



INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

ENGENHARIA AMBIENTAL

PEDRO HENRIQUE CORREA DOS SANTOS

**MONITORAMENTO, DIAGNÓSTICO E INDICADORES DA POLUIÇÃO DO
SOLO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

RIO VERDE-GOIÁS
2024

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO -CÂMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA AMBIENTAL**

PEDRO HENRIQUE CORREA DOS SANTOS

**MONITORAMENTO, DIAGNÓSTICO E INDICADORES DA POLUIÇÃO DO
SOLO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Dr Leandro Carlos

**RIO VERDE-GOIÁS
2024**

PEDRO HENRIQUE CORREA DOS SANTOS

**MONITORAMENTO, DIAGNÓSTICO E INDICADORES DA POLUIÇÃO DO SOLO:
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 24 de Abril de 2024, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof.(a). Dr.(a) Igor Olacir Fernandes Silva

Prof.(a). Dr. Giselle Santos de Faria

Prof.(a) Dr Leandro Carlos

658.32

B333r Santos, Pedro Henrique Correa Dos., 2022-

Monitoramento, Diagnóstico E Indicadores Da Poluição Do Solo
/Pedro Henrique Correa Dos Santos - 2022. 26f.

Orientador:

Trabalho de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde.

Bibliografia: f. 57-60.

I. Poluição do Solo - Contaminação - Diagnóstico - Monitoramento. I.

II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus
Rio Verde.

SUMÁRIO

RESUMO	6
INTRODUÇÃO.....	7
REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA.....	9
A IMPORTÂNCIA DO SOLO PARA OS ECOSISTEMAS.....	9
MONITORAMENTO AMBIENTAL	10
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	11
INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO	12
PROCESSOS BIOLÓGICOS PARA REMEDIAÇÃO DO SOLO.....	15
TIPOS DE REMEDIAÇÃO DO SOLO	15
PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS PARA A REMEDIAÇÃO DO SOLO	16
METODOLOGIA.....	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
CONSIDERAÇÕES FINAIS	21

RESUMO

SANTOS, Pedro Henrique Correa Dos. **Monitoramento, Diagnóstico E Indicadores Da Poluição Do Solo**. 20232. 28p Monografia (Curso de Bacharelado de Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano– Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2024.

O termo poluição vai muito além de apenas um conceito que nos remete a falta de cuidado com o meio ambiente, visto que engloba diversos fatores ambientais que estão interligados para a manutenção da vida no planeta, a partir dos processos de industrialização que transformaram o mundo ao longo dos anos, e com isso, havendo a má disposição de resíduos industriais, permitiu-se que o acúmulo desses resíduos se proliferasse, devido à ação antrópica, gerando os chamados poluentes ambientais. Sendo assim, tem-se como objetivos: descrever as formas de monitoramento e diagnóstico da poluição do solo, identificar os indicadores de tal, avaliar medidas eficazes para a recuperação ou prevenção desta poluição. O presente estudo, trata-se de uma revisão narrativa, foram considerados os seguintes critérios de inclusão: artigos disponíveis na íntegra, publicados entre 2010 e 2022; nos seguintes sites: Google Acadêmico, Scielo e Scopus. E como critérios de exclusão: artigos que não eram compatíveis com o objeto de estudo e os artigos não disponíveis com acesso gratuito. O solo é um recurso básico cuja perda e degradação não podem ser recuperadas em uma única geração, a poluição do solo muitas vezes não pode ser percebida visualmente ou avaliada diretamente, tornando-se um perigo oculto com sérias consequências. O diagnóstico e monitoramento da poluição do solo desempenham papéis fundamentais na compreensão e enfrentamento desse problema ambiental, fornecendo dados essenciais para intervenções corretivas e preventivas. Os indicadores, como concentrações de substâncias químicas e alterações nas propriedades do solo, desempenham um papel crucial na quantificação e qualificação da contaminação, permitindo a avaliação da eficácia das medidas adotadas e o direcionamento de esforços para mitigar os impactos ambientais.

Palavras-chave: Poluição do Solo; Contaminação; Diagnóstico, Monitoramento.

INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, a grande maioria dos centros urbanos desenvolveram-se às margens de rios, o que ocasionou a destruição das matas ciliares (vegetação natural que margeia os cursos d'água), e hoje como consequência desses atos, associados a outros fatores, ocorrem as enchentes que atinge a população que moram próximo a esses corpos d'água (MEDEIROS *et al.*, 2021).

A poluição do solo é definida como toda e qualquer alteração nas propriedades (do solo) resultante da exposição a produtos químicos, resíduos sólidos e resíduos líquidos, levando à sua deterioração a tal ponto que torna a terra inutilizável ou até mesmo cria um risco à saúde (ALEMU *et al.*, 2017).

O solo é formado pela decomposição de rochas e pela decomposição de restos vegetais e animais pela ação dos decompositores mencionados acima e de outros agentes do intemperismo. Por sua vez, é essa camada a mais afetada por resíduos sólidos e líquidos, fertilizantes, pesticidas e herbicidas, principalmente como resultado da química inorgânica desenvolvida após a Segunda Guerra Mundial (VIEIRA, 2018).

Segundo o novo Código Florestal Federal, Lei n.12.651, de 25 de maio de 2012, as matas ciliares são Áreas de Preservação Permanente (APPs). Essas áreas são de extrema relevância, em relação à conservação da água e são consideradas espaços nos quais a vegetação deve encontrar-se intacta para garantir a preservação dos recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade ser mantida e preservada (BRASIL, 2012).

De acordo com Alemu *et al.* (2017), a vegetação ripária constitui uma zona de transição entre os ecossistemas aquáticos e terrestres e fornece muitas funções, incluindo a redução do carregamento de sedimentos, o controle de processos erosivos, além de fornecer sombra e habitat para organismos, sendo também essencial para diminuir os impactos negativos sobre o solo.

Deste modo, os estudos ambientais surgem como uma importante ferramenta para controlar essa problemática, por exemplo, a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), que pode incluir desde o diagnóstico ambiental da área até o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), sendo o primeiro, uma base para a confecção e execução do segundo. O diagnóstico tem por finalidade principal descrever e analisar a situação ambiental atual de uma área na qual, em geral, haverá a implementação de um empreendimento ou outra atividade antrópica (MEDEIROS *et al.*, 2021).

Além disso, a própria operação portuária, englobando a manutenção da infraestrutura

física, bem como os serviços e sistemas de carga/descarga, estocagem e transporte, possui, também, um grande potencial para geração de impactos ambientais (QUINTIERE, 2010).

O termo poluição vai muito além de apenas um conceito que nos remete a falta de cuidado com o meio ambiente, visto que engloba diversos fatores ambientais que estão interligados para a manutenção da vida no planeta (VIEIRA, 2018).

Nesse contexto, apesar das palavras contaminação e poluição parecem denotar o mesmo significado, ambas apresentam diferenças sutis, sendo que contaminação implica na concentração maior de determinada substância num ambiente onde ela ocorre naturalmente, como também se ela está causando danos de algum tipo e, o termo poluição deve ser usado quando uma substância está causando efeitos colaterais indesejáveis para algum organismo, seja no ambiente em que ele estiver (PIERZYNSKI, 2017).

Como a agricultura, a mineração contribuem para a poluição do solo, essas atividades alteram significativamente a estrutura natural do solo ao cavar e abrir enormes crateras, e o uso de produtos químicos agravou esse desastre ambiental. Algumas das medidas potenciais para combater a poluição do solo incluem: redução de resíduos, disposição e tratamento adequados de resíduos, reciclagem, saneamento, alternativas agrícolas aos pesticidas, etc. É importante enfatizar a responsabilidade de proteger o solo.

Sendo assim, objetivou-se com esta revisão bibliográfica descrever as formas de monitoramento e diagnóstico da poluição do solo, identificar os indicadores de tal, avaliar medidas eficazes para a recuperação ou prevenção desta poluição.

REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

A IMPORTÂNCIA DO SOLO PARA OS ECOSISTEMAS

O solo é um recurso básico cuja perda e degradação não podem ser recuperadas em uma única geração. Os solos fornecem bens e serviços essenciais para os ecossistemas e a vida humana, e são essenciais para a produção de alimentos para humanos e animais. Cerca de 95% da produção mundial de alimentos vem do solo. O solo também tem a capacidade de filtrar e purificar dezenas de milhares de quilômetros cúbicos de água todos os anos. Como grande depósito, o solo constitui o maior depósito de carbono terrestre, ajudando a regular as emissões de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases de efeito estufa, críticos para a regulação do clima (ONUPAA, 2019).

O Sistema Brasileiro de Classificação do Solo define o solo como sendo uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos; contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza e, eventualmente, terem sido modificados por ações do homem (SANTOS *et al.*, 2018).

Para que um ambiente seja considerado sustentável o solo deve estar apropriado para manter a interação entre os ecossistemas (VEZZANI, 2011).

Ecossistema ou sistema ecológico é qualquer ambiente onde há a interação entre o meio abiótico (natureza solar, luminosidade, temperatura, pressão, água, umidade do ar, salinidade) e o biótico (seres vivos) se constituem num ecossistema, seja ele terrestre ou aquático, grande ou pequeno (RAMOS *et al.*, 2010).

Portanto, um ecossistema possui dimensões variadas, pode ser constituído por uma floresta inteira, num grande espaço, “macro-ecossistema”, ou por uma planta a exemplo das bromélias, pequeno espaço, chamado “micro-ecossistema”. Nesses dois tipos de ecossistemas todos possuem os fenômenos e fatores que delimitam e definem o ambiente dos seres vivos (RAMOS *et al.*, 2010).

Além disso, os solos têm uma função fundamental e muito importante para o nosso ecossistema. Os solos fornecem às nossas florestas e colheitas nutrientes essenciais, filtram a água e ajudam a regular a temperatura e as emissões de gases de efeito estufa. Os solos florestais, assim como nossas pastagens e lavouras, têm o potencial de reduzir as emissões por meio do sequestro de carbono da atmosfera na forma de matéria orgânica.

Estes são um enorme reservatório global de carbono, armazenando mais carbono orgânico do que a vegetação. Mas os solos nem sempre são geridos da forma mais adequada para beneficiar o clima e a qualidade da água. Grande parte do solo que pode retirar carbono da atmosfera o está liberando, adicionando dióxido de carbono à atmosfera e exacerbando as mudanças climáticas.

A determinação de indicadores de qualidade do solo é necessária para identificar áreas problemáticas de produção, fazer estimativas realistas de produtividade, monitorar mudanças na qualidade ambiental e ajudar os órgãos governamentais a formular e avaliar políticas agrícolas de uso da terra.

A identificação efetiva de indicadores adequados para avaliar a qualidade do solo depende da capacidade de considerar múltiplos componentes que determinam sua capacidade de desempenhar suas funções, como produtividade e bem-estar ambiental. Essa identificação é dificultada pela diversidade de propriedades físicas, químicas e biológicas que regem a força dos processos biogeoquímicos e sua variação temporal e espacial, o que nos compete e reforça a importância do monitoramento ambiental destes solos.

MONITORAMENTO AMBIENTAL

O processo de monitoramento é uma avaliação; toda avaliação biológica requer a coleta de dados. Além disso, deve haver observações do espaço de interesse. Dito isso, o processo pode demorar um pouco, pois os responsáveis precisam saber se as condições daquele ambiente são afetadas por coisas como clima e clima. Além disso, o processo tem várias medições. É utilizado, por exemplo, para acompanhar o desenvolvimento de determinadas espécies vegetais e animais envolvidas no espaço da empresa e no seu entorno (SILVA *et al.*, 2018).

Segundo o relatório anual do MapBioma (2020) houve um crescimento de 14% de área desmatada em relação ao ano de 2019, em que no total foram 17 desmatados 1.385,3 mil ha, no qual a área da Mata Atlântica contribui em 23,9 mil ha. Sabendo-se que também o boletim da ONG SOS Mata Atlântica aponta que entre 2018-2019 houve um aumento de 27,2% de desmatamento em relação ao período anterior de 2017-2018 (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019).

Regulamentado pela Lei Federal 6.938/1981, o monitoramento ambiental faz parte da política ambiental nacional. Esta ferramenta inclui a coleta contínua de informações para monitorar as mudanças no meio ambiente, sejam elas causadas por perturbações humanas ou por variabilidade natural. Por meio dessa análise, pode-se determinar a necessidade de medidas

de manutenção ou restauração ambiental.

Ou seja, um processo de fragmentação florestal em constante desenvolvimento. Em suma, o monitoramento efetivo se faz necessário para subsidiar ações políticas no sentido de proteger e mitigar as ações deste crescente desmatamento. Além disso, este processo de perda de vegetação nativa, ocasiona a fragmentação florestal, é um processo em que uma área de habitat é reduzida e dividida entre habitats diferentes do original (RIBEIRO *et al.*, 2020).

Silva *et al.* (2018) analisaram a fragmentação da vegetação da mata atlântica por intermédio de diversos sensores remotos. Em razão destes impactos da fragmentação florestal, muito tem se falado da priorização de áreas à conservação, o qual é um assunto em ascensão.

Visto que esta priorização de áreas se torna uma alternativa de planejamento dentro de uma bacia hidrográfica, levando em conta diversos aspectos naturais espacializados (solo, água, infraestrutura etc.), além dos serviços ambientais oferecidos (NÉTO *et al.*, 2020 e MESHRAM *et al.*, 2019).

E de acordo com Mota (2010) mapas produzidos visando a prioridade, podem indicar áreas que devem ser preservadas, restauradas e aquelas que podem haver potencialização de uso.

Desta forma, Silveira (2016), utilizando SIG, no âmbito de estudos ambientais, afirma que há técnicas eficientes e precisas, que geram informações de alto interesse, principalmente para os tomadores de decisão.

Contudo as áreas prioritárias que visam preservar os recursos naturais em diferentes perspectivas, requerem diversas temáticas como a proteção de espécies em extinção (BROTTO, 2019), a área da saúde (RAMOS *et al.*, 2020), os propósitos turísticos (NETO, 2021), os pagamentos por serviços ambientais (PICHARILLO, 2019), a conservação da biodiversidade em centros urbanos (RIBEIRO *et al.*, 2021), a conectividade florestal (VANDERLEY-SILVA, 2021), dentre outros tantos temas abordados. Para isso recursos como as geotecnologias, ferramentas de suporte para tomadas de decisão, vêm sendo aplicados em diversas regiões do Brasil para a detecção do desmatamento (CLEMENTE *et al.*, 2020; COSTA *et al.*, 2019).

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Os diagnósticos ambientais são instrumentos úteis, pois permitem caracterizar e avaliar as condições em que se encontra determinada área bem como identificar os problemas que merecem prioridade para serem solucionados. Possuem grau de detalhamento vinculado ao escopo do estudo, sendo elementos básicos nos processos de planejamento e de monitoramento

ambiental (SÀNCHEZ, 2013).

Os diagnósticos ambientais voltados ao estudo do uso e cobertura do solo em APPs têm empregado amplamente o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (TSUJII, 2014).

Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao monitoramento ambiental de bacias hidrográficas podem auxiliar na detecção, avaliação e monitoramento da erosão do solo. A partir daí, os pesquisadores têm um diagnóstico real da região e podem começar a implementar e desenvolver projetos que permitirão monitorar inúmeros problemas.

Diante do diagnóstico da vegetação, evidenciam que a fragmentação provoca diferentes impactos, tais como perda da biodiversidade, modificações das interações ecológicas, alterações da composição de fauna e flora, aumento da competição de espécies e impactos nos serviços ambientais (GRÊT-REGAMEY *et al.*, 2017).

Quando utilizadas de forma integrada, essas ferramentas geotecnológicas possibilitam a produção de mapas com informações atualizadas sobre os diferentes tipos de vegetação e uso da terra, mostrando-se práticas e eficientes no planejamento, monitoramento e fiscalização ambiental (CUNHA; LUCENA; SOUZA, 2017; MOREIRA *et al.*, 2015).

Outra ferramenta empregada em diagnósticos ambientais envolvendo as zonas ripárias e o meio aquático (sistemas fluviais) são os Protocolos de Avaliação Rápida (PARs) (SANTOS *et al.*, 2015; SOUZA, 2018). Tais protocolos permitem a avaliação de impactos antrópicos em corpos hídricos e nos ecossistemas em suas margens a partir de observações *in situ* e aplicação de um check list de parâmetros pré-definidos (MAGALHÃES, 2019).

Compreendem um método de avaliação prático, eficaz e pouco oneroso, cujo resultado informa a situação do ambiente, garantindo avanços no monitoramento da qualidade ambiental (MAGALHÃES, 2019; VARGAS; FERREIRA JÚNIOR, 2012).

Nesse sentido, o sensoriamento remoto passa a incrementar as pesquisas ambientais, pois facilita o entendimento das dimensões dos impactos ambientais, principalmente em relação às imagens de satélite anteriores, para o desenvolvimento de possíveis soluções de restauração ou ações para evitar o declínio da cobertura espacial de uma determinada área.

INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

Esses fatores podem ser usados como ferramenta para identificar a degradação de áreas perturbadas, afinal, esse recurso natural pode afetar diversos outros fatores, como hidrologia, erosão e ciclos biogeoquímicos (ADAMCOVÁ *et al.*, 2016). A análise de fatores físicos,

químicos e biológicos pode verificar a qualidade do solo em relação aos atributos químicos, físicos e biológicos (ROSA *et al.*, 2015).

A análise do solo é a única maneira de determinar a capacidade do solo de fornecer os nutrientes de que suas plantas precisam antes do plantio. É também a maneira mais fácil, barata e eficaz de aprender sobre a fertilidade da terra. Além de ter uma base para recomendar as quantidades necessárias de corretivos e fertilizantes para aumentar a produtividade da lavoura e assim obter o melhor retorno do investimento e aumento dos lucros. A realização de análises de solo também permite monitorar as mudanças na fertilidade e pode ajudar a melhorar a rentabilidade da exploração agrícola ou florestal. Isso porque oferece a possibilidade de aumentar a produtividade e a resistência das plantas, reduzir o custo dos inseticidas (inseticidas, herbicidas e fungicidas), contribuindo assim para uma melhor qualidade de vida e menor impacto ambiental.

A avaliação da qualidade do solo considera vários aspectos, como "a capacidade do solo de receber, armazenar e reciclar continuamente água, nutrientes e energia, e de reter, distribuir e transformar materiais químicos e biológicos, atuando como um tampão ou filtro ambiental" (FREITAS, 2017).

A pesquisa de qualidade do solo não deve adotar um único indicador, mas sim considerar indicadores que incluam aspectos químicos, físicos e biológicos, pois esses fatores juntos afetam os processos bioquímicos no solo e suas mudanças temporais e espaciais. pode ser quantificado ou expresso qualitativamente. Portanto, ao realizar a avaliação, possíveis alterações no solo podem ser descritas, avaliadas e monitoradas (ARAÚJO *et al.*, 2012).

Segundo Freitas *et al.* (2017), o estudo das propriedades do solo ao longo do tempo permite a análise da qualidade do solo, pois é possível quantificar a magnitude e a duração das mudanças induzidas por diferentes práticas de manejo. Para avaliar os efeitos ocorridos, as propriedades utilizadas como indicadores de qualidade do solo devem ser comparadas com solos em condições naturais ou áreas limítrofes com pouca perturbação.

Essa comparação se justifica porque não há valores padronizados para atributos biológicos que representam a qualidade do solo, nem mesmo para critérios específicos comumente usados para avaliar atributos químicos e físicos que tenham (ROCHA *et al.*, 2015).

Quando a área de estudo estiver próxima a fragmentos florestais, recomenda-se usar essas áreas como áreas de controle para fins de comparação, uma vez que essas áreas são pouco perturbadas (YADA *et al.*, 2015).

No entanto, quando a área de estudo está distante dessas áreas, as áreas próximas à realidade da microárea de estudo são utilizadas como áreas controle (FIDELIS *et al.*, 2016).

Os indicadores físicos são utilizados para avaliar a qualidade do solo porque estabelecem relações fundamentais com processos hidrológicos como permeabilidade, escoamento superficial, drenagem e erosão. Além disso, afetam o fornecimento e armazenamento de água e oxigênio no solo (ROSA *et al.*, 2015; MARTINS, 2018). Os mesmos autores afirmam que, dentre as propriedades físicas, algumas se destacam como indicadores da qualidade do solo. Estes incluem textura, porosidade total, densidade aparente e estabilidade agregada.

Dentre os principais indicadores físicos utilizados para avaliar a qualidade do solo, a textura do solo é um dos atributos mais estáveis, pouco alterado pelo preparo do solo ou outras práticas que resultem em colagem ou mistura de camadas. A porosidade e a densidade são propriedades dinâmicas, facilmente influenciadas pelo uso do solo e facilmente determinadas, podendo estar relacionadas à compactação e restrição do crescimento radicular. A estabilidade dos agregados está relacionada à erodibilidade do solo porque afeta a infiltração, retenção de água, aeração e outros fatores importantes na manutenção do equilíbrio do solo (ARAÚJO *et al.*, 2012).

Já o estudo de indicadores biológicos de qualidade do solo é muito importante para entender os processos ecológicos que ocorrem em áreas perturbadas ou em processo de recuperação (FILHO, BARRETA; SANTOS, 2014).

Ao definir as propriedades biológicas dos solos a serem analisados, é necessário seguir alguns critérios, a saber: as propriedades microbianas devem ser avaliadas com precisão e precisão para obter respostas em uma ampla gama de tipos e condições de solo; devido ao alto número de amostras normalmente analisadas, a avaliação dos atributos microbianos deve ser simples e econômica; os atributos microbianos devem ser sensíveis à pressão, mas robustos o suficiente para não gerar alarmes falsos; eles devem ser validados cientificamente contra a realidade e o conhecimento atual; e dois ou mais atributos independentes devem ser usado.

É preciso ressaltar que diferentemente dos indicadores químicos e físicos do solo onde já estão definidos os níveis (baixo, médio, adequado e alto) para cada tipo de solo/cultura, quando se trata de indicadores biológicos é difícil interpretar os resultados. Isso, ao usar esses indicadores, devem ser usadas áreas de controle ou linhas de base para comparação (MENDES; SOUSA; REIS JÚNIOR, 2015), que devem estar próximas à natureza ou pouco perturbadas (ROCHA, 2015).

O uso de indicadores biológicos para determinar o estado ambiental dos solos é importante porque eles refletem a saúde dos solos, ou seja, fornecem informações sobre os serviços do processo relacionados à capacidade dos solos de manter seu ambiente ou

ecossistemas, que contribuem para a sustentabilidade da ecossistemas. (STEFANOSKI *et al.*, 2013).

Os microrganismos são responsáveis diretos pelas funções do solo, pois desempenham um papel na geração de resíduos orgânicos, decomposição, ciclagem de nutrientes e biorremediação de áreas contaminadas com poluentes e pesticidas, justificando sua inclusão como indicadores na avaliação da qualidade do solo (MENDES; SOUSA; REIS, 2015).

PROCESSOS BIOLÓGICOS PARA REMEDIAÇÃO DO SOLO

O principal objetivo dos métodos biológicos é o uso de poluentes como fonte de energia e alimento, a fim de estimular o crescimento de microrganismos e criar condições favoráveis para isso. Normalmente, isso significa fornecer uma combinação de nutrientes oxigênio e umidade, bem como controle de temperatura e pH. Às vezes, microrganismos adaptados para decompor contaminantes específicos são usados para melhorar o processo de recuperação (APA, 2020).

A taxa na qual os microrganismos decompõem os poluentes é influenciada por seu tipo e concentração, disponibilidade de oxigênio, temperatura, pH, disponibilidade de nutrientes, bioacumulação e processos de co-metabolismo. Os processos biológicos são sensíveis a certos parâmetros do solo. Por exemplo, a presença de argila ou matéria orgânica no solo pode alterar a eficiência do processo de tratamento biológico (CPEO, 2018).

TIPOS DE REMEDIAÇÃO DO SOLO

A biorremediação pode ser considerada como uma nova tecnologia para o tratamento de locais contaminados através da utilização de agentes biológicos capazes de modificar ou degradar os poluentes visados. As estratégias de biorremediação incluem: o uso de microorganismos nativos, ou seja, do próprio local, sem a intervenção de tecnologias de remediação ativas (biorremediação interna ou natural); a adição de estimulantes como nutrientes, oxigênio e biossurfactantes (bioestimulação); inoculação de consórcios microbianos enriquecidos (bioaumento). A vantagem desses processos é a mineralização do poluente, ou seja, conversão em dióxido de carbono, água e biomassa (MARIANO, 2016),

Biorreatores: O solo contaminado é misturado com água em certas proporções (10-30% de sólidos por peso). Microrganismos podem ser adicionados se a população for insuficiente. Este é um método simples e versátil que pode ser usado para extrair a maioria dos compostos

de petróleo. Por ser um sistema fechado, temperatura, umidade, pH, oxigênio, nutrientes e emissões voláteis podem ser controlados. No entanto, o fracionamento do solo antes da alimentação do reator e seu desaguamento após o tratamento pode ser um processo complexo e oneroso (SANTOS, 2015).

O mesmo autor também afirma que, ao contrário dos hidrocarbonetos mais leves (principalmente na gasolina e no óleo diesel), os hidrocarbonetos mais pesados não evaporam durante a aeração, mas são decompostos por microorganismos presentes no solo. Esses hidrocarbonetos de alto peso molecular encontrados em lubrificantes requerem tempos de limpeza mais longos, de seis meses a dois anos.

Fitorremediação: Uma nova tecnologia de remediação que usa plantas para quebrar, extrair, conter ou imobilizar contaminantes do solo ou da água. Os mecanismos que ocorrem no processo de fitorremediação incluem a extração de um poluente do solo, a concentração desse poluente nos tecidos vegetais, a degradação do poluente por processos bióticos ou abióticos, a volatilização ou transpiração de poluentes voláteis da planta para o ar e a imobilização do poluente na zona radicular (ALBERGARIA, 2013).

A fitorremediação é uma abordagem ambientalmente amigável que pode ser uma medida de mitigação eficaz para restaurar o solo contaminado com metais pesados de maneira econômica. Esta é uma abordagem baseada em plantas usando plantas para extrair e remover poluentes elementares ou reduzir sua biodisponibilidade no solo. As plantas têm a capacidade de absorver compostos iônicos do solo em seus sistemas radiculares, mesmo em baixas concentrações. As plantas expandem seu sistema radicular na matriz do solo e criam um ecossistema rizosférico para acumular metais pesados e regular sua biodisponibilidade, regenerando solos contaminados e estabilizando a fertilidade do solo (YAN et al., 2020).

PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS PARA A REMEDIAÇÃO DO SOLO

Segundo Lima (2017), as tecnologias de tratamento físico removem os contaminantes de uma área contaminada (solo ou água subterrânea), que são concentrados para posterior tratamento (por exemplo, químico ou térmico) ou descartados em aterro sanitário adequado. Os métodos físicos podem ser usados para tratar uma ampla gama de poluentes orgânicos em diferentes ecossistemas e podem ser aplicados *in situ* ou *ex situ*. Os processos químicos usam uma série de reações químicas para quebrar, mobilizar, fixar ou neutralizar contaminantes e podem ser usados no local ou fora do local.

A mobilização pode ser conseguida usando uma solução aquosa ou um solvente

orgânico para concentrar o contaminante para posterior processamento ou descarte em um aterro adequado. Silva (2018) aponta que os tratamentos químicos, que utilizam uma solução aquosa para mobilizar os contaminantes do solo, geralmente são combinados com sistemas de tratamento físico, como a lavagem do solo.

Extração de Vapor do Solo: A Extração de Vapor do Solo (SVE) usa pressão de vácuo para remover poluentes voláteis e alguns poluentes semivoláteis (VOCs e VOCs) do solo. O gás que escapa do subsolo pode ser tratado ou descartado de acordo com os regulamentos nacionais e locais de liberação de ar. As bombas de águas subterrâneas podem ser usadas em conjunto com o EVS para evitar que as águas subterrâneas subam para a zona não saturada devido à pressão de vácuo ou para aumentar a profundidade da zona não saturada. Essa área, chamada de borda capilar, costuma ser altamente poluída, pois contém produtos químicos não dissolvidos mais leves que a água e vapores liberados das águas subterrâneas dissolvidas abaixo (AMARAL, 2018).

Segundo Amaral (2018), em solos com contaminação profunda ou baixa permeabilidade, a injeção de ar no solo auxilia na extração. Durante a operação plena, o SVE pode operar em modo intermitente (modo de pulso) quando a taxa de remoção da massa extraída atinge um nível estável. Como esse processo envolve um fluxo contínuo de ar através do solo, muitas vezes ele biodegrada quaisquer COVs baixos que possam estar presentes.

Adsorção de carvão ativado: Adsorção é o processo de ligação e remoção de certas substâncias de uma solução com a ajuda de um adsorvente. O carvão ativado é o adsorvente mais comumente usado no tratamento de solos orgânicos, água, efluentes municipais e industriais devido à sua capacidade de adsorver uma ampla gama de compostos orgânicos, bem como à viabilidade econômica de seu uso. A capacidade do carvão ativado de remover impurezas não se baseia na quantidade de carvão usado, mas na capacidade do carvão de adsorver impurezas. Quanto maior a capacidade, mais impurezas o carvão absorve por unidade de volume. Uma vez que o carbono natural não consegue remover todos os poluentes, existem vários produtos à base de carbono que removem determinados poluentes (APA, 2020).

Consolidação/Estabilização: Pode ser usado para tratar solos contaminados in situ usando produtos químicos que encapsulam ou estabilizam os contaminantes e impedem sua migração. Esse processo tem eficácia limitada para pesticidas e poluentes orgânicos, embora ainda seja necessário um monitoramento de longo prazo para confirmar se os poluentes estão bem imobilizados (SANTOS, 2015).

Limpeza do piso: O piso é lavado com um solvente adequado para remover qualquer sujeira. Alguns dispositivos de lavagem de piso foram patenteados e estão em uso nos Estados

Unidos, permitindo que o tratamento seja feito no local da contaminação. As desvantagens desse processo são que o equipamento é muito volumoso, requer muitos trabalhadores qualificados e, ao final do processo, uma grande quantidade de líquido contaminado é transportada para a área de tratamento, o que torna o custo total do processo muito alto (YAN *et al.*, 2020). As principais fontes de poluição do solo são: o acúmulo de resíduos sólidos, como embalagens de plástico, papel e metal, e produtos químicos, como fertilizantes, pesticidas e herbicidas.

METODOLOGIA

O presente estudo, trata-se de uma revisão narrativa. A coleta de dados foi realizada por meio das bibliotecas virtuais Google Scholar; LILACS, Scielo entre outras. A busca da literatura abrange os meses de Março a Agosto de 2022. Os descritores utilizados foram: “Poluição do Solo”; “Engenharia Ambiental”; “Contaminação”, “Diagnóstico”, “Monitoramento”. Os descritores foram previamente selecionados, além de serem diversamente combinados e cruzados.

Foram considerados os seguintes critérios de inclusão: artigos disponíveis na íntegra, publicados. E como critérios de exclusão: artigos que não eram compatíveis com o objeto de estudo e os artigos não disponíveis com acesso gratuito.

Na primeira seleção dos artigos, foram realizadas a leitura do título e análise dos resumos e a exclusão de artigos sobrepostos. Em seguida foi realizada a leitura dos artigos na íntegra com uma abordagem que privilegiava a compreensão do fenômeno estudado. Utilizou-se a análise documental como principal técnica de apreensão de dados, de forma a permitir a compreensão dos achados no estudo.

RESULTADOS

Gomes e Lanceiro (2020), afirmam que a contaminação dos solos ganha destaque e visibilidade (e mobiliza a necessidade de regulamentar e intervir) quando há práticas de deposição inadequada de resíduos e líquidos e a toxicidade de muitos dos seus contaminantes (mercúrio, PCBs, subprodutos petrolíferos e outros) se acumulam e dão origem a desastres ambientais.

Cachada, Rocha-Santos e Duarte (2018), ressaltam que a poluição dos solos aumentou

nas últimas décadas, constituindo um grave risco para a saúde ecológica e humana. As causas principais da poluição dos solos estão associadas à atividade humana (antropogénica), resultando numa acumulação de contaminantes que podem atingir níveis de preocupação; ou podem ocorrer naturalmente, como foi referido anteriormente.

Os mesmos autores também dizem que a monitorização da qualidade do solo pode ser uma tarefa árdua, uma vez que não existe uma definição bem estabelecida de variáveis e indicadores concretos a preservar. A pressão, quanto à qualidade do solo e à necessidade de sustentabilidade do mesmo, tem vindo a aumentar, relacionada com o aumento da população mundial, colocando a poluição dos solos como um tópico fundamental na ordem do dia.

Já Fao (2015), diz que a contaminação é uma ameaça às funções naturais do solo, um risco para o ambiente e para a saúde humana e é um problema generalizado no mundo.

Liu, He e Yan (2014) avaliam que é possível referir diversos resíduos de origem antropogénica, como solventes, detergentes, inseticidas, pesticidas, herbicidas, fertilizantes, plásticos, medicamentos e outros produtos farmacêuticos, componentes eletrónicos, fluídos hidráulicos, produtos químicos de pilhas e baterias, gasolina, diesel, óleos e tintas. Alguns elementos poluentes, pelo facto de possuírem a capacidade de interferir com o equilíbrio natural, são designados como elementos tóxicos.

Cunha, Oliveira (2014), citam outra alteração do solo, que provoca danos ambientais significativos, é a desertificação. Este fenómeno, comum nas regiões áridas e semiáridas e subhúmidas, é caracterizado pela perda da capacidade produtiva do solo. As desflorestações, as queimadas e os desmatamentos contribuem para a perda de substâncias do solo. A erosão, a desertificação e outras modificações do solo podem ocorrer por fatores naturais. Elas são, porém, aceleradas pela ação humana, designadamente técnicas agrícolas inadequadas, mineração e expansão das áreas urbanas com a consequente impermeabilização do solo.

APA (2015), consta que a contaminação é um valor de contaminante acima do valor natural que pode afetar os seres vivos e ambiente. Quando se analisa os tipos de contaminantes que ocorrem nos locais contaminados destacam-se como mais frequentes, com cerca de 35 %, os metais pesados; com cerca de 29%, os hidrocarbonetos (poli aromático, aromáticos e clorados); e os óleos minerais, com cerca de 24 %.

Já os estudos de Carvalho e Costa Orsine, (2014) afirmam que o lançamento cada vez mais frequente de produtos químicos e de resíduos no solo está resultando na sua poluição. As principais fontes de poluição do solo concentram-se na aplicação de defensivos agrícolas ou de fertilizantes, despejo de resíduos sólidos, lançamento de esgotos domésticos ou industriais, dejetos de animais, postos de combustíveis e resíduos resultantes do processo petroquímico e

da mineração.

No entanto, como efeito da industrialização e do consumo desenfreado de produtos, atualmente a maior preocupação está concentrada na disposição inadequada de resíduos domiciliares e nos despejos industriais no ambiente. Sendo assim, Waldman (2017), apresenta algumas medidas são necessárias para se preservar o solo, tais como a manutenção da cobertura vegetal, reflorestamento, planejamento das construções, técnicas agrícolas menos prejudiciais ao solo, política dos 3 R's: Reduzir, Reutilizar e Reciclar; redução das desflorestações e das queimadas, entre outras.

Rodrigues e Garcia (2014), citam alterações que provocam poluição no ecossistema solo são o alvo deste estudo e podem ser devidas a causas naturais como vulcões, sismos e incêndios, que são responsáveis pela libertação de alguns elementos poluentes naturais, como metais pesados, matéria em partículas e gases tóxicos; que se infiltram nos solos. Como exemplo os lixões.

Resende *et al.*, (2013) apontam que os lixões são caracterizados pela simples descarga de resíduos sólidos sobre o solo sem qualquer medida de proteção ambiental, o que consequentemente acarreta diversos impactos negativos ao meio ambiente, principalmente ao solo e a água. Tais impactos estão relacionados entre outros fatores, à alta geração de chorume de origem da degradação dos resíduos orgânicos dispostos nos lixões, resultando na contaminação do meio. Araújo (2014) diz que o encerramento das atividades dos lixões leva à redução dos impactos negativos causados ao meio em função de seu funcionamento, no entanto, a desativação não erradica todos os impactos relativos à sua existência, sendo necessária a realização de projetos de recuperação das áreas dos lixões desativados

O mesmo ainda afirma que o processo de recuperação dos lixões desativados apresenta diversos desafios, seja pela possibilidade de contaminação em função da degradação dos resíduos, como também em função do solo existentes nestas áreas, uma vez que são considerados solos construídos, resultado do aterramento da massa de resíduos, ou seja, não possuem características de um solo natural.

Embora o solo possui capacidade de autodepuração, atenuando os efeitos negativos decorrentes da contaminação, para Ribeiro (2013) quando há a acumulação excessiva de contaminantes, são ultrapassados os limites da autodepuração, e consequentemente o dano pode ser irreversível.

Silva (2018), diz que a contaminação do solo consiste na introdução de substâncias em concentrações superiores às observadas em condições naturais, o que não significa necessariamente danos ao meio ambiente. No entanto, quando a concentração é alta, há

fenômenos de toxicidade em qualquer organismo e pode-se considerar que há poluição. A contaminação pode ser originada por uma fonte bem localizada ou ser originada por uma fonte difusa.

A mesma ainda afirma que quando ocorre a contaminação de um solo, o contaminante tende a infiltrar-se e percolar através do solo. Se o mesmo for impermeável, os contaminantes permanecerão nas camadas mais rasas, mais perto dos animais alimentados com plantas e com maior probabilidade de se evaporar no ar circundante, o que aumenta o risco.

Em um estudo de Yeung (2016), chegou-se à conclusão de que em um solo contaminado, as interações solo-contaminante ocasionam o surgimento de alguns fenômenos tais como a sorção do contaminante na superfície das partículas do solo e/ou a sua precipitação nos poros do solo. Os poros podem imobilizar o contaminante, reduzindo os perigos da contaminação, por outro lado, tornando mais difícil a sua remoção. Essa imobilização é temporária, pois quando as condições ambientais mudam, as reações químicas são invertidas e o contaminante torna-se móvel e perigoso novamente, fazendo-se necessária a aplicação de tecnologias de remediação, de modo que o contaminante possa ser removido de forma eficaz.

Pinho (2010) apresentou uma das técnicas de remediação do solo, que é a fito-remediação, que tem por base o uso de algumas espécies de plantas com a capacidade de degradar diretamente os poluentes orgânicos ou conter, destruir ou extrair vários tipos de contaminantes. A técnica exige tratamento mais longo que outros tratamentos e pode ser aplicada nos locais em que a contaminação é dispersa e superficial e a concentração dos contaminantes é relativamente baixa, sendo que, em sua maioria, o desenvolvimento ainda é em escala piloto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após este estudo observou-se que o solo é um recurso natural renovável que desempenha um papel fundamental na produtividade agrícola, pois contém nutrientes essenciais para as plantas. A identificação de indicadores de qualidade do solo é necessária para identificar áreas problemáticas de produção, fazer estimativas realistas de produtividade, monitorar mudanças na qualidade ambiental e ajudar os órgãos governamentais a formular e avaliar políticas agrícolas.

A taxonomia de solos permite estabelecer relações com o ambiente, possibilitando que grupos de solos com características semelhantes sejam utilizados para pesquisa e transferência de conhecimento. A não proteção do solo pode criar problemas maiores para o meio ambiente:

ao invés de filtrar a água, o solo a drena, levando consigo sedimentos e água.

Conclui-se que solos degradados sofrem de perda de nutrientes e estrutura, acidificação, salinização e reduções de matéria orgânica e permeabilidade. No entanto, essas consequências podem ser causadas por fatores químicos, físicos e biológicos, que levarão ao esgotamento do solo. Por exemplo, o processo de restauração do solo é fundamental para garantir boas safras agrícolas. É a fertilidade da área a ser plantada que determina o bom aproveitamento das sementes utilizadas nas mais diversas culturas.

Observou-se também neste estudo que há diferentes métodos de remediação para as diferentes fontes de poluição do solo, entretanto a preocupação com esta ainda não tem grandes proporções e deve ser levada em conta devido.

REFERENCIAS

ADAMCOVÁ, D.; VAVERKOVÁ, M.D.; BARTONS, S. HAVLICEK, Z.; BROUSKOVÁ, E. Soil contamination in landfills: a case study of a landfill in Czech Republic. **Solid Earth**, Munich, v.7, p.239-247, 2016.

ALMEIDA, E. I. N. Remediação de Solos Contaminados com Hexaclorociclohexano através da utilização do Dióxido de Titânio – **Estudo na Cidade dos Meninos**. 2014. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências na área de Saúde Pública, Fundação OswaldoCruz Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2014.

ALBERGARIA, J. T. V. S. Previsão do tempo de remediação de solos contaminados usando a Extração de Vapor. 2013. 248 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.

ALEMU, T.; BAHRNDORFF, S.; HUNDERA, K.; ALEMAYEHU, E.; AMBELU, A.. Effect of riparian land use on environmental conditions and riparian vegetation in the east African highland streams. **Limnologia**, v.66, p.1-11, 2017.

AMARAL, M. A. B. Poluição dos solos por metais pesados na zona urbana de Ponta Delgada: Implicações na saúde pública. P, 113. Dissertação de Mestrado. Curso de Ciências Biomédicas. **Departamento de Biologia**. Universidade dos açores. Ponta Delgada, 2018.

APA. (2015). Projeto legislativo relativo à Prevenção da Contaminação e Remediação dos Solos (PRoSolos). Apresentado no Participa (2015).

APA - Agência Portuguesa do Ambiente. Passivos Ambientais Industriais. 2020. APA.

ARAÚJO, C.S. 2014. **Qualidade do solo da camada de cobertura final em área de disposição final de resíduos no semiárido tropical**. 2014. 42 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal de Rio Grande do Norte, Natal.

ARAÚJO, E.A. et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. Pesquisa Aplicada

& Agrotecnologia, **Guarapuava**, v.5, n.1, p.187-198, 2012.

BRASIL. Leis e Decretos. Lei Federal n.12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Brasília: DOU, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (Org.). O que são os resíduos orgânicos? 2018

BROTTO, M. L. et al. Riqueza e endemismo de Lauraceae no Paraná: aspectos fitogeográficos e áreas prioritárias para a conservação. *Rodriguésia*, v. 70, 2019

CACHADA, A., ROCHA-SANTOS, T., & DUARTE, A. C. (2018). Soil and pollution: an introduction to the main issues. In **Soil pollution** (pp. 1-28). Academic Press.

CARLA AMADO GOMES RUI TAVARES LANCEIRO. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.icjp.pt/sites/default/files/publicacoes/files/ebook_soloscontaminadosriscos_invisiveis_icjp_jun2020_0.pdf>.

CARVALHO, J. C. B. de; COSTA ORSINE, J. V. Contaminação do meio ambiente por fontes diversas e os agravos à saúde da população. **Enciclopédia Biosfera** - Centro Científico Conhecer, Goiânia, vol.7, n.13, pg. 1107 – 1118, 2014.

CASTRO, J. L. S.; FERNANDES, L.; FERREIRA, K.; TAVARES, M. A. S.; ANDRADE, J.. Mata ciliar: importância e funcionamento. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, 8. Anais. Campo Grande, 2017

CLEMENTE, C. M. S. et al. Estimates of deforestation avoided by protected areas: a case study in Brazilian tropical dry forests and Cerrado. *Landscape Research*, **Oxfordshire**, v. 45, n. 4, p. 470-483, 2020.

CORREIA, I. M. G.; SOUZA, B. H.; MOURA, D. C.; SOUZA, Y. G.. Mata ciliar, conservação e sustentabilidade, fundamentos da importância para o semiárido paraibano: estudo de caso no alto curso do Rio Paraíba. **Revista de Geociências do Nordeste**, v.5, n.2, p.41-60, 2019.

COSTA, B.M.B. et al. análise e caracterização química do solo em locais de acomodação de resíduos hospitalares no município de Cuité-PB. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 83 - 100, 2017.

COSTA, D. P. et al. Morfometria e dinâmica de desmatamento da microbacia Canaã, Amazônia, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, São José dos Pinhais, v. 5, n. 12, p.30754-30772, 2019.

CUNHA, J. P. S.; LUCENA, R. C. F.; SOUSA, C. A. F. Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanente urbanas com o apoio de geotecnologias: 66 O caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Tupã, v. 5, n.30, p. 42-50, 2017.

CUNHA, JKL. OLIVEIRA, M. D. J. (2014). **Ecotoxicologia do Alumínio nos solos, águas e plantas nas lagoas de sedimentação de Alvarães**. (Dissertação de mestrado em Toxicologia e Contaminação Ambientais, Universidade do Porto, Porto, Portugal).

FAO. (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.

FIDELIS, R.R. et al. Indicadores biológicos de qualidade do solo em culturas intercalares ao pinhão manso. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.9, n.3, p.87-95, 2016.

FILHO, L.C.I.; BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n.2, p. 69-77, 2014.

FREITAS, L. et al. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Unimar Ciências**, Marília, v. 26, n.1, p. 08-25, 2017.

GARCIA, D.V.B.; CATANOZI, G. Análise de macrofauna de solo em área de mata atlântica e de reflorestamento com Pinus sp – Zona sul de São Paulo, **Revista Ibirapuera**, São Paulo, n. 2, p. 10-14, 2011.

GRÊT-REGAMEY, A. et al. Integrating ecosystem services into spatial planning—A spatial decision support tool. *Landscape and Urban Planning*, v. 165, p. 206–219, 2017.

KHELIFI, L. e MIGNOTTE, M. Deep Learning for Change Detection in Remote Sensing Images: Comprehensive Review and Meta-Analysis. *IEEE Access*, v. 8, p. 126385–126400, 2020.

LEMES, P. et al. Climate change threatens protected areas of the Atlantic Forest. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, n. 2, p. 357-368, 2016.

LIMA, J. R. C. Aplicação de eletro-reabilitação a solos contaminados com tricloroetileno. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2017.

LIU, E. K., HE, W. Q., & YAN, C. R. (2014). ‘White revolution’ to ‘white pollution’—agricultural plastic film mulch in China. **Environmental Research Letters**, 9(9), 091001

MACHADO, L.V.; RANGEL, O.J.P; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, R.V.; FERRARI J.L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo machado sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 289-299, 2014.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Aplicabilidade de Protocolos de Avaliação Rápida (PARs) no diagnóstico ambiental de sistemas fluviais: o caso do Parque Nacional da Serra do Gandarela (MG). *Caderno de Geografia*, Belo Horizonte, v. 29, n. 57, p. 441-464, 2019.

MARIANO, A. P. Avaliação do potencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminados com óleo diesel. 2016. 162. P. Rio Claro. Tese (Doutorado) - Geociências e Meio Ambiente. Universidade Estadual, Paulista Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2016.

MARTINS, L. F. et al. Composição da macrofauna do solo sob diferentes usos da terra (cana-de-açúcar, eucalipto e mata nativa) em Jacutinga (MG). **Revista agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.9, n.1, p.11-23, 2018.

MEDEIROS, J. L. DA S. et al. Diagnóstico ambiental simplificado na área de preservação permanente do Rio Piancó no semiárido Paraibano. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 382–398, 8 fev. 2021.

MENDES, I.C.; SOUSA, D.M.G.; REIS JÚNIOR, F.B. Bioindicadores de qualidade de laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília**, v.32, n. 1/2, p. 185-203, 2015.

MESHARAM, S. G. e SHARMA, S. K. Prioritization of watershed through morphometric parameters: a pca-based approach. *Applied Water Science*, v.7, n.3, p.1505-1519, 2019

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R.; DALFI, R. F.; SANTOS, G. M. A. D. A.; EUGENIO, F. C. Confronto de uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES. *Floresta e Ambiente, Seropédica*, v. 22, n. 2, p. 141-152, abr./maio 2015.

MOTA, S. Gestão ambiental de recursos hídricos. 3.ed. atual. **rev. Rio de Janeiro: ABES**, p. 343, 2010.

NETO, D. P. A. et al. O impacto de um programa de preservação do patrimônio de interesse turístico em uma cidade do sul do Brasil. **Mouseion**, n. 38, p. 1-14, 2021.

NÉTO, N. C. G. et al. Soluções Baseadas na Natureza aplicadas à conservação e à gestão integrada das águas: um estudo prospectivo à luz da Agenda 2030 da ONU. **Revista Principia**, v.1, n.51, p.30-42, 2020.

OLIVEIRA, Sabrina Dias de et al. Emprego de Fungos Filamentosos na Biorremediação de Solos Contaminados por Petróleo: Estado da Arte, 2018

ONUPAA. Organização Das Nações Unidas Para Agricultura E Alimentação: Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos. Roma: **Parceria Portuguesa Para O Solo**,

PICHARILLO, C. e RANIERI, V. E. L. Pagamento por Serviços Ambientais: Orientações para a Identificação de Áreas prioritárias com foco na biodiversidade. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, 2019.

PIERZYNSKI, Gary M.. *Soils and Environmental Quality*. 2017

QUINTIERE, Marcelo. *Passivos Ambientais – o risco nosso de cada dia*. Rio de Janeiro:Publit, 2010. 403p.

RAMOS, M. G. O.; AZEVEDO, M. R. Q. A.. *Ecosistemas Brasileiros: definição de ecossistemas*. Campina Grande: **EdUEPB**; Natal: EDUFRN, 2010.

RAMOS, M. P. e NÓBREGA, R. A. A. Geotecnologias em perícias ambientais: aplicabilidade para estudos em represas de abastecimento e áreas protegidas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 11, n. 3, p. 469-484, 2020.

RESENDE, L.A., 2013. et al. Fertilidade do solo em aterro controlado e sua influência na sobrevivência de espécies arbóreas em diferentes modelos de plantio. In: **Jornada Científica e Tecnológica**, 5. 2013. Inconfidentes. Anais... Inconfidentes: Ifsuldeminas. p 287-298.

REZENDE, D.A. **Qualidade do solo em local de disposição inadequada de resíduos sólidos em um município de pequeno porte**. 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

RIBEIRO, E. P. et al. Estimativa dos índices de vegetação na detecção de mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio Pajeú. **Geosul**, v. 31, n. 62, p. 59–92, 2020.

RIBEIRO, M. P. et al. Avaliação da estrutura da paisagem visando à conservação da biodiversidade em paisagem urbanizada. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 819-834, 2021

ROCHA, J.H.T. et al. Reflorestamento e Recuperação de Atributos Químicos e Físicos do Solo. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.22, n.3, p.299-306, 2015.

RODRIGUES, A. S. & GARCIA, P. V. (2014). Poluição do ar e saúde – o vulcanismo como fonte natural de poluição. **Boletim do Núcleo Cultural da Horta**, 23: 177-189.

ROSA, M.G. et al. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p.1544-1553, 2015

SÀNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: **Oficinas de Textos**, 2013. 529 p

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5.ed., **rev.e ampl.** Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p

SANTOS, K. P.; KOPP, K.; OLIVEIRA, W. N. Métodos de avaliação rápida da integridade ambiental aplicados à Bacia do Ribeirão Sozinha, Goiás. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 462-471, 2015.

SANTOS, L. D. et al. Dinâmica do Desmatamento da Mata Atlântica: Causas e Consequências. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 378- 402, 2020.

SANTOS, A. Tratamento de solos com diferentes características físicoquímicas por processos fenton. 123, p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

SILVA, M. S. C. R. Avaliação e Remediação de Zona Contaminada por Hidrocarbonetos.: caso de estudo: contaminação num armazém de lubrificantes. 2018. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestre Integrado em Engenharia do Ambiente do Perfil de Gestão e Sistemas Ambientais., Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2018.

SCIENCEDIRECT. **Natural Attenuation**. 2020.

SILVA, Maria Sofia Carmona Rodrigues Pereira da. Avaliação e Remediação de Zona Contaminada por Hidrocarbonetos.: caso de estudo: FCUP AVALIAÇÃO DO ESTADO AMBIENTAL DOS SOLOS NA ENVOLVENTE DE UMA UNIDADE INDUSTRIAL 112 contaminação num armazém de lubrificantes. 2018

SILVEIRA, V. M. M. e BRENTANO, T. B. SIG Participativo para o Apoio À Gestão e Tomada de Decisão em Unidades de Conservação: Estação Ecológica Do Taim-Fase. Salão de Extensão, Caderno de resumos. Porto Alegre, 2016.

SOS MATA ATLÂNTICA. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2018-2019. São Paulo: **Fundação SOS Mata Atlântica**, 2019.

SOUZA, I. C. Diagnóstico ambiental da bacia do rio Caratinga utilizando Índice de Qualidade de Água e Protocolo de Avaliação Rápida. 2018. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2018

STEFANOSKI, D.C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.12, p.1301–1309, 2013.

TSUJII, P. K.; RIBEIRO, A. C. C.; CARNEIRO, V. A.; NETO, C. M. S.; GONÇALVES, B. B. Uso e ocupação das áreas de preservação permanentes no sudoeste goiano. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 31, n. 3, p. 43-60, 2014.

VANDERLEY-SILVA, I. e VALENTE, R. A. Assessing Environmental Criteria to Support Forest Connectivity. **PREPRINT (Version 1)** available at Research Square, 2021

VARGAS, J. R. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida na caracterização da qualidade ambiental de duas microbacias do Rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 161-168, 2012.

VEZZANI, Fabiane Machado. O Solo como Sistema. Curitiba: dos Autores, 2011. 104 p.
VIEIRA, J. A **POLUIÇÃO DO SOLO E O PAPEL DOS BASIDIOMICETOS NO PROCESSO DE BIORREMEDIAÇÃO**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://uab.ufsc.br/biologia/files/2014/05/Juliana-Vieira-Rafael-13401072.pdf>>. 2018

WALDMAN, M. (2017). Mais água, menos lixo: reciclar ou repensar? **Boletim Paulista de Geografia**, (79), 91-106

YADA, M. M.; MINGOTTE, F.L.C.; MELO, W.J.; MELO, G.P.; MELO, V.P.; LONGO, R.M; RIBEIRO, A.I. Atributos químicos e bioquímicos em solos degradados por mineração de estanho e em fase de recuperação em ecossistema amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n.3, maio-jun., p.714-724, 2015.

YEUNG, A. T. Contaminant Extractability by Electrokinetics. **Environmental Engineering Science**, v. 23 n. 1, p. 202-224, 2016.

YAN, Na; WANG, Y; TAN S. N; YUSOF, M. L. M. Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal-Polluted Land. **Review Article**, 2020.