/planejamento/2017/FROTA_LICENCIADA_2017.pdf)>. Acesso em: 27 de setembro de 2018.

EIRAS, M. M. **Risco de contaminação de mananciais superficiais e do sistema aquífero Serra Geral por aterros na região metropolitana de Londrina**. 2014. 105 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

EIRAS, M. M.; SANTOS, M. M. Proposta de metodologia de avaliação de contaminação de aquífero por aterros na região metropolitana de Londrina – PR. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 20., 2018, Campinas. **Anais [...]** Campinas: ABAS, 2018. p. 1- 4.

ÓLEO diesel vaza após acidente e atinge o Ribeirão Lindóia em Londrina. **G1 PR**. 26 Junho 2012. Disponível em:< <http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2012/06/oleo-diesel-vaza-apos-acidente-e-atinge-o-ribeirao-lindoi-a-em-londrina.html>>. Acesso em: 11 de dezembro de 2019.

HUPP, C; FORTES, P. T. F. O. Geoprocessamento como ferramenta para análise da ocupação urbana e relação com áreas de preservação permanente na sede do município de Alegre (ES). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 858-865.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Londrina – PR**. 2016. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/londrina/pesquisa/38/47001?tipo=ranking>> . Acesso em: 27 de setembro de 2018.

ITCG. Instituto de Terras, Cartografia E Geologia Do Paraná. **Dados e informações geoespaciais temáticos: Solos**. 2019. Disponível em:< [itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=9#](http://itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=9#)>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.

LONDRINA. Lei nº 10.353, de 13 de novembro de 2007. Dispõe sobre a instalação e os serviços de postos de revenda de combustíveis e dá outras providências. Prefeitura do Município de Londrina. **Câmara Municipal de Londrina**.

LONDRINA. Lei nº 6.168, de 1 de junho de 1995. Dispõe sobre a instalação e os serviços de lavagem, lubrificação, reparos e abastecimento de veículos dos postos de revenda de combustíveis. Prefeitura do Município de Londrina. **Câmara Municipal de Londrina**.

LORENZETT, D. B; ROSSATO, M. V; NEUHAUS, M. Medidas de gestão ambiental adotada em um posto de abastecimento de combustíveis. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 7, n. 3, p. 1-21, set. 2011. <https://dx.doi.org/10.3895/S1808-04482011000300001>.

LOUREIRO, C. O; OLIVEIRA, L. I; RODRIGUES, O. O. A; COSTA, W. D. Postos distribuidores de combustíveis e o problema ambiental em Belo Horizonte, MG. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 12., 2002, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: ABAS, 2002.

MEEROW, S; NEWELL, J. P. Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. **Landscape and Urban Planning**, v. 159, n. 1, p-62-75. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005>

OLIVEIRA, C. S. **Lago Igapó II, Londrina (PR): natureza, história e afeto no campo do patrimônio cultural**. 2018. 245 fls. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

OLIVEIRA, P. T. S; AYRES, F. M; FILHO, G. E. C. P; MARTINS, I. P; MACHADO, N. M. Geoprocessamento como ferramenta no licenciamento ambiental de postos de combustíveis. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 87-99, jun. 2008. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000100006>.

PARANÁ. Lei nº 18.295, de 10 de novembro de 2014. Institui o Programa de Regularização Ambiental – PRA dos imóveis rurais no âmbito do Estado do Paraná. **Diário Oficial do Estado**, Curitiba, PR, 11 nov. 2014.

ROMERO-CALCERRADA, R; BARRIO-PARRA, F; MILLINGTON, J. D. A; NOVILLO, C. J. Spatial modelling of socioeconomic data to understand patterns of human-caused wildfire ignition risk in the SW of Madrid (central Spain). **Ecological Modelling**, v. 221, n. 1, p. 34–45, jan. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.08.008>

SAMIZAVA, T. M; KAIDA, R. H; IMAI, N. N; NUNES, J. O. R. SIG APLICADO À ESCOLHA DE ÁREAS POTENCIAIS PARA INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 60, n. 1, p. 43–55, 2008.

SANTOS, M. M. **Avaliação hidrogeológica para determinação da vulnerabilidade natural do aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR)**. 2005. 159 fls. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

SANTOS, S. M. **Proposta de elaboração de carta de sensibilidade ambiental aplicada a postos de combustíveis em Rio Claro – SP**. 2008. 66 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

SIGLON. Sistema De Informação Geográfica de Londrina. **Downloads**. 2019. Disponível em :< <https://www.londrina.pr.gov.br/downloads-siglon>>. Acesso em: 28 de outubro de 2019.

SILVA, C; SCHOENHALS, M; CORNELI, V. M; ARANTES, E. J. Diagnóstico da contaminação do solo e aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos da CETESB na área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Peabirú-Pr. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 2, p.252-270, jun. 2012.

SILVA, G. A; OLIVEIRA, A. G. Mapeamento de áreas vulneráveis a potenciais impactos ambientais causados por postos de combustíveis no Município de Salvador, BA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18., 2017, Santos. **Anais [...]** Santos: INPE, 2017. p. 6702-6709.

SILVA, M. L. G; SOUZA, I. L; RIBEIRO, A. J. A. Diagnóstico das interferências de postos de revenda de combustíveis com áreas protegidas. **Revista Eletrônica de Gesto de Tecnologias Ambientais**, Juazeiro do Norte, v. 6, n. 1, p. 18-28, abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.9771/gesta.v6i1.21725>.

STEVENS, D; DRAGICEVIC, S; ROTHLEY, K. iCity: A GIS–CA modelling tool for urban planning and decision making. **Environmental Modelling & Software**, v. 22, n. 6, p. 761–773, jun. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.02.004>

TIBURTIUS, E. R. L; PERALTA-ZAMORA, P; LEAL, E. S. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, São Paulo. v. 27, n. 3, p. 441-446, jun. 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000300014>.

TOTH, C.; JÓZKÓW, G. Remote sensing platforms and sensors: A survey. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 115, p. 22–36, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.004>

IAP multa em R\$ 20 mi o pool de combustíveis. **TRIBUNA**. 2002. Disponível em:< <https://www.tribunapr.com.br/noticias/parana/iap-multa-em-r-20-mi-o-pool-de-combustiveis/>>. Acesso em: 11 de dezembro de 2019.

QIU, C; SCHMITT, M; GEIB, C; CHEN, K. T. A framework for large-scale mapping of human settlement extent from Sentinel-2 images via fully convolutional neural

networks. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 163, n. September 2019, p. 152–170, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.01.028>

WANG, J; ZHOU, W; QIAN, Y; LI, W; HAN, L. Quantifying and characterizing the dynamics of urban greenspace at the patch level: A new approach using object-based image analysis. **Remote Sensing of Environment**, v. 204, n. October 2017, p. 94–108, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.10.039>

**Recebido:** 14 abr. 2020

**Aprovado:** 14 ago. 2020

**DOI:** 10.3895/rbgeo.v8n3.11977

**Como citar:** MAEDA, A. H.; BATISTA, L. F. A. Mapeamento de áreas vulneráveis a impactos ambientais causados por postos de combustíveis na cidade de Londrina-PR. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 202-221, jul/set. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Audrey Hanae Maeda

Rua Tocantins, 320, CEP 86025-780, Londrina, Paraná, Brasil.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

