



IMPLICAÇÕES DOS DIFERENTES USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ZIELO, Gustavo Paulenas¹

RESUMO

Em tempos de escassez hídrica e previsões nada positivas a respeito da continuidade dos recursos naturais, principalmente com respeito à disponibilidade de água potável, os aquíferos surgem como uma alternativa para a salvação da população. Porém, é necessário gerir e proteger estes recursos, visto que o uso e ocupação dos solos em muitos dos casos impactam diretamente a qualidade destas águas. As diferentes atividades humanas na superfície acabam por gerar resíduos e rejeitos tóxicos que, uma vez despejados no ambiente podem gerar consequências bem prejudiciais. Este trabalho vem para apresentar ao leitor uma visão sistemática sobre os aquíferos e alguns dos usos do solo que podem impactar nas águas subterrâneas. Vale ressaltar, porém, que este trabalho é uma apresentação desta problemática e que pode e deverá ser consultado e melhorado sempre que necessário.

Palavras-chave: Aquíferos. Uso e Ocupação do Solo. Contaminação. Poluição.

1. INTRODUÇÃO

É de conhecimento da população, que os recursos hídricos estão ficando mais escassos no nosso planeta e principalmente no nosso país. Segundo a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), menos da metade da população mundial tem acesso à água potável. Com dados ainda mais diretos, um bilhão e 200 milhões de pessoas (35% da população mundial) não têm acesso a água tratada (CETESB, 2021). Já no Brasil quase 35 milhões de brasileiros não têm acesso à água potável e cerca de 100 milhões não têm serviço de coleta de esgotos no país (Agência Brasil EBC, 2021) e este número vêm aumentando graças à grave crise hídrica que o país vem enfrentando.

Como mencionado, uma das grandes causas da falta de água potável é a poluição e a falta de tratamento. Um dado alarmante mostra que 81% dos municípios brasileiros despejam esgoto nos corpos hídricos sem realizar o devido tratamento

¹ Formado em Engenharia Ambiental pela UNESP, no ano de 2020. Pós-Graduação em Auditoria e Perícia Ambiental pela FaSouza no ano de 2021. E-mail: gustavo_gpz@hotmail.com.

(EUKARYA, 2021). De acordo com uma pesquisa realizada pela SOS Mata Atlântica, dos rios brasileiros, 11% são classificados como bons, 35% estão classificados como ruins, 5% como críticos e 49% como regulares; e os poluentes são os mais diversos, como esgoto doméstico, metais pesados, efluentes industriais, poluentes orgânicos persistentes (POP) e lixo doméstico (TERA AMBIENTAL, 2021).

Conforme dito anteriormente, existe também o grande problema da falta de conscientização e sensibilização ambiental, visto que um dos principais poluentes dos rios brasileiros é o lixo doméstico. Falta a uma parcela da população a devida educação ambiental, para o correto descarte dos resíduos, pois uma vez que descartados incorretamente no corpo d'água, podem acarretar em diversos problemas como alagamentos e proliferação de doenças.

Mediante a estes problemas, e à grande abundância, recorre-se a pesquisas relacionadas à obtenção e utilização das águas subterrâneas. Os aquíferos aparecem como uma alternativa em tempos de crise hídrica muito severa, porém, vale ressaltar que apesar da grande disponibilidade de água, não se deve retirar de maneira inconsciente. Devem ser feitos estudos para a execução de um bom gerenciamento deste recurso, para que ele possa atender adequadamente ao seu propósito de abastecer a população em casos de grande estiagem, e não apenas aparecer como mais uma fonte de água e conseqüentemente ter sua capacidade esgotada.

Estima-se que no Brasil, as reservas de água subterrânea cheguem em 112.000 km³ (112 trilhões de m³) e a contribuição multianual média à descarga dos rios é da ordem de 2.400 km³ /ano (ABAS, 2021). Portanto, o que se nota, é que no território brasileiro existe uma enorme disponibilidade de águas subsuperficiais, mas de nada adiante se a mesma não for corretamente gerenciada.

Uma das origens de poluição de águas subterrâneas se dá pelas diferentes formas de uso e ocupação dos solos. Estas, nada mais são do que a atividade antrópica realizada na superfície do planeta. Estas atividades podem ser: agropecuária, mineração, exploração de florestas, disposição de resíduos (lixões, aterros controlados e aterros sanitários) dentre outras, e que de certa maneira vão impactar nos diferentes recursos naturais, dentre eles, as águas subsuperficiais.

Isso é um ponto preocupante, pois dado o panorama das águas subterrâneas e sua imensurável importância para a população, a sua contaminação e poluição pode resultar em algo muito desastroso no futuro, onde esta enorme fonte de água potável pode se tornar imprópria para o consumo humano.

A preocupação com a escassez dos recursos hídricos, principalmente em períodos de crise hídrica, acende um sinal de alerta para a pesquisa de diferentes alternativas para suprir as necessidades hídricas. E com base nisto, as águas subsuperficiais aparecem como uma alternativa em tempos de grave escassez hídrica. O Brasil é um dos países do mundo com maior disponibilidade de águas subterrâneas, porém, os diferentes usos e ocupação do solo podem vir a prejudicar e afetar a sua qualidade.

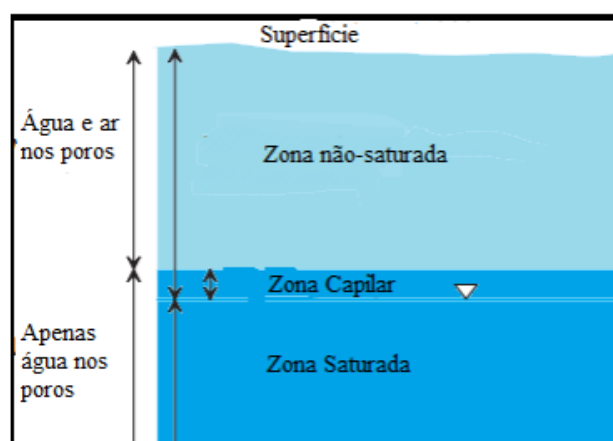
Dito isto, este trabalho vem com o propósito de mostrar como estes usos do solo podem impactar na qualidade das águas subterrâneas. Como objetivo deste trabalho, pretende-se explicitar ao leitor as mais variadas formas de uso e ocupação do solo, e os impactos que essas práticas acarretam na bacia hidrográfica, desde as águas superficiais, até as águas subterrâneas.

2. AQUÍFEROS

Primeiramente, será fornecida uma visão geral a respeito das águas subterrâneas. A água no subsolo localiza-se em duas zonas: a zona não-saturada (ou vadosa) e a zona saturada (a água subterrânea propriamente dita), e estas duas são separadas por uma interface denominada superfície freática. A zona não-saturada está localizada mais próxima à superfície e possui uma subdivisão denominada franja capilar, onde a pressão exercida sobre a água neste ponto é menor do que a atmosférica e predominam forças de capilaridade em função dos vazios do solo e do lençol freático localizado logo abaixo. A zona saturada está localizada abaixo da superfície freática, e a pressão na água nesta zona é maior do que a atmosférica, além de todos os poros estarem preenchidos por água; este reservatório subterrâneo

de água é conhecido como aquífero (Fitts, 2002). A figura 1 ajuda a ilustrar melhor este conceito.

Figura 1. Perfil vertical da água subterrânea e suas zonas.

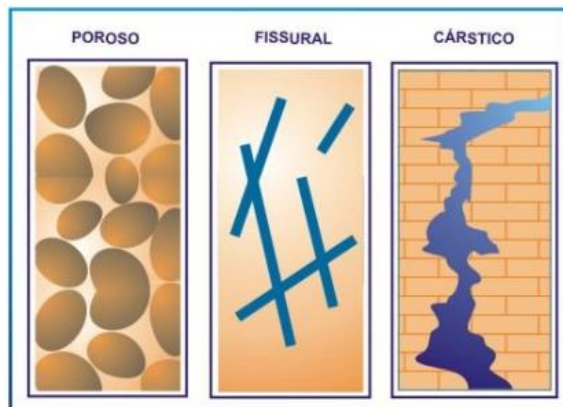


Fonte: Adaptado de Fitts, 2002.

Os aquíferos podem ser classificados segundo dois critérios: a porosidade e a pressão de confinamento. Em relação à porosidade, existem 3 tipos de aquíferos, segundo Borghetti et al. (2004):

- Sedimentar ou poroso: é aquele formado por rochas sedimentares e que a água se acumula nos vazios;
- Fraturado ou fissural: formado por rochas ígneas ou metamórficas, e a água se acumula nas fraturas causadas pelo tectonismo;
- Cárstico: formado por rochas calcáreas ou carbonáticas, onde a água se acumula nas fraturas geradas pela dissolução destas rochas.

Figura 2. Ilustração dos Aquíferos de acordo com a porosidade

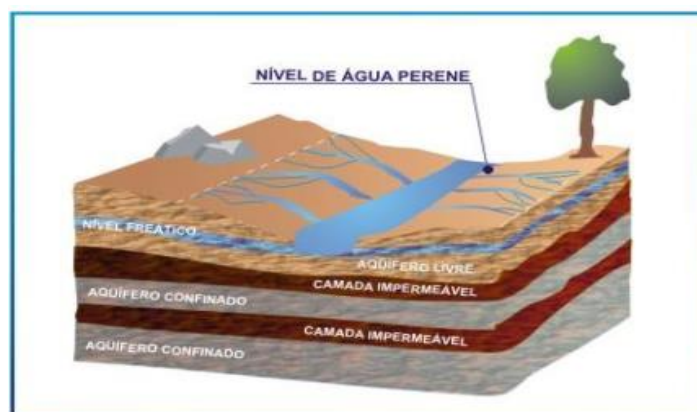


Fonte: Borghetti et al, 2004.

Em relação à pressão de confinamento, os aquíferos podem ser classificados em (Borghetti et al., 2004):

- Livre ou freático: é totalmente aflorante em sua extensão e limitado inferiormente por uma camada impermeável, e a pressão atuante neste caso é a própria pressão atmosférica.
- Confinado: é aquele confinado entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis, cuja pressão de confinamento é maior do que a pressão atmosférica.

Figura 3. Ilustração do aquífero de acordo com a pressão de confinamento



Fonte: Borghetti et al., 2004.

Um fator importante em relação às águas subterrâneas e diretamente relacionado à problemática deste trabalho, diz respeito à recarga dos aquíferos, que pode ser feita através da infiltração direta da água ou por outras fontes subterrâneas, como por exemplo, o escoamento subsuperficial. A região onde o aquífero é reabastecido é denominada zona de recarga, podendo ser direta (caso em que a água infiltra diretamente no aquífero por meio de poros ou fraturas) ou indireta (ocorre por drenagem ou fluxos subsuperficiais indiretos) (Conejo et al., 2007).

3. DEFINIÇÃO E ESTUDOS DE CASO RELACIONADOS AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O meio natural é constantemente impactado por atividades antrópicas de diferentes naturezas, sejam elas desde atividades econômicas (exemplos de mineração e práticas agropecuárias) até ao processo de urbanização (por exemplo, despejo de esgoto doméstico de maneira inadequada). Importante definir, que as fontes de poluição podem ser pontuais (ocorrem em um único ponto) ou difusas (a mesma fonte de poluição que contamina mais de um lugar), e que esse fator não necessariamente reflete em uma maior ou menor taxa de contaminação, apenas dificulta eventuais medidas para a remediação das áreas contaminadas. Nesta seção, serão apresentados alguns estudos relacionados aos usos e ocupação do solo e suas influências no meio.

Neste contexto, existe a legislação para o uso e ocupação do solo, que trata justamente sobre essa questão da exploração e degradação dos recursos naturais. Esta legislação se baseia em normas técnicas de edificações e zoneamento da cidade. As normas de edificações procuram estabelecer parâmetros detalhados sobre todos os aspectos das construções. Já o zoneamento é uma concepção da gestão do espaço urbano baseada na ideia de eleger os usos possíveis para determinadas áreas da cidade, sem que haja desequilíbrio e conflito entre os diferentes usos (Vaz, 1996).

Em um estudo, Coelho et al. (2014) demonstrou que a atividade de pastagem/agricultura, na medida em que ia se expandindo na região do semiárido

brasileiro, a vegetação nativa foi sendo substituída por uma paisagem cada vez mais devastada, criando uma paisagem mais heterogênea e bem diferente da vegetação natural. Em outras palavras, as classes de pastagem/agricultura suprimiram a caatinga aberta e sobretudo a caatinga densa.

Vanzela et al. (2010) fez um estudo para identificar os impactos decorrentes dos usos e ocupação dos solos nos recursos hídricos. O objeto de estudo foi o córrego Três Barras, em Marinópolis – SP e suas subdivisões, em porções onde o autor denominou como áreas agricultadas, áreas habitadas e áreas desmatadas. E como resultado, constatou que nas porções onde há vegetação e pouca alteração humana, os índices de qualidade da água são melhores e que tanto a agricultura, habitação e desmatamento contribuem negativamente para a qualidade dos recursos hídricos.

Nascimento et al. (2019) traz uma visão sobre os impactos do uso e ocupação do solo no Rio do Peixe. Dentre as atividades exercidas que influenciam os recursos hídricos, está a mineração, que acaba por contaminar a água com subpartículas de ferro, além do despejo inadequado de esgoto doméstico. A autora constatou que a qualidade da água continuava melhor nas regiões mais próximas à nascente.

Menezes et al. (2016) traz a análise da influência do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeirão Vermelho, em Lavras – MG. Os autores, através de análise de amostras do corpo hídrico, constatam que a alta presença de coliformes fecais e sólidos dissolvidos estão diretamente relacionados aos principais usos e ocupação do solo na região, no caso, são eles: pastagem, áreas urbanas (habitação), fragmentação florestal e atividades agropastoris.

Importante ressaltar que a contaminação dos corpos hídricos não ocorre apenas no Brasil. Em um estudo realizado por Meneses et al. (2020) na Bacia Hidrográfica do Rio Zêzere, em Portugal, mostrou que atividades como ocupação agrícola, principalmente para o plantio de culturas perenes, trazem impactos no meio ambiente, como por exemplo, a redução de florestas de árvores resinosas. Este desmatamento deixou o solo desprotegido dos agentes erosivos, e isso causou o desprendimento de partículas e o conseqüente aumento dos sólidos dissolvidos na água, diminuindo sua qualidade.

4. IMPACTOS DOS USOS E OCUPAÇÃO NOS AQUÍFEROS

Ainda sob a óptica das fontes contaminantes através do uso e ocupação do solo, nesta seção serão exibidos mais alguns trabalhos que tratam diretamente sobre a poluição das águas subterrâneas ou o risco potencial associado.

Em uma primeira análise, Ribeiro et al. (2007) faz um alerta a respeito da avaliação preliminar do risco de contaminação de águas subterrâneas. Apesar de em seu trabalho tratar apenas sobre o potencial risco da dispersão de herbicidas no lençol freático, é uma visão que deve ser amplificada para todos os contaminantes. A autora pontua que uma vez que se torna poluição, as práticas de remediação são as mais recomendadas. Porém, ressalta que nem sempre estas práticas irão resolver o problema além de serem muito onerosas. Deste gancho, vêm o seu ponto de raciocínio, afirmando que os estudos preliminares sobre os potenciais riscos de contaminação e sobre os contaminantes devem ser realizados, pois trazem uma visão mais ampla e concreta da dimensão que o problema pode tomar.

Trazendo um exemplo de pesquisa sobre o potencial poluidor dos herbicidas, Pessoa et al. (2003) em seu estudo, mapeou as áreas de maior risco de contaminação por variados tipos deste contaminante. Feitas as análises, a autora concluiu que na área de estudo, a Microbacia do Córrego Espreado, em Ribeirão Preto – SP, os lençóis freáticos apresentaram maior exposição aos herbicidas em uma faixa de até 5 metros abaixo da superfície. Na faixa de 5 a 10 metros, apenas um dos herbicidas apresentou risco de poluição, mas em determinado tipo de solo. Nas faixas de 10 a 20 metros de profundidade, nenhum herbicida apresentou este risco.

Soares et al. (2016) realizou um trabalho voltado a demonstrar a contaminação de águas subterrâneas por diferentes agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis, no estado de Mato Grosso. A autora concluiu que grande parte (45,6%) dos agrotóxicos comercializados e utilizados no município, se enquadraram nas classes de altamente perigosos e muito perigosos. Além disso, 26,1% dos produtos analisados, apresentam potencial de contaminação das águas subterrâneas, o que reforça ainda mais a necessidade de realizar estudos preventivos.

Partindo agora para outro exemplo de fonte poluidora e seu impacto nas águas subterrâneas, Corseuil & Marins (1997) trouxeram em sua pesquisa, uma análise sobre o potencial do impacto nas águas subterrâneas mediante o derramamento de gasolina no solo. Os autores mencionam que após a contaminação, a pluma irá se dissipando ao longo do tempo através de processos naturais, porém isso não garante que após a contaminação não haverá nenhum risco para que se torne uma poluição; é necessário que se faça um estudo hidrogeológico da área para se determinar a verdadeira magnitude e a extensão do problema. Os autores ainda concluem que a prevenção dos eventuais problemas e manutenção preventiva são as melhores soluções, para evitar que danos ambientais e prejuízos econômicos venham a ocorrer.

Ayach et al. (2009) realizou um estudo comprobatório do reflexo nas águas subterrâneas do despejo de esgoto doméstico de maneira inadequada. O estudo foi realizado no município de Anastácio, no Mato Grosso do Sul, e para a análise, a pesquisadora coletou amostras de água de 4 poços freáticos (que captam a água diretamente do nível do lençol freático). E após realizar os testes para verificar a potabilidade da água, constatou que de todos os pontos de amostragem, a qualidade da água estava abaixo dos padrões mínimos permitidos pela legislação. O principal indicador da poluição foi a alta presença de bactérias do grupo coliforme, presente em fezes de humanos; portanto, esta bactéria é o principal indicador de poluição por despejo de esgoto doméstico e falta de saneamento básico. Por fim, a autora conclui que a instalação de redes de esgoto e o investimento em saneamento básico na região seriam o suficiente para resolver este problema.

5. CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES

Ao saber da importância dos recursos naturais e a escassez de alguns deles, como é o caso da água potável, é importante fazer uma reflexão sobre o tema e proporcionar meios para uma maior conscientização a respeito desta problemática por parte da população. Neste contexto que este trabalho foi pensado, trazer ao leitor uma visão sistemática a respeito das águas subterrâneas e dos aquíferos e sua vital

importância para a humanidade. E também, quais e como as atividades humanas acabam por impactar este imenso reservatório de água subterrânea.

Foram analisados estudos e pesquisas de diversos autores a respeito do tema em questão, para fazer um devido enquadramento da realidade em que vivemos. Pôde-se observar de um modo geral, que as principais atividades econômicas da atualidade acabam por gerar um forte impacto no hídrico. Muitos estudos tratam a respeito da agropecuária e do agronegócio, uma vez que estas são duas das principais fontes da economia nacional. Porém, foi mostrado que a contaminação do meio ambiente por diferentes atividades econômicas, não é um problema tipicamente brasileiro.

O problema da desigualdade social alarmante existente em nosso país, traz à tona problemas muito sérios, a exemplo da ausência de saneamento básico na maioria dos municípios do Brasil. O despejo de esgoto doméstico é um enorme problema ambiental, uma vez que se trata de uma fonte de poluição incontrolável e que causa enormes impactos, dentre eles, inviabilizar que um determinado corpo hídrico seja utilizado pela população.

Porém, vale ressaltar que não é uma certeza absoluta que o contaminante irá atingir e poluir o lençol freático em todos os casos de contaminação. Para isso, alguns parâmetros do solo e do tipo de aquífero são cruciais para determinar se o risco será maior ou menor de causar a poluição, e a partir disso, tomar as medidas necessárias para se evitar o pior dos cenários.

Deixo como sugestão para pesquisas futuras, o estudo e criação de modelos matemáticos que levem em consideração os parâmetros pedológicos e características dos poluentes para se estimar com maior precisão o grau do risco que um contaminante leva consigo para uma eventual poluição de um aquífero, e assim, facilitar as previsões e o método adequado de tratar o problema.

REFERÊNCIAS

ABAS, 2021. **Águas Subterrâneas O que são?** Disponível em <<https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>>. Acesso em: 28 de outubro de 2021.

AGÊNCIA BRASIL EBC, 2021. **Brasil tem 35 milhões de pessoas sem acesso à água potável.** Disponível em <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/saude/audio/2021-03/saneamento-basico>>. Acesso em: 28, de outubro de 2021.

AYACH, Lucy Ribeiro et al. **Contaminação das águas subterrâneas por coliformes: um estudo da cidade de Anastácio-MS.** CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 4, n. 1, 2009.

BORGHETTI, Nadia Rita Borghetti; BORGHETTI, José Roberto; DA ROSA FILHO, Ernani Francisco. **Aqüífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul.** Ed. dos Autores, 2004.

CETESB, 2021. **O problema da escassez de água no mundo.** Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>>. Acesso em: 28 de outubro de 2021.

COELHO, Victor HR et al. **Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, p. 64-72, 2014.

CONEJO, G. L.; COSTA, M. P.; ZOBY, JLG. **Panorama do Enquadramento dos corpos d'água do Brasil e Panorama da Qualidade das águas Subterrâneas no Brasil.** Brasília: ANA, 2007.

CORSEUIL, Henry Xavier; MARINS, Marcus Dal Molin. **Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: o problema é grave.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 2, n. 2, p. 50-54, 1997.

EUKARYA, 2021. **Esgoto é despejado em rios em 81% dos municípios brasileiros.** Disponível em <<https://eukarya.com.br/esgoto-e-despejado-em-rios-em-81-dos-municipios-brasileiros/>>. Acesso em: 28 de outubro de 2021.

FITTS, Charles R. **Groundwater science.** Elsevier, 2002.

MENESES, Bruno M. **Alterações de uso e de ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Zêzere (Portugal): implicações hidrodinâmicas.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 21, n. 4, p. 741-757, 2020.

MENEZES, João Paulo Cunha et al. **Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, p. 519-534, 2016.

NASCIMENTO, Laura Pereira do et al. **Relationship between land use and water quality in a watershed impacted by iron ore tailings and domestic sewage.** Revista Ambiente & Água, v. 14, 2019.

PESSOA, Maria Conceição Peres Young et al. **Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas atrazina, diuron e tebutiuron.** Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente, v. 13, 2003.

RIBEIRO, Maria Lúcia et al. **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar.** Química Nova, v. 30, p. 688-694, 2007.

SOARES, Dayane Fonseca; FARIA, Anízio Márcio; ROSA, André Henrique. **Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil.** Engenharia sanitária e ambiental, v. 22, p. 277-284, 2016.

TERA AMBIENTAL, 2021. **Poluição: lixo, esgoto e metais pesados ameaçam os rios do Brasil.** Disponível em <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/poluicao-lixo-esgoto-e-metais-pesados-ameacam-os-rios-do-brasil>>. Acesso em: 28 de outubro de 2021.

VANZELA, Luiz et al. **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, p. 55-64, 2010.

VAZ, José Carlos. **Legislação de uso e ocupação do solo.** 1996.