

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CÂMPUS LONDRINA

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

AUDREY HANAE MAEDA

**MAPEAMENTO DE ÁREAS VULNERÁVEIS A IMPACTOS AMBIENTAIS
CAUSADOS POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS NA CIDADE DE
LONDRINA - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2019

AUDREY HANAE MAEDA

**MAPEAMENTO DE ÁREAS VULNERÁVEIS A IMPACTOS AMBIENTAIS
CAUSADOS POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS NA CIDADE DE
LONDRINA - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista

LONDRINA

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

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

por

Audrey Hanae Maeda

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 2 de dezembro de 2019 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos
(UTFPR)

Prof. Dra. Nathália Prado Rosolém
(UEL - Departamento de Geografia)

Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeira à Deus por todas as oportunidades que me proporcionou, por me manter firme nos momentos mais difíceis e me permitir alcançar meus objetivos.

À minha orientadora, Prof.^a Dra Ligia Flávia Antunes Batista, pelos conhecimentos e ensinamentos transmitidos, pela supervisão e assistência durante o estágio e pela orientação não só na elaboração desse trabalho, mas também para questões pessoais e profissionais.

À minha banca avaliadora, composta pela Prof^a Nathália Prado Rosolém e pelo Prof Maurício Moreira dos Santos pela dedicação e contribuição para este trabalho.

À minha família, mas principalmente aos meus pais, Marina Mitiko Tanisawa Maeda e Wilson Hideki Maeda, por todo o amor, apoio e suporte durante todos esses anos. Sem vocês nada disso seria possível.

Ao meu namorado, Jackson Seiti Gundi, meu companheiro de 7 anos que esteve ao meu lado nos momentos que eu mais precisei, me apoiando, me incentivando, me dando conselhos, sempre compreensivo e paciente. Obrigada por tudo, seu apoio foi muito importante para mim.

Às minhas amigas de graduação, Andreia Costa Barbosa, Vanessa Mayumi Chinen e Naldisya Drosdrocky Gonçalves, por todas as conversas, risadas, trocas de conhecimentos e experiências, mas principalmente pela amizade. Vocês tornaram meus dias mais alegres.

A todos meus colegas da UTFPR, que fizeram parte da minha caminhada, e a todos professores que contribuíram para o meu crescimento, obrigada.

Por último, mas não menos importante, meu agradecimento especial à Luciana de Paiva Luquez e ao Bruno Camargo Mendes que me receberam de braços abertos no IPPUL, tornando minha experiência profissional memorável, compartilhando seus conhecimentos, proporcionando oportunidades únicas e contribuindo para o meu crescimento profissional.

RESUMO

Os postos de combustíveis são considerados empreendimentos potencialmente poluidores devido à comercialização de substâncias tóxicas que podem gerar significativos impactos ao meio ambiente e colocar em risco a saúde e a segurança da população em caso de acidentes. Portanto, a análise da localização dos postos e das atividades desenvolvidas no seu entorno é importante para identificar possíveis impactos negativos e minimizá-los. Nessa perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo o mapeamento dos postos de combustíveis da cidade de Londrina-PR e sua conformidade com a legislação municipal, bem como a identificação de áreas mais vulneráveis a impactos sobre os recursos hídricos. Para isso, utilizou-se de técnicas de geoprocessamento, disponíveis em Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a espacialização dos postos de combustíveis e dos elementos urbanos próximos, assim como, o levantamento das condições ambientais da cidade de Londrina. As análises realizadas consistiram em verificar a distância mínima dos postos de combustíveis com os elementos urbanos, áreas de preservação permanente (APP) e poços de abastecimento. A fim de avaliar a vulnerabilidade do aquífero Serra Geral (SASG) na região de Londrina, foi elaborado um mapa de risco de contaminação de aquífero por meio do índice GOD. Os resultados obtidos demonstraram que, dos 107 postos instalados na cidade, apenas 18 apresentaram-se regulares conforme as análises de conformidade aplicadas. Dos 18 postos, 15 foram instalados antes da publicação da primeira legislação municipal que determinava o distanciamento mínimo de 1500 metros, o mais antigo datado em 1970. Entretanto, o risco de contaminação por postos mais antigos é maior devido a maior possibilidade de vazamento decorrentes da corrosão. Portanto, é necessária a adequação desses postos segundo as normas exigidas para se resguardar o equilíbrio do meio ambiente. Foi constatado pelo mapa de vulnerabilidade que o risco de contaminação das águas subterrâneas na cidade de Londrina é praticamente desprezível segundo a abordagem aplicada. Assim, verificou-se irregularidades principalmente no que refere-se 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

ABSTRACT

Gas stations are considered potentially polluting enterprises due to the sale of toxic substances that can cause significant impacts on the environment and put the health and safety of the population on risk, in case of accidents. Therefore, the analysis of the location of the stations and the activities developed in their surroundings are important to identify possible negative impacts and minimize them. In this perspective, the present study aimed at mapping gas stations in the city of Londrina-PR and to verify if they presented conflicts according to municipal legislation, as well as identify the most vulnerable areas to impact the water resources. For this, geoprocessing techniques available in Geographic Information System (GIS) 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. The analyses consisted in verifying the minimum distance from 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, a map of risk of aquifer contamination was elaborated using the GOD index. The results showed that, of the 107 stations installed in the city, only 18 were regular according to the conformity analyses applied. Of the 18 stations, 15 were installed before the publication of the municipal legislation that determines the minimum distance of 1500 meters, the oldest dated in 1970. In the meantime, the risk of contamination from older stations is higher due to the greater possibility of leakage due to corrosion. Therefore, it is necessary to adapt these stations according to the required standards to protect the balance of the environment. The vulnerability map shown that the risk of groundwater contamination in the Londrina city is practically negligible according to the applied method. Thus, it was observed irregularities related to minimum distances established by legislation and it is necessary to verify them in order to ensure the balance of the environment and the safety of the population.

Key-words: Conformity analysis; Environmental legislation; Risk of contamination; Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organograma de gestão ambiental desenvolvida por atividade	21
Figura 2 – Representação de buffer	23
Figura 3 – Exemplo de grade regular	24
Figura 4 – Exemplo de malha triangular	25
Figura 5 – Interpolação de um valor a partir do vizinho mais próximo	25
Figura 6 – Comparação entre os três métodos de interpolação	26
Figura 7 – Área de estudo sendo o perímetro urbano de Londrina	29
Figura 8 – Perfil da formação geológica da Serra Geral	31
Figura 9 – Metodologia GOD e IQR	36
Figura 10 – Fluxograma de análise de conformidade	40
Figura 11 – Distribuição espacial dos postos de combustíveis na cidade de Londrina	42
Figura 12 – Postos irregulares conforme critério de proximidade entre si, instalados entre 1995 e 2009	44
Figura 13 – Postos irregulares, considerando estabelecimentos de saúde instalados entre 1995 e 2019	46
Figura 14 – Postos irregulares à estabelecimentos de ensino instalados entre 1995 e 2019	47
Figura 15 – Postos irregulares à elementos religiosos entre 1995 e 2019	48
Figura 16 – Análise entre postos de combustíveis e APP	50
Figura 17 – Análise entre postos de combustíveis e poços de abastecimento	52
Figura 18 – Mapa de vulnerabilidade ambiental	54
Figura 19 – Espacialização dos postos de combustíveis regulares	56
APÊNDICE A – Mapa de interpolação dos dados de nível estático do aquífero	68
APÊNDICE B – Mapa de classificação dos solos da cidade de Londrina	69
APÊNDICE C – Mapa de peso do lençol freático	70

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DETRAN – Departamento de Trânsito do Paraná

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IPPUL – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

SEMA/PR – Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

SIGLON – Sistema de Informação Geográfica de Londrina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2. 1 OBJETIVO GERAL.....	13
2. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3. 1 POSTOS DE COMBUSTÍVEIS	14
3. 1. 1 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO	16
3. 1. 2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL	17
3. 1. 3 LICENCIAMENTO AMBIENTAL	20
3. 2 GEOPROCESSAMENTO	22
3. 2. 1 BUFFER	23
3. 2. 2 INTERPOLAÇÃO	24
3. 3 ESTUDOS ANTERIORES	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4. 1 ÁREA DE ESTUDO.....	29
4. 2 ASPECTOS FÍSICOS	30
4. 3 ESPACIALIZAÇÃO DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS.....	31
4. 4 ESPACIALIZAÇÃO DOS ELEMENTOS URBANOS.....	32
4. 5 ESPACIALIZAÇÃO DOS POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA	33
4. 6 DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	33
4. 7 ESTIMATIVA DA PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO	34
4. 8 MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO – ÍNDICE GOD E IQR	35
4. 9 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS	37
4. 9. 1 INFLUÊNCIA DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS ENTRE SI	37
4. 9. 2 INFLUÊNCIA DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ELEMENTOS URBANOS	38
4. 9. 3 INFLUÊNCIA DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	39
4. 10 ANÁLISE DE CONFORMIDADE	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5. 1 LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS	41
5. 2 ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS	43
5. 3 ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ELEMENTOS URBANOS	45

5. 4 ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)	49
5. 5 ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E POÇOS DE ABASTECIMENTO	51
5. 6 MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DO SASG	53
5. 7 POSTOS DE COMBUSTÍVEIS REGULARES	55
6. CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS.....	59
APÊNDICES	68

1

2

1. INTRODUÇÃO

As frotas de veículos em circulação têm aumentado a cada ano nas principais cidades brasileiras e tem levado ao aumento também do número de postos de combustíveis no país (BARROS *et al.*, 2008a). O crescente desenvolvimento da economia brasileira deu à população a oportunidade de adquirir bens de consumo duráveis que, antes, estavam fora do alcance de sua condição financeira (XILEMES *et al.*, 2008).

O transporte no Brasil é predominantemente rodoviário, dependendo basicamente de combustíveis fósseis e biocombustíveis para manter o ciclo econômico. Assim, é de grande importância a cadeia de postos de abastecimento de combustíveis disposta estrategicamente em todo território nacional (BARROS, 2006). Entretanto, sua instalação, operação e desativação podem causar grandes impactos ao meio ambiente (SANTOS, 2005). Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 273/ 2000, postos de combustíveis são considerados empreendimentos potencialmente poluidores (BRASIL, 2000), uma vez que podem poluir as águas superficiais e subterrâneas, o solo e o ar.

O armazenamento de combustíveis em tanques subterrâneos é um procedimento amplamente utilizado para estocagem e revenda desses produtos. Porém, a instalação sem orientação adequada pode oferecer risco potencial à segurança e saúde da população circunvizinha, em função do risco de incêndios e explosões, levar a grandes danos ambientais e constituir sérios problemas para a gestão ambiental do ambiente urbano (SANTOS, 2008). Os acidentes ambientais envolvendo os postos de combustíveis estão, na maioria dos casos, relacionados com vazamentos dos tanques subterrâneos de armazenamento ou derramamentos ocasionados por erros na construção e/ou por falhas operacionais (SILVA; SOUZA; RIBEIRO, 2018).

Segundo Menezes *et al.* (2011) grande parte das áreas contaminadas por vazamentos resultam de tanques metálicos em estado avançado de corrosão e, em muitos casos, o problema é identificado somente após constatar a contaminação em poços de abastecimento. Os contaminantes que primeiro irão atingir o lençol freático são os hidrocarbonetos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno, conhecidos como BTEX, presentes na gasolina. Estes possuem solubilidade em água e são mais tóxicos entre os demais compostos presentes, podendo causar problemas de saúde, como câncer (BARROS; PORTO, 2009).

A concentração de postos de combustíveis em uma região da cidade pode implicar em diversos problemas ambientais e sociais. Porém, 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 próximo a diversos empreendimentos comerciais ou equipamentos públicos (SILVA; OLIVEIRA, 2017).

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 com o objetivo de minimizar esses impactos negativos (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

A preocupação com vazamentos vem aumentando, pois, muitas cidades brasileiras utilizam água subterrânea para abastecimento público (CHIARANDA, 2004). Barros (2006) afirma que a poluição do solo e das águas é um dos fatores mais graves a ser considerado.

Em decorrência do potencial poluidor dos combustíveis derivados de petróleo e álcool, promoveu-se a elaboração de legislações e regulamentações aplicáveis à atividade de revenda de tais combustíveis, resultando em crescentes restrições (BARROS *et al.*, 2008a). Neste contexto, evidenciou-se a necessidade dos postos de combustíveis se adequarem às normas estabelecidas pelos órgãos competentes, para resguardar o equilíbrio do meio ambiente (LORENZETT; ROSSATO; NEUHAUS, 2011). O órgão regulador das atividades desempenhadas por esses tipos de empreendimentos, no Brasil, é a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP), a qual estabelece as normas para quem desejar atuar neste ramo. Deve ainda obedecer às determinações do CONAMA, órgão responsável pela legislação ambiental pertinente às atividades e as legislações específicas de cada Estado (LORENZETT; ROSSATO; NEUHAUS, 2011).

Embora, atualmente já existam legislações que regulamentam a instalação e operação de postos de combustíveis em escala municipal, estadual e federal, 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). Neste trabalho serão utilizadas operações de geoprocessamento a fim de verificar a conformidade dos postos de combustíveis em relação às legislações pertinentes.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

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.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efetuar levantamento e georreferenciamento dos postos de combustíveis.
- Compor banco de dados com as seguintes variáveis a serem utilizadas para critério de análise ambiental e social: Elementos urbanos próximos, como escolas, creches, universidades, hospitais, clínicas, igrejas; Poços tubulares profundos do município cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS).
- Verificar se há postos situados em áreas próximas aos equipamentos urbanos mencionados ou a poços tubulares profundos;
- Delimitar Áreas de Preservação Permanente (APPs) e verificar se há postos presentes nestas áreas;
- Delimitar as áreas de influência dos postos de combustíveis com base nas legislações do CONAMA e da Prefeitura de Londrina e verificar sua conformidade no que se refere à localização;
- Utilizar o índice GOD e o IQR para a elaboração de um mapa de risco de contaminação do lençol freático.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado as definições e classificações atribuídas aos postos de combustíveis segundo os órgãos e entidades competentes, as legislações ambientais aplicáveis às atividades desempenhadas por esses empreendimentos e os procedimentos necessários para o seu licenciamento. Será abordada as ferramentas utilizadas para a realização do trabalho sendo elas a operação de geoprocessamento denominada de *buffer* e a interpolação. E, por fim, a apresentação de alguns estudos realizados anteriormente a este trabalho.

3.1 POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Os postos de abastecimento, segundo a Resolução da Agência Nacional do Petróleo (ANP) nº 12/2007, são instalações dotadas de equipamentos e sistemas destinados ao armazenamento de combustíveis, com registrador de volume apropriado para o abastecimento de equipamentos móveis, veículos automotores terrestres, aeronaves, embarcações ou locomotivas. São também conhecidos como postos revendedores, postos de serviços ou popularmente chamados de postos de gasolina (BARROS, 2006).

De acordo com dados do Anuário Estatístico Brasileiro de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, o Paraná é o quarto estado com maior número de postos de revenda de combustíveis ficando atrás dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul (ANP, 2017).

Os postos revendedores de combustíveis armazenam vários tipos de combustíveis em tanques que podem ser aéreos, mas na maioria dos casos, são subterrâneos (CATUNDA *et al.*, 2009). O sistema dos postos de combustíveis é constituído basicamente pelas seguintes instalações: bomba de gasolina para o abastecimento de veículos, tanques de combustíveis, pontos de descarga de combustíveis, tanques de recolhimento e guarda de óleos lubrificantes usados, centro de lubrificação e de lavagem, sistema de drenagem oleosas e pluviais, equipamentos de proteção e controle de derramamentos e vazamentos de combustíveis, de segurança quanto a incêndios e explosões, loja de conveniência e edificações para escritório (SANTOS, 2005).

As atividades exercidas por postos de combustíveis são bastante diversificadas e não envolvem somente o abastecimento, mas também troca de óleo, lavagem de veículos e serviços em loja de conveniência (MARQUES *et al.*, 2003) agregando, assim, muito valor ao espaço que está instalado. Como consequência desta nova função econômica, apresenta uma complexidade ambiental maior, gerando mais resíduos sólidos, efluentes líquidos e outros (CATUNDA *et al.*, 2009). Segundo Lorenzetti e Rossato (2010), os principais resíduos gerados nessas atividades são os vapores de combustíveis, flanelas e estopas contaminadas, águas oleosas, lodo tóxico das caixas separadoras de água e óleo, óleo queimado, filtros usados e embalagens de lubrificantes.

As instalações relativas ao Sistema de Armazenagem Subterrâneos de Combustíveis (SASC), para os derivados de petróleo, são consideradas como empreendimentos potencialmente poluidores, capazes de gerar passivos ambientais urbanos (BARROS *et al.*, 2008a). Relacionado ao meio ambiente, há o risco da contaminação hídrica e do solo através de vazamentos ou derramamentos dos combustíveis, além do risco de contaminação atmosférica devido ao vazamento de vapores, criando uma preocupação com riscos de incêndios e explosões (GIRARD, 2013).

Segundo Barros *et al.* (2008a) por se tratarem de instalações subterrâneas, a observação direta dos equipamentos é impossível, criando uma grande dificuldade na detecção de vazamentos em estágios iniciais. Tais acidentes são detectados somente após o afloramento das substâncias em poços para captação de água, drenagem de águas pluviais e redes coletoras de esgotos sanitários (SILVA; SOUZA; RIBEIRO, 2018). Cole (1994) afirma que, de acordo com estatísticas internacionais, tanques e instalações subterrâneas do SASC têm vida útil de em média 25 anos, pois estão suscetíveis a apresentar problemas de vazamento devido à corrosão.

Santos (2005) afirma que os impactos causados pelas atividades desses empreendimentos podem ser controlados e/ou evitados investindo em equipamentos mais adequados e implementando novas tecnologias menos impactantes. Além disso, é importante observar o cumprimento de exigências e critérios estabelecidos nas legislações e regulamentações para a instalação e exercício das atividades desses empreendimentos.

Para uma avaliação mais completa do potencial impacto dos postos de combustíveis, principalmente no meio urbano, devem ser consideradas, além das características geológicas do solo, do clima e hidrogeologia do local, a profundidade do lençol freático, a relação de proximidade de outras atividades e vias de exposição importantes e sensíveis tais como hospitais,

escolas, poços de extração de água subterrânea, canais pluviais, redes de esgoto e drenagem, dutos de eletricidade e telefonia, garagens subterrâneas, túneis, entre outras (LOUREIRO *et al.*, 2002).

3.1.1 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução nº 273/2000, art. 2º, define estes empreendimentos segundo suas atividades e tipo de instalação, da seguinte forma (BRASIL, 2000):

- Posto Revendedor (PR): Instalação onde se exerça a atividade de revenda varejista de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos, dispondo de equipamento e sistemas para armazenamento de combustíveis automotivos e equipamentos medidores;
- Posto de Abastecimento (PA): Instalação que possua equipamentos e sistemas para o armazenamento de combustível automotivo, com registrador de volume apropriado para o abastecimento de equipamentos móveis, veículos automotores terrestres, aeronaves, embarcações ou locomotivas; e cujos produtos sejam destinados exclusivamente ao uso do detentor das instalações ou de grupos fechados de pessoas físicas ou jurídicas, previamente identificadas e associadas em forma de empresas, cooperativas, condomínios, clubes ou assemelhados;
- Instalação de Sistemas Retalhistas (ISR): Instalação com sistema de tanques para o armazenamento de óleo diesel, e/ou combustível, e/ou querosene iluminante, destinada ao exercício da atividade de Transportador Revendedor Retalhista;
- Posto Flutuante (PF): Toda embarcação sem propulsão empregada para o armazenamento, distribuição e comércio de combustíveis que opera em local fixo e determinado.

A ANP, segundo sua Portaria nº 116/2000, classifica o estabelecimento como Posto Revendedor Varejista.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define os postos de combustíveis como Posto de Serviços e, por meio da NBR 13.786/1997, classifica segundo a análise do ambiente em torno do estabelecimento, em uma distância de 100 metros a partir do seu perímetro, e atribui fatores de agravamento. O fator de agravamento, após identificado, deve ser classificado no nível mais alto, mesmo que haja apenas um dos fatores desta classe (MARQUES *et al.*, 2003).

- Classe 0: Quando não possuir nenhum dos fatores de agravamento das seguintes classes;
- Classe 1: Rede de drenagem de águas pluviais; rede subterrânea de serviços (água, esgoto, telefone, energia elétrica, etc.), fossa em áreas urbanas, edifício multifamiliar (até quatro andares);
- Classe 2: Asilo, creche, edifício multifamiliar (mais de quatro andares), favela em cota igual ou superior à do posto, edifício de escritórios comerciais (de quatro ou mais pavimentos), poço de água para consumo doméstico (artesiano ou não), casa de espetáculo ou templo, escola, hospital;
- Classe 3: Favela em cota inferior à do posto, metrô em cota inferior à do solo, garagem residencial ou comercial construída em cota inferior à do solo, atividades industriais e operações de risco (armazenamento e manuseio de explosivos, base e terminais de carga e descarga de líquidos inflamáveis), água de subsolo utilizada para o abastecimento público da cidade (independendo do perímetro de 100m), corpos naturais superficiais de água e bem como seu formadores (destinados à abastecimento doméstico, proteção das comunidades aquáticas, irrigação, criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e recreação de contato primário: natação, esqui aquático e mergulho). Esta norma refere-se aos parâmetros para seleção de equipamentos de proteção necessários para serem utilizados no SASC em função do entorno do posto (BARROS, 2006).

3.1.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A evolução das legislações e das regulamentações ambientais aplicáveis à atividade de distribuição e revenda de combustíveis derivados de petróleo tem resultado em crescentes restrições, refletindo as pressões internas da sociedade e dos órgãos ambientais para a sua adequação (BARROS *et al.*, 2008a).

A Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, considera a revenda de combustíveis como uma atividade de alto potencial poluidor e de grande utilização de recursos naturais (BARROS, 2006). A Lei é conhecida como Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e tem objetivo principal de conciliar o desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade e o equilíbrio do meio ambiente, utilizando-se de instrumentos, como licenciamento

ambiental, para gerenciar adequadamente os recursos naturais disponíveis (SILVA; SOUZA; FERREIRA, 2011).

A Resolução do CONAMA n° 273, de 29 de novembro de 2000, é a norma que regulamenta, a nível federal, o licenciamento ambiental de postos de abastecimento, postos revendedores, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis (BRASIL, 2000). Ela também estabelece como competência do órgão ambiental estadual ou municipal a responsabilidade de exigir dos empreendedores o licenciamento ambiental de seus empreendimentos (MARANHÃO; TEIXEIRA; TEIXEIRA, 2007). A mesma 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 de abastecimento devem encontrar-se a um raio superior de 100 metros. Em seu artigo 4°, § 2° dispõe que os estabelecimentos já em operação na data de publicação da resolução ficam obrigados somente à obtenção da licença de operação e apresentar o relatório de avaliação preliminar (CONAMA, 2000).

A ANP, em sua Resolução n° 41, de 5 de novembro de 2013, estabelece os requisitos necessários para a autorização do exercício da atividade de revenda varejista de combustíveis automotivos e sua regulamentação (ANP, 2013). Ela determina que, para a construção e operação dos postos, é necessário observar as normas e regulamentos editados pela prefeitura do município, do órgão ambiental competente e outras entidades como a ABNT, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e do Corpo de Bombeiros.

No estado do Paraná, a Resolução SEMA n° 32, de dezembro de 2016, ditada pela Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA/PR), estabelece critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental de Postos e/ou Sistemas Retalhistas de Combustíveis – TRR (PARANÁ, 2016), sendo o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) o órgão ambiental responsável.

No âmbito do município de Londrina, para identificar as áreas passíveis de instalação de empreendimentos potencialmente poluidores a PNMA apresenta uma ferramenta, o zoneamento ambiental, que constitui uma forma de planejamento do uso e ocupação do espaço municipal (GIRARD,2013).

O Plano Diretor de um município é um instrumento básico para o planejamento urbano, pois controla as atividades de uso do solo com a intenção de evitar danos significativos que podem comprometer o meio ambiente e a qualidade de vida da população (SILVA, 2010). Além

das diretrizes instituídas pelo Plano Diretor, a legislação que regulamenta a distância mínima para instalação de postos revendedores de combustíveis é a Lei Municipal nº 6.168, de 1 de junho de 1995 e, a Lei Municipal nº 10.353/2007, que altera os artigos 2º, 3º e o inciso XII do artigo 6º e que dispõe sobre critérios de distância para instalação e serviços de lavagem, lubrificação, reparos e abastecimento de veículos dos postos de revenda de combustível (LONDRINA, 2007). A Lei referente ao ano de 1995 define uma distância de 1500 metros de um posto e outro e, a Lei de 2007, altera a distância para 1000 metros.

Devem ainda obedecer aos seguintes distanciamentos mínimos:

- 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; e
- 100 metros de igrejas e 300 metros escolas, creches, áreas militares, mercados e supermercados para a Lei nº 10.353/2007.

No que se estabelece sobre a distância entre os postos de combustíveis e corpos hídricos, o Novo Código Florestal (NCF), Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, apresentando parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (APP).

Área de Preservação Permanente é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). Assim, a preservação e conservação de APP em ambiente urbano tornaram-se uma questão além de obrigatória, importante na harmonia entre a relação do homem com o meio ambiente (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

O NCF, em se 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). Os mesmos parâmetros supracitados no Código Florestal Brasileiro são estabelecidos na Resolução do CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. E, no âmbito estadual, a Resolução SEMA nº 38, de 19 de agosto de 2009, define que os postos de combustíveis devem localizar-se em uma distância superior a 100 metros, a partir do perímetro do imóvel, das APPs dos corpos hídricos superficiais, de fontes e nascentes (PARANÁ, 2009).

3.1.3 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O licenciamento ambiental é um procedimento administrativo, que busca conciliar o desenvolvimento econômico com o uso sustentável dos recursos naturais. Ele representa uma etapa inicial de regulamentação ambiental para um empreendimento, em que é necessária a análise das condições apresentadas pelo empreendedor sobre a instalação e operação das atividades, sendo um processo decisório definido pelo órgão ambiental competente (BRITO; VASCONCELOS, 2012). A concessão de licenças ambientais indica que a empresa atuará de acordo com os preceitos de controle impostos pelas legislações, de forma a minimizar os impactos ambientais e garantir a saúde e o bem-estar da população (CATUNDA *et al*, 2011).

Em postos revendedores e de abastecimento de derivados de petróleo, a concessão da licença é vista como um instrumento de prevenção do dano ambiental, em que fica explícito o emprego de medidas preventivas de contaminação do solo e das águas (BRITO; VASCONCELOS, 2012).

De acordo com a Resolução do CONAMA n° 273/2000, em seu art. 4°, exige-se do posto as seguintes licenças ambientais para operar:

- Licença Prévia (LP);
- Licença de Instalação (LI);
- Licença de Operação (LO);
- Licença Ambiental Simplificada (LAS).

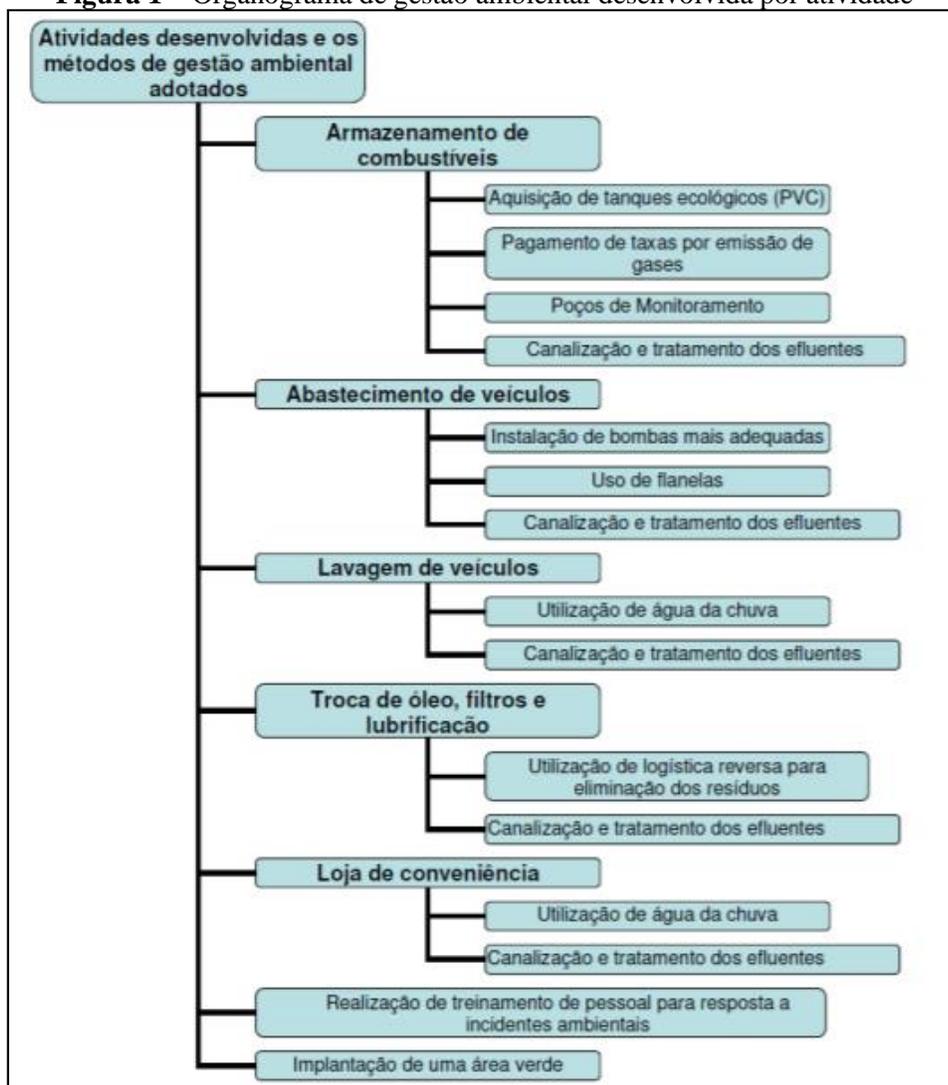
A Resolução SEMA n° 32/2016, no seu art. 26, define requisitos mínimos que novos empreendimentos ou ampliações das atividades relacionadas devem atender (PARANÁ, 2016):

- Localizar-se a uma distância superior a 100 metros de escolas, creches, hospitais, postos de saúde, asilos e poços de captação de águas subterrâneas para abastecimento público, salvo legislação específica mais restritiva;
- Localizar-se a uma distância mínima de 1000 metros do ponto de captação de água de corpos hídricos superficiais para abastecimento público, salvo legislação mais restritiva;
- Localizar-se fora de áreas úmidas ou áreas urbanas sujeitas a inundações por corpos hídricos superficiais.

Em seu artigo 14, ela dispõe que os postos já instalados deverão requerer a Regularização da Licença de Operação. Essa licença concede ao empreendimento a autorização

para continuar operando, estabelecendo condições, restrições e medidas de controle ambiental (PREFEITURA DE RECIFE, 2018). As medidas de gestão ambiental exigidas pelo órgão ambiental para a concessão e renovação da licença de operação são basicamente medidas de controle de prevenção ambiental e geralmente estão relacionadas às atividades desenvolvidas no posto de combustível em questão (LORENZETT; ROSSATO; NEUHAUS, 2011). A Figura 1 apresenta o organograma de gestão ambiental.

Figura 1 – Organograma de gestão ambiental desenvolvida por atividade



Fonte: LORENZETT; ROSSATO; NEUHAUS (2011)

O não cumprimento das exigências previstas pelas legislações implica em sanções penais dispostas na Lei de Crimes Ambientais nº 9.605/1998, na Lei da Política Nacional do

Meio Ambiente nº 6.938/1981 e no Decreto nº 6.514/2008 (CONAMA, 2000). É de competência do CONAMA legislar sobre a atividade e do IAP licenciar e fiscalizar o cumprimento das normas estabelecidas e cabe à prefeitura municipal a questão da permissão para o funcionamento dos postos, identificando os locais adequados para o desenvolvimento das atividades (LORENZETT; ROSSATO, 2010).

Por fim, vale citar que, a atividade de revenda de combustíveis para automóveis depende da obtenção de registro e autorização de funcionamento, junto à Agência Nacional do Petróleo (ANP). Esta é uma autarquia especial, integrante da Administração Federal indireta e vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída pela Lei nº 9.478/1997 como órgão regulador da indústria do petróleo (BARTOLOMEU, 2012).

3.2 GEOPROCESSAMENTO

Câmara e Davis (2004) definem o geoprocessamento como sendo a disciplina do conhecimento que utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento das informações geográficas, permitindo realizar análises complexas, integrando dados de diversas fontes e criando banco de dados georreferenciados.

O desenvolvimento de instrumentos e técnicas de observação, análise e representação de dados espaciais contribui para o estudo do espaço geográfico, pois permite maior processamento, visualização e análise de dados (BARROS *et. al*, 2003).

O geoprocessamento, por possuir tais características, torna-se de grande utilidade para os planejadores municipais na formação de políticas públicas de habitação e infraestrutura, pois permite, através de bancos de dados, espacializar informações socioeconômicas e ambientais, habilitando aos poderes executivos ordenar os recursos de forma correta e promover um planejamento físico-territorial que proporcione bem-estar à população e à conservação do meio ambiente (TAKEDA; POLIDORO; BARROS 2009, p.2).

Há uma ampla gama de operações espaciais que podem ser executadas em SIG. Aquelas relacionadas aos objetivos e metodologias deste trabalho serão em seguida descritas nas seções 3.2.1 e 3.2.2.

O SIG é a ferramenta mais utilizada para acessar os dados necessários para as análises espaciais. É definido como um processo de coleta, armazenamento, transformação,

processamento e apresentação dos dados georreferenciados (GAUY; HINO; SANTOS, 2007). A utilização de um SIG torna-se uma ferramenta importante a ser utilizada no controle e monitoramento ambiental, uma vez que, pode proporcionar, além do armazenamento de imagens e informações, o cruzamento de dados permitindo assim uma visão mais ampla e precisa do local em estudo (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

A geocodificação permite identificar uma posição na superfície terrestre a partir de um endereço alfanumérico e transformar essas descrições em coordenadas geográficas (DAVIS *et al.*, 2003). Este procedimento resulta em um par de coordenadas que estão associados a um conjunto de variáveis geográficas e tabulares, dados que alimentam o Sistema de Informação Geográfica (SKABA, 2009).

3.2.1 BUFFER

Buffers ou zonas de influência são áreas criadas a partir de elementos de referência até uma determinada distância, sendo importante para se delimitar áreas de influências (SANTOS, 2010). Este processo cria uma nova camada vetorial de polígonos em torno dos elementos vetoriais de uma camada de entrada que podem ser pontos, linhas ou polígonos (Figura 2). Para cada geometria de entrada, pode-se gerar um ou vários anéis concêntricos equidistantes e, quando o tipo de entrada é poligonal, a área de influência pode ser exterior, interior ou ambos, ao polígono original (HARTMANN; BULLA; FELLINI, 2010).

Figura 2 – Representação de buffer



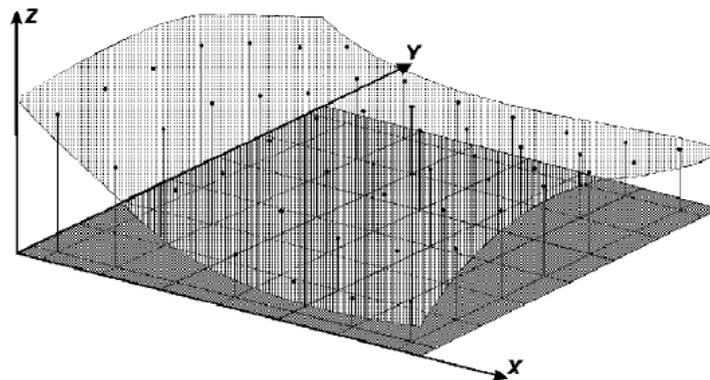
Autor: TerraMA² (2018)

3.2.2 INTERPOLAÇÃO

A interpolação é uma técnica utilizada para estimar o valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área, convertendo os dados pontuais em campos contínuos (JAKOB; YOUNG, 2006). Para utilizar os dados pontuais de forma efetiva, em um ambiente de geoprocessamento, é necessário a construção de uma malha envolvendo todo o domínio dos pontos amostrais (MAZZINI; SCHETTINI, 2009). Segundo Felgueiras e Câmara (2001) as estruturas de gradeamento mais utilizadas na prática são os modelos locais de grade regular e malha triangular.

A grade regular é um modelo digital que aproxima superfícies através de um poliedro de faces regulares, em que os vértices desses poliedros podem ou não ser os próprios pontos amostrados (Figura 3) (FELGUEIRAS; CÂMARA, 2001).

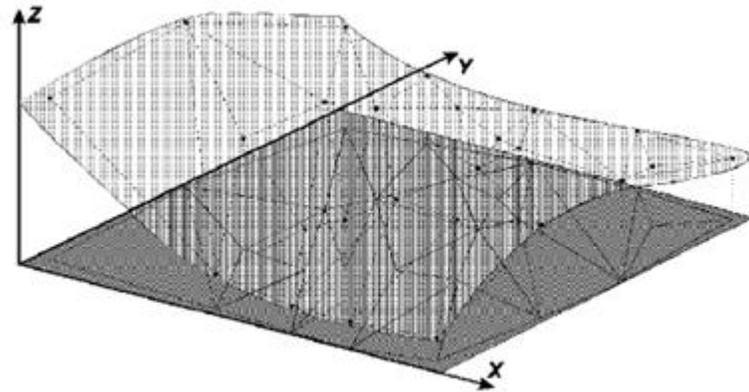
Figura 3 – Exemplo de grade regular



Autor: FELGUEIRAS; CÂMARA (2001)

Uma malha triangular é o conjunto de poliedros cujas faces são triângulos, em que os vértices dos triângulos são geralmente os pontos amostrados da superfície (Figura 4). Esta modelagem permite que informações importantes sejam consideradas durante a geração da grade triangular, como as discontinuidades de cristas e vales, possibilitando modelar uma superfície do terreno preservando as feições geomorfológicas (FELGUEIRAS; CÂMARA, 2001).

Figura 4 – Exemplo de malha triangular

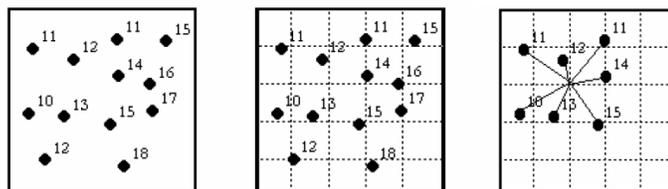


Autor: FELGUEIRAS; CÂMARA (2001)

Um modelo de grade regular pode ser gerado a partir de um conjunto de amostras regular ou irregularmente espaçadas a partir de vários métodos, entre eles: por vizinho mais próximo, por média simples e por média ponderada pelo inverso do quadrado da distância (CAMARGO; FUCKS; CÂMARA, 2002).

De acordo com Franke (1982), o método vizinho mais próximo (Figura 5) é o mais simples e tem como principal característica assegurar que o valor interpolado seja um dos valores originais, não gerando valores intermediários. O interpolador atribui para cada ponto xy da grade a cota z da amostra mais próxima ao ponto e o produto final é caracterizado por um efeito de degrau (LIPORACI *et al.*, 2003).

Figura 5 – Interpolação de um valor a partir do vizinho mais próximo



Autor: CAMARGO; FUCKS; CÂMARA (2002)

A interpolação por média simples considera o valor de cota z igual à média aritmética dos valores de cota das amostras vizinhas (CAMARGO; FUCKS; CÂMARA, 2002). E a média ponderada pelo inverso do quadrado da distância baseia-se na dependência espacial, onde supõe-se que quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior deverá ser a correlação entre seus valores (VARELLA; SENA JUNIOR, 2008). Assim, o valor do ponto é calculado por meio da

média ponderada entre os valores dos pontos vizinhos, em que os pontos mais próximos do ponto interpolado recebem um peso maior do que os pontos mais distantes (MEDEIROS; FERREIRA; FERREIRA, 2009), conforme equação 1 descrita

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (1)$$

em que,

z = valores estimados;

n = número de amostras;

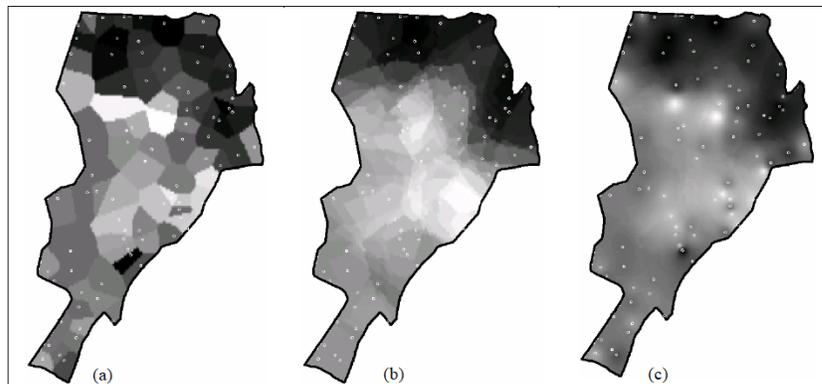
z_i = valores conhecidos;

d_i = distância entre os valores conhecidos e estimados (z_i e z);

p = valores de potência.

Uma comparação visual entre os resultados dos métodos de interpolação é mostrada na Figura 6.

Figura 6 – Comparação entre os três métodos de interpolação.



(a) Vizinho mais próximo (b) Média Simples (c) Média ponderada
Autor: CAMARGO; FUCKS; CÂMARA (2002)

3.3 ESTUDOS ANTERIORES

Esta seção descreve brevemente alguns estudos realizados sobre o tema os quais envolvem outros estados e diferentes abordagens de análises da regularidade dos postos de combustíveis.

Oliveira *et al.* (2008) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a aplicação de geotecnologias como ferramenta de tomadas de decisões no gerenciamento e monitoramento ambiental de postos de combustíveis no município de Campo Grande - MS. Foram encontradas irregularidades, como a presença de postos muito próximos a Áreas de Preservação Permanente (APP) e estabelecimentos que apresentaram contaminação da água subterrânea. As principais conclusões foram que a região central da cidade e suas mediações não comportam a instalação de novos postos de combustíveis, conforme a legislação municipal. Portanto, este trabalho evidencia que as técnicas de geoprocessamento podem auxiliar o órgão ambiental responsável no controle, monitoramento e na tomada de decisão no licenciamento ambiental dos empreendimentos, sendo possível sua aplicação em outras atividades.

Sousa *et al.* (2016) apresentaram um estudo sobre a realidade de um posto de combustível da cidade de Paramirim – PI, através do Sistema de Informação Geográfica (SIG), analisado a localização do empreendimento de acordo com o raio de abrangência conforme a legislação vigente. Foram diagnosticadas a existência de algumas irregularidades quanto ao seu entorno, como hospital, praças, ginásio, centro cultural, fórum e pontos comerciais dentro do limite inferior de 100 metros estabelecido em lei. Os autores concluíram que o geoprocessamento por meio de suas técnicas, proporcionou visualizar de maneira eficaz a realidade do posto de combustível, podendo ser uma ferramenta bastante útil para a instalação e fiscalização de empreendimentos desta natureza.

Estudo feito por Silva e Oliveira (2017) teve por objetivo mapear áreas vulneráveis a potenciais impactos ambientais causados por postos de combustíveis com uso de geoprocessamento. Os autores realizaram uma análise dos empreendimentos distribuídos por toda bacia hidrográfica do município de Salvador – BA, a fim de verificar os conflitos com a legislação em vigor. Os resultados indicaram áreas que não atendiam às recomendações definidas na legislação, apresentando irregularidades como edificações a uma distância menor ou igual a 100 metros de postos de combustíveis. Destacaram as áreas de maior vulnerabilidade ambiental e

discutiram a importância de uma fiscalização mais eficiente para o atendimento de normas estabelecidas quanto à qualidade dos tanques de armazenamento, a fim de prevenir danos ambientais em corpos hídricos e em áreas de vegetação.

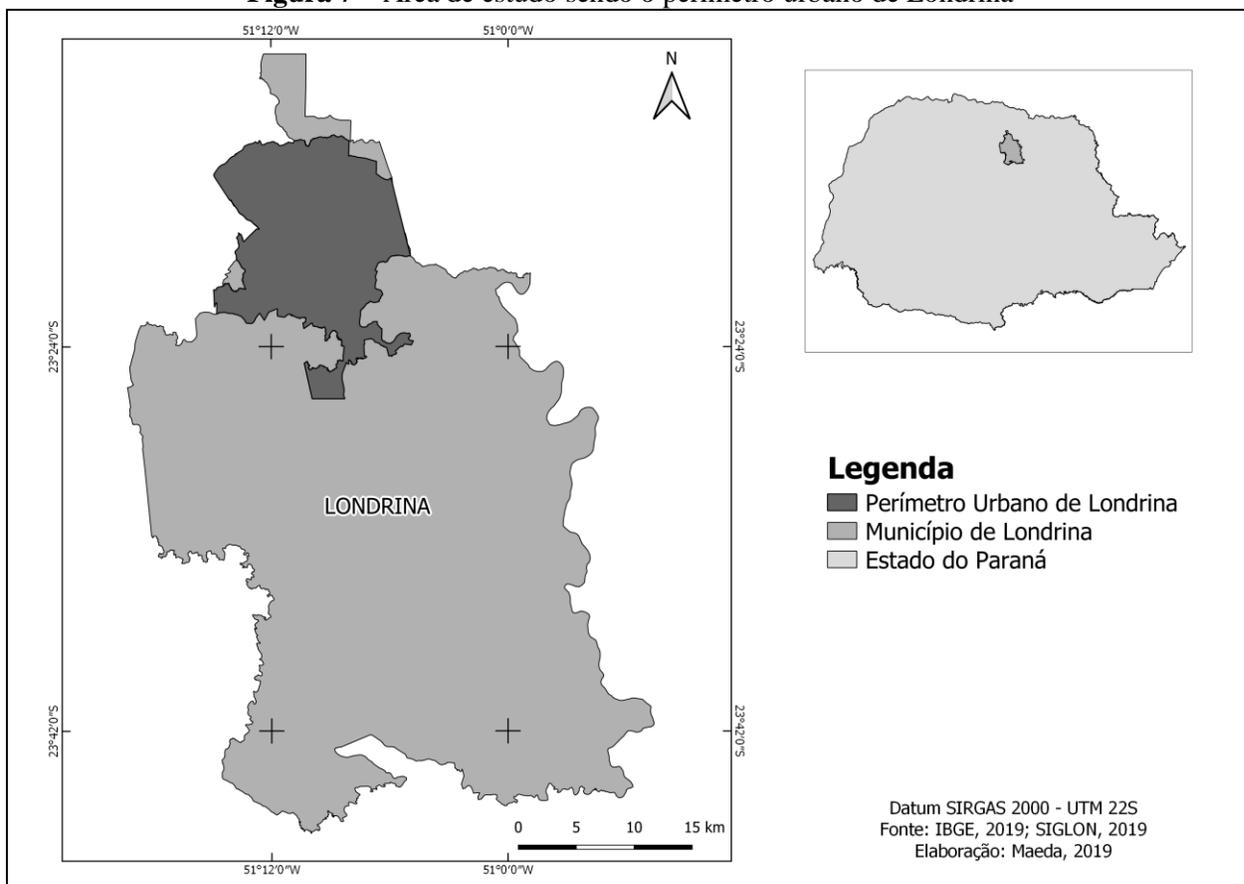
Silva, Souza e Ribeiro (2018) apresentaram em seu estudo uma análise do entorno dos postos de combustíveis da cidade de Crato – CE. O objetivo do trabalho foi analisar especialmente a localização dos postos de combustíveis, observando os riscos ambientais e se a distribuição dos empreendimentos estava de acordo com os limites estabelecidos pelas legislações. Os autores constataram que existiam irregularidades em relação a distâncias mínimas entre os postos, quanto a proximidade às APPs e poços de captação de água para abastecimento urbano. Os resultados apontaram uma grande quantidade de postos de combustíveis que apresentavam perigos ao meio ambiente e para a segurança da população. Os autores concluíram que o atendimento às distâncias mínimas estabelecidas pelo município contribuiria para minimizar os efeitos negativos dos postos de combustíveis, assim como, a fiscalização redobrada por parte dos órgãos ambientais quando ao cumprimento das normas e leis referentes ao processo de instalação e operação dos empreendimentos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a área urbana do município de Londrina. 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 (Figura 7), cidade de porte médio apresenta uma área de 1.652, 569 km², sendo 264,641 km² a área do perímetro urbano (IBGE, 2010). Possui mais de 500 mil habitantes, com densidade demográfica de 306,52 hab/km² (IBGE, 2010) e uma frota de mais de 500 mil veículos (DETRAN, 2017).

Figura 7 – Área de estudo sendo o perímetro urbano de Londrina



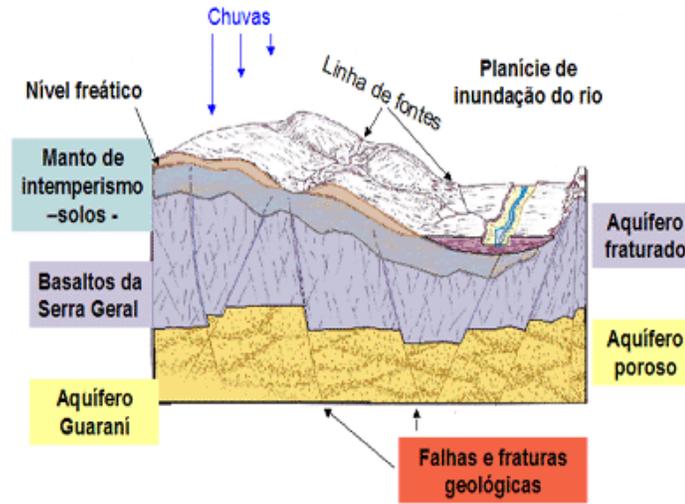
4.2 ASPECTOS FÍSICOS

O clima da região é classificado segundo Köppen (1918) do tipo Cfa, clima subtropical úmido, mesotérmico com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e do mês mais quente superior a 22°C, com verões quentes e tendências de concentração de chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A temperatura média do mês mais quente em Londrina é de 29,8°C, a do mês mais frio de 16,3°C e a temperatura média anual de 21,8°C (IAPAR, 2018). A faixa de precipitação média anual varia de 1400 a 1600mm, ocorrendo um período de maior pluviosidade de novembro até fevereiro, com picos em janeiro de 221,5mm e um período de menor pluviosidade no mês de agosto de 51,6mm, dados obtidos do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2018).

A cidade de Londrina está inserida na porção sudeste da Bacia Sedimentar do Paraná, sobre a Formação Serra Geral. A Formação Serra Geral constitui-se em um aquífero heterogêneo e anisotrópico que se caracteriza por uma condutividade hidráulica bastante variável, complexa e de difícil avaliação (MANASSES *et al*, 2011). Apresentam estrutura maciça ou vesicular, com intenso fraturamento e com manto de intemperismo pouco presente em alguns locais (CELLIGOI; SANTOS; VIANA, 2001). Uma característica importante deste aquífero é a sua constituição originalmente por rochas impermeáveis (MANASSES *et al*, 2011). Fraga (1986) afirma que, devido à ação tectônica e do processo de resfriamento das rochas ígneas, formou-se porosidades e permeabilidade secundárias que permitem a circulação e o armazenamento de água nessas estruturas, possibilitando a formação de um aquífero.

A região de Londrina, pelas características litológicas, apresenta duas formas de ocorrência de águas subterrâneas: o aquífero freático, relacionada à zona saturada da camada de solo e à rocha alterada e, as zonas aquíferas da Formação Serra Geral, que correspondem às rochas basálticas. Existem falhas e/ou fraturas com sentidos predominantes nordeste-sudoeste e noroeste-sudeste (CELLIGOI, 1993). A Figura 8 ilustra o perfil da formação Serra Geral.

Figura 8 – Perfil da formação geológica da Serra Geral



Fonte: PROGRAMA PRÓ-RIO URUGUAI (1994)

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), devido às suas condições hidrogeológicas, a ocorrência da água subterrânea fica restrita às zonas de descontinuidade das rochas, sendo a vazão obtida em cada poço tubular, relacionada ao número e a condição de abertura das fraturas atravessadas pelas perfurações (CELLIGOI, 1993). A abertura, a profundidade e a extensão de uma fratura determinam o armazenamento de água subterrânea (LARSSON, 1977). O SASG, por apresentar condições de circulação e armazenamento de água na forma de aquíferos livres, a recarga nessa região ocorre essencialmente pela infiltração de águas pluviais a partir das rupturas regionais (REBOUÇAS; FRAGA, 1988).

Os solos, de maneira geral, apresentam papel primordial, pois seus horizontes atuam como atenuadores naturais que filtram os contaminantes antes de chegar à zona saturada. A principal unidade pedológica do município de Londrina trata-se de um solo residual argiloso, resultado do alto grau de intemperismo das rochas basálticas. Os tipos de solos característicos da área urbana de Londrina são o Nitossolo, Latossolo e Neossolo (BARROS *et al*, 2008b).

4.3 ESPACIALIZAÇÃO DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Para a elaboração de bancos de dados geográfico, vetorização, processamento e análises espaciais foi utilizando o *software* livre QGIS versão 3.4.

Os endereços dos postos de combustíveis foram adquiridos através do site da ANP (2019), na página Consulta Posto Web, onde foi possível realizar o *download* de uma planilha eletrônica contendo os dados cadastrais e a situação dos postos em operação no município de Londrina.

Foi realizada a seleção apenas dos postos localizados no perímetro urbano de Londrina. A localização dos postos de revenda de combustíveis foi obtida através do georreferenciamento dos endereços, chamado de geocodificação. A geocodificação dos endereços foi realizada utilizando-se da planilha *online* do Google, que pode ser acessada através do Google Drive. Foi utilizado um complemento disponível, denominado de *Geocode by Awesome Table*.

Por seguinte, o arquivo com a localização dos postos foi carregado no QGIS através da adição de uma camada de texto delimitado.

4.4 ESPACIALIZAÇÃO DOS ELEMENTOS URBANOS

Os dados referentes aos elementos urbanos foram disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina (IPPUL) em formato vetorial. Os elementos urbanos considerados fizeram parte de três atividades gerais: saúde, educação e religião.

Os elementos de saúde consistiram em:

- Hospitais;
- Clínicas de diversas atividades;
- Clínicas veterinárias;
- Laboratórios;
- Prontos-socorros;
- Unidades de pronto atendimento (UPAs); e
- Unidades básicas de saúde (UBS).

Os elementos de educação consistiram em:

- Centros Municipais de Educação Infantil (CMEIs);
- Centros de Educação Infantil (CEIs);
- Escolas/colégios de ensino primário ao médio;
- Instituições de ensino superior; e
- Outros centros de ensino.

Para os elementos de religião foram considerados todas as instituições religiosas cadastradas no IPPUL.

4.5 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), onde 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 à 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;
- Localização;
- Coordenadas UTM;
- Latitude e Longitude;
- Nível estático e Nível dinâmico; e
- Tipos de uso da água.

4.6 DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Para a delimitação das áreas de preservação permanente foi utilizado o arquivo de hidrografia do município de Londrina disponibilizado pelo Sistema de Informação Geográfica de Londrina (SIGLON) em formato vetorial, que pode ser acessado através do site da Prefeitura de Londrina. Foi realizado o recorte da base hidrográfica apenas para o perímetro urbano de Londrina e, utilizando-se dessa camada como base, foi elaborado a delimitação das APPs ao longo dos cursos d'água e nascentes.

A delimitação foi gerada pela análise de proximidade, operação de geoprocessamento denominada *buffer*, seguindo as diretrizes de distância do artigo 4º do Novo Código Florestal e

da Resolução n° 303/2002 do CONAMA. Para a delimitação da faixa de APP, primeiramente, foi realizado um processamento de *buffer* considerando que todos os cursos d'água da cidade de Londrina caracterizavam-se com 10 metros de largura, a fim de representar o leito dos rios. Assim, a partir deste *buffer*, foi delimitada uma faixa de 30 metros a partir da linha externa do polígono, correspondente à mata ciliar.

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

O Lago Igapó é um lago artificial, resultado do represamento do Ribeirão Cambé, curso d'água localizado na área urbana de Londrina. Criado em 1959, surgiu como solução a um problema de drenagem que provocava alagamento nas propriedades rurais localizadas no seu entorno (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, considerou-se para a delimitação de sua APP as disposições estabelecidas pela Lei Estadual n° 18.295, de 10 de novembro de 2014, art. 57, § 1° que institui o Programa de Regularização Ambiental.

A camada hidrográfica adquirida no SIGLON representava o Lago Igapó como sendo o curso d'água natural do Ribeirão Cambé, não coincidindo com a sua realidade. Sendo assim, foi necessário criar uma camada de polígonos para delimitar manualmente a área de espelho d'água do lago. Para isso, foi utilizado de uma ferramenta disponível no QGIS, o qual possibilitou utilizar imagens de satélite de alta resolução do *Google Satellite* para visualizar o Lago Igapó e realizar sua delimitação. A partir da camada poligonal delimitada manualmente, foi processado o *buffer* considerando uma faixa de 15 metros ao redor do Lago Igapó correspondente a APP.

4.7 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.

A partir dos dados obtidos dos poços tubulares profundos, que apresentavam informações de profundidade de nível estático da água, foi realizada a interpolação pelo método da média ponderada pelo inverso do quadrado da distância utilizando as informações de profundidade de nível estático, unidade em metros. O produto da interpolação foi gerado em formato matricial e recortado da imagem para a área do perímetro urbano de Londrina (ANEXO A).

4.8 MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO - ÍNDICE GOD E IQR

A cartografia de vulnerabilidade é uma ferramenta de grande importância para a exploração de aquíferos e, normalmente, é o primeiro passo na avaliação do perigo de contaminação de águas subterrâneas (BATISTA *et al.*, 2016). A vulnerabilidade pode ser representada na forma de mapas, permitindo uma melhor avaliação de propostas de controle da poluição e monitoramento da qualidade da água subterrânea (RIBEIRO *et al.*, 2011).

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 metodologia GOD, cuja nomenclatura 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 aquítarde e seu grau de fraturamento) e; *Depth to groundwater table* (profundidade do nível d'água ou da base de confinamento do aquífero).

Para cada parâmetro são atribuídos índices de acordo com o seu potencial de vulnerabilidade a contaminação, cujos valores variam de zero a 1, atribuindo ao zero o aquífero menos vulnerável à contaminação e ao 1 o mais vulnerável (EIRAS, 2015).

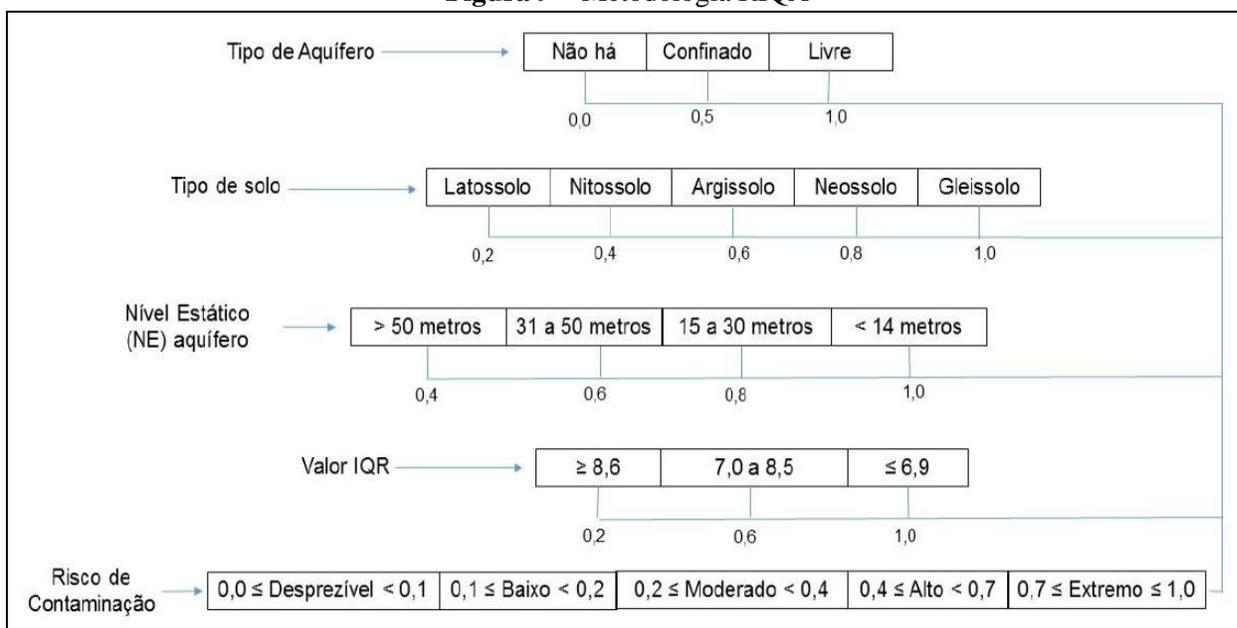
Guiguer e Kohnke (2002) pontuam outras informações que o índice GOD pode levar em consideração:

- 1- Ocorrência de lençol freático (livre ou confinado);
- 2- Tipo de solo predominante no local;
- 3- Nível do lençol freático.

Também foi considerada a nota fornecida pelo IQR (Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos), uma vez que esse índice permite avaliar áreas passíveis à implantação de aterros sanitários, outra atividade causadora de grande impacto ambiental. As notas do IQR são construídas a partir de dados construtivos do aterro, levando em consideração os parâmetros de engenharia, formas como as atividades no local são conduzidas e as condições ambientais onde o aterro será instalado (SILVA *et al.*, 2012).

A Figura 9 apresenta como foram distribuídas as notas para cada parâmetro para a construção do mapa de risco de contaminação do SASG para a cidade de Londrina.

Figura 9 – Metodologia RIQA



Autor: EIRAS E SANTOS (2018)

Para o parâmetro tipo de aquífero foi considerado o valor de 1, uma vez que no SASG é predominantemente livre.

Para o parâmetro de solo, foi necessária a elaboração de um mapa pedológico, seguido da atribuição de pesos para cada um. As informações acerca da tipologia do solo (ANEXO B) foram obtidas no repositório do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG, 2019) em formato vetorial. Carregadas em ambiente SIG, por meio da tabela de atributos, foram atribuídos valores manualmente para cada tipo de solo conforme os dispostos pela metodologia acima citada.

Para o parâmetro nível estático do aquífero foi utilizada a camada vetorial dos poços tubulares profundos. Com o auxílio da calculadora *raster*, foi possível atribuir valores de peso para cada valor de profundidade do nível estático do aquífero e, por fim, gerar um arquivo em formato matricial que consistia no peso do lençol (ANEXO C).

Estudos realizados por Eiras e Santos (2018), apresentaram que o valor do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos encontrado para o município de Londrina foi superior a 8,6, portanto, para esse parâmetro foi considerado o peso de 0,2, conforme apresenta a Figura 9.

Dessa forma, para determinar o risco de contaminação do lençol freático os índices IQR, GOD, tipo de aquífero e tipo de solo foram multiplicados recebendo uma classificação final.

4.9 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

4.9.1 INFLUÊNCIA DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS ENTRE SI

Após o georreferenciamento e a espacialização dos postos de combustíveis em ambiente SIG, foi necessário realizar a separação dos estabelecimentos segundo sua data de abertura, uma vez que, a cidade de Londrina apresentava postos instalados antes da legislação de 1995 e de 2007. Para obter a data de abertura dos postos foram realizadas pesquisas na internet utilizando o número de CNPJ de cada empreendimento. Essa informação apresentava-se disponível na planilha disponibilizada pela ANP. Os *sites* mais utilizados para a aquisição das informações foram: Receita Federal, Econodata e, em último caso, quando não foi possível encontrar a informação em nenhum dos dois *sites*, recorreu-se ao CNPJ Rocks.

Para os postos instalados e em operação anteriormente ao ano de 1995, não foi realizada nenhuma análise de distanciamento pois não havia embasamento legal para esses empreendimentos.

Para os postos instalados e em operação entre os anos de 1995 e 2007, com o auxílio da ferramenta *buffer*, foi delimitado um raio de 1500 metros dos postos de abastecimento entre si, seguindo o requisito apresentado pela Lei nº 6.168/1995, artigo 3º.

Para os postos instalados e em operação após o ano de 2007, o raio mínimo delimitado foi de 1000 metros dos postos entre si, atendendo o requisito estabelecido pela Lei nº 10.353/2007, artigo 3º.

A partir do raio delimitado, foram realizadas as análises com o auxílio de outras duas ferramentas: “Contar pontos no polígono” e “Selecionar por localização”. Com a ferramenta “Contar pontos no polígono” foi feita a quantificação de pontos, correspondentes aos postos de combustíveis, presentes dentro do *buffer* de distância gerado. Com a ferramenta “Selecionar por localização” foi possível selecionar os postos de combustíveis, que teoricamente apresentavam-se irregulares presentes dentro dos polígonos de distância. Assim, foi obtido o número de postos presentes dentro dos polígonos gerados de distância e, posteriormente, sua localização espacial, todos os arquivos salvos em arquivo vetorial.

Primeiramente realizou-se 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 este ano.

4.9.2 INFLUÊNCIA DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ELEMENTOS URBANOS

A delimitação dos elementos urbanos próximos aos postos foi gerada seguindo as disposições dadas pelas duas legislações supracitadas. As duas definem que os postos de combustíveis devem apresentar-se a uma distância mínima de 300 metros de hospitais e clínicas. Para elementos de educação a distância estabelecida inicialmente 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.

Assim, com a ferramenta *buffer*, foi delimitado o raio a partir dos elementos urbanos. Posteriormente, foi realizada a quantificação dos postos presentes dentro dos polígonos e, então, a sua localização espacial, todos arquivos salvos em arquivo vetorial.

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.

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

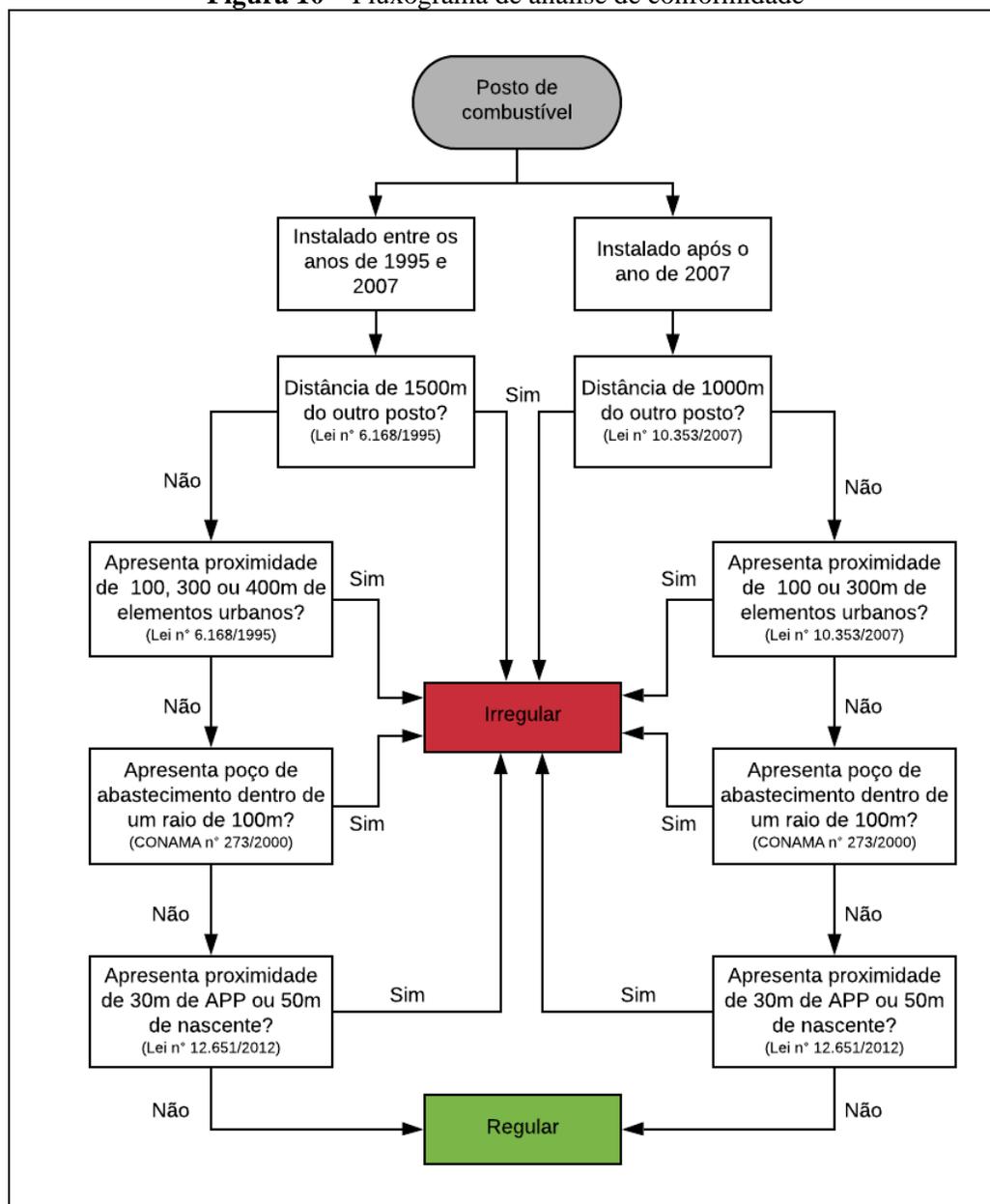
De acordo com a resolução do CONAMA n° 273/2000, para emissão de licença prévia e de instalação de um posto de combustível, é necessário identificar as áreas de recarga e a localização de poços de captação de águas subterrâneas, que devem encontrar-se em um raio acima de 100 metros.

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, posteriormente realizada a quantificação dos postos presentes dentro dos polígonos e a sua localização espacial, salvo em arquivo vetorial. A análise de conformidade foi realizada somente para os postos instalados após o ano de 2000.

4.10 ANÁLISE DE CONFORMIDADE

A análise de conformidade foi realizada conforme o fluxograma disposto a seguir (Figura 10). 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.

Figura 10 – Fluxograma de análise de conformidade



Fonte: Autoria própria

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

A partir da localização dos postos de combustíveis e os equipamentos urbanos em ambiente SIG, foram verificados os conflitos com a legislação pertinente. 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 urbana. A distribuição geográfica dos postos reflete o processo histórico de ocupação e desenvolvimento da cidade. Observa-se que 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 encontram-se distribuídos por outras regiões da cidade.

Tabela 1 – Quantidade de postos por região urbana

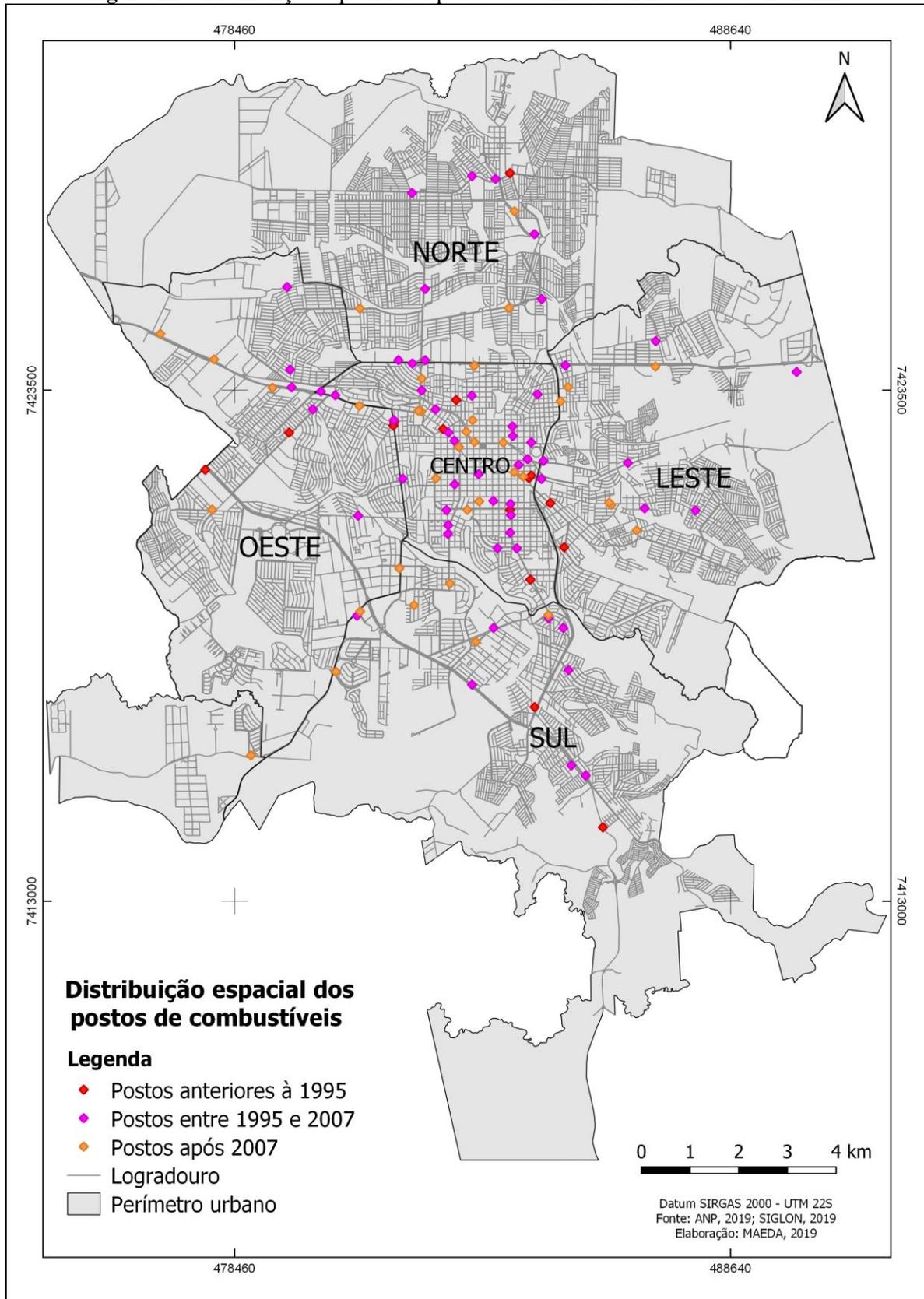
Região	Quantidade de postos	Porcentagem (%)
Centro	48	44,90
Sul	16	14,95
Leste	16	14,95
Oeste	15	14,01
Norte	12	11,21
Total	107	100

Autor: autoria própria

A Figura 11 mostra a distribuição espacial dos postos em cada uma das 5 regiões urbanas de Londrina, separados conforme o ano 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 11 – Distribuição espacial dos postos de combustível na cidade de Londrina



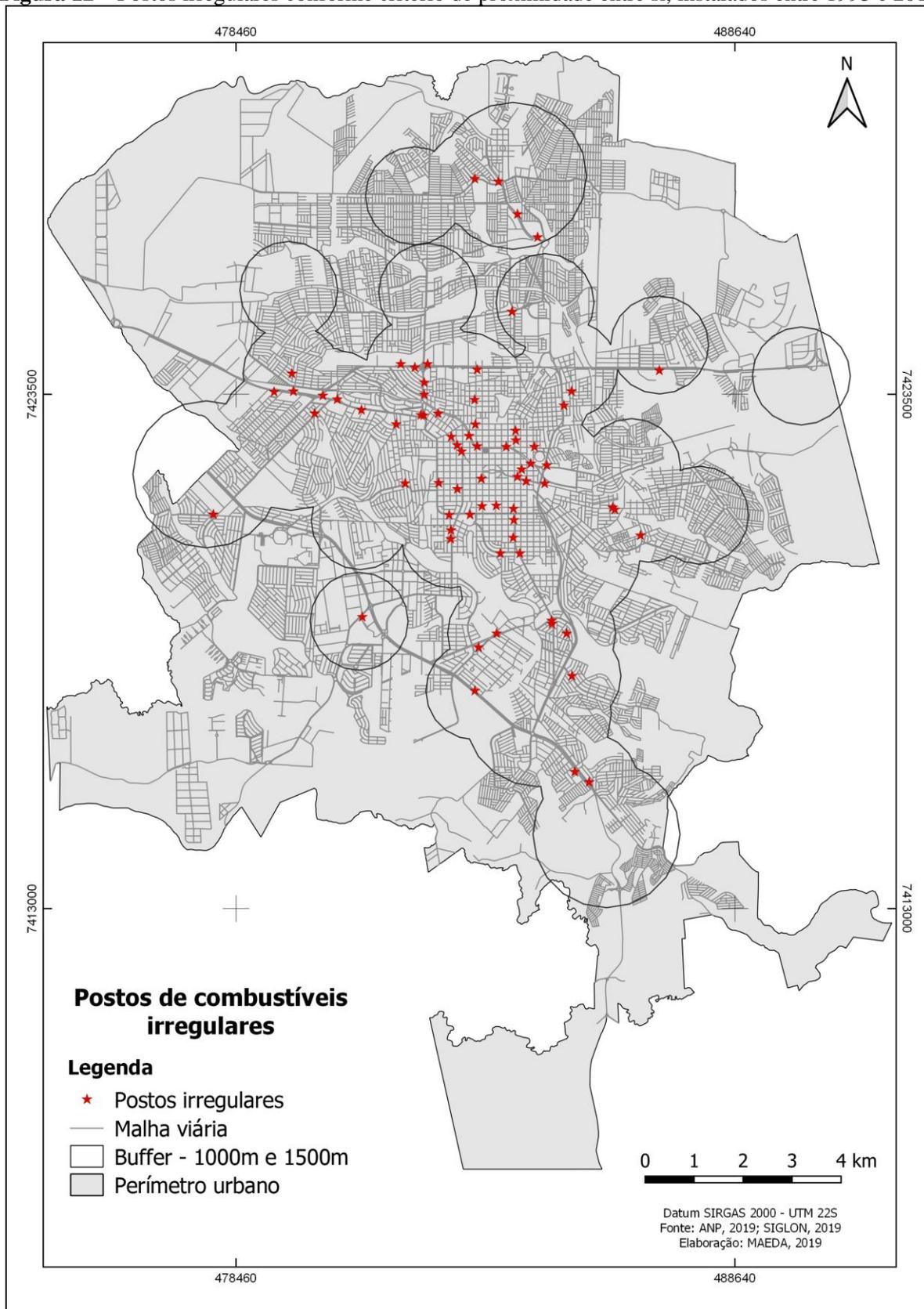
5.2 ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

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 n° 273/2000 e SEMA n° 32/2016 para se resguardar o equilíbrio do meio ambiente. As análises espaciais realizadas, conforme o fluxograma (Figura 10), apresentaram no total 71 postos irregulares instalados no período de 1995 até o ano de 2019, com distâncias inferiores à 1000 metros e 1500 metros, como mostra a Figura 12. Ao analisar a totalidade dos postos, foi possível verificar que 66,35% dos postos instalados na cidade de Londrina apresentam-se irregulares segundo a legislação consultada.

Ao analisar a Figura 12, as áreas delimitadas *buffers* mostram que o quadrilátero central de Londrina não comporta mais a instalação de novos empreendimentos. Ao avançar para as regiões periféricas da cidade, pode-se considerar a instalação de novos estabelecimentos em espaços pontuais, porém, é necessário realizar estudos da área de influência do posto de combustível (dentro do raio de 1000 metros) acerca das atividades que estão sendo desenvolvidas ao seu entorno.

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.

Figura 12 – Postos irregulares conforme critério de proximidade entre si, instalados entre 1995 e 2019



5.3 ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ELEMENTOS URBANOS

Assim como a proximidade dos postos de combustíveis entre si 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. Em caso de ocorrência de vazamento de combustíveis, a qualidade da água consumida pode ser afetada, a emissão de gases pode provocar incêndios ou explosões, colocando em risco a segurança das pessoas que frequentam o local.

Os dados disponibilizados pelo IPPUL apresentam mais de 2000 estabelecimentos de saúde espalhados pela cidade de Londrina. Após realizar análises espaciais verificou-se que 72 postos próximos à elementos urbanos de saúde apresentavam-se irregulares representando 67,30% do total, como mostra a Figura 13.

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, representando 67,30% do total, os quais podem ser visualizados na Figura 14.

Foi constatado a presença de 723 estabelecimentos religiosos, onde 22 postos de combustíveis encontram-se irregulares, representando 20,60% do total, como pode ser observado na Figura 15.

Ressalta-se nestas análises que consideram 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.

Figura 13 – Postos irregulares, considerando estabelecimentos de saúde instalados entre 1995 e 2019

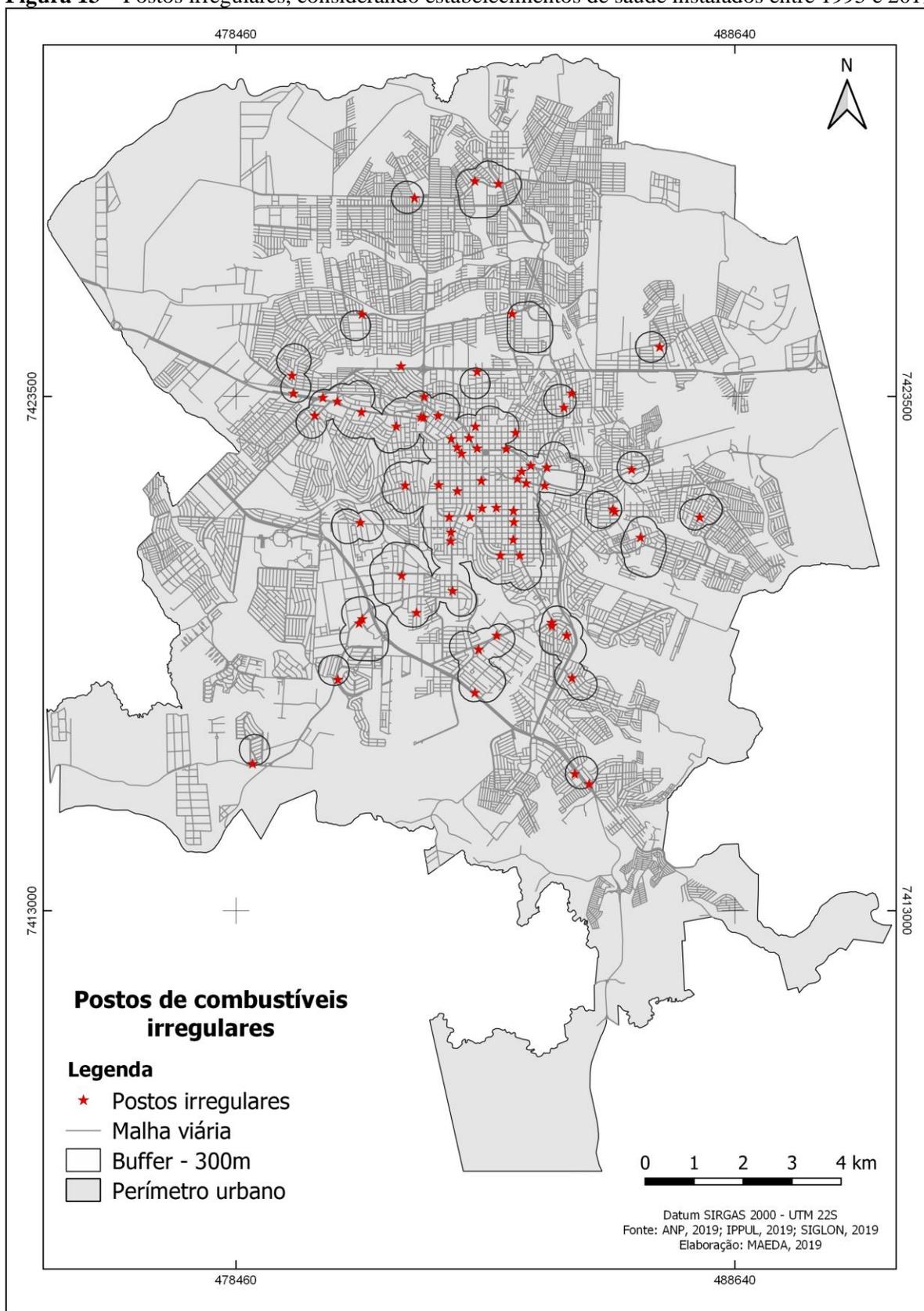


Figura 14 – Postos irregulares à estabelecimentos de ensino instalados entre 1995 e 2019

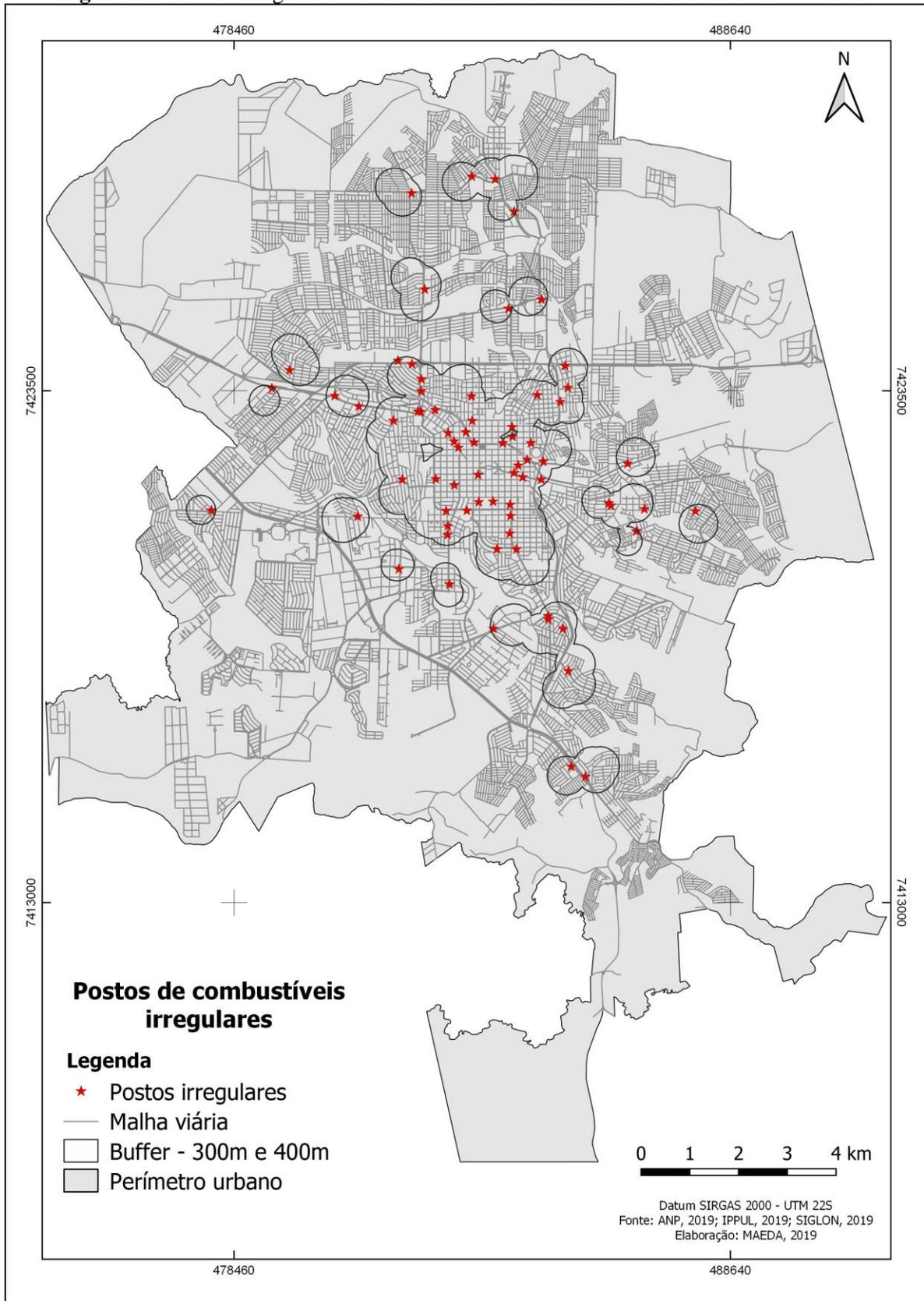
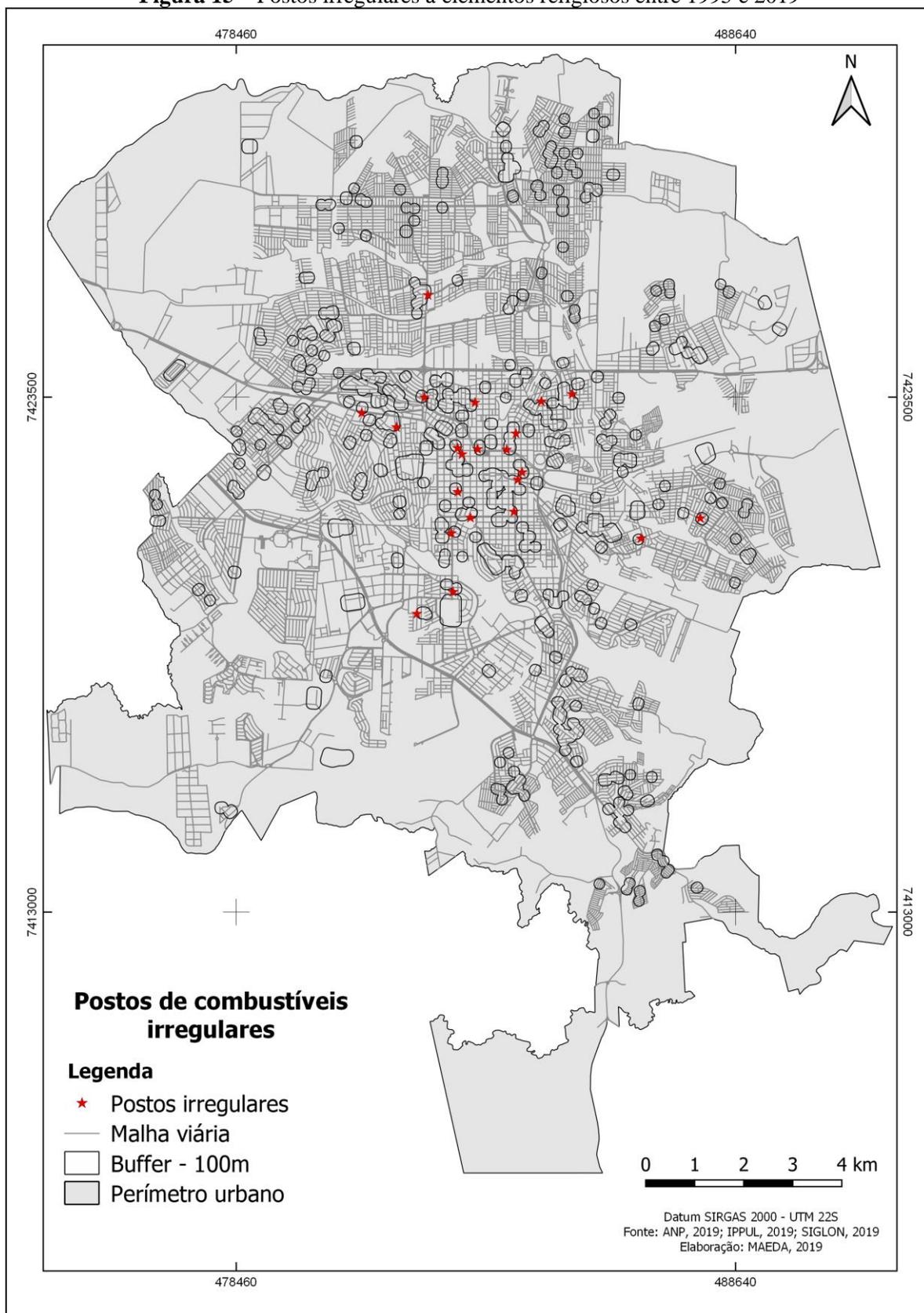


Figura 15 – Postos irregulares à elementos religiosos entre 1995 e 2019



5.4 ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

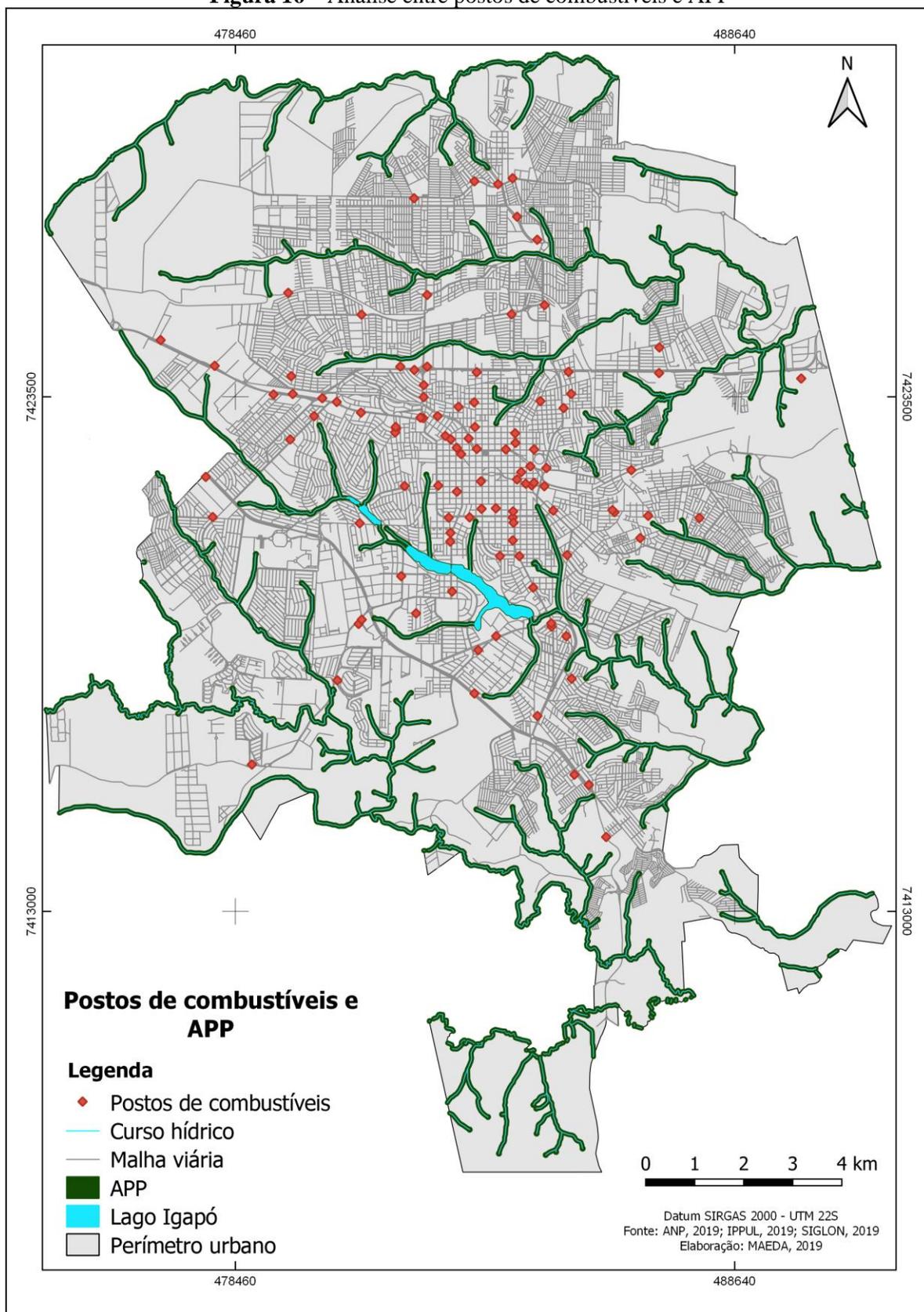
Para este estudo foi considerado como APP somente a mata ciliar ao entorno dos rios e córregos com largura de até 10 metros e para o Lago Igapó. As faixas de delimitação correspondentes foram de 30 metros e 15 metros respectivamente. Ao analisar a Figura 16 foi possível constatar que nenhum posto de combustível se encontra irregular em relação à APP.

Em contra partida, os autores Silva, Souza e Ribeiro (2018) constataram em seu estudo irregularidades em relação a distância mínima entre postos e APPs. Eles averiguaram que um dos estabelecimentos oferecia outros serviços além do abastecimento de combustíveis como a lavagem de veículos e a troca de óleo. Neste caso, por se situar dentro da faixa de 30 metros da APP, em caso de acidentes ou vazamentos, o corpo hídrico seria facilmente atingido pelas substâncias químicas altamente poluentes prejudicando, assim, a qualidade e quantidade de recursos naturais e a segurança da população.

Estudos realizados por Oliveira *et al.* (2008) verificaram a presença de 4 postos de combustíveis em APP no município de Campo Grande - MS, dos quais 2 apresentaram contaminação da água subterrânea. Os empreendimentos localizavam-se em uma área totalmente antropizada e o corpo hídrico encontrava-se canalizado sem a existência da APP de forma efetiva, o que demonstra ainda mais a sua vulnerabilidade.

Tiburtius, Peralta-Zamora e Leal (2004) afirmam que, em caso de derramamentos resultantes dessas atividades, podem haver a contaminação do solo e da água em grandes proporções. Como exemplo, se considerar o vazamento de 10 mL por dia, estima-se que pode haver o comprometimento de 3 milhões de litros de água por ano.

Figura 16 – Análise entre postos de combustíveis e APP



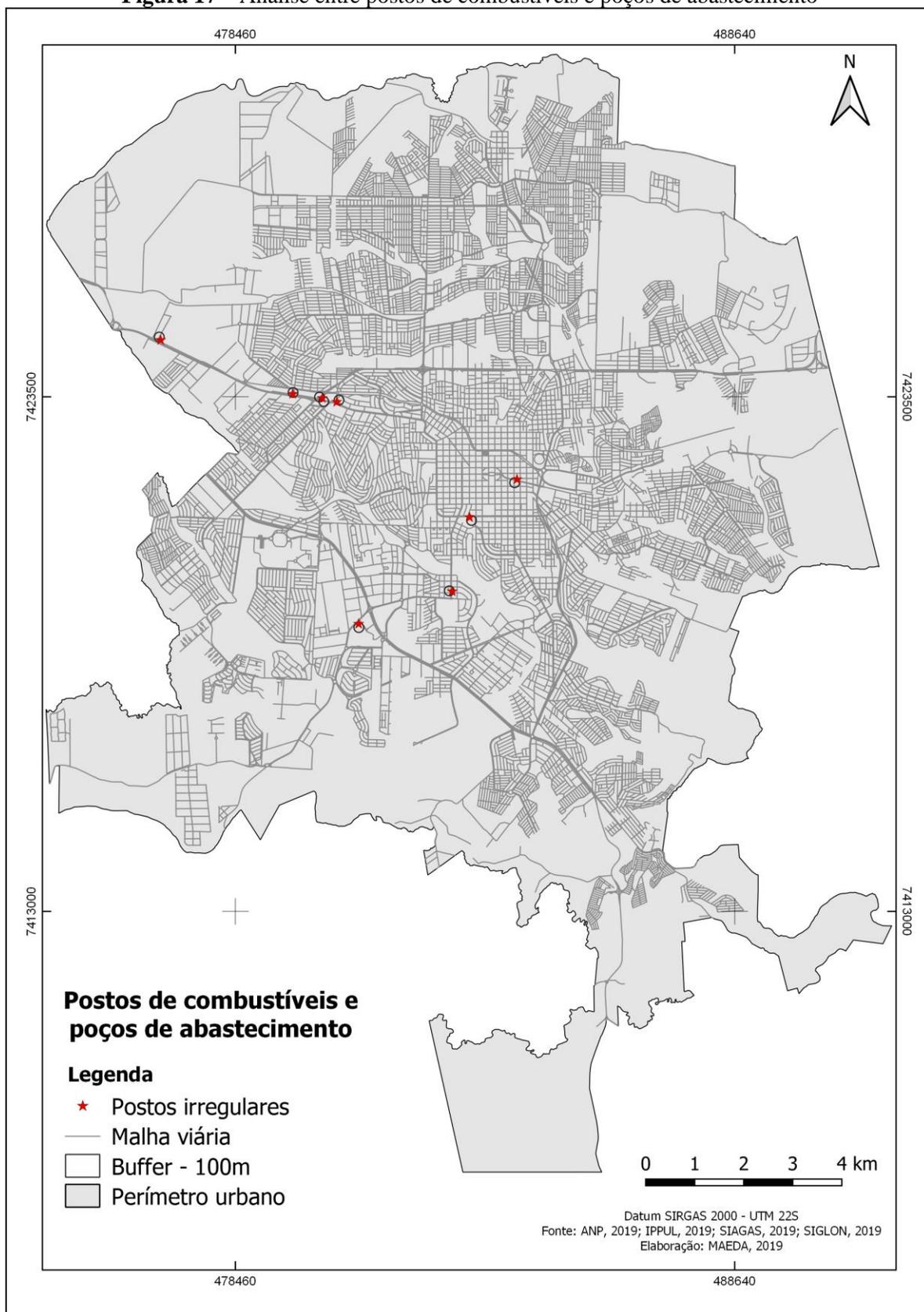
5.5 ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E POÇOS DE ABASTECIMENTO

Alievi, Pinese e Celligoi (2012) verificaram que, na cidade de Londrina, os poços são utilizados com maior concentração por condomínios prediais verticalizados 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.

Segundo os dados do SIAGAS, na cidade de Londrina, existem 488 poços tubulares profundos cadastrados. Considerando que o banco de dados do SIAGAS encontrava-se incompleto, uma vez que, do total de poços cadastrados, somente 220 poços (45,1% do total) informavam a data de perfuração, essa informação não foi utilizada para compor os critérios de análises de conformidade dos postos de combustíveis.

Após análises espaciais constatou-se que 8 postos de combustíveis estão irregulares com relação a proximidade de poços de abastecimento, como pode ser visualizado na Figura 17, sendo dois na área central, na região sul e quatro na zona leste do município.

Figura 17 – Análise entre postos de combustíveis e poços de abastecimento



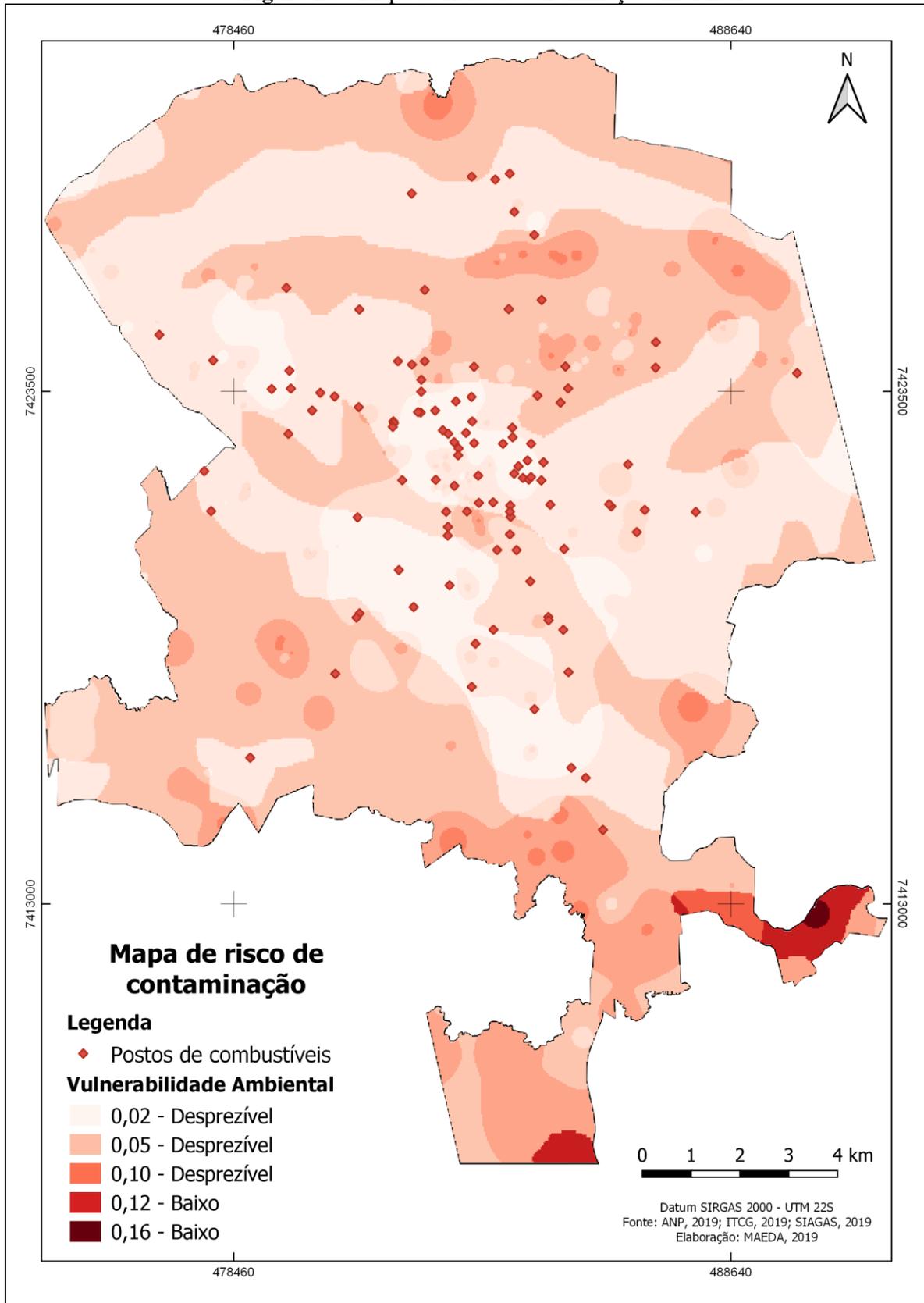
5.6 MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DO SASG

O termo vulnerabilidade dos aquíferos é definido como a facilidade ao risco de introdução e propagação de contaminantes, desde a superfície do terreno até o aquífero (SANTOS, 2005). Em função dos aspectos litológicos da Formação Serra Geral, a presença das águas subterrâneas em Londrina fica condicionada às duas formas de ocorrência: o aquífero freático, ou à zona saturada do solo e rochas alteradas e às zonas aquíferas da formação (VIANA; CELLIGOI, 2002). Os lençóis de águas subterrâneas próximos à superfície estão mais sujeitos à ação de agentes contaminantes (RIBEIRO; BEZERRA, 2011), portanto, a profundidade do nível estático do lençol freático é um parâmetro importante a ser considerado.

O tipo e as características do solo influenciam no comportamento do poluente através da sua subsuperfície até atingir o lençol freático. Os vazamentos de combustíveis causam a degradação do solo pela alteração de suas propriedades físico-químicas pois são pouco solúveis em água, tendendo a ficar fortemente retidos na matriz do solo (MARQUES; GUERRA, 2008).

Por meio da união das características estruturais intrínsecas do SASG e do IQR foi possível construir o mapa de risco de contaminação do SASG apresentada pela Figura 18. Ao comparar os resultados obtidos com os valores apresentados na Figura 9, 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.

Figura 18 – Mapa de risco de contaminação ambiental



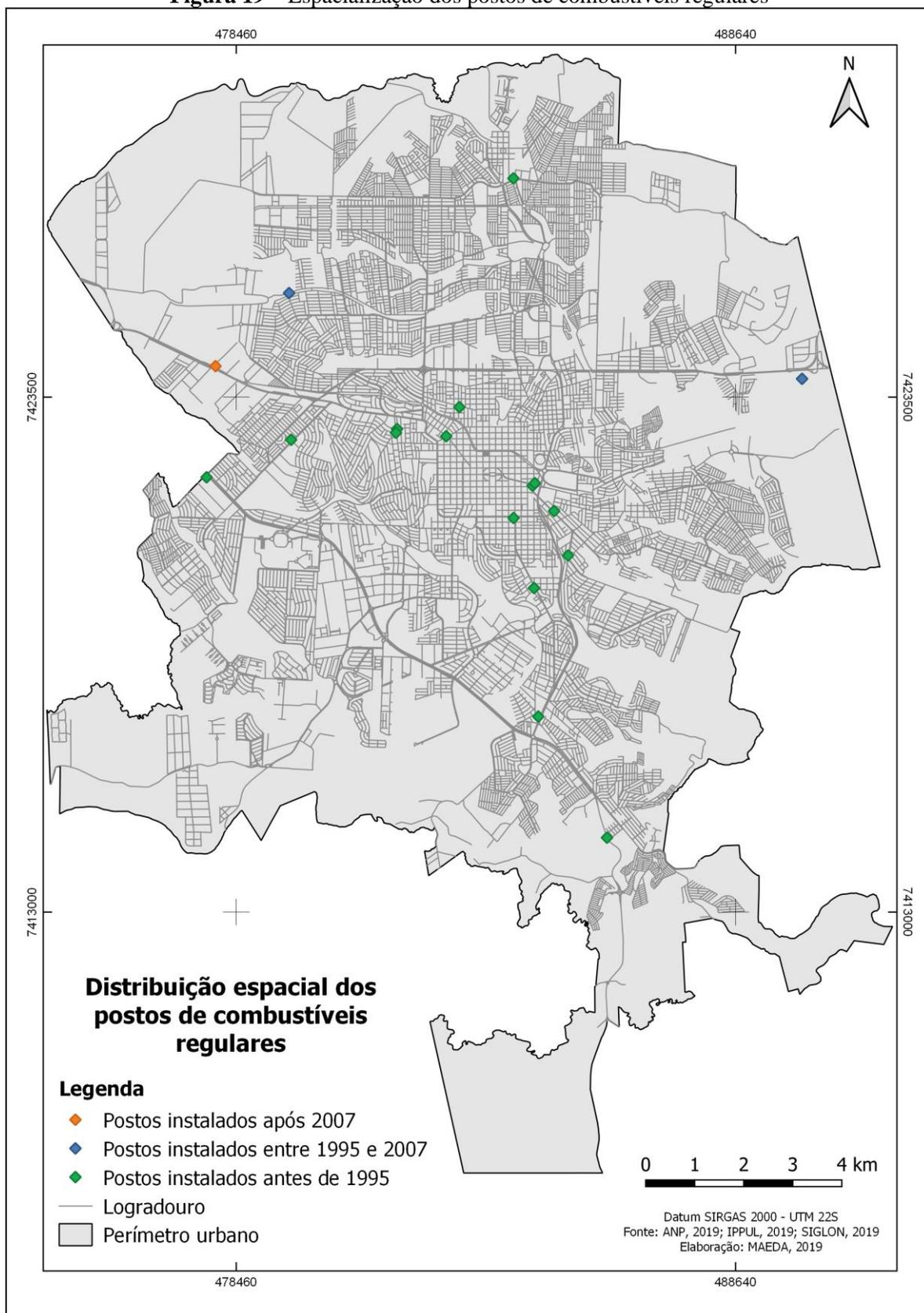
5.7 POSTOS DE COMBUSTÍVEIS REGULARES

A análise de conformidade segundo o fluxograma exposto na Figura 10 resultou em 18 postos de combustíveis regulares conforme a legislação utilizada, representando apenas 16,8% do total. Do total de postos regulares, apenas 3 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 o restante dos 15 postos, todos foram instalados antes da publicação da lei de 1995 e, assim, nenhuma análise de conformidade foi aplicada a eles. A Figura 19 apresenta a localização dos postos de combustíveis.

De acordo com a NBR 13.786/1997, os 3 estabelecimentos considerados regulares podem ser enquadrados na Classe 0, pois ao entorno não apresentam nenhum fator de agravamento. Um estudo mais detalhado é necessário para enquadrar os 104 estabelecimentos restantes dentro das classes definidas pela NBR, pois outros fatores de agravamento são considerados nas análises além das utilizadas neste trabalho.

Figura 19 – Espacialização dos postos de combustíveis regulares



6. 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 encontram irregulares de acordo com as legislações consultadas.

Os postos que se apresentaram regulares foram, na maioria, instalados antes da publicação da primeira legislação que estabelecia a distância mínima, o mais antigo datado em 1970. Estatísticas internacionais apontam que tanques com mais de 20 anos de instalação têm uma grande possibilidade de apresentarem vazamentos decorrentes da corrosão. Portanto é necessária a adequação dos postos mais antigos segundo as normas exigida pelos órgãos competentes, 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, porém, tem-se conhecimento 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), o óleo diesel infiltrou-se até o lençol freático e atingiu 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).

Assim, não se pode considerar como zero a probabilidade de contaminação, uma vez que, vários fatores e causas 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 suas mediações não comportam a instalação de novos postos de combustíveis.

Embora as atividades desempenhadas pelos postos de combustíveis tragam aspectos positivos como a movimentação da economia local, elas apresentam vários aspectos negativos que devem ser levados em consideração. Os produtos comercializados nos empreendimentos apresentam alto grau de inflamabilidade e toxicidade que podem oferecer riscos à população e ao meio ambiente em caso de acidentes. O atendimento às distâncias mínimas estabelecidas pelas legislações adotadas pelo município pode contribuir para minimizar os efeitos negativos que os postos podem causar em decorrência de defeitos nas estruturas ou falhas humanas operacionais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, 2017.

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.

BARROS, D; OLIVEIRA, V; SANTANA, M. F. E; CARVALHO, D. D. Caracterização ambiental dos postos de revenda de combustíveis no Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 15., 2008a, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Águas Subterrâneas, 2008a. p. 1-17.

BARROS, M. V. F.; SCOMPARIM, A.; KISHI, C. S.; CAVIGLIONE, J. H.; ARANTES, M. R. L.; NAKASHIMA, S. Y.; REINS, T. E. S. Identificação das ocupações irregulares nos fundos de vale da cidade de Londrina/PR por meio de imagem Landsat 7. **Ra'e Ga**, Curitiba, n. 7, p. 47-54, dez. 2003.

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.

BARROS, O. N. F; BARROS, M. V. F; ARCHELA, R. S; THÉRY, H; MELLO, N. A; GRATÃO, L. H. B. Atlas Ambiental da Cidade de Londrina: **Solos**. 2008b.

BARROS, R. M; PORTO, R. M. Estudo do risco de poluição das águas subterrâneas causada por vazamentos em postos de abastecimento de combustível, no município de Ribeirão Preto – SP. In: Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 13., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Águas Subterrâneas, 2009. p. 263-274.

BARTOLOMEU, D. **Análise da vulnerabilidade dos recursos hídricos na região urbana de São Carlos (SP) por vazamentos em postos de combustíveis, utilizando o método GOD e avaliação dos condicionantes geotécnicos**. 2012. 205 fls. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

BATISTA, C. S. P; GESUALDO, G. C; LEITE, P. C. C; LASTORIA, G; GABAS, S. G; CAVAZZANA, G. H; CASADEI, J. M; AZOIA, T. S. Aplicação do método GOD para avaliação de vulnerabilidade de aquífero livre em bacia hidrográfica. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 19., 2016, Campinas. **Anais...** Campinas: ABAS, 2016. p. 1-14.

BRASIL. Decreto n° 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. **Presidência da República**. Casal Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, D.F., 22 jul. 2008. Seção 1, pt. 1.

BRASIL. IBGE. **Censo demográfico**, 2010.

BRASIL. Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Presidência da República**. Casal Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, D.F., 31 ago. 1981. Seção 1, pt. 16.509.

BRASIL. Lei n° 9.478, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energéticas e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. **Presidência da República**. Casal Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, D.F., 6 ago. 1997. Seção 1, pt. 16925.

BRASIL. Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Presidência da República**. Casal Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, D.F., 12 fev. 1998. Seção 1, pt. 1.

BRASIL. Lei n° 12.651, 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. Portaria ANP n° 116, de 5 de julho de 2000. Regulamenta o exercício da atividade de revenda varejista de combustível automotivo. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, D.F., 6 jul. 2000. Seção 1-E.

BRASIL. Resolução ANP n° 41, de 5 de novembro de 2013. Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de revenda varejista de combustíveis automotivos e a sua regulamentação. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, D.F., 6 nov. 2013. pt. 71, p.74.

BRASIL. Resolução ANP n° 12, de 21 de março de 2007. Estabelece a regulamentação para operação e desativação das instalações de Ponto de Abastecimento e requisitos necessários à sua autorização. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, D.F., 22 mar. 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 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.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, D.F., 13 maio. 2002. Seção 1. p. 68.

BRITO, G. C. B; VASCONCELOS, F. C. W. A gestão de áreas contaminadas em Minas Gerais: o licenciamento como instrumento preventivo. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 19-32, maio/ago. 2012.

CÂMARA, G; DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004.

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

CATUNDA, A. C. M. M; MATTOS, K. M. C; PINTO, C. H. C; FERREIRA, D. C. Diagnóstico ambiental da atividade de postos de combustíveis no município de Parnamirim-RN. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 29., 2009, Salvador. **Anais...** Salvador: UFRN, 2009. p. 1-14.

CATUNDA, A. C. M. M; PINTO, C. H. C; FERREIRA, D. C; MATTOS, K. M. C. Diagnóstico ambiental da atividade de postos de combustíveis no município de Parnamirim-RN. **GEPROS**, Bauru, v. 6, n. 2, p. 11-32, jun. 2011.

CELLIGOI, A. **Recursos hídricos subterrâneos da Formação Serra Geral em Londrina – PR**. 1993. 108 fls. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

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.

GELLIGOI, A; SANTOS, M. M; VIANA, T. R. Análise e Interpretação de Gradiente Hidráulico do Aquífero Freático em uma Área da Região Sul de Londrina – Pr. **Revista Geografia**, Londrina, v.10, n.1, p. 79-87, jan/jun. 2001.

CHIARANDA, H. S. **Proposta de gerenciamento ambiental para os postos de serviços automotivos da cidade de Florianópolis – SC**. 2004. 72 fls. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária-Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CNPJ Rocks. 2019. Disponível em: < <https://cnpj.rocks/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.

COLE, G. M. Assessment and remediation of petroleum contaminated sites. **Lewis Publishers**, Florida, p. 397, 1994.

DAVIS, J. C; FONSECA, F. T; BORGES, K. A. V. A flexible addressing system for approximate geocoding. In: Simpósio Brasileiro de Geoinformática, 5., 2003, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: GeoInfo, 2003.

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
>. Acesso em: 27 de setembro de 2018.

ECONODATA. Busca de empresas. 2019. Disponível em: <
https://www.econodata.com.br/busca_empresas.jsf>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.

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. Monografia (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.

FELGUEIRAS, C. A; CÂMARA, G. **Modelagem numérica de terreno**. São José dos Campos: INPE, 2011. 39 p.

FRAGA, C. G. **Introdução ao Zoneamento do Sistema Aquífero Serra Geral no Estado do Paraná**. 1986. 125 fls. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

FRANKE, R. Scattered Data Interpolation: Teste of Some Methods, **Mathematics of Computation**, v. 33, n. 157, p. 181-200. 1982.

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

GAUY, J. S; HINO, P; SANTOS, C. B. Distribuição espacial dos casos de hanseníase no município de Ribeirão Preto no ano de 2004. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 15, n. 3, p. 1-7, jun. 2007.

GIRARDI, M. B. **Diagnóstico da situação do licenciamento ambiental dos postos de revenda de combustíveis no município de Matinhos-PR**. 2013. 27 fls. Artigo científico (Especialização em Análise Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

GUINGER, N; KOHNKE, M. W. Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABAS, 2002.

HARTMANN, C; BULLA, L. A. S; FELLINI, B. D. Emprego de Mosaico de médio formado e do geoprocessamento na definição dos limites técnicos para extração de areia do baixo rio Jacuí-RS, Brasil. **GRAVEL**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 9-19, nov. 2010.

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. Cidades: **Londrina – Pr.** 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/londrina/pesquisa/38/47001?tipo=ranking>>. Acesso em: 27 de setembro de 2018.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Médias históricas em estações do IAPAR.** 2018. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm>. Acesso em: 15 de novembro de 2019.

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#>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.

KÖPPEN, W. Klassifikation der climate nach temperature, niederschlag und jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, Gothan, v. 64, p. 193-203, 1918.

JACOB, A. A. E; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 15., 2006, Caxambu. **Anais...** Caxambu: ABEP, 2006. p. 1-22.

LARSSON, I. **Groundwater in hard rocks.** International Seminar on Groundwater in Hard Rocks, Stockholm, 1977.

LIPORACI, S. R; RÖHM, S. A; PEDRO, F. G; CEREDA, J. A. Comparação entre diferentes técnicas digitais para elaboração do modelo digital do terreno e da carta de declividades, com aplicação em mapeamento geológico-geotécnico e análise ambiental. **HOLOS Environment**, Rio Claro, v. 3, n. 2, p. 85-102, nov. 2003.

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. A gestão de resíduos em postos de abastecimento de combustível. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 6, n. 2, p. 110-125, 2010.

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.

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.

MANASSES, M. F; ROSA FILHO, E. F; HINDI, E. C; BITTENCOURT, A. V. L. Estudo hidrogeológico da Formação Serra Geral na região sudoeste do estado do Paraná. **Boletim paranaense de geociências**, Curitiba, v. 65. p. 1-23. p. 59-67, 2011.

MARANHÃO, D; TEIXEIRA, C. A; TEIXEIRA, T. M. A. **Procedimentos de investigação e avaliação da contaminação em postos de combustíveis, utilizando metodologias de análise de risco: Aplicação da ACBR em estudo de caso na RMS.** 2007. 121 fls. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Tecnologias Ambientais e Tecnologias) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

MARQUES, E. M; GUERRA, A. J. T. Solos contaminados por Hidrocarbonetos de Petróleo. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 7., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SINAGEO, 2008.

MARQUES, C. E. B; PUGAS, C. G. S; SILVA, F. F. S; MACEDO, M. H. **O licenciamento ambiental dos postos de revenda varejista de combustíveis de Goiânia.** Universidade Católica de Goiás, Departamento de Engenharia; Goiânia – GO, 2003.

MAZZINI, P. L. F; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.

MEDEIROS, L. C; FERREIRA, N. C; FERREIRA, L. G. Avaliação de modelos digitais de elevação para delimitação automática de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 61, n. 2, ago. 2009.

MENEZES, A. M; MOREIRA, C. A; ILHA, L. M; SCHWEIG, C. Estudo geofísico de vazamento de combustíveis em posto de abastecimento. **Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 601-609. dez. 2011.

OLIVEIRA, C. S. **Lago Igapó II, Londrina (PR): natureza, história e afeto no campo do patrimônio cultural.** 2018. 245 fls. Dissertação (Mestre 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.

PARANÁ. DETRAN. **Estatísticas de Trânsito - Frota de veículos**, 2017.

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.

PARANÁ. Resolução SEMA nº 32, de 21 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Licenciamento Ambiental, estabelece condições e critérios para Posto Revendedor, Posto de Abastecimento, Instalação de Sistema Retalhista de Combustível – TRR, Posto Flutuante e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**, Curitiba, PR., 23 dez. 2016.

PARANÁ. Resolução SEMA nº 38, de 19 de agosto de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios para Postos de Combustíveis e/ou Sistemas Retalhistas de Combustíveis e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**, Curitiba, PR., 25 ago. 2009.

PREFEITURA DE LONDRINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina – PR**. 2008.

PREFEIRA DE RECIFE. **Prefeitura de Recife disponibiliza Regularização Ambiental pela internet**. 2018. Disponível em: <<http://meioambiente.recife.pe.gov.br/noticias/prefeitura-do-recife-disponibiliza-regularizacao-ambiental-pela-internet>>. Acesso em: 28 de outubro de 2019.

PROGRAMA PRÓ-RIO URUGUAI. **Aquífero Guarani**. 1994. Disponível em: <<http://www.prouruguay.rs.gov.br/portal/modelo.php?cont=aquifero>>. Acesso em: 27 de setembro de 2018.

REBOUÇAS, A. C; FRAGA, C. G. Hidrogeologia das rochas vulcânicas do Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, n. 12, 1988.

RECEITA FEDERAL. **Emissão de comprovante de inscrição e de situação cadastral**. 2018. Disponível em: <http://www.receita.fazenda.gov.br/pessoajuridica/cnpj/cnpjreva/cnpjreva_solicitacao.asp>. Acesso em: 27 de setembro de 2019.

RIBEIRO, D. M; ROCHA, W. F; GARCIA, A. J. V. Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do rio Siriri, Sergipe. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 91-102, out. 2011.

RIBEIRO, H. M. C; BEZERRA, G. R. **Avaliação de BTEX em poços tubulares de captação de água para consumo humano nas proximidades de um posto de combustível de Belém – Pará – Brasil**. 2011. Disponível em: <<https://iwra.org/member/congress/resource/PAP00-5743.pdf>>. Acesso em: 28 de outubro de 2019.

SANTOS, E. S. **Introdução ao geoprocessamento: aprendendo TerraView 3x**. 2010. Disponível em: <http://www.geografia.ufflch.usp.br/saude/files/Apostila_TerraView.pdf>. Acesso em: 28 de setembro de 2018.

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 (Mestre em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

SANTOS, R. J. S. **A gestão ambiental em posto revendedor de combustíveis como instrumento de prevenção de passivos ambientais**. 2005. 217 fls. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

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

SILVA, C. S. G. **Licenciamento ambiental em postos de revenda de combustíveis à luz dos princípios constitucionais de defesa do meio ambiente: o caso do município de Natal-RN**. 2010. 198 fls. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

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, E. P; SOUSA, J. F; FERREIRA, W. D. **Licenciamento ambiental da atividade comércio varejista de combustíveis para veículos automotores**. 2011. 63 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) – SENAC, Goiânia, 2011.

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. **Gesta**, Juazeiro do Norte, v. 6, n. 1, p. 18-28, abr. 2018.

SKABA, D. A. **Metodologias de geocodificação dos dados da saúde**. 2009. 169 fls. Tese (Doutor em Ciências na área de Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2009.

SOUSA, E. P; MELO, T. D; SANTOS, J. P; ARAÚJO, B. P; LEITE, A. C. S. Uso do geoprocessamento aplicado a análise ambiental de um empreendimento de um posto de combustível no município de Paranaguá-PI. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 7., 2016, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: IBEAS, 2016. p. 1-4.

TAKEDA, M. M. G.; POLIDORO, M.; BARROS, M. V. F. Sistema de informação geográfica no diagnóstico das ocupações irregulares na cidade de Londrina-Pr. In: SIMPÓSIO PARANAENSE DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 4., 2009, Marechal Cândido Rondon. **Anais...** Marechal Cândido Rondon: SIMPGEO, 2009. p. 1-14.

TERRAMA². **Manual do Usuário TerraMA²** - Capítulo 3. v. 4. 2018. Disponível em: <http://www.terrama2.dpi.inpe.br/wp-content/uploads/2018/08/Manual_Usuario_TERRAMA2_v4_Cap3.pdf>. Acesso em: 28 de setembro de 2018.

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.

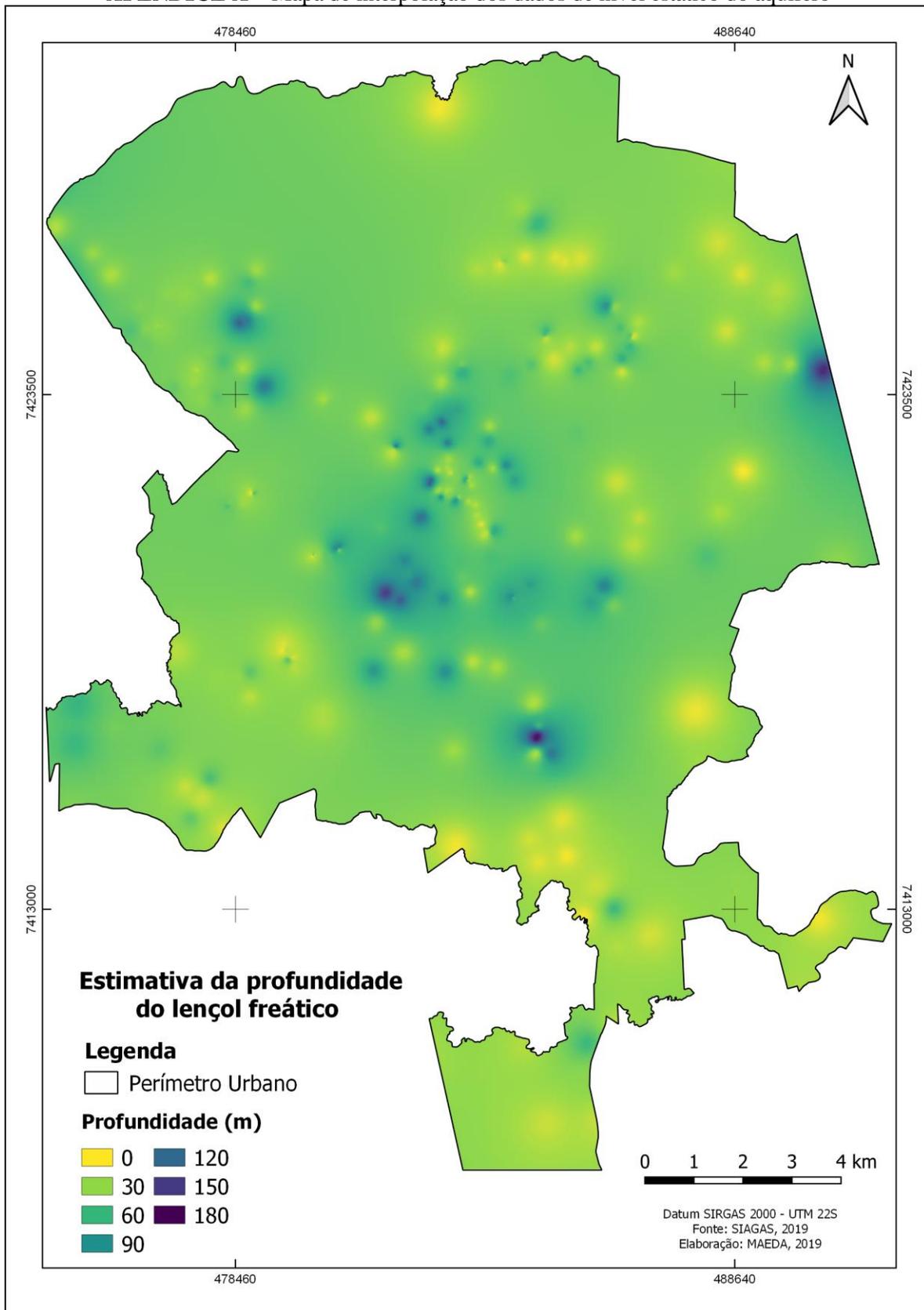
TRIBUNA. **IAP multa em R\$ 20 mi o pool de combustíveis**. 2002. Disponível em:<<https://www.tribunapr.com.br/noticias/parana/iap-multa-em-r-20-mi-o-pool-de-combustiveis/>>. Acesso em: 11 de dezembro de 2019.

VARELLA, C. A. A; SENA JUNIOR, D. G. **Estudo do interpolador IDW do Arcview para utilização em agricultura de precisão**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT190_principios_em_agricultura_de_precisao/Aulas/Estudo%20do%20interpolador%20idw%20arcview.htm>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

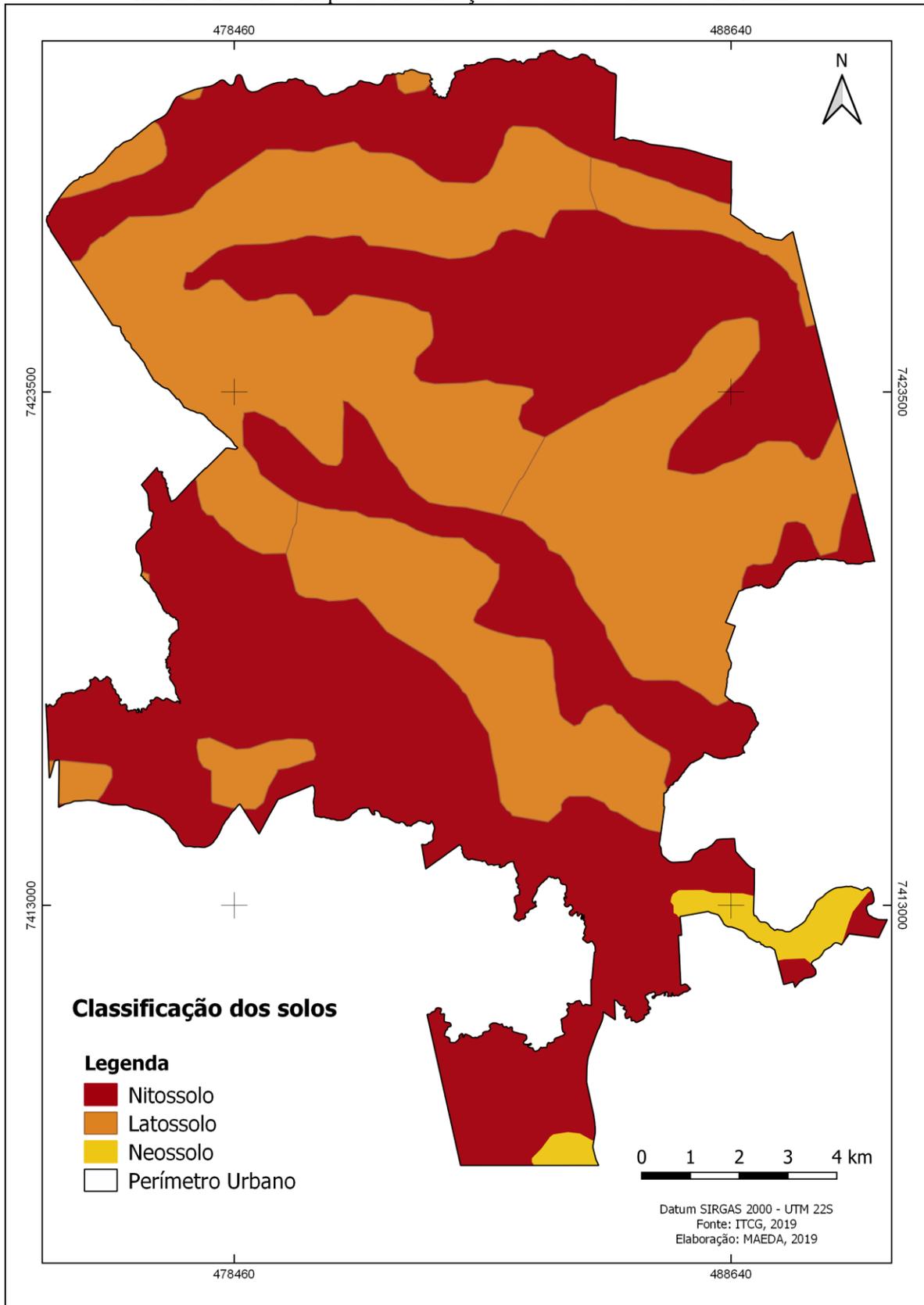
VIANA, T. R; CELLIGOI, A. Análise das reservas de águas subterrâneas do aquífero Serra Geral do Londrina: Recarga e consumo. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABAS, 2002. p. 1-12.

XIMENEZ, A. R; MERLI, A. G; CAMPOS, E. M; DIAS, J. V. P. P. O impacto ambiental devido a política de crescimento da frota de veículos. **Revista Ciências do Ambiente On-line**, Campinas, v. 4, n. 2, p. 1-7, 2008.

APÊNDICE A – Mapa de interpolação dos dados de nível estático do aquífero



APÊNDICE B – Mapa de classificação dos solos da cidade de Londrina



APÊNDICE C – Mapa de peso do lençol freático

