

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ÉRICA BELLÉ**

**IDENTIFICAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DE SOLO EM ÁREA VITÍCOLA:  
AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA**

**CAXIAS DO SUL**

**2021**

**ÉRICA BELLÉ**

**IDENTIFICAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DE SOLO EM ÁREA VITÍCOLA:  
AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Ma. Jaqueline Bonatto

**CAXIAS DO SUL**

**2021**

**ÉRICA BELLÉ**

**IDENTIFICAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE SOLO EM ÁREA VITÍCOLA:  
AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

**Aprovado (a) em: 02/07/2021.**

**Banca Examinadora**

---

Prof. Ma. Jaqueline Bonatto (Orientadora)  
Universidade de Caxias do Sul

---

Prof. Me. Tiago Panizzon (Avaliador)  
Universidade de Caxias do Sul

---

Prof. Dra. Vânia Elisabete Schneider (Avaliadora)  
Universidade de Caxias do Sul

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo dom da vida, pela proteção e oportunidades que me trouxeram até aqui. Agradeço por providenciar tudo o que preciso no momento certo.

À minha orientadora, Professora Ma. Jaqueline Bonatto, pelo conhecimento compartilhado, apoio e orientação ao longo deste trabalho.

Aos meus pais Rui Bellé e Simone Pegoraro Bellé que me incentivaram a cursar o ensino superior e não mediram esforços para que eu chegasse até aqui. Agradeço que estiveram sempre presentes na minha vida e acompanharam minhas conquistas.

À minha irmã Jéssica que me apoiou na escolha do tema, obrigada pelos conselhos e conversas nos momentos de preocupação. Agradeço também ao Rodrigo por estar disposto a me ajudar.

Ao meu namorado Diego, por nunca medir esforços para estar junto a mim. Agradeço pelas palavras sábias ditas no momento certo.

À Universidade de Caxias do Sul, às coordenadoras do curso de Engenharia Ambiental, e aos professores pela atenção e conhecimentos transmitidos ao longo do curso. Agradeço a universidade por ter possibilitado as análises de solos deste trabalho no LAPAM.

Aos colegas do Campus Carvi e Sede, que pude conhecer, compartilhar muitos trabalhos e momentos.

À minha família, tios e primos que com carinho se preocuparam comigo ao longo da graduação.

Aos meus amigos agradeço pelo apoio, pela parceria, conselhos e amizade verdadeira.

À minha professora ensino médio, Ciliane, que me apresentou e inspirou a cursar Engenharia Ambiental.

Aos que me oportunizaram bolsas e estágios neste período de curso, pois com muito carinho me ensinaram sobre a área ambiental, e estes ensinamentos deram suporte a este trabalho final.

## RESUMO

A contaminação de solo por metais, decorrente de sucessivas aplicações de agrotóxicos e fertilizantes em áreas vitícolas, afeta a produtividade e a biodiversidade dos ecossistemas além de possibilitar a lixiviação destas substâncias para as águas subterrâneas. Visto que há possibilidade de áreas vitícolas possuírem contaminação por metais, por receberem a décadas aplicações de agrotóxicos e fertilizantes, o presente estudo objetivou realizar a etapa de Identificação proposta pela Resolução CONAMA nº 420/2009. Por meio da Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória, dispostas na NBR 15515/2011 partes 1 e 2, buscou-se comprovar a existência de possível contaminação, e propor técnicas de minimização de contaminantes de área situada em zona rural do município de Bento Gonçalves/RS. Dessa forma, a área foi avaliada considerando informações sobre: seu histórico de uso por meio de entrevista com responsável; características do meio físico; agrotóxicos utilizados na propriedade rural por meio de consulta aos cadernos de registros de campo; concentrações dos metais de cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu), zinco (Zn) e cádmio (Cd) por meio de amostragem no solo em três pontos da propriedade (P1 entre a mata e plantio; P2 em área cultivada de 50 anos; e P3 área cultivada de 20 anos); e ainda, foram propostas ações de remediação para três cenários. As análises dos solos foram realizadas por meio da digestão ácida e determinação via Espectroscopia de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). Os resultados obtidos mostraram que os locais com potencial de contaminação são as proximidades de tanques de concreto utilizados para mistura manual de caldas, além de proximidades de galpões em que atualmente ocorrem o armazenamento, manejo e preparo de caldas para serem pulverizadas mecanicamente. As análises de solos mostraram que o solo localizado em área de cultivo de 20 anos (P3) se enquadra como Classe 3, visto que as concentrações de Ni e Cr ultrapassam os valores de “Prevenção” dispostos pelas legislações vigentes, já os solos dos demais pontos (P1 e P2) se enquadram como Classe 2. Os cenários propostos contemplaram: (1) ações para diminuição da contaminação com presença atividade agrícola, (2) atenuação e regeneração natural com ausência de atividade agrícola, e por fim, (3) indicou-se a técnica de eletrocinética para remediação da área. Conclui-se assim, que os solos dos pontos amostrados não estão contaminados, porém necessita-se de ações para a diminuição das concentrações de contaminantes para que os valores de “Investigação” e Classe 4 não sejam atingidos, não comprometendo a qualidade ambiental, o plantio e a saúde dos agricultores.

**Palavras-chave:** Solos Contaminados. Investigação Confirmatória. Remediação.

## ABSTRACT

Soil contamination by metals, resulting from successive applications of pesticides and fertilizers in viticultural areas, affect the productivity and biodiversity of ecosystems, allowing the leaching of these substances in groundwater. Since there is a possibility that viticultural areas may be contaminated by metals because they have received pesticide and fertilizer applications for decades, this study aimed to perform the identification step proposed by the Brazilian legislation CONAMA Resolution nº 420/2009. By Preliminary Assessment and Confirmatory Investigation provided in NBR 15515/2011, parts 1 and 2, was sought to prove the existence of possible contamination and propose techniques for minimizing contaminants in a rural area of the city of Bento Gonçalves/RS. Thus, the area was evaluated considering information about its history of use through an interview with the person in charge; characteristics of the physical environment; pesticides used on the farm through consultation of record books; concentrations of the metals chromium (Cr), nickel (Ni), copper (Cu), zinc (Zn), and cadmium (Cd) through soil sampling at three points on the property (P1 between the forest and the plantation; P2 in a 50-year-old cultivated area; and P3 a 20-year-old cultivated area); and also, remediation actions were proposed for three scenarios. The analyzes were done by acidic digestion and determined via Optical Emission Spectroscopy with Inductively Coupled Plasma (ICP-OES). The results showed that the sites with potential for contamination are close to concrete tanks used for manual mixing of grouts, as well as close to sheds where grouts are currently stored, handled, and prepared to be mechanically sprayed. Soil analysis showed that the soil located in a 20-year-old cultivation area (P3) is classified as Class 3 since Ni and Cr concentrations exceed the "Prevention" values established by legislation, while the soils of the other points (P1 and P2) are classified as Class 2. The proposed scenarios contemplated: (1) actions to decrease contamination with the presence of agricultural activity, (2) mitigation and natural regeneration with the absence of agricultural activity, and finally, (3) the electrokinetic technique was indicated for remediation. The conclusion is that the soil analyzed is not contaminated, however, actions are needed to reduce the concentration of contaminants so that the values of "Investigation" and Class 4 are not reached, not compromising the environmental quality, the planting, and the health of farmers.

**Keywords:** Contaminated Soils. Confirmatory Investigation. Remediation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processos que afetam a dissipação dos agrotóxicos no ambiente .....	23
Figura 2 – Zonas do subsolo suscetível a contaminação .....	24
Figura 3 – Constituintes dissolvidos na água subterrânea .....	27
Figura 4 – Etapas de Gerenciamento de Áreas Contaminadas .....	28
Figura 5 – Fluxograma para Gerenciamento de Áreas Contaminadas .....	29
Figura 6 – Esquema da técnica de Biorremediação in situ .....	36
Figura 7 – Esquema da técnica de Atenuação Natural Monitorada .....	38
Figura 8 – Esquema da técnica de Fitorremediação .....	39
Figura 9 – Esquema da técnica de Dessorção Térmica .....	40
Figura 10 – Esquema da técnica de Solidificação/Estabilização .....	42
Figura 11 – Esquema da técnica de Eletrocinética .....	43
Figura 12 – Procedimentos metodológicos .....	44
Figura 13 – Mapa de localização da área de interesse .....	45
Figura 14 – Cultivares da propriedade, safra 2021 .....	46
Figura 15 – Delimitação da área total da propriedade rural .....	46
Figura 16 – Distribuição espacial dos pontos de amostragem .....	49
Figura 17 – Vista das escavações com no mínimo 80 cm de profundidade.....	50
Figura 18 – Amostras simples coletadas nos três pontos .....	50
Figura 19 – Peneiramento de amostras .....	51
Figura 20 – Amostras Simples e Amostra Composta.....	51
Figura 21 – Localização de benfeitorias, áreas de cultivo e de proteção ambiental..	54
Figura 22 – Imagem de satélite: ano 2010 .....	54
Figura 23 – Imagem de satélite: ano 2013 .....	55
Figura 24 – Imagem de satélite: ano 2020 .....	55
Figura 25 – Pulverizador acoplado ao trator .....	59
Figura 26 – Tanques de concreto inativos na propriedade .....	60
Figura 27 – Pontos que possuem histórico de uso e manejo de agrotóxicos.....	61
Figura 28 – Cursos hídricos próximos.....	62
Figura 29 – Topografia da área .....	63
Figura 30 – Vista parcial da topografia na área.....	63
Figura 31 – Mapa Geológico .....	64
Figura 32 – Esquema da Formação Serra Geral sobre Formação Botucatu .....	65

Figura 33 – Mapa Pedológico.....	66
Figura 34 – Solos na propriedade .....	66
Figura 35 – Modelo conceitual de avaliação preliminar.....	70
Figura 36 – Gráfico de concentrações de metais no solo .....	71
Figura 37 – Classificação dos solos na propriedade segundo CONAMA 420/2009..	73



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classes de qualidade dos solos e os procedimentos que devem ser adotados para prevenção e controle .....	15
Quadro 2 – Processos associados a produção de uvas .....	56
Quadro 3 – Relação de agrotóxicos e fertilizantes utilizados na área .....	57
Quadro 4 – Modelo conceitual de avaliação preliminar .....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores orientativos em massa do contaminante por massa de solo seco e volume da água subterrânea.....	16
Tabela 2 - Dados do setor vitícola na Região Metropolitana da Serra Gaúcha.....	19
Tabela 3 - Dados de climatologia.....	68
Tabela 4 - Resultado das análises das amostragens do solo em comparação com valores orientadores na Província Geomorfológica do Planalto.....	71

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
2.1 LEGISLAÇÕES .....	14
2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR VITÍCOLA .....	18
<b>2.2.1 Viticultura na Serra Gaúcha</b> .....	18
<b>2.2.2 Agrotóxicos</b> .....	20
2.3 INVESTIGAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS .....	27
<b>2.3.1 Etapa de Identificação</b> .....	30
2.3.1.1 Avaliação Preliminar .....	30
2.3.1.2 Investigação Confirmatória .....	31
<b>2.3.2 Etapa de Reabilitação</b> .....	33
2.4 POTENCIAL REMEDIADOR DE TECNOLOGIAS .....	34
<b>2.4.1 Biorremediação</b> .....	35
<b>2.4.2 Fitorremediação</b> .....	38
<b>2.4.3 Dessorção Térmica</b> .....	40
<b>2.4.4 Solidificação/Estabilização</b> .....	41
<b>2.4.5 Eletrocínética</b> .....	42
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	44
3.1 ÁREA DE INTERESSE .....	44
3.2 AVALIAÇÃO PRELIMINAR.....	47
3.3 INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA .....	48
<b>3.3.1 Pontos de amostragem</b> .....	48
<b>3.3.2 Coleta de amostras</b> .....	49
<b>3.3.3 Métodos EPA 3050B:1996 e 200.7:2001</b> .....	52
<b>4 RESULTADOS</b> .....	53
4.1 AVALIAÇÃO PRELIMINAR.....	53
<b>4.1.1 Histórico de uso e ocupação</b> .....	53
<b>4.1.2 Identificação de locais de interesse ambiental</b> .....	62

4.1.3 Topografia .....	63
4.1.4 Contexto Geológico .....	64
4.1.5 Contexto Pedológico .....	65
4.1.6 Contexto Hidrogeológico .....	67
4.1.7 Contexto Climatológico .....	68
4.1.8 Modelo Conceitual .....	69
4.2 INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA .....	70
4.2.1 Resultados das análises de solo .....	71
4.2.2 Discussão dos resultados das análises .....	74
4.3 PROPOSTAS DE REMEDIAÇÃO .....	77
4.3.1 Cenário 1 .....	77
4.3.2 Cenário 2 .....	78
4.3.3 Cenário 3 .....	80
5 CONCLUSÃO .....	81
6 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES .....	83
REFERÊNCIAS .....	84

## 1 INTRODUÇÃO

A contaminação do solo e água subterrânea são algumas das preocupações ambientais que têm resultado em estudos e ações de recuperação ou minimização das interferências causadas pelas atividades antrópicas. Sendo assim, as áreas contendo solos contaminados, por produtos químicos, podem propiciar a lixiviação destas substâncias para as águas superficiais próximas e subterrâneas, bem como volatilizar ao entrar em contato com o ar, prejudicando a saúde humana seja por inalação ou contato cutâneo (USEPA, 2020a).

As áreas consideradas contaminadas são aquelas que possuem valores de concentrações de substâncias químicas que ultrapassam os valores dispostos nas legislações vigentes de cada estado ou país, tanto para solo quanto água subterrânea (LESSA, PAREDES, 2017). Por isso discussões estão em andamento no Brasil visando propor estratégias e ações de monitoramento e remediação de áreas contaminadas, compondo assim a Agenda Ambiental Urbana do país (BRASIL, 2021a).

O cenário de áreas contaminadas no estado brasileiro do Rio Grande do Sul em relação ao potencial de poluição tem sido categorizado como crítico devido ao alto nível de industrialização, estando na mesma categoria que os estados de Minas Gerais e São Paulo (IPT, 2016). Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (2016) as áreas contaminadas cadastradas pelos órgãos ambientais estaduais no país se referem em sua maioria à atividade de postos de combustíveis, indústrias e disposição de resíduos, salientando assim que as áreas relacionadas à atividade de agricultura são pouco avaliadas.

Recentemente, no ano de 2020, o Ministério do Meio Ambiente lançou o Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas por meio da Portaria MMA nº 603, de 10 de dezembro de 2020 (BRASIL, 2020). Este programa objetiva a realização do mapeamento, cadastro e gestão de áreas contaminadas bem como qualificação de técnicos (BRASIL, 2021a). Acredita-se que com sua instituição os estudos sobre a avaliação dos solos e possíveis contaminantes serão cada vez mais recorrentes, objetivando conhecer a área e a dinâmica dos contaminantes para após remediação e mitigação (FERNANDEZ, 2017).

Nesse sentido, a agricultura é umas das atividades poluidoras que ao mesmo tempo tem demonstrado ser fundamental para o país na dinâmica econômica e social

(ROMEIRO, 2014). Diversos estudos mostram que as sucessivas aplicações de agrotóxicos são responsáveis pelos solos apresentarem altos teores de metais. Estes ao estarem em contato com o solo, em quantidades superiores aos indicados por legislações e estudos, afetam a produtividade e a biodiversidade dos ecossistemas (SUN et al., 2001).

A viticultura é umas das atividades agrícolas presentes no município de Bento Gonçalves. As informações apresentadas no Perfil das Cidades Gaúchas fornecidas pelo Sebrae (2019) mostram que o município possui 1.133 propriedades rurais e que esta atividade representa 80,2% das áreas cultivadas. Por isso, se tratando de qualidade ambiental no meio rural, os recursos naturais devem ser utilizados de forma sustentável, evitando qualquer contaminação, para que estejam disponíveis em futuras atividades e usos.

Associado a uma boa produção, os agrotóxicos e fertilizantes têm sido utilizados para o combate de doenças e fonte de nutrientes nas plantações agrícolas, sendo que muitos desses possuem metais na sua composição. A partir de então surgiram os seguintes questionamentos: as áreas vitícolas, que utilizam por décadas os agrotóxicos e fertilizantes, possuem contaminação por metais expressiva? Como podem ser identificadas áreas com potencial de contaminação? Se confirmada a contaminação quais técnicas são recomendadas para remediação de área contaminada por metais?

Objetiva-se por meio deste estudo identificar a área com potencial de contaminação de solo situada em zona rural do município de Bento Gonçalves. Desta forma, busca-se realizar a etapa de Identificação proposta pela Resolução CONAMA nº 420/2009 por meio da Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória dispostas na NBR 15515/2011, partes 1 e 2, a fim de comprovar ou não a existência de possível contaminação e propor técnicas de minimização de contaminantes.

Pretendeu-se então avaliar a área com base na NBR 15.515/2011- Parte 1 e Parte 2; avaliar a área considerando seu histórico de uso; identificar as características do meio físico; identificar os agrotóxicos utilizados na propriedade rural; quantificar os metais de cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu), zinco (Zn) e cádmio (Cd) por meio de amostragem no solo; e propor ações de remediação/minimização de contaminantes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a revisão teórica sobre o tema de áreas contaminadas abrangendo aspectos relacionados a legislação vigente no país e no estado do Rio Grande do Sul; atividade de viticultura; gerenciamento destas áreas; e técnicas que apresentam potencial de remediação.

### 2.1 LEGISLAÇÕES

As legislações que regulamentam o gerenciamento de áreas contaminadas, e que atualmente subsidiam os projetos de engenharia, permeiam entre a Resolução Federal do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 420/2009 e a Portaria da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM nº 85/2014 em vigor no Rio Grande do Sul (BRASIL, 2009; RIO GRANDE DO SUL, 2014). Estes regulamentos colaboram no alcance dos objetivos e do cumprimento da Lei Federal nº 6.938/1981, conhecida como Política Nacional de Meio Ambiente – PNMA, concebendo o solo e água subterrânea como bens naturais a serem protegidos e conservados (BRASIL, 1981).

A obrigatoriedade de recuperar e/ou indenizar os danos causados ao meio ambiente, bem como a responsabilização civil, foi imposta ao poluidor pela PNMA. Ela estabeleceu a recuperação da qualidade ambiental visando assegurar condições ao desenvolvimento socioeconômico, à segurança e proteção da vida humana, tendo como uns dos princípios a racionalização do uso do solo e a recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 1981). Ainda o Código Estadual do Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul, Lei Estadual nº 15.434/2020 estabelece no Art. 4º a responsabilidade das pessoas físicas e jurídicas pela reparação integral dos danos que causarem ao meio ambiente (RIO GRANDE DO SUL, 2020a).

A Resolução CONAMA nº 420, publicada em 28 de dezembro de 2009 e alterada pela Resolução CONAMA nº 460/2013, dispõe sobre os parâmetros e valores orientadores da qualidade do solo e água subterrânea em relação a presença de substâncias químicas (BRASIL, 2009; 2013). Sendo assim, o solo que apresenta concentrações de elementos ou substâncias de interesse ambiental acima do valor orientador é considerado contaminado (LESSA; PAREDES, 2017). Ainda, os parâmetros estabelecidos para águas subterrâneas são estabelecidos conforme

Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre padrões de qualidade e enquadramento da água subterrânea, observados de acordo com a utilização (BRASIL, 2008).

A classificação da qualidade dos solos e águas subterrâneas, proposta pela Resolução CONAMA nº 420/2009, é uma ferramenta a ser utilizada após serem conhecidos os valores de substâncias químicas. De acordo com as respectivas concentrações devem ser adotados os procedimentos para prevenção e controle da qualidade, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Classes de qualidade dos solos e os procedimentos que devem ser adotados para prevenção e controle

<b>Classes</b>	<b>Concentração de substâncias químicas</b>	<b>Procedimentos de prevenção e controle a serem adotados</b>
<b>1</b>	Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao VRQ	Não requer ações.
<b>2</b>	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao VP	Poderá requerer uma avaliação do órgão ambiental, incluindo a verificação da possibilidade de ocorrência natural da substância ou da existência de fontes de poluição, com indicativos de ações preventivas de controle, quando couber, não envolvendo necessariamente investigação.
<b>3</b>	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao VI	Requer identificação da fonte potencial de contaminação, avaliação da ocorrência natural da substância, controle das fontes de contaminação e monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea.
<b>4</b>	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI	O órgão ambiental competente deverá instituir procedimentos de investigação que compreendem em identificação, diagnóstico e intervenção da área contaminada.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2009).

Segundo a CONAMA nº 420/2009, os Valor de Referência de Qualidade, Valor de Prevenção e Valor de Investigação são definidos:

Valor de Referência de Qualidade (VRQ) é a concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo, sendo determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos.

Valor de Prevenção (VP) é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais.

Valor de Investigação (VI) é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado.



Ficou estabelecido na Resolução CONAMA nº 420/2009 a responsabilidade efetiva de que cada órgão ambiental estadual deveria, até dezembro de 2014, estabelecer os devidos VRQs do solo para substâncias químicas naturalmente presentes em seus estados (BRASIL, 2009). Em vista disso, a Portaria FEPAM nº 85, promulgada em 2014 dispõe sobre o estabelecimento de VRQs para nove metais que se encontram nos solos do estado do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Os valores orientativos dos elementos são tabelados de acordo com a respectiva província geológica em que o solo foi avaliado. A região nordeste do RS, pertencente à província de Rochas Vulcânicas do Planalto, apresenta atividade agrícola cujo possui potencial à diferenciação nos atributos do solo e a processos de degradação. Neste caso os solos que sofreram mudanças em suas características, em decorrência desta atividade, possuem os valores de prevenção e investigação respectivos, como é o caso do cobre, cromo, níquel e cobalto conforme são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores orientativos em massa do contaminante por massa de solo seco e volume da água subterrânea

Substância	Valores orientativos para área agrícola (Região Planalto)			
	Solo (mg. kg <sup>-1</sup> de peso seco)			Água subterrânea (ug.l <sup>-1</sup> )
	VRQ	VP	VI	VI
Zinco	120 (2)	300 (1)	450 (1)	1.050 (1)
Cromo	94 (2)	94 (2)	150 (1)	50 (1)
Níquel	47 (2)	47 (2)	70 (1)	20 (1)
Cádmio	0,59 (2)	1,3 (1)	3 (1)	5 (1)
Cobre	203 (2)	203 (2)	203 (2)	2.000 (1)
Chumbo	36 (2)	72 (1)	180 (1)	10 (1)
Cobalto	75 (2)	75 (2)	75 (2)	70 (1)
Vanádio	567 (2)	- (1)	- (1)	- (1)
Mercúrio	0,073 (2)	0,5 (1)	12 (1)	1 (1)

Valores estabelecidos conforme <sup>1</sup> Resolução CONAMA 420/2009 e <sup>2</sup> Portaria FEPAM 85/2014.

Fonte: Adaptado de <sup>1</sup> BRASIL (2009) e <sup>2</sup> Rio Grande do Sul (2014).

Cabe destacar ainda que, o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, elaborado em 1999 pela Companhia Estadual do Estado de São Paulo – CETESB, foi um importante subsídio para a criação de normas e legislações federais (SÃO PAULO, 2001). Por isso, o estado de São Paulo é pioneiro no país na elaboração de diretrizes para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas, bem como metodologias de investigação e remediação (CANÁRIO, 2018).

Ainda, em 2017, a CETESB publica a Decisão de Diretoria (DD) nº 038/2017/C cujo dispõe sobre a aprovação do “Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas”, da revisão do “Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas” e estabelece “Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental” (SÃO PAULO, 2017). Esta DD surgiu da necessidade de adequação de alguns procedimentos para o gerenciamento de áreas contaminadas e da proteção e qualidade do solo e das águas subterrâneas. Prevê a segurança jurídica, em especial em operações societárias e imobiliárias; descrição do conteúdo exigido para os relatórios de cada fase; e procedimentos em linha com experiências internacionais.

A FEPAM recentemente publicou a Diretriz Técnica nº 003/2021 que aborda a questão das áreas contaminadas aplicada ao licenciamento ambiental de: áreas suspeitas ou com potencial de contaminação; áreas onde a contaminação foi confirmada ou; áreas degradadas pela disposição irregular de resíduos sólidos. Esta DT cita a lista holandesa para contaminantes que não estão nas legislações, sendo relevante para áreas agrícolas onde muitos dos contaminantes não constam nas legislações brasileiras. Ainda publicou a Diretriz Técnica 004/2021 como subsídio para monitoramento de água subterrânea relacionado ao Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) (RIO GRANDE DO SUL, 2021a, 2021b). Desta forma as diretrizes são referências nesta área de atuação visto que dispõe da documentação a ser entregue e estudos necessários a serem realizados.

Ferreira, Lofrano e Morita (2020), com objetivo de analisar a legislação referente às áreas contaminadas, expõem que o problema da contaminação do solo e das águas subterrâneas é muito perceptível. O estudo destaca que no Brasil, devido a poucas áreas cadastradas e mapeadas nos órgãos ambientais, é papel das prefeituras municipais e dos estados realizar investigações, a fim de evidenciar, comprovar e definir os poluentes de interesse, como metais e compostos orgânicos que estão presentes nos agrotóxicos.

Outra questão muito importante refere-se à necessidade do estado do Rio Grande do Sul no fornecimento de informações sobre áreas contaminadas, visto que o Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas- BDNAC foi instituído, pela Resolução CONAMA nº 420/2009, com objetivo de publicar dados sobre áreas contaminadas dos estados. Porém apenas São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais enviam e disponibilizam as respectivas informações e relatórios (IPT, 2016).

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR VITÍCOLA

O setor vitícola do Brasil está em constante evolução e expansão e isto se dá ao fato da alta qualidade dos produtos nacionais, conforme apontam Wurz et al. (2016). Além disso, a divulgação de trabalhos científicos relatando a relação dos produtos com saúde e longevidade, levaram as empresas vinícolas investir em variedades de uvas, bem como estruturas físicas e tecnológicas para atrair os *stakeholders* (RITSCHHEL et al., 2018).

Ao mesmo tempo, Sartori e Venturin (2016, pg. 25) afirmam que “o processo produtivo agrícola brasileiro está cada vez mais dependente dos agrotóxicos e fertilizantes químicos” em vista da produção em larga escala, cujo utiliza-se o método de monocultura. Assim, os agrotóxicos são um dos principais insumos utilizados na agricultura que tem potencial de modificar ambientalmente os meios em que são aplicados (GEBLER et al., 2015).

### 2.2.1 Viticultura na Serra Gaúcha

A viticultura é uma atividade agrícola caracterizada pelo cultivo de videiras e pela produção de uvas, a qual se insere no setor da vitivinicultura brasileira. A atividade vem sendo realizada em 17 estados brasileiros e 159 municípios do estado do Rio Grande do Sul, cuja produção é destinada tanto ao consumo *in natura* como a elaboração de produtos vitivinícolas (MELLO, 2017). Dentre estes encontram-se: vinhos, espumantes, frisantes, licores, sucos, vinagres, destilados, entre demais derivados da uva (PIVETA, 2018).

Dados obtidos por meio da publicação *Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul* demonstram as quantidades da produção no estado. Em 2015 foram colhidas 138 variedades de uva, representando uma produção média de 758.230,24 toneladas em 40.336,36 hectares, conforme Tabela 2 (MELLO; MACHADO, 2017). Assim, a atividade da viticultura tem contribuindo no âmbito social e econômico do estado. Destaque importante para Região Metropolitana da Serra Gaúcha – RMSG, composto por 13 municípios, onde a viticultura garante a fonte de renda de quase 10 mil propriedades de agricultura familiar (MELLO; MACHADO, 2017).

Tabela 2 - Dados do setor vitícola na Região Metropolitana da Serra Gaúcha

<b>Município</b>	<b>Nº de propriedades</b>	<b>Área de plantio (hectares)</b>
Antônio Prado	706	1.512,34
Bento Gonçalves	1.296	4.347,42
Carlos Barbosa	93	113,34
Caxias do Sul	1.611	3.954,51
Farroupilha	1.279	3.542,05
Flores da Cunha	1.479	4.988,08
Garibaldi	828	2.395,15
Ipê	255	342,56
São Marcos	624	1.180,34
Nova Pádua	468	1.595,84
Monte Belo do Sul	617	2.192,92
Santa Teresa	248	745,34
Pinto Bandeira	478	1.481,74
<b>Total RMSG</b>	<b>9.982</b>	<b>28.391,63</b>
<b>Total RS</b>	<b>14.417</b>	<b>40.336,36</b>

Fonte: Adaptado de Mello e Machado (2017).

Atualmente está em andamento a implantação do SIBIVE, um sistema desenvolvido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA com a finalidade de ser uma plataforma que possibilite o cadastro das propriedades e apresentação de declarações de produção. Este sistema otimizará a fiscalização e o gerenciamento da produção vitivinícola nacional (BRASIL, 2021b).

A atividade da viticultura na Serra Gaúcha se iniciou com a chegada dos imigrantes italianos, em 1875. Após a ocupação nos lotes de terra, os imigrantes foram em busca de mudas de videira no vale do Rio Caí onde já estavam estabelecidos os imigrantes alemães, desde 1824. No início da colonização, o cultivo da uva era destinado apenas para o consumo familiar, mas por volta de 1890, com uma boa produção da variedade Isabel (principalmente pela adaptação às condições geográficas do Planalto), iniciou-se a comercialização do vinho para a capital do estado e outras cidades da região (SILVA, 2008; PIVETA, 2018).

Dois fatores fundamentais a serem considerados, na avaliação das particularidades e propriedades de produtos vitivinícolas, são relacionadas ao solo e clima. Popp (2017) afirma que o solo provindo da rocha vulcânica tem influência no desenvolvimento das videiras, proporcionando características próprias ao vinho. O autor evidencia que pelo fato da planta ser dotada de raízes abundantes, ela necessita de solos secos para seu melhor desenvolvimento; uma vez que a função da raiz é buscar a água nas profundezas das rochas. Sendo assim, quando o clima for marcado por uma menor disponibilidade hídrica e maior radiação solar, a safra é considerada

excelente, pois estes aspectos garantem condições ideais de maturação (TONIETTO; CARBONNEAU, 1999).

No clima temperado, que abrange a Serra Gaúcha, a videira tem um ciclo anual e seu período de dormência é induzido pelas baixas temperaturas, intercalando-se com os períodos vegetativos nos meses com temperaturas mais elevadas. As fases de dormência, brotação, floração, frutificação, desenvolvimento do fruto, maturação e queda das folhas são os principais estágios da videira. Porém, nas fases de brotação, floração e maturação, a videira possui maior sensibilidade a doenças e pragas, necessitando de maiores cuidados fitossanitários (MANDELLI; MIELE; TONIETTO, 2009; CAMARGO; TONIETTO; HOFFMANN, 2011).

A Embrapa Uva e Vinho, instalada em Bento Gonçalves, tornou-se uma referência nas pesquisas relacionadas ao cultivo da videira. Muitos trabalhos, quanto ao clima, manejo do solo, geoprocessamento e técnicas de plantio, são conduzidos nesta unidade e auxiliam no melhoramento da qualidade das plantações, bem como dos produtos finais (EMBRAPA, 2020). Um exemplo disso é o aplicativo Sistema Alerta, em fase de implantação, que monitorando o clima emite informações para os produtores, contribuindo para as tomadas de decisões. Assim, a utilização de tecnologias vem contribuindo no cultivo da videira mesmo em condições não favoráveis (TONIETTO; CARBONNEAU, 1999).

### **2.2.2 Agrotóxicos**

O termo agrotóxico, em linhas gerais, pode ser definido conforme descrito na Lei nº 7.802/1989.

“Os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos”. (BRASIL, 1989).

A Lei nº 7.802/1989 regulamentada pelo Decreto nº 4.074/2002 aponta que a principal finalidade do uso do agrotóxico é proteger a planta de patógenos, permitindo ao produtor colheitas mais satisfatórias (BRASIL, 2002). Os autores como Velasco e

Capanema (2006) destacam que o termo agrotóxico pode ser conhecido, também, por defensivo agrícola, agroquímico, pesticida, praguicida ou biocida.

No Brasil, a utilização de agrotóxicos pode ser evidenciada pela prática da monocultura. Uma vez que busca-se aumentar a produtividade e utilizar implementos agrícolas, cresce também a utilização de insumos para combater pragas, que cada vez mais se tornam resistentes e propícias em monoculturas. As videiras, por estarem organizadas em monocultivo, se tornam menos resilientes às doenças e pragas pelo fato de haver menor diversidade de fauna e flora. Portanto nesta maneira de agricultura se faz necessário cada vez mais o uso de agrotóxicos (PIEROZAN, 2019).

A prática da monocultura no cultivo de videiras tem garantido maior resultado na produção. Entretanto, esta forma acaba se tornando um problema ambiental pois traz um esgotamento ao solo e danos maiores à biodiversidade. Zimmermann (2009), Soares e Porto (2007), e Calheiros e Fonseca Júnior (1996) relatam que a monocultura está vinculada diretamente ao uso excessivo de agrotóxicos. Enquanto, por um lado, busca-se aumentar a produção na forma de monocultura, por outro precisa-se ainda mais de correções atreladas à planta e ao solo.

Tem-se datado que os agrotóxicos começaram a ser usados em maior escala após a Segunda Guerra Mundial. Lucchesi (2005) relata que a utilização de agrotóxicos, fertilizantes e máquinas agrícolas, foram os promotores da chamada “Revolução Verde”. Porém, desde então, vários agrotóxicos foram banidos em diversos países como por exemplo o DDT, Amitraz, Maneb, Zineb, Dithane e Graxomone por provocarem doenças como Parkinson, fibrose pulmonar, lesões no fígado, intoxicação em crianças, além de colocar em risco a vida dos trabalhadores rurais (LUCCHESI, 2005).

Importante destacar que no Brasil os agrotóxicos só podem ser gerenciados e utilizados em território nacional se registrados nos órgãos federais (BRASIL, 1989). Estes produtos passam pela avaliação de três órgãos: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA.

Cabe ao IBAMA avaliar o potencial de risco ambiental do produto, e indicar a possibilidade de afetar os recursos naturais, enquadrando-o numa classificação que abarca desde produtos altamente perigosos até produtos pouco perigosos ao ambiente. Já ao MAPA, atribui-se a responsabilidade de avaliar efetividade e

capacidade de combater as possíveis doenças na planta causados por insetos, ácaros, fungos, entre outros. E à ANVISA cabe avaliar o nível de toxicidade do produto perante a saúde da população, bem como indicar as condições que seu uso é seguro (BRASIL, 1989).

Para o cultivo da videira são indicados e utilizados agrotóxicos catalogados nos órgãos federais. Conforme listagem publicada pela União Brasileira de Vitivinicultura - UVIBRA (2018), os mesmos compreendem-se em: fungicidas, inseticidas, acaricidas, nematocidas e herbicidas. Eles são aplicados em videiras que ficam expostas a condições climáticas e permitem um crescimento de patógenos no período vegetativo da planta, afetando desde as raízes, até os frutos. Por isso, faz-se necessário a utilização de técnicas de controle, comumente os agrotóxicos (NAVES et al., 2005; TIECHER et al., 2017).

Os agrotóxicos cumprem o papel de evitar e prevenir as plantações de ataques de organismos que afetam o metabolismo do vegetal, sendo que ao mesmo tempo podem oferecer riscos aos recursos naturais e, conseqüentemente à saúde humana (JARDIM; ANDRADE; QUEIROZ, 2009). Além disso, Andrezza et al. (2013), ao observarem as áreas rurais do Rio Grande do Sul, com objetivo de implantação da biorremediação, concluíram que os ambientes contaminados modificam e selecionam plantas e microrganismos resistentes.

Depois da aplicação de um agrotóxico, os processos, sejam eles físicos, químicos ou biológicos, definem o seu comportamento no ambiente. Um estudo conduzido por Spadotto et al. (2010) teve como objetivo identificar os comportamentos de agrotóxicos por meio de programas de modelagem computacional. Nesse caso, os contaminantes podem volatilizar, degradar biologicamente, lixiviar, escoar superficialmente, bem como sofrer os processos de sorção, fotólise, hidrólise e oxirredução. O autor também menciona fatores que possam vir a intervir nesses processos, tais como o clima, microrganismos, manejo do solo, e topografia (SPADOTTO et al., 2010).

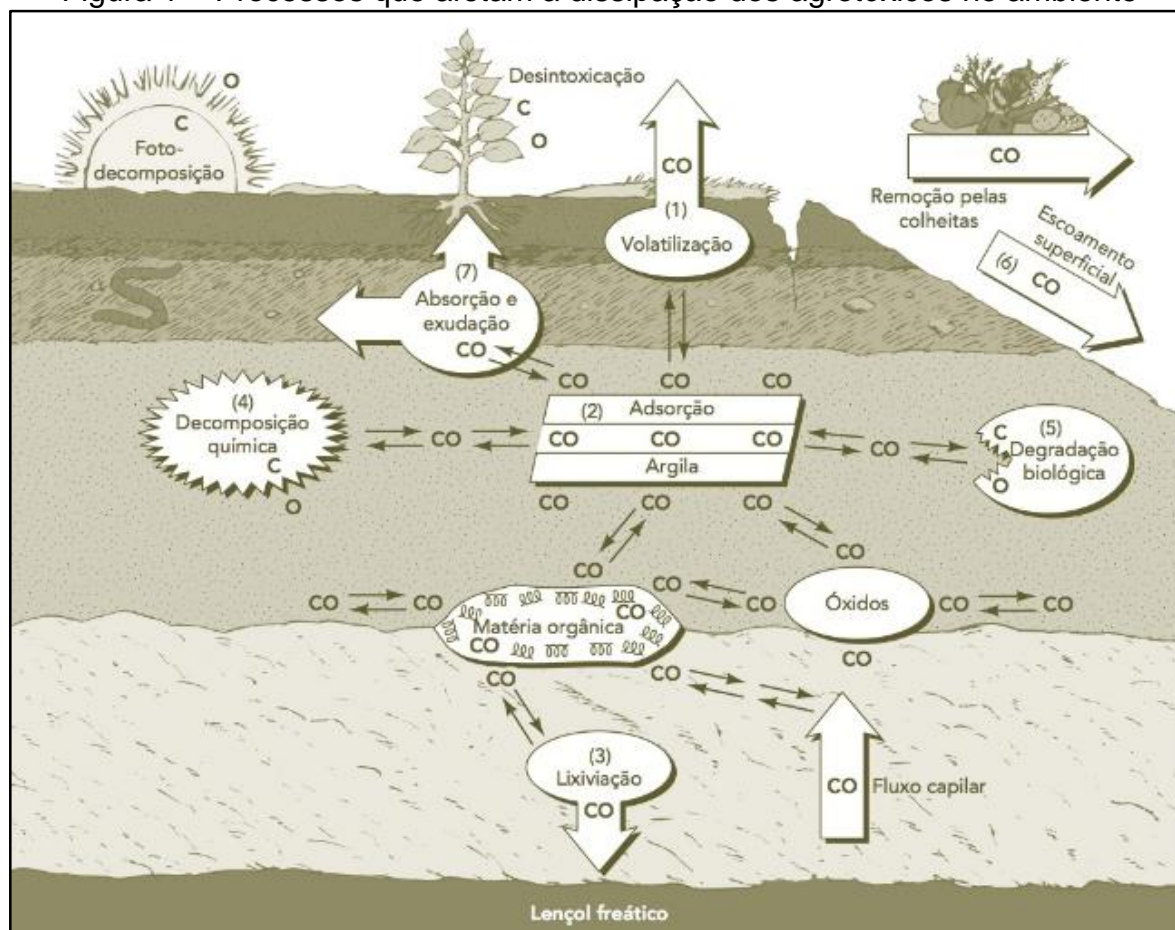
Conforme Gebler et al. (2015, p.13) “cerca de 80% do produto aplicado pode se perder no ambiente, resultando em contaminação do ar, solo e água, porém de difícil monitoramento”. Isso se dá, em grande parte, por erros no momento de escolha dos equipamentos ou ainda pela pulverização em condições meteorológicas inadequadas (SENAR, 2018). Assim, quando os compostos e partículas de

agrotóxicos não atingem o alvo da aplicação, há prejuízos não só ambientais, como também econômicos (SENAR, 2018).

Logo, Weber e Miller (1989) apud Brady e Weil (2013, p. 597), elencam sete vias em que os compostos presentes nos agrotóxicos, em geral, podem seguir no ambiente, conforme apresentado na Figura 1:

- (1) podem se volatilizar para a atmosfera sem sofrer alteração química;
- (2) podem ser adsorvidos pelo solo;
- (3) podem se mover solo abaixo como líquidos, na forma de solução, e deixar o solo por processos de lixiviação;
- (4) podem sofrer reações químicas dentro ou na superfície do solo;
- (5) podem ser decompostos por microrganismos;
- (6) podem ser levados para córregos e rios através do escoamento superficial;
- (7) podem ser absorvidos pelas plantas ou pelos animais do solo, atingindo a cadeia alimentar.

Figura 1 – Processos que afetam a dissipação dos agrotóxicos no ambiente



Fonte: Weber e Miller (1989) apud Brady e Weil (2013).

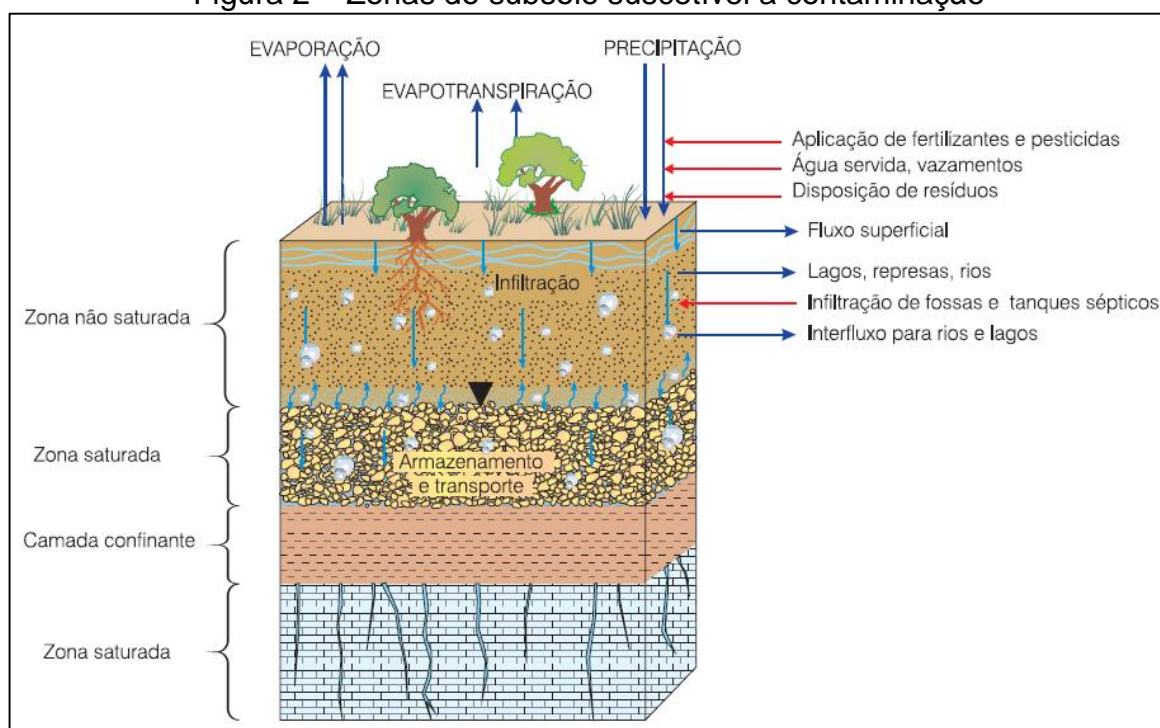
Desta forma a poluição vinculada aos agrotóxicos é caracterizada como difusa quando a carga de agrotóxico que o ambiente agrícola recebe durante o tratamento é aplicada por hectare, conforme bula do produto. Porém caso o derramamento de agrotóxico aconteça em área superficial menor, como metros quadrados, a poluição



passa a ser pontual, que é o caso de locais de recarga de pulverizadores (GEBLER et al., 2015).

Spadotto et al. (2010) afirmam que seu uso frequente e, muitas vezes incorreto, oferece riscos aos solos agrícolas, às águas superficiais e subterrâneas. Nesse sentido, em relação ao processo de lixiviação, Iritani e Ezaki (2012, p. 79) enfatizam que “a poluição dos recursos hídricos subterrâneos, ocorre quando os agentes contaminantes atingem o solo, percolam até a zona não saturada e atinge os aquíferos” (Figura 2). Ainda, a forma como acontece a contaminação no subsolo depende da geologia, do fluxo das águas subterrâneas e dos processos que ocorrem nos poros, assim como dos processos em escala molecular (FITTS, 2014).

Figura 2 – Zonas do subsolo suscetível a contaminação



Fonte: Mestrinho (2006) apud Feitosa et al. (2008).

A zona não saturada está relacionada a uma faixa com alta permeabilidade em que os poros são preenchidos de água e ar. Já na zona saturada, a água preenche totalmente os poros e o limite entre estas zonas é denominado lençol freático ou nível da água subterrânea (TEIXEIRA et al., 2009). Segundo Moncrieff, Bentley e Palma (2008) há evidências de contaminação da água extraída de poços tubulares profundos. Os autores, em estudo realizado por meio da coleta de dados hidrogeológicos e geoquímicos, concluíram que os contaminantes têm origem nos

solos e são transportados para o lençol freático por meio de atalhos em torno dos poços.

Nesse sentido, um estudo conduzido por Simionato et al. (2020) com o objetivo de identificar a contaminação de poços em Vacaria/RS por agrotóxicos, mostra que dos 29 poços analisados, 58,63% apresentam contaminação. Os autores concluem que os compostos de agrotóxicos devem ser inclusos como parâmetros no monitoramento de qualidade da água, principalmente em áreas agrícolas. Lima, Souza e Figueiredo (2007, p.191) em análise do risco de contaminação das águas subterrâneas por agrotóxicos concluíram que “mesmo o agrotóxico apresentando potencial de contaminação, esta pode não ocorrer, desde que as condições locais permitam a sorção e degradação da substância”.

Em relação à saúde humana, uma pesquisa publicada por Tourneux et al. (2014) avaliou 993 pares de mãe-filho da região agrícola na França. Por meio dela, foi observada uma associação entre a exposição ocupacional materna e a presença de agrotóxico. A conclusão foi que 85% dos casos de famílias que foram expostas aos pesticidas apresentaram prematuridade nos filhos, acarretando assim na redução do crescimento e do peso do feto na concepção.

Souza et al. (2011) avaliaram possível associação entre contato com agrotóxicos e prevalência de doenças crônicas em população rural do Sul do Brasil. Os autores salientam que o contato direto ou indireto com agrotóxicos se associou ao relato de várias doenças, sendo as neurológicas e as orais as mais informadas. Além do mais, constataram que indivíduos em contato com agrotóxicos relataram em torno de duas vezes mais que possuíam dores no corpo.

Ainda, Vasconcellos et al. (2020) ao analisar a associação entre exposição a agrotóxicos e a ocorrência da doença de Parkinson, no estado do Paraná, resultou que de 32 indivíduos foram entrevistados, verificando-se os aspectos: a maioria eram idosos (87,48%); com baixa escolaridade (53,13%); sem casos de familiares com a doença (87,48%); com alguma atividade agrícola ao longo da vida (78,11%); teve contato com agrotóxico (74,98%) e destes, 50% relataram que o contato foi direto.

Permeando estudos que se referem à contaminação de solos na viticultura da Serra Gaúcha, nota-se trabalhos realizados por Andreatza (2009), Giroto (2010), Tiecher (2017) e De Conti (2018). Esses trazem à tona os principais fungicidas utilizados, bem como seus componentes. Se analisados, os fungicidas apresentam elementos como o cobre (Cu), encontrado no sulfato de cobre, utilizado na Calda

Bordalesa [ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CuSO}_4$ ], no princípio ativo como oxicloreto de cobre [ $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ ], e o zinco (Zn,) encontrado principalmente no princípio ativo mancozebe [ $\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_2\text{S}_4\text{Mn} + \text{C}_4\text{H}_6\text{N}_2\text{S}_4\text{Zn}$ ].

Reafirmando a presença de tais princípios ativos, Magalães, Sequeira e Lucas (1985), por meio de sua análise, apresentam os princípios ativos dos fungicidas utilizados nos vinhedos, na década de 80 em Portugal. Dentre eles encontram-se também, como citado anteriormente, mancozebe, oxicloreto de cobre e sulfato de cobre, além do carbonato de cobre. Porém, sabe-se que com o passar do tempo, estes metais se acumularam em muitas áreas agrícolas, agrupando-se as partículas do solo, gerando uma imprecisão quanto às consequências relacionadas a qualidade do solo (KEIBLINGER et al., 2018).

Em relação à origem dos metais acumulados no solo, Francés et al. (2017) evidenciam que eles provêm da rocha-mãe como também das práticas agrícolas. Na agricultura, tais metais podem ser depositados no solo por várias formas, dentre elas, destaca-se as embalagens descartadas, os produtos pulverizados via foliar, e volatilização ou precipitação deles (STEFFEN, STEFFEN, ANTONIOLLI, 2011).

Verificando-se os trabalhos de Magalães, Sequeira e Lucas (1985) realizado em Portugal, e de Brunetto et al. (2014), no estado de Santa Catarina, confirma-se que nos vinhedos, o acúmulo os níveis de Cu total e extraível são mais altos nas camadas superficiais e diminuem com a profundidade. Ainda, Brunetto et al. (2014) observou que as maiores concentrações foram notadas no vinhedo com maior idade, sendo que a maior parte do Cu e do Zn nos solos possuem baixa mobilidade geoquímica.

Recentemente, um estudo conduzido por Cavalcanti, Cassuba e Fioravanço (2019) apresentou fungicidas alternativos com teor de cobre reduzido. O gluconato de cobre e fosfito de cobre, são compostos que possuem boa eficiência, mesmo em concentrações menores quando comparados a calda bordalesa. Assim, estes constituintes são uma ótima alternativa para a redução dos índices de cobre nos solos dos vinhedos, já que o mesmo quando aplicado como fungicida não é absorvido pelos tecidos vegetais, sendo necessário reduzi-lo ou misturá-lo com outros compostos.

Referente à qualidade e segurança de águas subterrâneas, Francisco et. al (2019) fazem referências a trabalhos que explicitam metais como Fe, Mn, Co, Cu e Zn, são considerados essenciais em baixas concentrações, já metais como Cr, Cd, Ni e Al quando presentes nas águas subterrâneas causam preocupação sobre possíveis

efeitos nocivos à saúde humana. No entanto, ambos os metais essenciais e não essenciais em altas concentrações podem causar efeitos tóxicos para as populações que consomem águas subterrâneas contaminadas.

Nas águas subterrâneas, as substâncias dissolvidas encontram-se na forma de ânions e cátions. Alguns destes constituintes estão presentes na maioria das águas subterrâneas (em concentrações maiores e menores). Já os constituintes traços, se apresentam em concentrações inferiores a 1%, e estes são analisados quando há indícios de potencial contaminação (Figura 3) (FEITOSA et al., 2008).

Figura 3 – Constituintes dissolvidos na água subterrânea

Const. Maiores ( > 5 mg/L)	Const. Menores (0,01 - 10 mg/L)	Constituintes Traços ( < 0,1 mg/L)
Bicarbonato	Boro	Alumínio, Arsênio, Antimônio Bário, Berílio, Bismuto,
Cálcio	Carbonato	Bromo Cádmio, Césio, Chumbo, Cromo, Cobalto,
Cloreto	Estrôncio	Cobre, Escândio, Estanho, Fosfato Gálio, Germânio,
Magnésio	Ferro	Índio, Iridio, Iodo, Lantânio, Lítio, Mercúrio, Manganês,
Sílica	Fluoreto	Molibdênio, Níquel, Nióbio, Ouro, Prata, Platina, Rádio,
Sódio	Nitrato	Rubídio, Rutênio, Selênio, Tálcio, Titânio, Tungstênio,
Sulfato	Potássio	Urânio Vanádio, Zinco, Zircônio

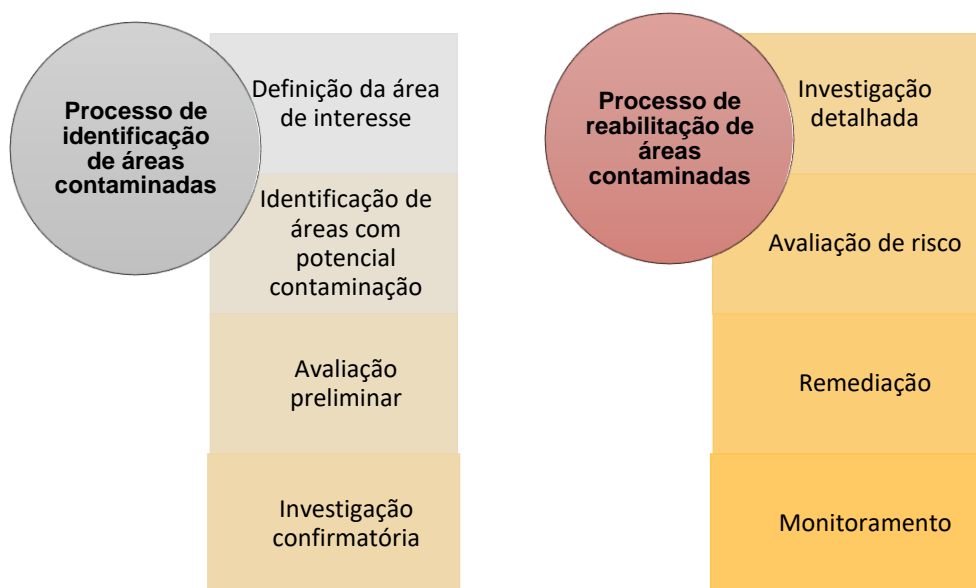
Fonte: Feitosa et al. (2008).

### 2.3 INVESTIGAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

A investigação e gerenciamento de áreas contaminadas está previsto pela legislação brasileira e desempenha a função de analisar as características da área contaminada, a fim de interferir no meio para evitar maiores danos. Para que isso aconteça é preciso criar estratégias de busca por minimização por riscos causados (BRASIL, 2009). No gerenciamento de áreas contaminadas, o órgão ambiental, seja a nível de município ou estado, é o responsável por determinar os procedimentos e atividades de gestão e investigação da área contaminada (BRASIL, 2009).

Por isso, Maximiano, Moraes e Teixeira (2014) apresentam, por meio do manual técnico, elaborado em conjunto com o IPT e CETESB, duas etapas para o gerenciamento de uma área contaminada. A primeira etapa ocupa-se com a identificação da contaminação, enquanto a segunda considera a reabilitação, conforme Figura 4. Os autores destacam que o sucesso da etapa de remediação dependerá do nível de qualidade técnica da etapa de identificação.

Figura 4 – Etapas de Gerenciamento de Áreas Contaminadas



Fonte: Adaptado de Brasil (2009) e Maximiano, Moraes e Teixeira (2014).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT desenvolveu um conjunto de normas que auxiliam no gerenciamento de áreas contaminadas e dispõem de alguns procedimentos, sendo elas:

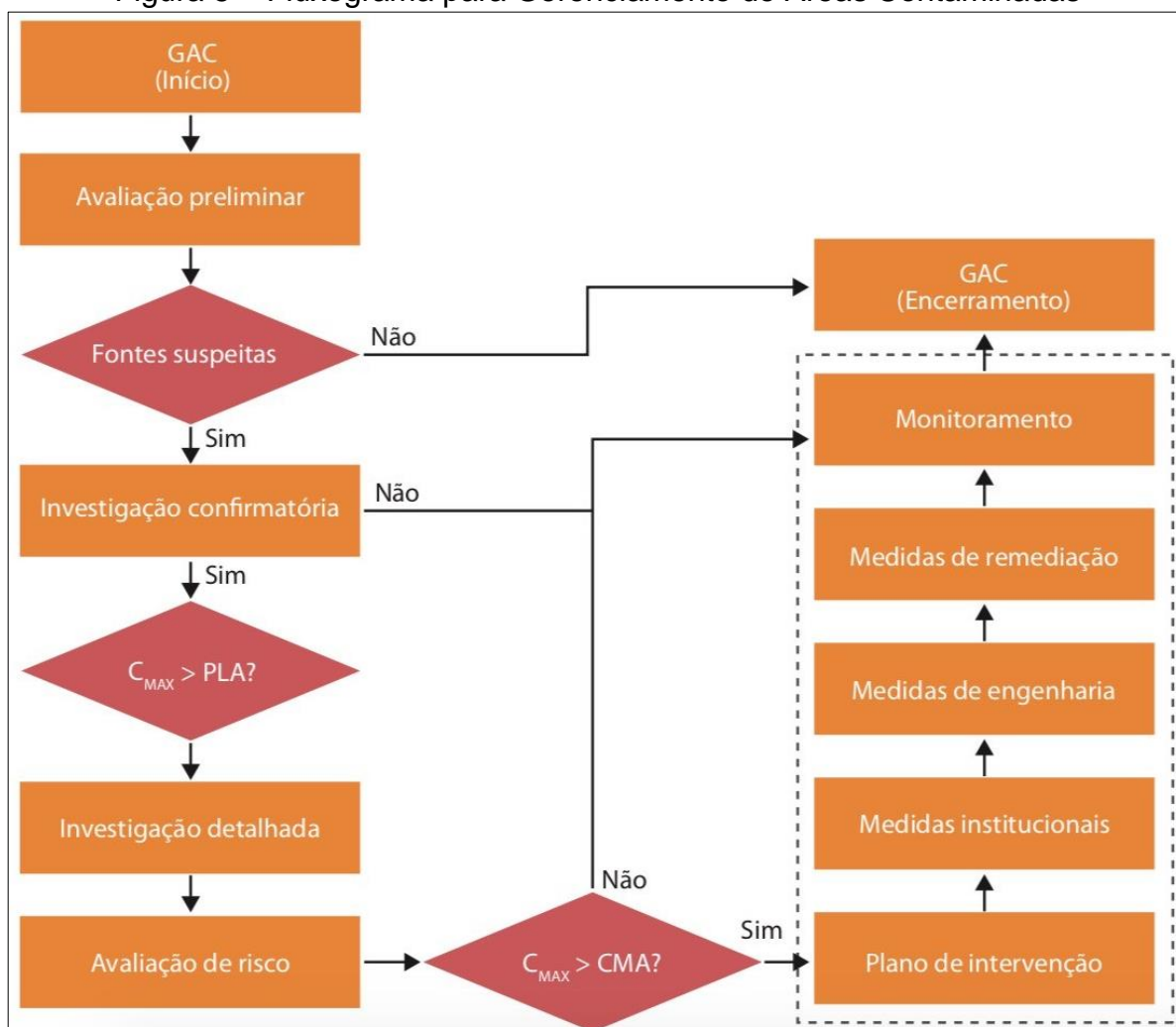
- a) ABNT (2011a) NBR 15515-1 - Passivo ambiental em solo e água subterrânea Parte 1: Avaliação preliminar;
- b) ABNT (2011b) NBR 15515-2- Passivo ambiental em solo e água subterrânea Parte 2: Investigação confirmatória;
- c) ABNT (2013a) NBR 15515-3- Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea Parte 3 – Investigação detalhada;
- d) ABNT (2013b) NBR 16209 - Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas;
- e) ABNT (2013c) NBR 16210- Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas - Procedimento;
- f) ABNT (2015) NBR 16435 - Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas – Procedimento;
- g) ABNT (2020) NBR 16784-1- Reabilitação de áreas contaminadas - Plano de intervenção. Parte 1: Procedimentos de elaboração.

Nestas normas são propostos estudos para avaliar os riscos que a contaminação apresenta à saúde humana e aos recursos naturais. Identifica-se

nestas etapas as características dos solos e da área buscando dados quantitativos e qualitativos para compreensão dos comportamentos dos passivos ambientais. As etapas de avaliação e investigação são essenciais para a recuperação da área, pois por meio das informações obtidas é possível elaborar a avaliação de risco e escolher a técnica de remediação viável (ABNT, 2011a; 2011b; 2013a).

O processo de reabilitação de uma área faz-se necessário quando esta perde seus aspectos originais. Com o passar dos anos, os contaminantes tornam o solo mais vulnerável e com maior dificuldade para o plantio, para isso, existem as legislações que visam interromper a contaminação por meio de técnicas que removam, contenham ou reduzam as concentrações dos contaminantes, pois o objetivo da reabilitação é principalmente assegurar a saúde humana e ambiental (SÃO PAULO, 2001). O fluxograma utilizado para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) (Figura 5) apresenta as etapas a serem realizadas e sequências.

Figura 5 – Fluxograma para Gerenciamento de Áreas Contaminadas



Fonte: Maximiano, Moraes e Teixeira (2014).

### 2.3.1 Etapa de Identificação

Para a identificação de uma área potencialmente contaminada realiza-se a Avaliação Preliminar que possibilita elaborar um estudo inicial a fim de buscar informações que classifique a área como potencialmente contaminada e assim dar continuidade a investigação. Por meio da Investigação Confirmatória confirma-se a existência de contaminação por meio de análises químicas de solo e água subterrânea. Assim, nesta primeira etapa de Identificação, é necessário definir a área de interesse a partir da avaliação dos principais pontos que possam apresentar alteração da qualidade do solo e das águas subterrâneas, que são os principais bens a proteger (ABNT, 2011).

Nesta etapa, as ações que compõe a Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória irão definir se a área está de fato contaminada e permitirá identificar os contaminantes envolvidos, caso houver (BRASIL, 2009). Caso as concentrações máximas das substâncias ( $C_{max}$ ) são superiores aos Padrões de Legislação Aplicáveis (PLA), procede-se à Investigação Detalhada, cujo tem como objetivo quantificar a contaminação existente e identificar a área e volumes afetados (MAXIMIANO, MORAES, TEIXEIRA, 2014).

#### 2.3.1.1 Avaliação Preliminar

A avaliação preliminar é uma das ações a serem realizadas na etapa de identificação de áreas suspeitas de contaminação definida como uma avaliação inicial, realizada com base nas informações históricas disponíveis e inspeção do local, objetivando encontrar evidências ou fatos que levantem a suspeita da existência de contaminação na área (BRASIL, 2009). Para esta etapa consulta-se a NBR 15515-1/2011 que dispõe das atividades a serem realizadas, subdivididas em: Coleta de dados existentes por meio de estudo do histórico e meio físico; e Inspeção de reconhecimento da área por meio de entrevistas e observações no local (ABNT, 2011a).

A avaliação preliminar inicia na coleta de dados existentes, considerando o estudo histórico da área, bem como da análise sobre o meio físico. A coleta de dados se dá por meio de bibliografias, mapas e vistas aéreas em sites de universidades e órgãos governamentais referente a hidrologia, geologia, climatologia e topografia.

Todas as informações previamente conhecidas serão averiguadas na fase de inspeção de reconhecimento da área, durante a vistoria de campo com identificação visual, para verificar a verdadeira situação e as áreas suspeitas de contaminação. Nesta fase, o histórico de utilização de substâncias químicas, resíduos manuseados e, o relato de acidentes que possam ter gerado o impacto ambiental são essenciais para caracterização adequada (ABNT, 2011a).

Para auxiliar no levantamento de dados, a NBR 15515-1 dispõe de uma listagem de fontes para coleta de informações, bem como de documentos. A norma define um modelo de Ficha de Inspeção a ser seguido e elenca as informações que podem ser verificadas para a correta identificação de passivos ambientais. Esta ficha lista os questionamentos acerca dos dados gerais, ações realizadas no local e a existência de poços para captação de água subterrânea. Também estabelece como levantar novos fatos por meio de entrevistas com proprietários ou pessoas que já tiveram de alguma forma conhecimento sobre a utilização da área (ABNT, 2011a)

Após uma avaliação preliminar, a área que apresenta indicativos de contaminação ou perigo é considerada Área Suspeita de Contaminação – AS, pelo órgão ambiental competente (BRASIL, 2009).

### 2.3.1.2 Investigação Confirmatória

Posterior à avaliação preliminar e ao resultado positivo da área ser suspeita de contaminação é conduzido uma investigação confirmatória. Ela tem por objetivo comprovar a existência ou a inexistência de contaminação no solo e/ou nas águas subterrâneas por meio de análises físico-químicas em pontos suspeitos. Para o cumprimento desta fase, podem ser obtidas as informações a partir de coletas de amostras de solo ou águas subterrâneas definidas no plano de amostragem (ABNT, 2011b).

Como forma de obter dados adicionais da área, a norma ABNT NBR 15515-2/2011, propõe atividades subdivididas em: Levantamento de informações adicionais por meio de técnicas de respostas rápidas; e Plano de Amostragem por meio de análise de amostras de solo e/ou água subterrânea. Para o levantamento de informações adicionais, são aplicadas metodologias de tecnologias de resposta rápida que englobam métodos analíticos e geofísicos aplicados conforme o contaminante a



ser identificado. Dentre os contaminantes podem ser identificados previamente os compostos orgânicos voláteis, metais e semimetais e, por fim, os hidrocarbonetos.

Já para o desenvolvimento da fase de Plano de Amostragem, é necessário a identificação das atividades já executadas na área, bem como das substâncias químicas de interesse e os pontos que podem ser amostrados por demonstram serem meios de contaminação superficial e subterrânea. A coleta e análise de amostras de solo e água subterrâneas devem ser representativas das fontes potenciais, podendo ser obtidas com auxílio de laboratório, sondagens ou poços de monitoramento, cujos procedimentos são apresentados em normas técnicas para coleta e amostragem (ABNT, 2011b).

Um estudo conduzido por Lu e Bai (2010) avaliando a contaminação do solo por metais, demonstra que as amostras de solos podem ser coletadas em áreas com usos do solo diferenciados que apresentam ocupação por atividades econômicas, áreas residenciais e áreas verdes. Além disso, durante o procedimento de amostragem do solo, Skordas e Kelepertsis (2005) fizeram a distribuição os locais de amostragem na área de estudo visando coletar amostras com as características necessárias para identificação.

Referente à coleta de solos, a NBR 9604: 2016 intitulada “Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas — Procedimento” pode ser utilizada como referência para procedimentos de coleta de solo (ABNT, 2016). Já para águas subterrâneas utiliza-se a NBR 15847:2010 intitulada “Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento - Métodos de purga” (ABNT, 2010a).

A amostragem da água subterrânea pode ser obtida por meio de poços de monitoramento. Pode ser feito monitoramento preventivo por amostragem da ZNS, ou quando se há confirmação da contaminação, o monitoramento se dá diretamente implantando o poço na ZS e dessa forma há a definição quantitativa de contaminante (FEITOSA et al., 2008). A partir das concentrações obtidas com as análises químicas realizadas, os valores são comparados com os limites de intervenção determinados pelos órgãos ambientais.

Após terminadas análises, os resultados obtidos devem ser interpretados e comparados com os valores orientadores de investigação apresentados pelo órgão ambiental competente (ABNT, 2011b). Os resultados identificam se a área pode ser definida como Área Contaminada sob Investigação – AI (BRASIL, 2009). Após

confirmar a presença de contaminação, inicia-se a etapa de Investigação Detalhada em que o objetivo é determinar as dimensões das áreas ou volumes afetados e estabelecer a pluma de contaminação.

### **2.3.2 Etapa de Reabilitação**

Posteriormente as etapas de Identificação realiza-se a Avaliação de Risco, que considera os receptores da contaminação, características da exposição e toxicidade, permitindo estabelecer quais medidas devem ser tomadas e indicar os riscos aceitáveis. Caso as concentrações máximas das substâncias ( $C_{max}$ ) são superiores as Concentrações Máximas Aceitáveis (CMA) procede-se ao Plano de Intervenção, caso contrário realiza-se apenas monitoramento (MAXIMIANO, MORAES, TEIXEIRA, 2014).

A CETESB desenvolveu planilhas para fins de projetos de avaliação de risco de saúde humana, para áreas contaminadas sob investigação. As planilhas possibilitam, de maneira padronizada, a quantificação dos riscos para substâncias carcinogênicas e não carcinogênicas, individual e cumulativo, considerando os cenários de exposição e substâncias químicas selecionadas pelo usuário, bem como o cálculo das concentrações máximas aceitáveis para essas substâncias. As planilhas possuem entrada de dados simplificada e relatórios dos resultados de forma automática (SÃO PAULO, 2013).

No Plano de Intervenção são definidas as medidas a serem aplicadas para controlar a exposição de um receptor a uma contaminação e/ou minimizar o risco à níveis aceitáveis. Estas medidas podem ser de contenção e controle do tipo institucional (MI), de engenharia (ME) ou de redução de massa de contaminante do tipo remediação (MR). As medidas MI se referem a restrições ao uso de água subterrânea, restrição ao uso de água superficial, restrição ao consumo de alimentos ou restrição ao uso de edificações, dentre outras. Já a ME se refere a medidas como impermeabilização da superfície do solo, de modo a evitar o contato de receptores com o meio contaminado. As MR se referem as técnicas de tratamento, contenção e descontaminação da área (MAXIMIANO, MORAES, TEIXEIRA, 2014).

O Monitoramento acompanha a contaminação por meio das concentrações dos contaminantes nos meios impactados (solo, água e ar) por um período que depende da contaminação e do método de remediação. Podem ser acompanhadas

alterações geoquímicas e geotécnicas na estrutura dos solos e aquíferos, avaliadas a transferência de massa e transporte dos contaminantes; e o comportamento das plumas. O processo de remediação será considerado finalizado quando o monitoramento indicar que a remediação atingiu os objetivos finais firmados com o órgão ambiental (MAXIMIANO, MORAES, TEIXEIRA, 2014).

## 2.4 POTENCIAL REMEDIADOR DE TECNOLOGIAS

Os processos de remediação de solos contaminados, por meio de tecnologias, têm sido cada vez mais utilizados no Brasil. As técnicas desenvolvidas internacionalmente visam reduzir os poluentes até concentrações seguras, os quais sejam compatíveis com a proteção à saúde humana, além de impedir a propagação no ambiente (TAVARES, 2013). Deste modo, para que seja possível controlar a poluição do solo de forma eficiente, é necessária a adoção de técnicas a fim de minimizar os possíveis impactos negativos (LESSA, PAREDES, 2017).

A Agência Ambiental dos Estados Unidos denominada de USEPA – *United States Environmental Protection Agency*, dispõe de normas, valores de qualidade de solos, técnicas e demais documentos que são referência para diversos países na definição de legislações quanto a áreas contaminadas. A USEPA (2010) expõe os controles de engenharia que objetivam prevenir a exposição do receptor ao contaminante, e que estes devem ser escolhidos considerando o uso do solo para a propriedade, a extensão e a localização de contaminação, e meio ambiente impactado. Ao mesmo tempo aborda que os contratos ambientais são um mecanismo para garantir o monitoramento ambiental, controle de engenharia e restrições de uso da terra das áreas em recuperação.

Ainda a USEPA possui, desde 1995, o programa para recuperação de áreas contaminadas, *Brownfields and Land Revitalization Program*, que dispõe de orientações para revitalização, avaliações ambientais, remediação e atividades de treinamento profissional. O programa busca promover soluções ambientais, sociais e econômicas visando a minimização de riscos relacionados a: saúde humana e ambiental decorrente da possível exposição ao contaminante; compra de propriedades contaminadas e responsabilização pela mesma; enfraquecimento da economia local por possuir uma propriedade negligenciada (USEPA, 2020b).

As técnicas aqui propostas para remediação compreendem tratamentos biológicos, físicos e térmicos. Dhaliwal et al. (2020) enfatizam que alguns critérios devem ser considerados para seleção de tecnologias e tratamentos de remediação: a redução do volume; toxicidade do poluente e ser viável financeiramente. Ainda, observa-se uma tendência dos projetos por optar em aplicação de técnicas *in situ* por serem viáveis economicamente, e por não transportar o material contaminante evitando contaminar novos locais (TAVARES, 2013).

Segundo a USEPA (2017) os tratamentos podem ser caracterizados das seguintes formas:

a) O tratamento biológico prevê a adição de microrganismos no solo, ou estimulação no seu crescimento, para que metabolizem o contaminante ou criem condições para que seja convertido em um composto menos tóxico, mais estável e menos móvel. Já a fitoremediação utiliza-se de plantas para remover, estabilizar, ou degradar os contaminantes. Em geral estes processos são de baixo custo, porém requerem tempo e tornam-se complexos de verificar se os contaminantes foram destruídos por completo.

b) O tratamento físico utiliza de propriedades físicas do meio para separar ou conter a contaminação. Esses tipos de tratamentos apresentam boa relação custo-benefício e, se comparados aos processos biológicos, são rápidos.

c) O tratamento térmico utiliza-se do calor para separar os contaminantes, induzindo a mobilidade para aumentar a volatilidade, queima, decomposição, destruição ou dissolução dos contaminantes. Embora sejam uma alternativa rápida são, em geral, os que mais necessitam de investimento.

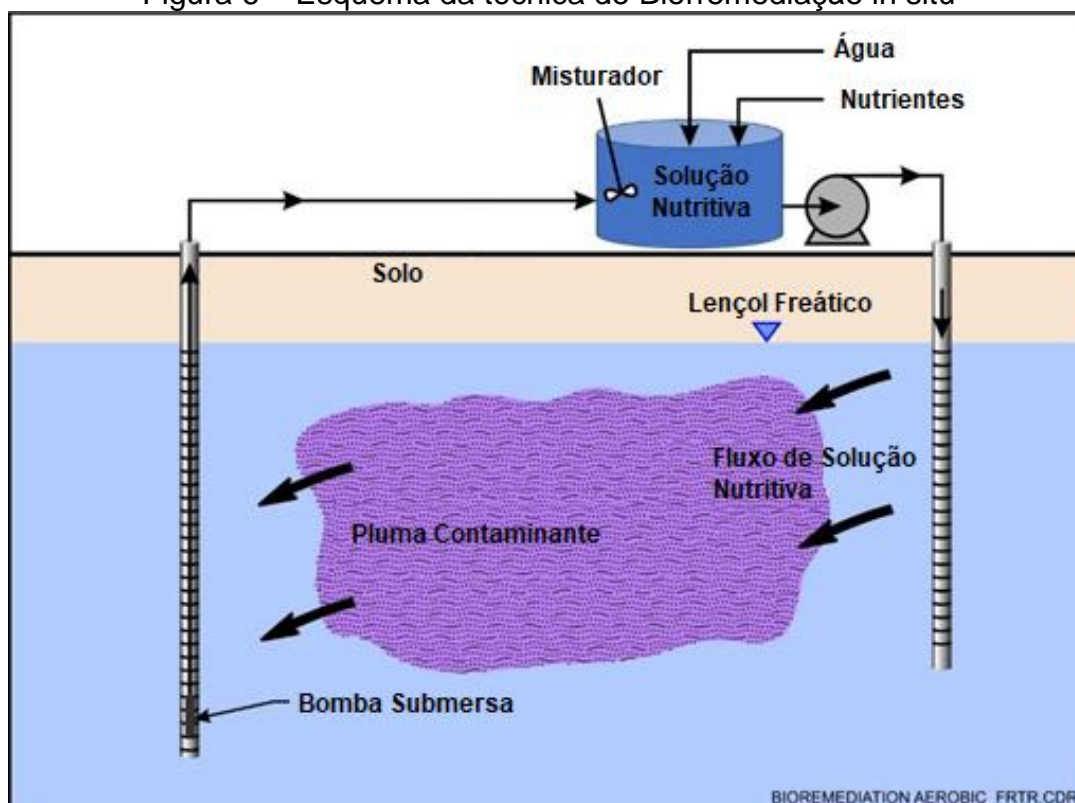
#### **2.4.1 Biorremediação**

A biorremediação é uma alternativa de descontaminação do solo, que apresenta baixo custo de implantação, alta eficiência de remoção e ampla aceitação (ANDREAZZA et al., 2013). Por meio do uso de microrganismos, os contaminantes, como o caso dos metais, podem ser transformados por fungos, bactérias e cianobactérias que alteram as propriedades do contaminante (BRAUN et al., 2019). Porém, Andrezza et al. (2013) destacam que a biorremediação de metais é mais complexa quando comparada aos compostos orgânicos, uma vez que os metais não se degradam quimicamente ou biologicamente.

Alguns fatores para a adoção da biorremediação devem ser observados pelos técnicos que acompanham o processo: o contaminante deve estar biodisponível; o solo deve apresentar condições satisfatórias para manter o crescimento de microrganismos, plantas e atividade de enzimas; e o custo da biorremediação deve ser menor do que as demais tecnologias para remoção do contaminante (ANDREAZZA et al., 2013). Além disso, o isolamento de organismos resistentes que mantêm seu desenvolvimento, nestas áreas impactadas, tornam-se uma alternativa eficaz para a biorremediação destes ambientes.

A biorremediação *in situ* pode ser potencializada com a inserção de nutrientes, para que os microrganismos se multipliquem, assim atuando em maior quantidade possam biorremediar a área em um menor espaço de tempo (TAVARES, 2013; DYMINSKI, 2006). Conforme, Figura 6, a técnica prevê a recirculação da água subterrânea com adição, acima do solo de um aditivo liberador de oxigênio, como o peróxido de hidrogênio para aumentar a biodegradação por meio de poços de injeção, minimizando a volatilização (FRTR, 2020).

Figura 6 – Esquema da técnica de Biorremediação *in situ*



Fonte: Adaptado de FRTF (2020).

A descontaminação utilizando biorremediação pode ser aplicada *in situ* por meio dos métodos de bioestimulação, bioaugmentação ou atenuação natural (LEO et al., 2014). Quando são aplicados esses métodos *in situ*, os microrganismos possuem a capacidade de degradar compostos orgânicos em materiais menos tóxicos como o caso do dióxido de carbono, do metano e da água através de processos aeróbicos ou anaeróbicos (USEPA, 2017).

Na célula microbiana, o metal pode ser removido, acumulado ou transformado por meio dos mecanismos de biolixiviação, biomineralização, biotransformação, bioacumulação e biossorção. Entretanto, cada tipo de microrganismo terá potencial de remediação distintos (HANSDA; KUMAR; ANSHUMALI, 2016). Nota-se que a bioremediação é uma técnica que apresenta bons resultados para o tratamento dos contaminantes absorvidos, ou seja, que se encontram presos nas partículas do solo (DYMINSKI, 2006).

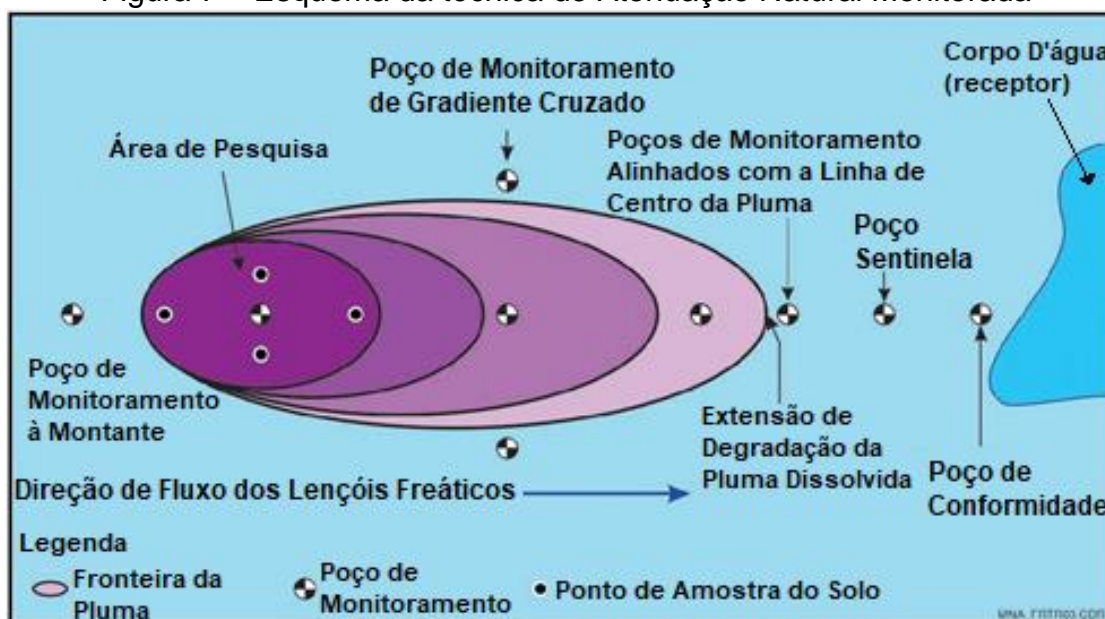
É importante destacar que os solos apresentam a capacidade de atenuar naturalmente os impactos, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, sendo, pois, conhecida como técnica atenuação natural (PÉREZ, 2006). A principal vantagem do processo de atenuação natural é que, mesmo sem o acréscimo de nutrientes no solo ou a adequação de qualquer condição ambiental, a redução do contaminante pode acontecer de maneira eficiente e contínua (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

Andrade, Augusto e Jardim (2010) afirmam que os processos de atenuação natural costumam durar de meses a anos. É um processo que necessita de monitoramento rigoroso, uma vez que o tempo e a porcentagem de degradação dos contaminantes podem ser muito lentos. Este processo, denominado de "Atenuação Natural Monitorada" (ANM), é um dos mais utilizados nos EUA para a redução do impacto ambiental causado por contaminações de solos com compostos orgânicos e utiliza dados de água subterrânea para desenvolver tendências de contaminantes e para avaliar reduções nas concentrações de contaminantes (FRTR, 2020).

A Figura 7 apresenta o esquema do processo de atenuação natural utilizando dados hidrogeológicos. Conforme o esquema, os poços à montante são monitorados para confirmar as áreas que não são afetadas pelos contaminantes. Os poços de gradiente cruzado são monitorados para garantir que a pluma não esteja se expandindo ou migrando para baixo em concentrações acima dos níveis de risco aceitáveis. Já os poços da linha central são monitorados para demonstrar

concentrações decrescentes do contaminante, que também podem ser usadas para estimar as taxas de atenuação e fluxo de massa com a distância. E por fim, os poços de conformidade e sentinela geralmente estão localizados em pontos para garantir que a contaminação não migre para os receptores (FRTR, 2020).

Figura 7 – Esquema da técnica de Atenuação Natural Monitorada



Fonte: Adaptado de FRTR (2020).

## 2.4.2 Fitorremediação

A técnica de fitorremediação, considerada como técnica de tratamento biológico, utiliza espécies vegetais para extração ou imobilização de contaminantes no solo. Tavares (2013) destaca que as plantas criam condições para crescer e se desenvolver em ambientes diversificados por meio da interação com a micro e macrofauna local. As espécies podem atuar na fitorremediação absorvendo ou acumulando os contaminantes pela reação de mineralização, ou atuando juntamente com microrganismos. Os mecanismos que promovem ações para reter ou retardar o contaminante por meio da fitorremediação são a fitoextração, fitotransformação, fitovolatilização, fitoestabilização e fitoestimulação (USEPA, 2017).

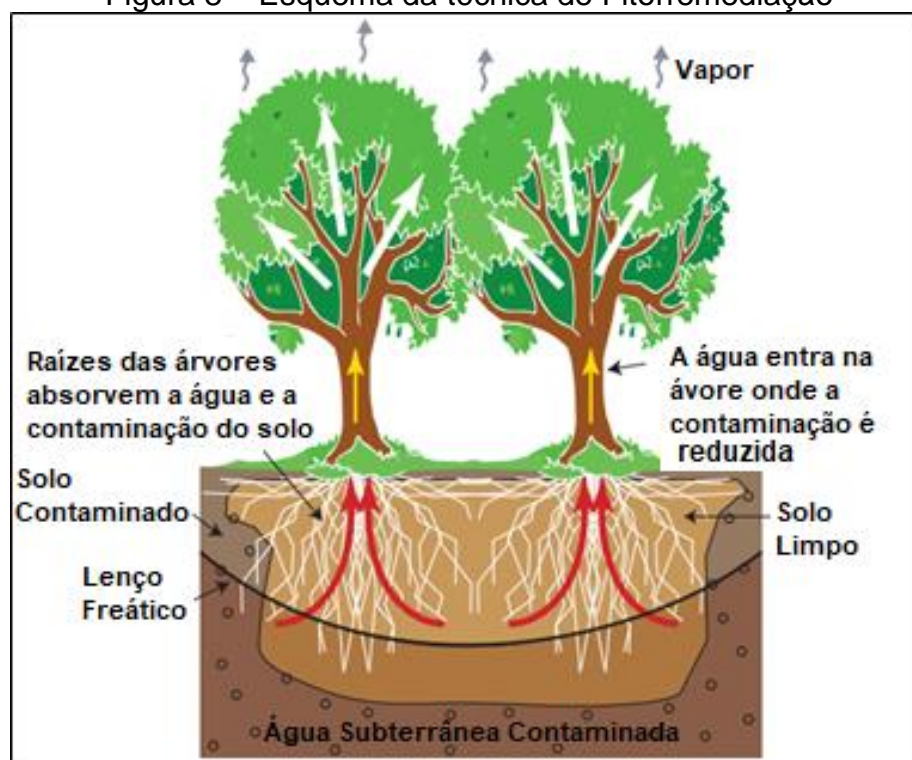
Diversos estudos analisam métodos de recuperação de solos contaminados por fitorremediação. Um exemplo disso foi uma pesquisa conduzida por Caires (2011) utilizando cedro-rosa em solo contaminado com diferentes concentrações de cobre. Com a experiência, pôde-se concluir que a espécie teve um bom desempenho para

fins de fitoestabilização. Outro exemplo é o trabalho de Zancheta et al. (2011), que teve por objetivo a remoção de cobre, concluindo que dentre as quatro espécies analisadas para fitoextração, o feijão-de-porco apresentou maior potencial, transportando os teores do metal para a parte aérea.

Bonfim (2018) em análise a concentração de metais pela resolução CONAMA nº 420/2009 identificou que *Crotalaria juncea*, caracterizada como leguminosa e utilizada em adubação verde, mostrou-se boa fitoextratora de Sr e boa fitoestabilizadora de Cu, Mn e Zn após 45 – 90 dias de plantio. Também a fitorremediação pode ser considerada uma técnica apropriada para remediar áreas medianamente contaminadas, conforme afirmam Marques, Aguiar e Silva (2011). Ainda, segundo os autores, os avanços nas pesquisas com plantas modificadas geneticamente devem elevar o potencial de aplicação da fitorremediação.

A fitorremediação pode ser aplicada em áreas contaminadas por compostos orgânicos voláteis (VOC), orgânicos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH), hidrocarbonetos de petróleo e constituintes de munições; metais; e radionuclídeos (USEPA, 2010). A USEPA (2001a) publicou um relatório listando os contaminantes e as respectivas espécies fitorremediadoras para cada meio contaminado. A Figura 8 apresenta o esquema referente a fitorremediação.

Figura 8 – Esquema da técnica de Fitorremediação



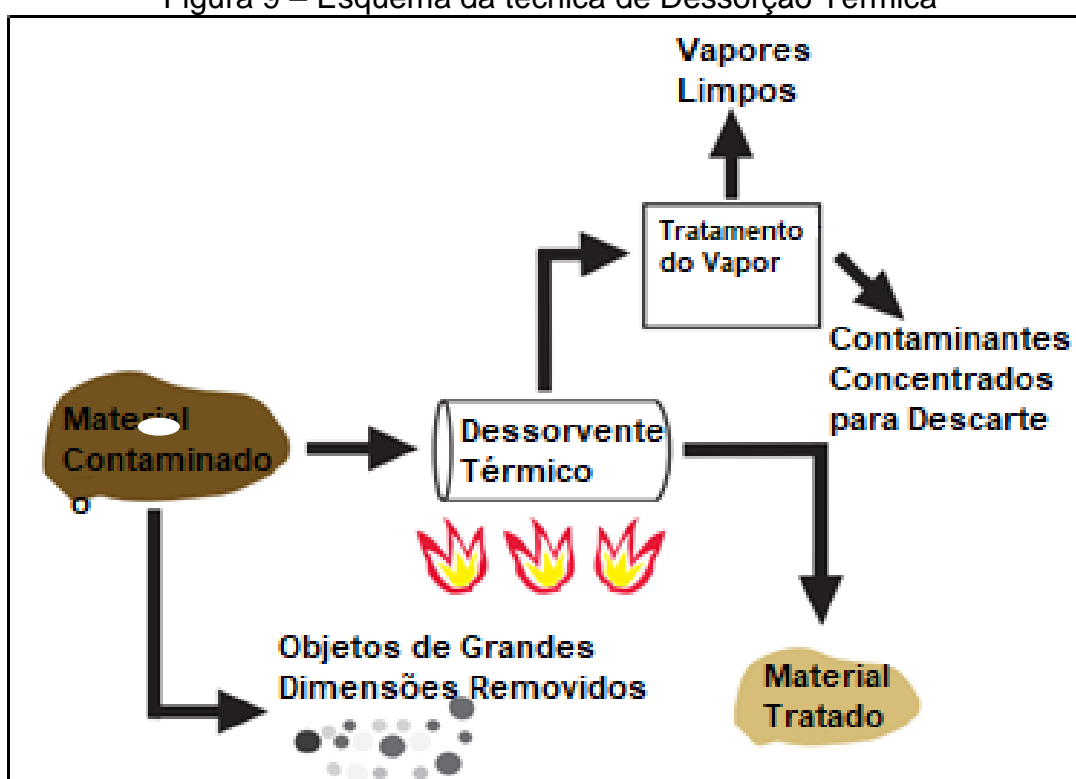
Fonte: Adaptado de EPA (2012a).



### 2.4.3 Dessorção Térmica

A Dessorção Térmica (*Thermal Desorption*) é uma técnica *ex situ* de tratamento térmico por meio da injeção de vapor, Figura 9. É caracterizada por processos que separam fisicamente os contaminantes do solo, por aquecimento, durante um período de tempo suficiente para volatilizá-los e posterior coleta e tratamento. A temperatura e o tempo de exposição são os fatores principais que influenciam na eficiência deste tipo de tratamento (BRAUN et al., 2019).

Figura 9 – Esquema da técnica de Dessorção Térmica



Fonte: Adaptado de USEPA (2012b).

Tavares (2013) salienta que a utilização desta técnica, para retirada de contaminantes que se encontram em baixa profundidade do solo, pode afetar e alterar a atuação de microrganismos e vegetação por conta do calor. A dessorção térmica é realizada com base na volatilidade das partículas poluentes, que inclui o aquecimento do solo contaminado por meio de vapor, microondas, radiação infravermelha para converter o poluente em volátil (DHALIWAL et al., 2020).

A dessorção térmica remove contaminantes orgânicos do solo, aquecendo-os em um equipamento "dessorvente térmico", que promove a evaporação dos

contaminantes. A evaporação transforma os contaminantes em vapores (gases) e os separa do sólido material. Dentre os contaminantes orgânicos que podem ser removidos os orgânicos voláteis compostos (VOC), como solventes e gasolina, que evapora quando aquecida (USEPA, 2012b).

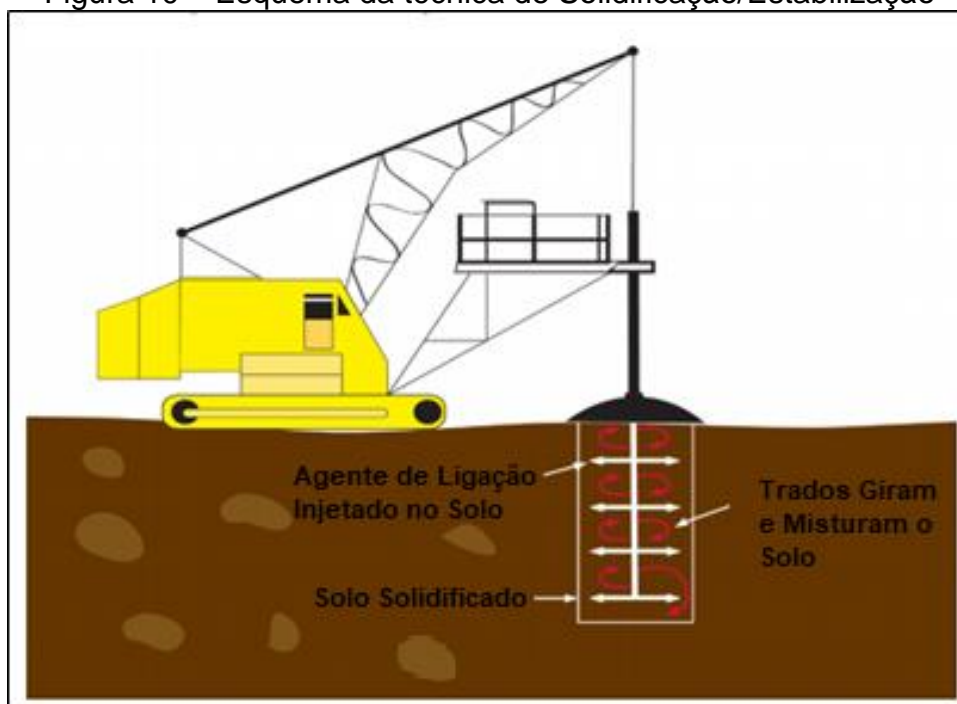
Também podem ser removidos os orgânicos semi-voláteis compostos (SVOC), que requerem temperaturas mais altas para evaporar, como diesel combustível, creosoto (conservante de madeira), alcatrão de carvão e vários componentes de agrotóxicos. A dessorção térmica pode remover parcialmente metais como mercúrio e arsênico, que evaporam nas temperaturas alcançadas na dessorção térmica (USEPA, 2012b).

#### **2.4.4 Solidificação/Estabilização**

Este processo é caracterizado como um processo físico que normalmente não destrói o contaminante, mas evita que ele se mova ou lixivie (USEPA, 2017). Para isso, utiliza-se de substâncias inorgânicas (cimento portland ou pozolana), orgânicas (asfalto) e/ou vitrificantes (materiais fundidos), na qual os contaminantes ficam fisicamente presos à matriz sólida do material usado na solidificação, evitando a dispersão dos metais no solo (Figura 10). Já a estabilização utiliza substâncias (cinzas industriais, fosfatos e carbonatos de cálcio) que reagem com os metais tóxicos no solo, reduzindo quimicamente o potencial de periculosidade do composto, por meio da conversão do contaminante para uma forma menos solúvel ou tóxica, e conseqüentemente, menos biodisponível (MULLIGAN et al.; 2001).

Alguns fatores devem ser observados para escolha de técnica de solidificação. Antes da aplicação, deve ser retirada as rochas maiores para melhor eficiência da técnica. Deve ser analisado também o índice de umidade e se necessária, deverá ser feita a remoção de água do solo. Além disso, a temperatura também deve ser monitorada para que a aplicação em solos contendo materiais sólidos, varie de 90°C a 320°C (USEPA, 2017). Outros fatores considerados para escolha do processo é a boa relação custo-benefício, bem como monitorado por longo período (TAVARES, 2013).

Figura 10 – Esquema da técnica de Solidificação/Estabilização



Fonte: Adaptado de EPA (2012c).

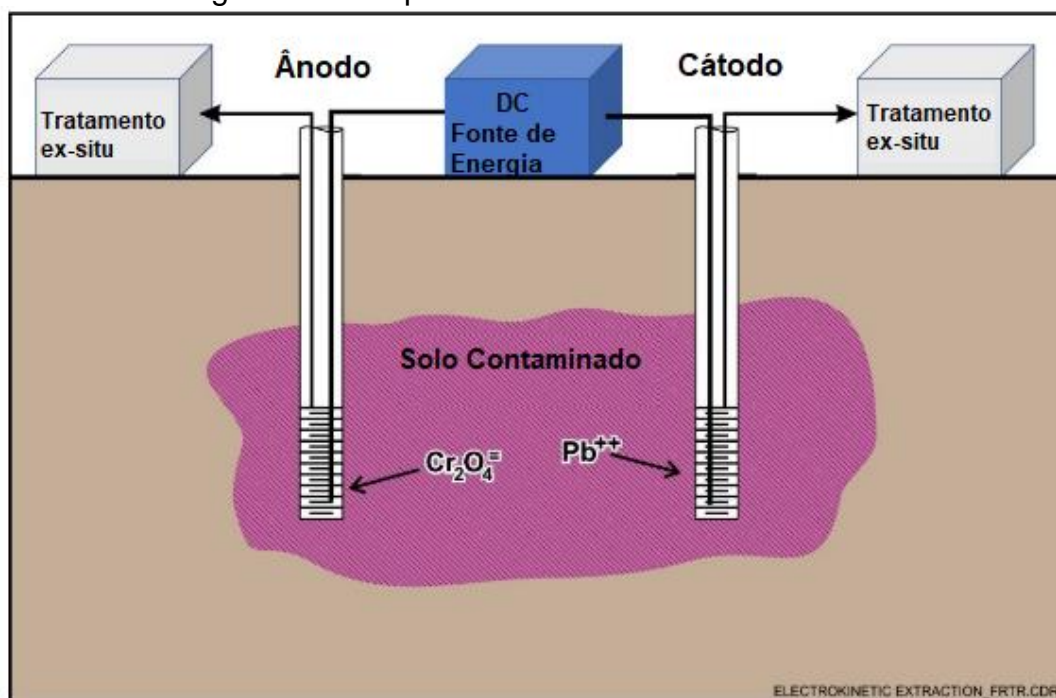
#### 2.4.5 Eletrocinética

A Eletrocinética é uma técnica que remove metais e contaminantes orgânicos em solos de baixa permeabilidade. Por meio de aplicação de uma corrente contínua de baixa intensidade entre os eletrodos de cerâmica, que são divididos em uma matriz de cátodo e uma matriz de ânodo, os íons e água se movem em direção aos eletrodos (Figura 11).

Os íons de metal, íons de amônio e compostos orgânicos carregados positivamente movem-se em direção ao cátodo, já os ânions como cloreto, cianeto, fluoreto, nitrato e compostos orgânicos carregados negativamente movem-se em direção ao ânodo. A corrente cria uma frente de ácido no ânodo e uma frente de base no cátodo, e a geração de condição ácida *in situ* pode ajudar a mobilizar contaminantes de metal sorvidos para o sistema de coleta no cátodo (USEPA, 2021).

A eletromigração e eletrosmose são dois mecanismos que transportam contaminantes através do solo em direção a um ou outro eletrodo. Na eletromigração, as partículas carregadas são transportadas através do substrato. Já a eletrosmose é o movimento de um líquido contendo íons em relação a uma superfície carregada estacionária (FRTR, 2020).

Figura 11 – Esquema da técnica de Eletrocinética

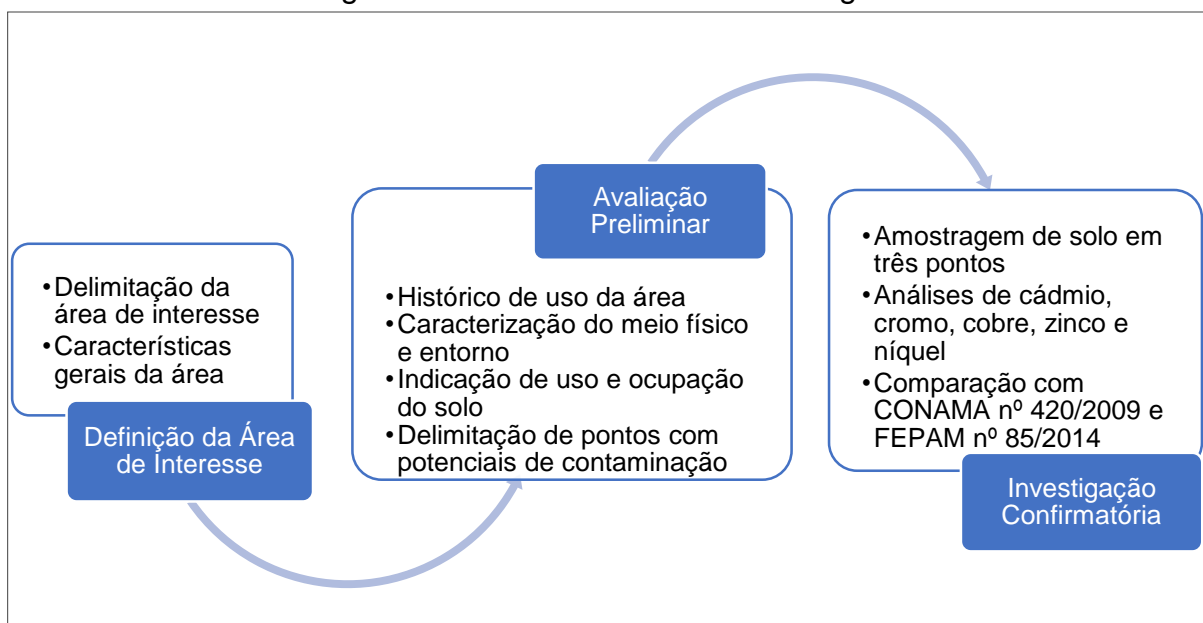


Fonte: Adaptado de FRTR (2020).

### 3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos que foram adotados são apresentados por meio do fluxograma, conforme a Figura 12. Para realização das etapas definidas pela CONAMA nº 420/2009, aplicando-se na área de estudo, foram utilizadas as metodologias preconizadas pela ABNT NBR 15515/ 2011, partes 1 e 2, de acordo com cada etapa do trabalho. Embora as áreas contaminadas abrangem o solo e água subterrânea, para este trabalho optou-se pela avaliação exclusiva do solo, visto os custos atrelados envolvendo avaliação dos dois meios.

Figura 12 – Procedimentos metodológicos

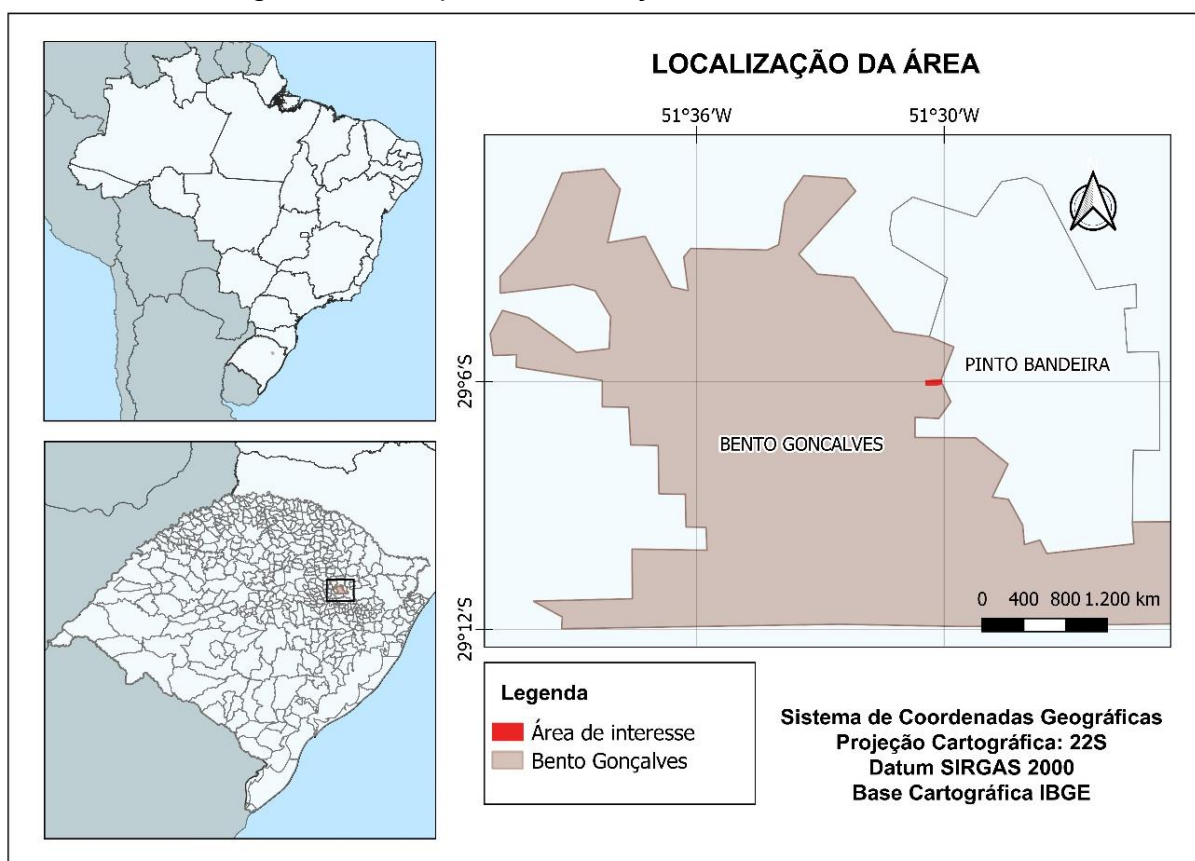


Fonte: Autor (2021).

#### 3.1 ÁREA DE INTERESSE

A área de interesse deste estudo, localiza-se no município de Bento Gonçalves, nordeste do estado do Rio Grande do Sul, conforme Figura 13. O local situa-se em zona rural, como definido pelo plano diretor municipal, nas Coordenadas UTM 22 S 451073.71 m E e 6780727.55 m S (BENTO GONÇALVES, 2018). Na propriedade predomina a atividade de viticultura e a mesma está declarada no registro do CAR – Cadastro Ambiental Rural (2015), abrangendo uma área total de 12,5 hectares (ha), sendo 6,5 ha plantados; e 1,24 ha para Reserva Legal contemplando 0,59 ha de Área de Preservação Permanente.

Figura 13 – Mapa de localização da área de interesse



Fonte: Autor (2021).

A propriedade possui como atividade o cultivo de uva das variedades Isabel, Isabel Precoce, BRS Cora, BRS Carmen e BRS Magna. Estas variedades possuem potenciais produtivos distintos, que variam de 30 a 40 toneladas por hectare/ano, bem como grau Brix, que avalia a quantidade de açúcar, variando de 13° a 21°. As uvas são colhidas nos meses de janeiro e fevereiro, e a produção é enviada a vinícola cujo os proprietários são associados, para que seja feito o processamento e elaboração de sucos do tipo integral e concentrado. Salienta-se que, conforme a distribuição das chuvas e períodos de seca de cada ano, os potenciais produtivos variam da mesma forma.

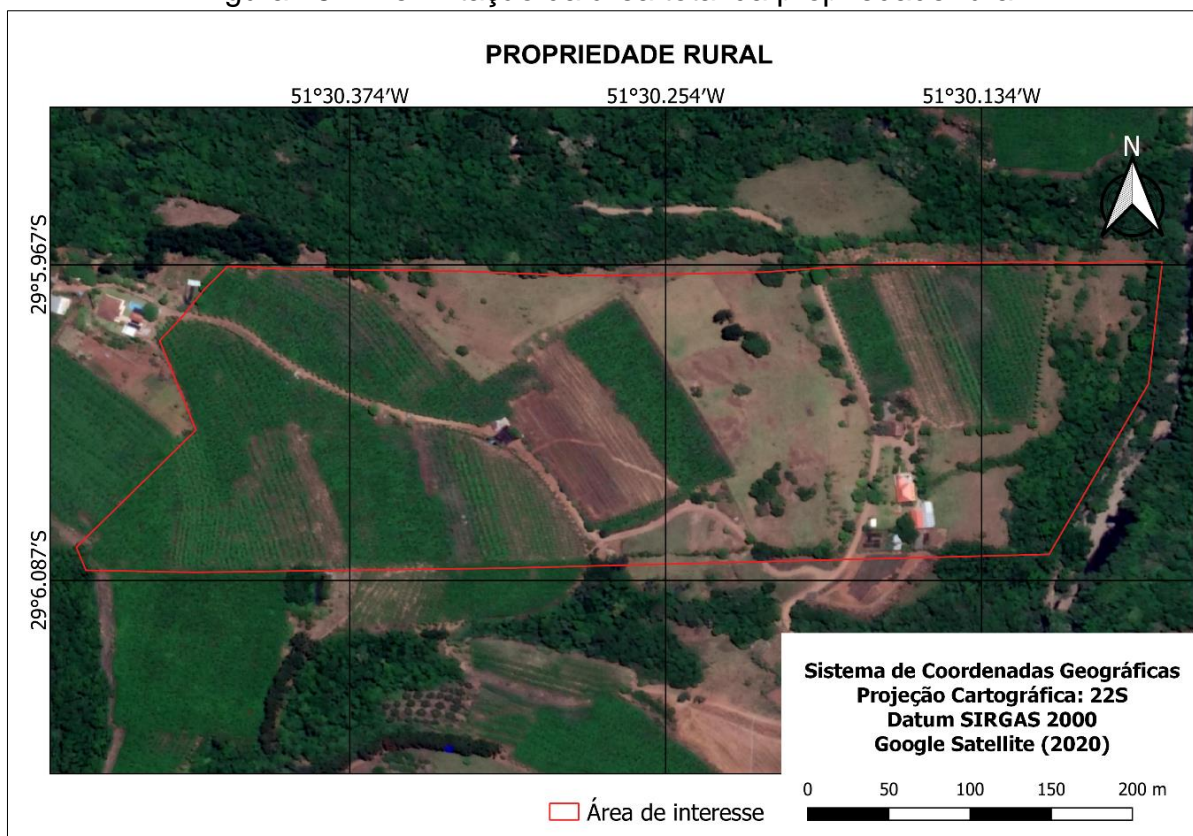
A Figura 14 apresenta imagem de duas das cultivares existentes na propriedade que foram colhidas na safra de 2021. Já a Figura 15 apresenta a área da propriedade rural, a mesma compreende em três galpões com local para armazenamento dos defensivos, máquinas e instrumentos agrícolas e duas casas.

Figura 14 – Cultivares da propriedade, safra 2021



Fonte: Autor (2021).

Figura 15 – Delimitação da área total da propriedade rural



### 3.2 AVALIAÇÃO PRELIMINAR

A área de estudo foi avaliada com base na NBR 15.515/ 2011 – Parte 1 em que dispõe a metodologia de avaliação preliminar. A avaliação contemplou a verificação da localização da área vitícola e proximidades, levantamento de informações disponíveis a respeito do seu histórico de uso, bem como realizou-se entrevista com o responsável e busca de informações em base de dados de universidades e órgãos governamentais. Maximiano, Moraes e Teixeira (2014) salientam que o sucesso da etapa de remediação depende da forma que as informações foram obtidas nesta etapa preliminar.

Inicialmente, buscou-se fazer o levantamento de informações referente as fontes potenciais de contaminação com auxílio do proprietário, obtendo informações sobre o histórico de ocupação da área com o intuito de diagnosticar as atividades desenvolvidas ao longo dos anos. As informações abrangem desde possíveis contaminações decorrentes do armazenamento e aplicação de produtos químicos bem como disposição de embalagens de agrotóxicos, resíduos ou materiais no solo. Também, consultando os registros, relatórios e manuais de produção, identificou-se alguns os insumos utilizados e a sua composição química a fim de identificar as possíveis substâncias presentes no solo.

O estudo do meio físico auxiliou na identificação de possíveis características que podem afetar o transporte e a persistência dos contaminantes na área. Assim, por meio da ferramenta Google Earth Pro obteve-se as imagens históricas que foram manipuladas no QGIS. Assim possibilitou demarcar os pontos com histórico de uso e pontos de interesse ambiental nas proximidades. Ainda, foi verificada a declividade do local para fins de identificar o possível fluxo da contaminação.

A inspeção de campo contemplou observações quanto odores químicos, derrames, manchas, impactos superficiais e subterrâneos, áreas com alteração ou ausência de vegetação, evidência de lançamentos inadequados de água pluvial e efluentes. Com as observações obtidas foram definidos pontos com potenciais passivos ambientais.

Os dados geológicos foram levantados por meio de consulta ao Mapa Geológico da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais – CPRM (2008). Já os dados pedológicos foram obtidos por meio do Mapeamento semidetalhado de solos do município de Bento Gonçalves disponibilizado pelo Conselho Regional de



Desenvolvimento – COREDE desenvolvido por Flores et al. (2007). Buscou-se mais informações específicas sobre solos no Sistema Brasileiro de Classificação do Solo – SBCS elaborado por Santos et al. (2018). Os dados hidrogeológicos foram obtidos no Mapa Hidrogeológico do RS elaborado por Machado e Freitas (2005). Já as informações referentes ao clima foram obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2020) para a estação automática A 840 localizada em Bento Gonçalves, desde 2007.

Por fim, com os dados do histórico da área e do meio físico, consultando a NBR 16.210/2013, elaborou-se um modelo conceitual por meio de representação escrita e gráfica que possibilitou apresentar as fontes potenciais de contaminação, os mecanismos de liberação, as vias de transportes dos contaminantes e os receptores da contaminação.

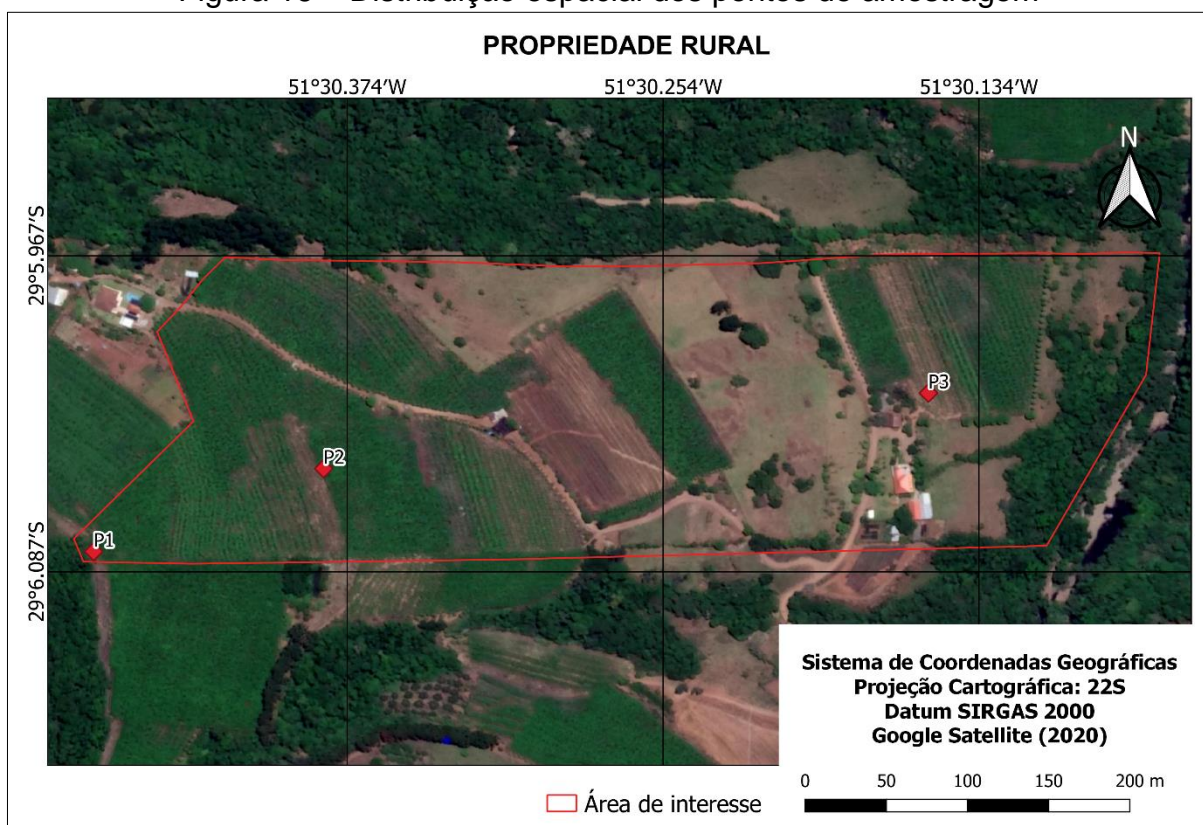
### 3.3 INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA

A etapa de Investigação Confirmatória foi baseada na NBR 15.515/ 2011- Parte 2 que dispõe a metodologia para verificação de existência ou a inexistência de contaminação de solo. Assim, após a avaliação preliminar, foram coletadas amostras de solo em três pontos da área que foram submetidas à análise físico-químicas pelos métodos de digestão da amostra visando a determinação dos metais de cobre, zinco, cádmio, níquel e cromo. Com os resultados analíticos obtidos comparou-se aos valores orientadores das legislações da FEPAM nº 85/2014 e CONAMA nº 420/2009, e então foi possível classificar a área conforme os níveis de contaminação.

#### 3.3.1 Pontos de amostragem

Os pontos de amostragem foram estabelecidos conforme informações coletadas na etapa de avaliação preliminar. Para a distribuição espacial dos pontos considerou-se a área total e observou-se dados da topografia e o fluxo da água subterrânea, e histórico da área. Os critérios utilizados para escolha dos três pontos foram: entre a mata e plantação, visto que possui menor interferência de agrotóxicos (P1, amostra testemunha); gleba com período de plantio de 50 anos (P2), próximo a tanque de concreto; gleba com período de plantio de 20 anos (P3), próximo a tanque de concreto e galpão. A Figura 16 dispõe dos pontos amostrados.

Figura 16 – Distribuição espacial dos pontos de amostragem

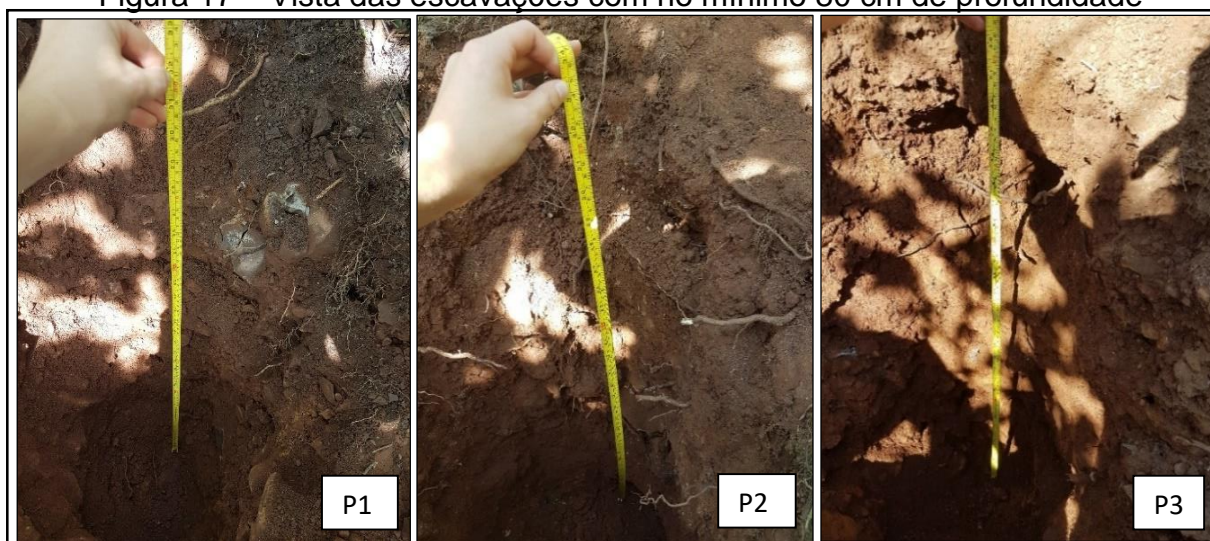


### 3.3.2 Coleta de amostras

Na amostragem de solo para a análise química, trabalhou-se com Amostras Simples e Amostras Compostas. Foram coletadas em campo 6 (seis) amostras simples e após mistura homogênea das mesmas obteve-se 3 (três) Amostras Compostas. O solo amostrado encontra-se em estado deformado visto que a estrutura original foi destruída, destorroada ou desagregada.

As amostras simples foram coletadas, no mês de março de 2021, após o período de colheita da uva, levando em consideração o período de carência dos produtos aplicados. Primeiramente limpou-se superficialmente os locais de coleta para a retirada de gramíneas, galhos e folhas e tomou-se o cuidado para não coletar solo correspondente a matéria orgânica. Em seguida, foi feita a escavação de valas de no mínimo 80 centímetros de profundidade e aproximadamente 30 centímetros de diâmetro com auxílio de instrumentos para escavação manual como cavadeira reta, picareta e pá. Após coletou-se em média 1,5 kg de solo para cada amostra simples, e colocou-se na embalagem de plástico, devidamente identificada. Com o auxílio de uma trena ou fita métrica, identificou-se a profundidade escavada (Figura 17).

Figura 17 – Vista das escavações com no mínimo 80 cm de profundidade



Em cada ponto coletou-se 2 (duas) amostras simples, nas profundidades de 0-10cm (A) e 80-100cm (B), totalizando 6 (seis) coletas, conforme Figura 18. Os autores Filizola, Gomes e Souza (2006) que elaboraram o “Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos”, orientam que a coleta em solos agrícolas seja feita nestas profundidades pois o uso do solo é superior a 10 anos, além de possibilitar a detecção dos metais que possuem alta mobilidade, como o Cádmio.

Figura 18 – Amostras simples coletadas nos três pontos



Com as amostras estratificadas conforme profundidade alocadas em cada saco, peneirou-se duas vezes cada amostra simples, a fim de se retirar as rochas/pedregulhos (Figura 19). Após reservou-se 500 gramas de cada amostra simples para compor a sua respectiva amostra composta úmida com peso total de 1 quilograma (Figura 20). Assim a cada amostra composta se torna a única e representativa da área amostrada.

Figura 19 – Peneiramento de amostras

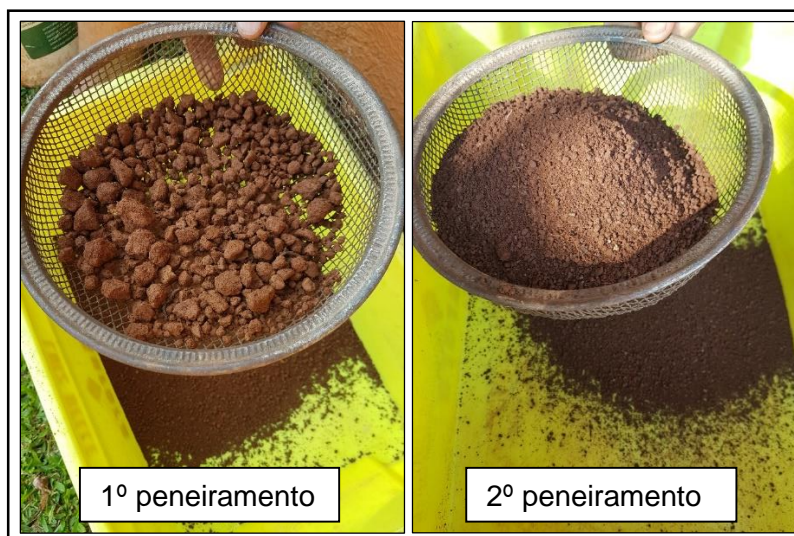
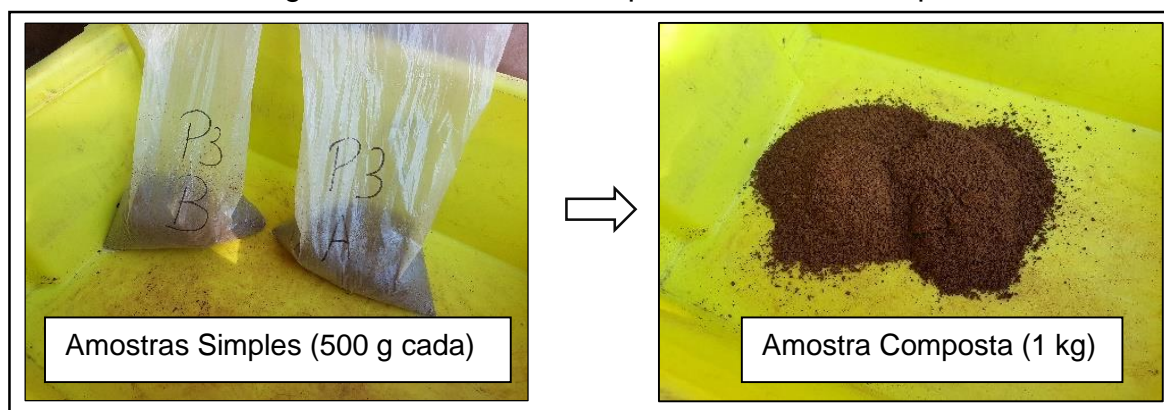


Figura 20 – Amostras Simples e Amostra Composta



Cada Amostra Composta foi devidamente ensacada, identificada e encaminhada ao Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais – LAPAM da Universidade de Caxias do Sul para serem analisadas.

### 3.3.3 Métodos EPA 3050B:1996 e 200.7:2001

No Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais – LAPAM da Universidade de Caxias do Sul as metodologias utilizadas para determinação de metais nas amostras de solos seguem EPA Método 3050B:1996 e EPA Método 200.7:2001.

O método EPA 3050B, da USEPA (1996), é reconhecido internacionalmente por digerir sedimentos e foi utilizado para a determinação de metais por digestão ácida. Para análise dos metais foi utilizado 1 g de amostra (peso seco) que foi digerido por HNO<sub>3</sub> concentrado em bloco digestor e após foi digerido por 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Em cada mistura, a amostra foi levada ao bloco digestor e aquecida a temperatura de 95±5°C, após o recipiente foi coberto com um dispositivo de recuperação de vapor e, por fim, armazenado para ser analisado por ICP -OES.

O método EPA 200.7 ou ICP-OES, da USEPA (2001b), Espectroscopia de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado, foi utilizado para a determinação de metais baseado nos espectros de emissão óptica com plasma por meio do equipamento de espectrometria. A amostra, digerida no método EPA 3050B, foi inserida no equipamento que por ionização fez a leitura da amostra.

Solicitou-se análise para os teores totais de cobre, cádmio, cromo, níquel e zinco. O Cu e Zn foram solicitados devido ao histórico de uso na propriedade de sulfato de cobre, oxiclreto de cobre e mancozebe. Já os demais metais foram solicitados visto que a área pode ter sido exposta há outros compostos, destaca-se o Cd, o Cr e o Ni pelos efeitos negativos na saúde e prover de atividades agrícolas, conforme exposto por Wagh et al. (2018). A superexposição de Cr causa asma, tosse e falta de ar, respiração ofegante, anemia, irritação e úlcera (WILBUR et al., 2000). Já a exposição excessiva ao Ni pode levar ao câncer de laringe, rim e próstata (MENZEL et al. 1987). O cádmio (Cd) é um metal bio persistente com propriedades toxicológicas. Conforme estudo conduzido por Wagh et al (2018) a elevada concentração desses três metais foi encontrado em crianças e estas correm um maior risco em apresentar doenças cancerígenas.

## **4 RESULTADOS**

Tendo em vista que este trabalho teve como objetivo identificar a contaminação do solo em área vitícola, localizada no município de Bento Gonçalves, utilizando para esta análise as normas técnicas NBR15515/2011, partes 1 e 2, os resultados obtidos da metodologia deste estudo contemplam as informações necessárias para a confirmação de contaminação na área pesquisada. Para a efetivação da análise dos resultados, foram estabelecidas algumas etapas do processo de avaliação de passivo ambiental. Sendo elas: avaliação preliminar; investigação confirmatória e proposta de remediação.

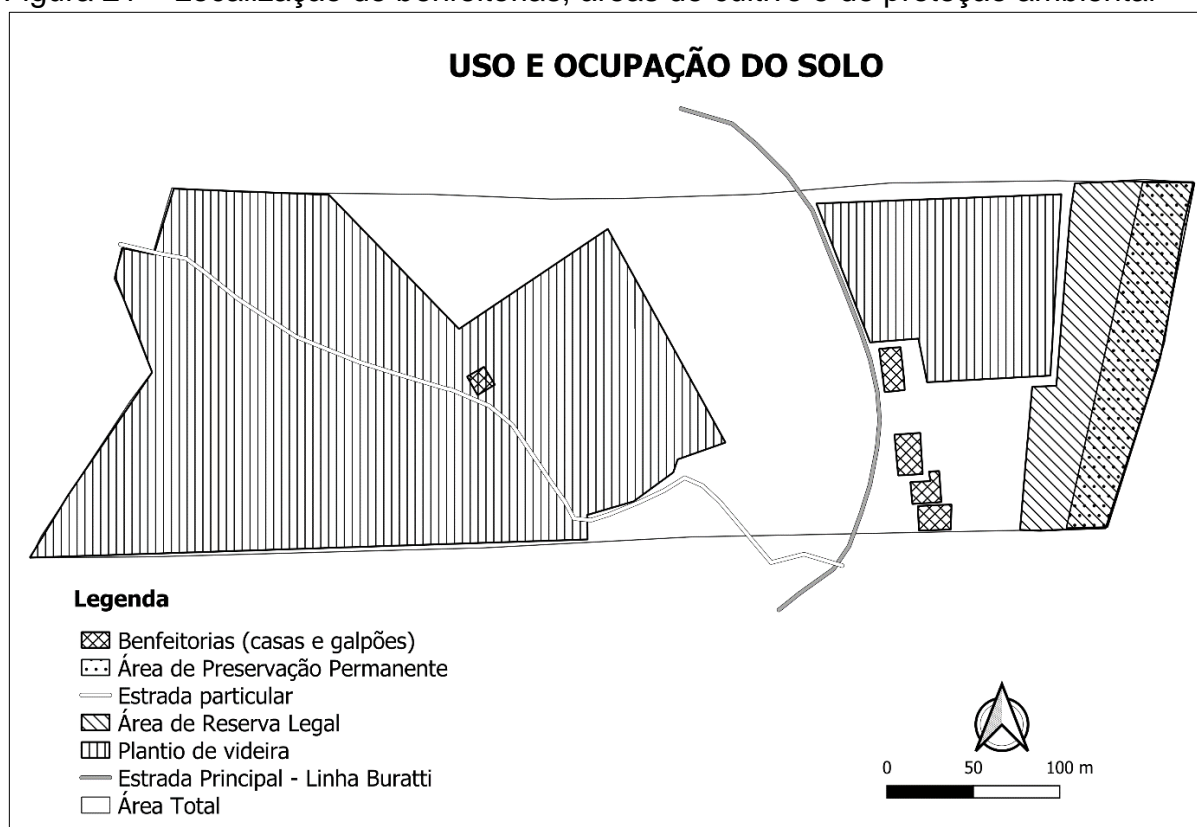
### **4.1 AVALIAÇÃO PRELIMINAR**

Os resultados referentes a avaliação preliminar contemplam histórico do uso e ocupação, e diagnóstico do meio físico com a finalidade de avaliar o passivo ambiental a fim de buscar evidências que permitam fundamentar suspeitas quanto a existência de contaminação.

#### **4.1.1 Histórico de uso e ocupação**

Sendo consideradas as atividades ocorridas e em atual uso, observou-se que a atividade agrícola foi a primeira e única a ser implantada na área por meio do plantio convencional de videira, com início em meados de 1920. Após 30 anos, a propriedade foi vendida pelos antigos proprietários e adquirida pelos atuais. Desde então, as áreas cultiváveis que inicialmente abrangiam cerca de 1 ha, foram sendo expandidas e, ocupando atualmente, 6,5 ha plantados. Já o restante da propriedade possui vegetação herbácea e arbustiva para a atividade de pecuária de subsistência. Além disso, com a efetivação da Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal Brasileiro), destinou-se 1,24 ha para a reserva legal, incluindo a APP. Desta forma, a propriedade totaliza 12,5 ha. A Figura 21 apresenta a localização de benfeitorias, áreas de cultivo e áreas a proteger nos limites da propriedade.

Figura 21 – Localização de benfeitorias, áreas de cultivo e de proteção ambiental



Fonte: Autor (2021).

Salienta-se que os vinhedos passaram por renovações ao longo dos anos, em que as mudas que apresentam produção em quantidade menor de frutos, são substituídas por mudas novas. Desta forma as Figuras 22, 23 e 24 apresentam as mudanças ao longo do tempo por meio de imagens de satélite.

Figura 22 – Imagem de satélite: ano 2010



Fonte: Google Earth (2010).

Figura 23 – Imagem de satélite: ano 2013



Fonte: Google Earth (2013).

Figura 24 – Imagem de satélite: ano 2020



Fonte: Google Earth (2020).

A atividade de cultivo é realizada pelo proprietário/viticultor que reside na propriedade, com sua família, sendo que em período de safra e poda são contratados trabalhadores. Para o cultivo da videira são necessários alguns recursos específicos. Somado ao solo é preciso mudas de videira para o plantio, que são enxertadas e em um período de dois anos desenvolvem suas estruturas essenciais, que apresentam uma boa produção até os dez anos de idade. Dada à fácil suscetibilidade de pragas e doenças na videira, faz-se necessário uso de insumos, sejam fertilizantes e



agroquímicos para um maior aproveitamento do cultivo. Os processos associados à produção de uvas podem ser visualizados a partir do Quadro 2.

Quadro 2 – Processos associados a produção de uvas

Processos	Período											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Poda seca								■				
Amarração			■	■	■	■	■		■			
Despontamento			■	■	■	■	■					
Aplic. Fungicida									■	■	■	■
Manutenção			■	■	■	■	■					
Replântio			■	■	■	■	■					
Adubação			■						■			
Poda verde										■		
Adubação verde				■								
Desfolha											■	
Colheita	■	■										
Combate a formigas	Quando necessário, 12 meses por ano.											
Herbicida	Quando necessário, 12 meses por ano.											

Alguns dos processos fazem uso de agrotóxicos, que atualmente são muito utilizados para o tratamento foliar com o intuito de reduzir doenças do plantio como: míldio, antracnose, escoriose, oídio, podridão-dos-cachos e traça-dos-cachos; bem como para controle de ervas daninhas, sendo elas: picão-preto, caruru, guanxuma e beldroega.

Com o passar dos anos introduziu-se novos produtos compostos por diferentes princípios ativos para tratamento, visto que, foram surgindo diferentes patógenos que acabam interferindo na qualidade e quantidade da produção. Além do mais, o viticultor faz uso de marcas diferentes, mas sempre levando em consideração os princípios ativos e compostos necessários. Nota-se que as formulações de alguns agrotóxicos possuem maiores concentrações dos princípios ativos, sendo necessário quando o cultivo for resistente a concentrações menores.

Dentre os insumos mais utilizados, na propriedade, registra-se a calda bordalesa, obtida pela mistura de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) com cal ( $\text{CaO}$ ), formando ao final do processo o sulfato de cálcio e hidróxido cúprico. O Quadro 3 apresenta a lista de agrotóxicos utilizados, bem como seus respectivos princípios ativos e as quantidades adquiridas pelo viticultor nos anos de 2015 a 2020, em toda a propriedade. Salienta-se que em algumas áreas de plantio há aplicação de maiores quantidades de fertilizantes, conforme as necessidades de nutrição das videiras.

Quadro 3 – Relação de agrotóxicos e fertilizantes utilizados na área

Agrotóxicos, fertilizantes e produtos utilizados								
Nome Comercial	Princípio Ativo / Composição	Classif. Ambiental	Quantidade Adquirida					
			2015	2016	2017	2018	2019	2020
Actara 250 WG	Tiametoxan	III	1,5 kg	-	-	-	-	-
Aliette	Fosetil	III	-	-	1 kg	-	-	12 kg
Antracol 700 WP	Propineb	IV	75 kg	100 kg	100 kg	20 kg	110 kg	75 kg
Azimut	Azoxistrobina + Tebuconazol	II	-	-	-	-	15 L	15 L
Bioespa	Nutrientes NPK e bioestimulante	-	2 L	-	-	-	-	-
Biozyme	Compostos orgânicos e inorgânicos	-	10 L	8 L	18 L	12 L	-	-
Biotrac	Compostos orgânicos e inorgânicos	-	-	-	-	-	10 L	10 L
Bravonil 750 WP	Clorotalonil	II	12 kg	30 kg	30 kg	20 kg	8 kg	14 kg
Cal Hidratada	-	-	120 kg	400 kg	200 kg	400 kg	125 kg	75 kg
Cal Líquida Microsal	-	-	-	-	-	-	240 L	-
Captan SC	Captan	II	-	-	-	40 L	-	-
Censor	Fenamidona	II	10 L	12 L	10 L	10 L	7 L	7 L
Cercobin 700 WG	Tiofanato Metílico	III	3 kg	5 kg	5 kg	5 kg	10 kg	9 kg
Curathane	Cimoxanil + Mancozebe	III	-	-	-	10 kg	-	-
Curzate	Cimoxanil + Mancozebe	III	30 kg	30 kg	32 kg	80 kg	108 kg	106 kg
Dithane NT	Mancozebe	II	40 kg	60 kg	80 kg	80 kg	110 kg	60 kg
Ellect	Hidróxido de Cobre	III	90 kg	30 kg	-	45 kg	-	-
Fertilizantes	Nutrientes NPK	-	700 kg	-	-	-	300 kg	1000 kg
Fertilizante Calcinit	Nitrato de Cálcio	-	-	-	75 kg	-	-	75 kg
Fertilizantes	NPK e Compostos Inorgânicos	-	1120 kg	250 kg	-	200 kg	-	400 kg
Fertilizante Basiduo	Superfosfato+ óxido Zn e Cu	-	-	-	500 kg	1200 kg	-	-
Fertilizante Kampi	Compostos orgânicos e inorgânicos	-	-	-	-	1 L	1 L	1 L
Fertilizante K-up	Cloreto de potássio + Sulfato de cálcio	-	-	-	-	-	200 kg	-
Fertilizante Sulfammo	NPK e Compostos inorgânicos	-	50 kg	500 kg	250 kg	400 kg	500 kg	1600 kg

Nome Comercial	Composição	Classif. Ambiental	Quantidade Adquirida					
			2015	2016	2017	2018	2019	2020
Finale	Glufosinato de Amonio	III	10 L	-	10 L	20 L	-	20 L
Fitofos k-Plus	Fitofos+ Potássio	-	30 L	50 L	50 L	-	-	-
Folpan Agricur 500 WP	Folpet	III	12 kg	24 kg	24 kg	12 Kg	-	-
Garra 450 Wp	Hidróxido De Cobre	III	-	-	-	15 kg	35 kg	15 kg
Helmoxone GL	Dicloreto De Paraquat	I	40 L	10 L	-	-	-	-
Kocide WDG Bioactive	Oxicloreto de Cobre	II	-	44 kg	-	-	-	-
Manzate WG	Mancozebe	II	175 kg					10 kg
Micene	Cimoxanil + Mancozebe	III	36 kg	-	-	-	-	-
Midas Br	Famoxadona + Mancozebe	II	28 kg	28 kg	-	-	-	-
Mustang 350 Ec	Zetacypermeth rn	I	1 L	-	-	-	-	-
Orthocide 500	Captan	II	30 kg	-	-	-	-	-
Orix BL	Óleo Mineral	IV	-	-	-	10 L	125 L	
Patrol	Glufosinato de Amonio	III	-	-	-	-	15 L	-
Poquer	Cletodim	III	-	1 L	-	-	-	1 L
Provado 200 SC	Imidacloprido	III	-	-	-	6 L	16 L	-
Polyram DF	Metiran	III		30 kg	30 kg			
Recop	Oxicloreto de Cobre	III	70 kg	-	-	-	-	-
Ridomil Gold MZ	Mancozebe + Metalaxil	II	3 kg	-	-	-	-	-
Rival	Tebuconazol	II	10 kg	-	-	-	-	-
Roundup Original	Glifosato	III	2 l	1 l	1 L	-	-	-
Shadow	Glifosato	III	-	-	-	20 L	40 L	40 L
Spray plus	Espalhante Adesivo	-	3 L	10 L	5 L	6 L	6 L	-
Sulfato de Cobre Microsal	Sulfato De Cobre	III	-	550 kg	-	550 kg	175 kg	-
Supera	Oxicloreto de Cobre	III	-		-	40 L	40 L	20 L
Talstar	Bifentrina	III	4 L	-	-	-	-	-
Triona	Óleo Mineral	IV		-	-	-	-	-
Vertimec 18 EC	Abamectina	II	-	1 L	-	-	-	-
Zetanil	Cimoxanil + Clorotalonil	II	12 kg	12 kg	15 kg	15 kg	-	-

Nota-se que há uma grande diversidade de agrotóxicos utilizados na produção vitícola. O produto final desta área são as uvas, e as mesmas são recebidas na unidade vinícola, para processamento, no período que compreende 24 horas desde a sua colheita. O processamento da uva no mesmo dia, a isenta de aplicações de produtos para fins de conservação e desse modo a área não possui altos valores de metais. Além disso, a variedade da uva também influencia no tipo de agrotóxicos utilizados e a frequência de aplicação.

Especificamente os fungicidas, são aplicados atualmente por meio do equipamento pulverizador acoplado ao trator (Figura 25) e as soluções são preparadas diretamente no pulverizador em galpões. Atualmente não há geração de resíduo dos agrotóxicos aplicados visto que os compostos são totalmente solúveis quando pulverizados desta forma.

Figura 25 – Pulverizador acoplado ao trator



Fonte: Autor (2015).

Porém, antes da introdução dos pulverizadores acoplados aos tratores os insumos eram aplicados de forma manual com a utilização de mangueiras e caneta-pulverizador. Dessa forma, a calda bordalesa e demais agrotóxicos eram preparados em tanques de concreto (Figura 26) construídos com intuito de misturar as soluções. Após as soluções eram bombeadas no motor e por meio das mangueiras e caneta-pulverizador e aplicadas manualmente pelo operador. Ao final da pulverização

manual, os resíduos de agrotóxicos que se encontravam dentro do tanque, por serem mais grosseiros e não terem se dissolvidos totalmente, eram dispostos em solos próximos.

Figura 26 – Tanques de concreto inativos na propriedade

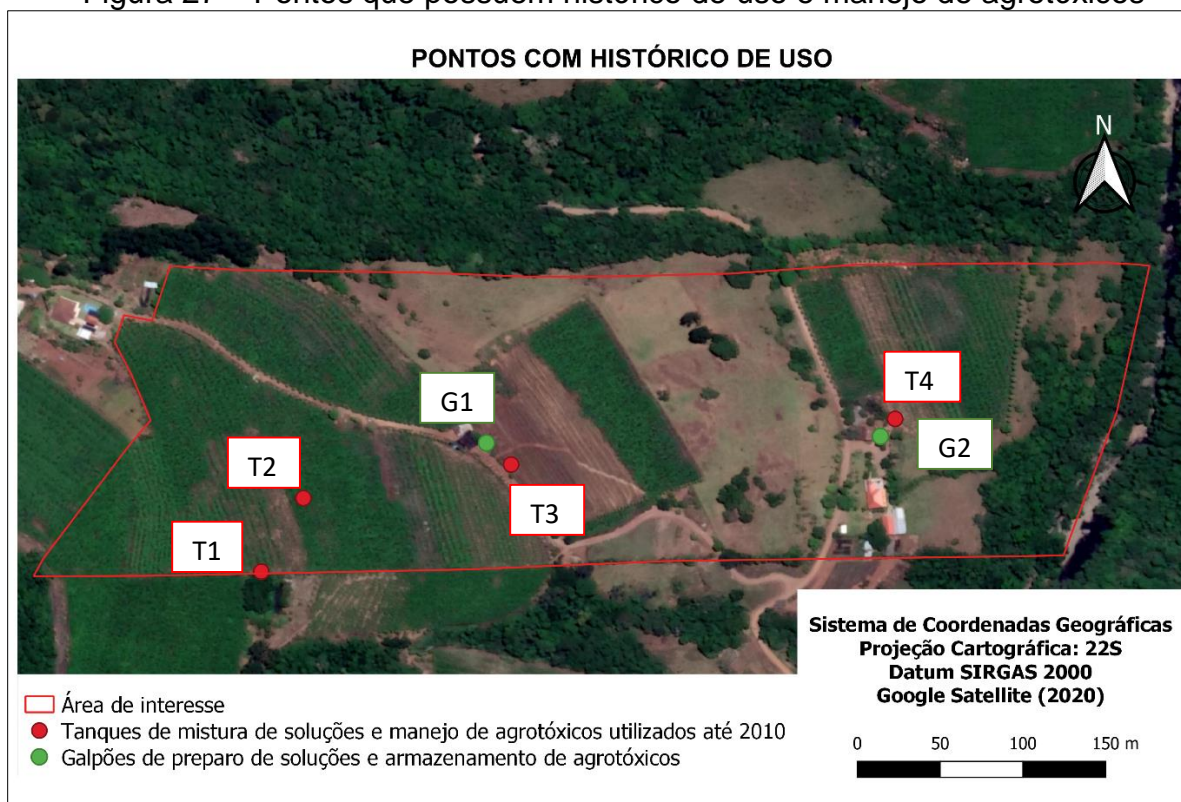


Fonte: Autor (2021; 2020).

Na propriedade, há datado que o primeiro tanque de concreto foi construído desde que se deu início a atividade de viticultura (1920). Após, foram construídos e implantados os demais tanques, utilizando, além da calda bordalesa, fungicidas como Dithane e Manzate, esses tendo como princípio ativo o mancozebe, composto por zinco. A partir do ano de 2000, alternou-se o uso do tanque de concreto com o tanque do pulverizador instalado no trator agrícola, e desde 2010, apenas utiliza-se os pulverizadores mecânicos.

Os locais que possuem histórico de uso na propriedade por manejo de agrotóxicos, como tanques e galpões, foram demarcados conforme Figura 27. Os locais que a demarcação sinaliza que o T1 se refere ao tanque mais antigo da propriedade cujo foi utilizado de 1920-1970. Com o passar dos anos foram construídos os demais tanques e implantados os demais vinhedos, sendo a área próxima ao T4, a última a ser ocupada. Assim, as proximidades do T1 e T2, foram os primeiros locais com histórico de plantio na propriedade. Já o G1 e G2 sinalizam os locais em que ocorrem o armazenamento e o manejo de agrotóxicos.

Figura 27 – Pontos que possuem histórico de uso e manejo de agrotóxicos



Salienta-se também, que na propriedade não se havia o costume de utilizar plantas de cobertura na propriedade. Por este motivo, o uso de herbicidas e capina eram mais intensivos, com objetivo de diminuir a competição entre as plantas. Atualmente, utiliza-se espécies de Azevém e Aveia como forma de manejo de cobertura, para aumentar a matéria orgânica e a retenção de água no solo. Além do mais, em período anterior ao uso de plantas de cobertura, o solo sofria erosão laminar, caracterizada pelo processo de arraste do solo através de pequenas camadas em toda a superfície da área cultivada.

As embalagens de resíduos de agrotóxicos são armazenadas em local coberto após uso do produto, no Galpão 2. O viticultor despeja o conteúdo da embalagem no tanque pulverizador e após segue as orientações quanto a tríplice lavagem para embalagens laváveis, que são armazenadas em um saco plástico vedado. A empresa responsável pela coleta das embalagens, faz o recolhimento uma vez por ano, normalmente entre os meses de abril e maio, sendo preciso comprovar que todas as embalagens utilizadas estão sendo devolvidas. Foi verificado que na propriedade não há histórico de acidentes ambientais envolvendo derrames de produtos químicos e óleos, bem como de odores exalados pelos agrotóxicos usados.

#### 4.1.2 Identificação de locais de interesse ambiental

Na área e arredores imediatos há ocorrência de locais de interesse ambiental. A propriedade possui área destinada a Reserva Legal e APP. Em raio de 500 metros, encontra-se mata nativa caracterizada como vegetação secundária em estágio médio e avançado de regeneração visto que a altura da vegetação é maior do que três metros, com ocorrência de epífitas, serapilheira, trepadeiras e sub-bosque.

Já referente aos cursos hídricos, observa-se que ao norte da área o arroio é considerado perene, assim como o rio principal localizado ao leste da propriedade sendo tributário do Rio das Antas (Rio Burati), já ao sul o arroio é considerado intermitente, conforme Figura 28. Estes tributários estão inseridos na Microbacia do Rio Burati e na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.

Figura 28 – Cursos hídricos próximos



### 4.1.3 Topografia

A área em questão se encontra entre as cotas 162 metros e 320 metros, possuindo uma inclinação máxima de 44,9% e inclinação média de 23,4%, considerado fortemente ondulado (Figura 29 e 30). Considerando a topografia da região, a área se localiza em um vale de falha, ou seja, uma zona que foi facilmente intemperizada e erodida sendo que no fundo do vale ocorreu a formação de um rio (POPP, 2017).

Figura 29 – Topografia da área



Fonte: Google Earth (2020b).

Figura 30 – Vista parcial da topografia na área



Fonte: Autor (2021).

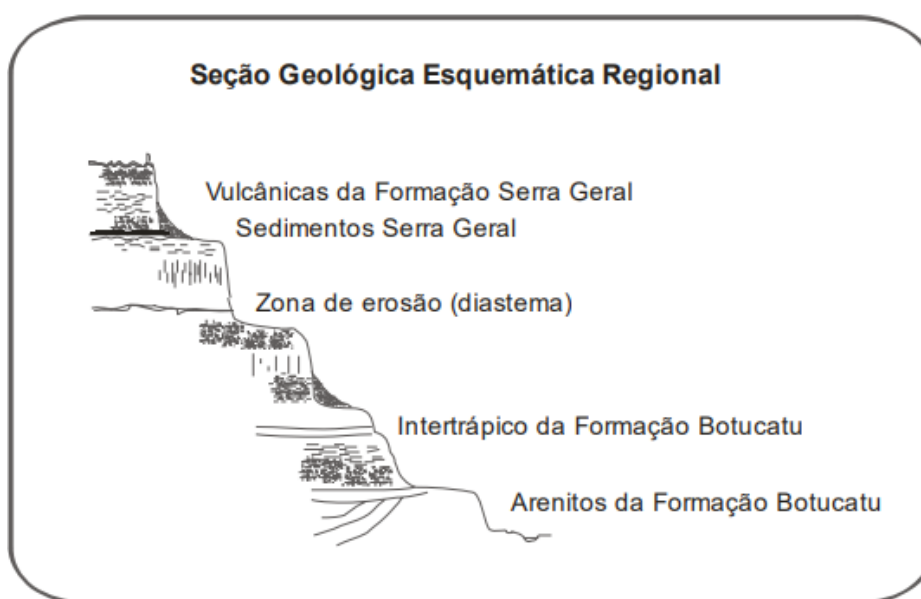




preenchidos por zeolitas, carbonatos, apofilitas e saponita, estruturas de fluxo e *pahoehoe* comuns, intercalações com os arenitos Botucatu (CPRM, 2008).

Conforme exposto por Reginato (2003), nos arredores do Rio das Antas há afloramentos da Formação Botucatu indicando existência de arenitos. Sendo assim, o esquema da Figura 32 apresenta os derrames da Formação Serra Geral associados com a formação de escarpas e patamares representando o relevo na área de estudo e suas proximidades.

Figura 32 – Esquema da Formação Serra Geral sobre Formação Botucatu



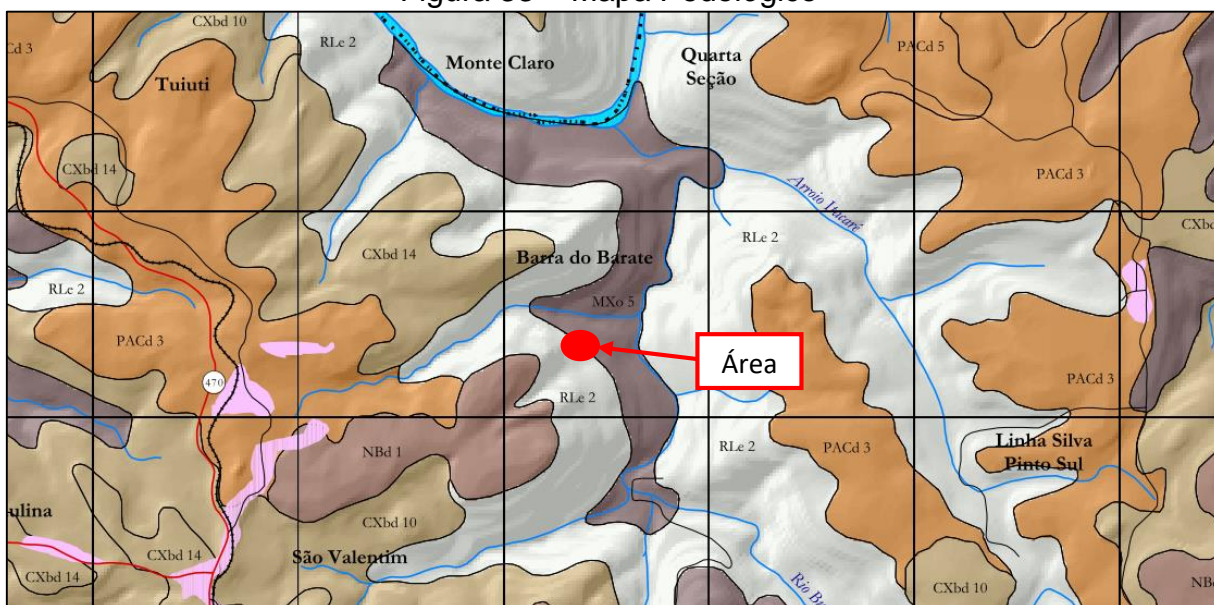
Fonte: Wildner, Orlando Filho e Giffoni (2006).

Segundo Teixeira et al. (2009) os derrames basálticos onde a rocha não possui porosidade, mas fraturas e interconexões, podem apresentar alta porosidade em vista da permeabilidade primária.

#### 4.1.5 Contexto Pedológico

A partir do levantamento feito no mapa de solos disponibilizado COREDE observa-se que na área em estudo o solo é caracterizado entre a associação entre de Neossolo Litólico Eutrófico e Cambissolo Háplico Ta Eutrófico (RLe2), conforme Figura 33 e 34.

Figura 33 – Mapa Pedológico



Fonte: Adaptado de Flores et al. (2007).

Figura 34 – Solos na propriedade



Fonte: Autor (2021).

O Neossolo Litólico Eutrófico, se caracteriza por ser um solo jovem e pouco evoluído que contém presença de matéria orgânica com menos de 20 cm de espessura sobre a rocha ou materiais grosseiros como cascalhos, calhaus e matações em relevo montanhoso. Ao mesmo tempo, apresenta alta saturação de bases com predomínio dos íons de cálcio e magnésio, caracterizando-se como horizonte A Chernozêmico. Também o Neossolo pode apresentar um horizonte B em início de

formação (SANTOS et al., 2018; IBGE, 2002). Salienta-se que este solo provém de derrames basálticos visto a composição do solo ter predomínio de cálcio e magnésio.

Referente ao solo, considerado jovem (Neossolo), apresenta coloração alaranjada nos taludes, visto a presença de ferro e a sua oxidação em contato com o ar e água. Nota-se a profundidade da camada A-O não ultrapassando os 7 cm. Em seguida horizonte B quase inexistente, seguido de horizonte C de 70 cm, e à 1 metro presença de rocha sã.

Já o Cambissolo Háplico Ta Eutrófico possui alguns aspectos semelhantes ao Neossolo. Assim o Cambissolo é um solo um pouco mais desenvolvido e se caracteriza por apresentar fragmentos de rocha permeando a massa do solo com textura argilosa, além de possuir alta saturação por bases. Ainda apresentam espessura entre 50-100 cm de profundidade, além de possuir maiores teores de minerais, contribuindo para a agricultura (FLORES et al., 2007).

#### **4.1.6 Contexto Hidrogeológico**

Os aquíferos presentes na região pertencem ao Sistema Aquífero Serra Geral II e caracterizam-se por apresentarem média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas, conforme apresentado por Machado e Freitas (2005). A capacidade específica é inferior a  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , entretanto, excepcionalmente em áreas mais fraturadas ou com arenitos na base do sistema, podem ser encontrados valores superiores a  $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ .

Reginato (2003) relata que as águas subterrâneas no Aquífero Serra Geral estão associadas a dois tipos de aquíferos: o livre (freático) e o fraturado. Ainda, as fraturas existentes na área são importantes para o processo de recirculação da água, sendo identificadas principalmente pelas feições geomorfológicas da região onde se encontram dispostas a rede de drenagem formando os rios e vales (REGINATO, 2003). O autor evidenciou que na região com menores declividades e relevo menos acentuado, as taxas de recarga são maiores quando comparadas com a bacia que apresenta um relevo mais acentuado (REGINATO, 2003).

Bortolin (2014) ao estudar os parâmetros hidroquímicos das águas que compõe o SASG verificou que as águas que circulam no SASG, em sua maioria, são do tipo bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, predominando os íons relacionados

a composição mineralógica das rochas. Além do mais, em poços que apresentaram água sulfatadas podem estar associadas a áreas de entrada de contaminantes.

#### 4.1.7 Contexto Climatológico

Os dados de climatologia foram obtidos na estação automática A 840 localizada em Bento Gonçalves, a qual está instalada a uma altitude de 613 metros. A estação possibilita obter os dados de valores médios referente a precipitação, pressão atmosférica, temperatura e velocidade do vento no município, no período que abrange desde 2007 (ano do início da operação da estação) até 2019, conforme Tabela 3. Nota-se que a região possui precipitação o ano inteiro

Tabela 3 - Dados de climatologia  
Climatologia Média de 2007-2019

Meses (2007-2019)	Média de Dias com precipitação	Precipitação Média (mm)	Pressão Atmosférica Média (mB)	Temperatura Média (°C)	Vento Vel. Máxima (m/s)	Vento Vel. Média (m/s)
Janeiro	14	137,8	942	22,1	7,7	2,7
Fevereiro	14	132,8	942	22,1	7,8	2,7
Março	13	143,8	943	20,3	7,3	2,6
Abril	12	119,8	945	18,3	7,6	2,5
Maio	13	133,1	946	14,7	7,6	2,6
Junho	14	127,1	947	12,8	8,4	2,7
Julho	12	149,0	947	12,7	8,2	2,9
Agosto	12	135,5	947	14,1	8,6	3,2
Setembro	12	177,0	946	15,8	8,9	3,1
Outubro	14	182,7	943	17,5	9,6	3,0
Novembro	12	136,2	942	19,5	8,6	2,9
Dezembro	12	142,2	941	21,4	8,2	2,8

Fonte: Adaptado de INMET (2020).

O Rio Grande do Sul, de acordo com a classificação climática global de Köppen-Thornthwaite, possui o clima temperado do tipo subtropical mesotérmico úmido (RIO GRANDE DO SUL, 2020b). A área está inserida no Clima Temperado, por apresentar chuvas todos os meses e é classificada como “Cfa II 1b” pela área estar localizada na região de “Periferia do bordo erodido do Planalto Basáltico” (MORENO, 1961). A agricultura é uma atividade altamente influenciada por fatores climáticos, como temperatura, umidade do solo e do ar, ventos e radiação solar, e ao mesmo tempo são os principais fatores de risco para a agricultura, e que influenciam no transporte e dissipação de contaminantes no ambiente (BRASIL, 2021c).

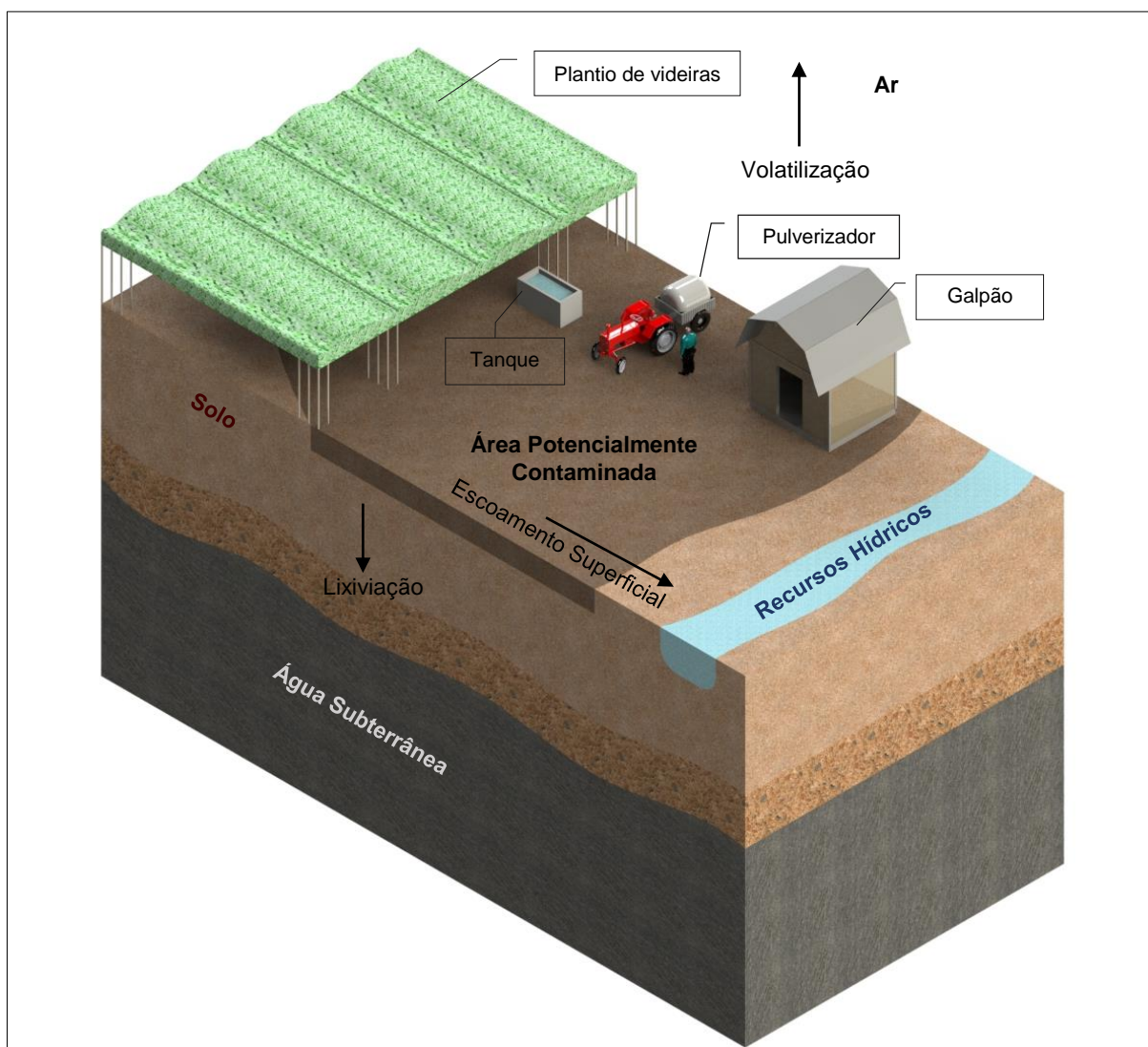
#### 4.1.8 Modelo Conceitual

O Modelo conceitual dispõe de informações referentes a fontes potenciais de contaminação, possíveis contaminantes, mecanismos de liberação e bens a proteger, conforme Quadro 4 e Figura 35.

Quadro 4 – Modelo conceitual de avaliação preliminar

Fontes	Classificação	Substâncias	Mecanismos de liberação	Via de transportes dos contaminantes	Receptores / Bens a proteger
Proximidades de tanques	Potencial de contaminação	Metais Solventes Halogenados contendo cloro Fenóis	Pulverização  Preparo de soluções	Lixiviação Escoamento Superficial Volatilização	Moradores
Galpões	Potencial de contaminação	Metais Solventes Halogenados contendo cloro Fenóis Óleo	Disposição de embalagens  Preparo de soluções		Trabalhador permanente e temporário Águas subterrâneas Solo Ar
Áreas de Plantio	Potencial de contaminação	Metais Solventes Halogenados contendo cloro Fenóis	Pulverização		Águas superficiais

Figura 35 – Modelo conceitual de avaliação preliminar



Fonte: Autor (2021).

## 4.2 INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA

A efetivação da etapa de Investigação Confirmatória se deu por meio de análises de solo, as quais foram realizadas pelo Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais – LAPAM pelos métodos de EPA 3050B:1996 e 200.7:2001. Gebler et al. (2015) afirmam que conhecer o solo se torna parte essencial para dispor de soluções sobre o manejo de agrotóxicos, sendo necessário interpretar as informações fornecidas pela análise de solos e estabelecer graus de contaminação ambiental.

#### 4.2.1 Resultados das análises de solo

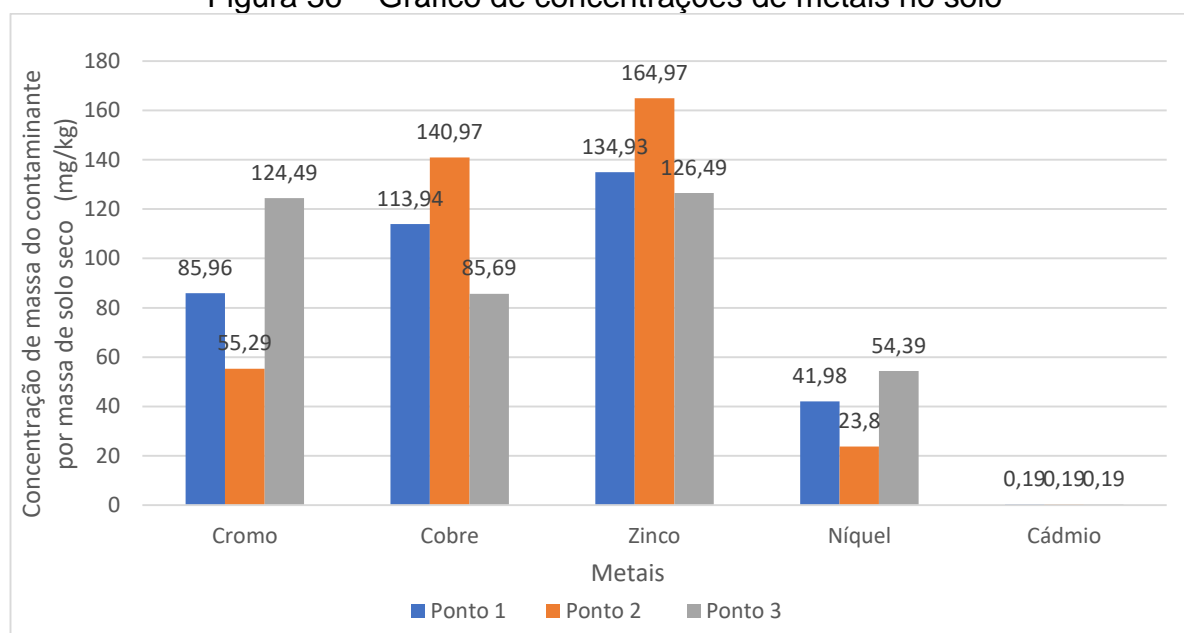
Os resultados obtidos das análises de solo se referem aos três pontos amostrados. Sendo Ponto 1 representando a amostra testemunha (entre mata nativa e vinhedo); Ponto 2 representa área com vinhedos há 50 anos; e Ponto 3 representa plantio recente de vinhedos em 20 anos. A Tabela 4 apresenta os resultados das análises das amostragens do solo em comparação com valores orientadores de qualidade da Resolução CONAMA nº 420/2009 e Portaria FEPAM nº 85/2014. Já a Figura 36 apresenta o gráfico das concentrações obtidas.

Tabela 4 - Resultado das análises das amostragens do solo em comparação com valores orientadores na Província Geomorfológica do Planalto

Metais	Ponto 1 (Entre mata e plantio) (mg/kg)	Ponto 2 (Plantio 50 anos) (mg/kg)	Ponto 3 (Plantio 20 anos) (mg/kg)	VRQ* (mg/kg)	VP* (mg/kg)	VI* (mg/kg)
Cádmio Total	<0,19	<0,19	<0,19	0,59 (²)	1,3 (¹)	3 (¹)
Cobre Total	113,94	140,97	85,69	203 (²)	203 (²)	203 (²)
Cromo Total	85,96	55,29	124,49	94 (²)	94 (²)	150 (¹)
Níquel Total	41,98	23,80	54,39	47 (²)	47 (²)	70 (¹)
Zinco Total	134,93	164,97	126,49	120 (²)	300 (¹)	450 (¹)

\*VRQ (Valor de Referência de Qualidade); VP (Valor de Prevenção); VI (Valor de Investigação). Valores estabelecidos conforme ¹ Resolução CONAMA 420/2009 e ² Portaria FEPAM 85/2014.

Figura 36 – Gráfico de concentrações de metais no solo





Considerando os critérios estabelecidos pela CONAMA nº 420/2009 e FEPAM nº 85/2014, mostrados na Tabela 4, observou-se que não há elementos que apresentam concentrações maiores dos valores estabelecidos de “Investigação” para o cenário agrícola. Sendo assim, dos três pontos amostrados, nenhum se enquadra como Classe 4, a qual está relacionada a riscos potenciais ao ambiente e saúde humana e, desta forma, necessitariam de ações de remediação.

Observando as concentrações que apresentam valores maiores ao valor de “Prevenção”, nota-se que no Ponto 3 as concentrações de cromo e níquel excedem o VP, indicando que se necessita de ações de monitoramento, sendo então categorizado como Classe 3. Observando as concentrações que apresentam valores maiores ao valor de “Qualidade”, nota-se que no Ponto 1 e Ponto 2 as concentrações de zinco excedem o VRQ indicando que este solo é categorizado como Classe 2, o qual necessita de ações preventivas de controle. E dessa forma nenhum dos pontos foi classificado como Classe I, ao qual não requer ações.

As concentrações de Cu na área de estudo variam de 85,69 a 140,97 mg.kg<sup>-1</sup> Cu, e segundo a CONAMA nº 420/2009 e FEPAM nº 85/2014, os valores das três amostras se encontram abaixo dos valores VRQ, VP, e VI estabelecidos nas legislações para o cenário agrícola. Observa-se que o solo do Ponto 2, em parreiral com 50 anos, possui a maior concentração de Cu resultando em 140,97 mg.kg<sup>-1</sup>. Já, o solo do Ponto 1 localizado próximo a mata, apresentou a concentração de 113,94 mg.kg<sup>-1</sup> Cu; e no Ponto 3, em parreiral com 20 anos, a concentração foi a menor observada, de 85,69 mg.kg<sup>-1</sup> Cu.

As concentrações de Zn variam de 126,49 a 164,97 mg.kg<sup>-1</sup> Zn, e segundo a CONAMA nº 420/2009 e FEPAM nº 85/2014, os valores das três amostras se encontram abaixo do VI e VP, porém acima do VRQ. Observa-se que no Ponto 2, em parreiral com 50 anos, há a maior concentração, que resultou em 164,97 mg.kg<sup>-1</sup> Zn. Já o solo do Ponto 1 localizado próximo a mata, apresentou a concentração de 134,94 mg.kg<sup>-1</sup> Zn; e no Ponto 3, em parreiral com 20 anos, a concentração foi a menor observada, de 126,49 mg.kg<sup>-1</sup> Zn.

As concentrações de Cr variam de 85,96 a 124,49 mg.kg<sup>-1</sup> Cr, e segundo a CONAMA nº 420/2009 e FEPAM nº 85/2014, os valores de duas amostras encontram-se abaixo do VRQ, porém em uma amostra o valor está acima do VP. Observa-se que no Ponto 3, em parreiral com 20 anos, há a maior concentração, que resultou em 124,49 mg.kg<sup>-1</sup> Cr. Já o solo do Ponto 1 localizado próximo a mata, apresentou a

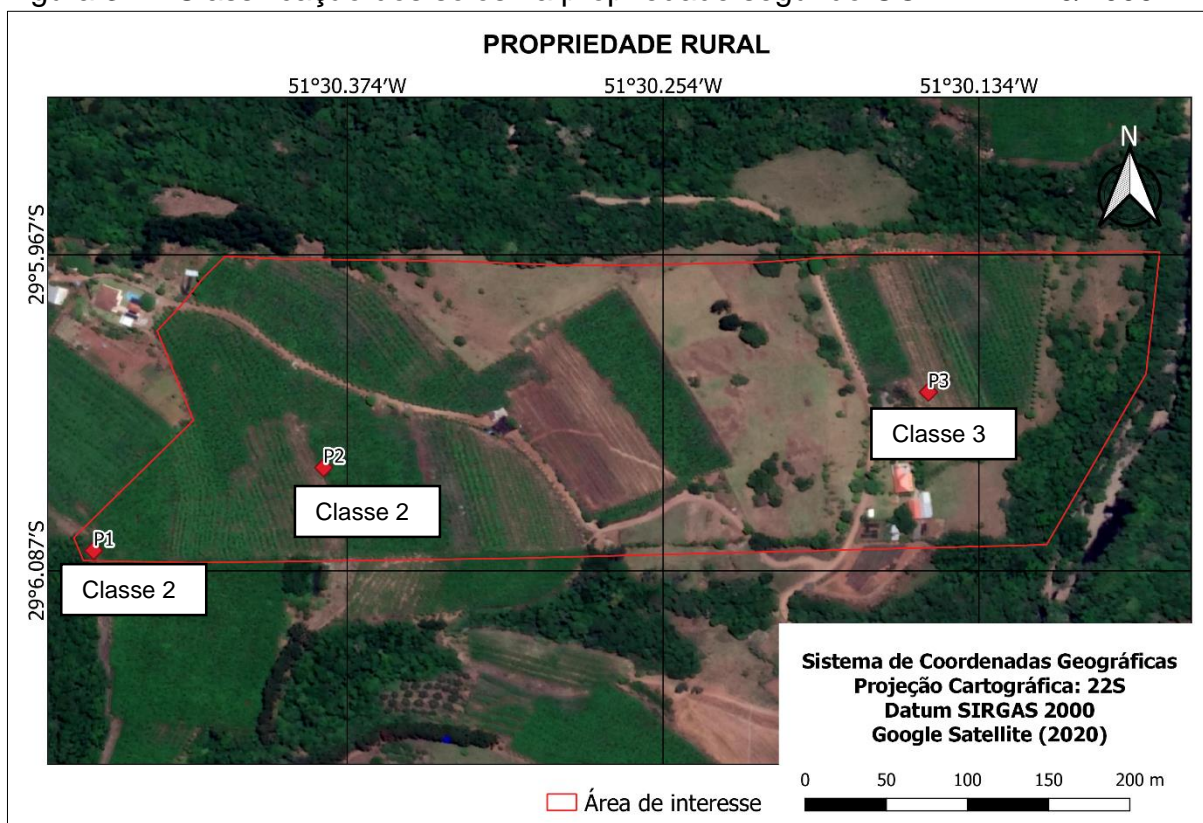
concentração de  $85,96 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ Cr}$ ; e no Ponto 2, em parreiral com 50 anos, a concentração foi a menor observada, de  $55,29 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ Cr}$ .

As concentrações de Ni variam de 23,8 a  $54,39 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ Ni}$ , e segundo a CONAMA nº 420/2009 e FEPAM nº 85/2014, os valores das duas amostras encontram-se abaixo do VRQ, porém em uma amostra o valor está acima do VP. Observa-se que no Ponto 3, em parreiral com 20 anos, há a maior concentração, que resultou em  $54,39 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ Ni}$ . Já o solo do Ponto 1 localizado próximo a mata, apresentou a concentração de  $41,98 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ Ni}$ ; e no Ponto 2, em parreiral com 50 anos, a concentração foi a menor observada, de  $23,80 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ Ni}$ .

Observando os resultados obtidos da análise do metal Cd, nota-se que as concentrações se encontram abaixo de  $0,19 \text{ mg.kg}^{-1}$  nas três amostras analisadas, tanto para a área próxima à mata, quanto para as áreas de cultivo, sendo assim as concentrações se encontram dentro dos parâmetros permitidos deste metal no solo conforme CONAMA nº 420/2019 e FEPAM nº 85/2014, estando abaixo do VRQ para o cenário agrícola.

A Figura 37 apresenta a classificação da qualidade dos solos na propriedade em estudo, de acordo com as classes propostas na Resolução CONAMA nº 420/2009.

Figura 37 – Classificação dos solos na propriedade segundo CONAMA 420/2009



#### 4.2.2 Discussão dos resultados das análises

Analisando os solos de três pontos inicialmente considerados como potencialmente contaminados, conclui-se que a área com uso agrícola há 20 anos, considerada mais jovem, possui o solo classificado como Classe 3 segundo a CONAMA nº 420/2009. Nota-se que nesta área, a qualidade do solo é influenciada pela poluição difusa que provém de aplicações de agrotóxicos e fertilizantes, e por duas fontes de contaminação pontuais sendo: o galpão onde ocorre o manejo e armazenamento de agrotóxicos e fertilizantes, e o tanque de concreto, cujo em períodos passados os resíduos eram despejados em áreas próximas. Por isso, há possibilidade dos metais proverem destes locais, principalmente porque não há impermeabilização destas áreas de manejo e armazenamento.

Conforme os resultados, nota-se que as maiores concentrações de Cu e Zn se dão no vinhedo com maior idade concordando com o resultado apresentado por Brunetto et al. (2014). No estudo conduzido pelos autores, os maiores teores de Cu e Zn foram observados até a profundidade de 40 cm em vinhedo com 10 anos de idade, variando de 200 a 250 mg. Kg<sup>-1</sup>, sendo valores elevados quando comparados com os resultados obtidos na área de interesse deste trabalho. Desta forma o Ponto 2, representando a área que possui plantio há 50 anos, possui as maiores concentrações de Cu e Zn. Em seguida observa-se que a amostra testemunha, obtida no Ponto 1, apresenta elevada quantidade destes metais, sendo que parte desta concentração provém de rocha-mãe e minerais, conforme destacado por Francés et al. (2017).

Observa-se ainda que as concentrações de Cu são inferiores nos três pontos amostrados, quando comparadas com as concentrações de Zn, tendo em vista que ambos são metais que compõe os princípios ativos da maioria dos agrotóxicos aplicados na propriedade. Segundo Tiecher et al. (2017) as concentrações de Cu e Zn no solo tem relação com o pH, capacidade de troca de cátions (CTC) e qualidade da matéria orgânica do solo (MOS), visto que são importantes fatores que regulam a sorção e a biodisponibilidade destes metais. Nesse sentido, Flues, Celebroni e Fungaro (2004) afirmam que o solo que apresenta alta porcentagem de argila, MOS e CTC favorece a adsorção de metais e diminuem a sua mobilidade.

Os estudos referentes a concentrações de Cu em solos vitícolas mostram concentrações do metal nos solos da região. Um estudo conduzido por Mantovani (2009) avaliou a presença de Cu em solos da região vitivinícola da região nordeste do

RS. O Neossolo Litólico apresentou concentração  $217 \text{ mg.kg}^{-1}$  Cu, já o Cambissolo Húmico resultou em  $151 \text{ mg.kg}^{-1}$  Cu. Nesse sentido, Casali et al. (2008) a fim de determinar os teores de Cu a sua dessorção em solos cultivados com videira, analisaram amostras de um solo Neossolo Litólico e Cambissolo Húmico em um vinhedo com 40 anos, em Bento Gonçalves (RS), mostram que na camada 0-20 cm as concentrações variam de  $506 \text{ mg.kg}^{-1}$  no Cambissolo e  $665,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  no Neossolo. Já na camada 0-40 cm as concentrações de Cu diminuem consideravelmente passando de  $78,4 \text{ mg.kg}^{-1}$  no Cambissolo e  $106,2 \text{ mg.kg}^{-1}$  no Neossolo.

La Torre et al. (2018) afirmam que o Cu no solo não é degradado, além de ser de difícil remoção por processos de lixiviação, escoamento superficial ou absorção por raízes. Desse modo Felix (2005) afirma que o Cu pode ser mobilizado pela ação da complexação com compostos orgânicos. Por isso Tiecher et al. (2017) explana que parte do Cu em vinhedos pode ser complexado pela matéria orgânica do solo e com o manejo correto destes compostos o metal pode ser removido, porém caso estes compostos forem mineralizados, o metal estará novamente disponível no solo e ambiente.

Relacionado ao Zn, Scopel Teixeira e Binotto (2005) em caracterização hidrogeoquímica de água subterrânea na bacia hidrográfica do Rio Taquari/Antas, relatam que o  $\text{Zn}^{2+}$  foi o único cátion detectado em praticamente todas as amostras de águas subterrâneas. Segundo os autores, este elemento é encontrado em piroxênios e em alguns fertilizantes. Ainda, este íon, como outros elementos metálicos de transição, é fortemente adsorvido óxidos de ferro (comuns em basaltos e nas alterações de basaltos), a adsorção do Zn aumenta expressivamente com o aumento do pH. Já Flues, Celebroni e Fungaro (2004) destacam que o Zn tende a ser mais móvel a  $\text{pH} < 6$  ou  $< 4$  e apresenta baixa afinidade pela matéria orgânica. Mas visto que na propriedade utiliza-se calcário para diminuir o pH a neutro, desta forma ele pode lixiviar maiores concentrações para as águas subterrâneas.

Na agricultura, além dos agrotóxicos, os metais provêm de sucessivas adubações fosfatadas visto que a matéria-prima para a obtenção desses produtos são as rochas fosfatadas. Essa formação apresenta em sua composição, além do fósforo outros compostos, como os metais (BIZZARO; MEURER; TATSCH, 2008; CAMPOS, 2001).

Observa-se que nos solos avaliados há baixas concentrações de Cd, porém há possibilidade do mesmo estar presente na cadeia alimentar, por meio dos grãos

cultivados, conforme exposto por Aguirre-Forero, Piraneque-Gambasica e Vasquez-Polo (2021). Este metal nas plantas é identificado quanto menor for o pH do solo (ÁVILA-CAMPOS, 2014). Em relação a mobilidade do Cd, Deutcher (2001) conclui, que sob solos com pH ácido há maior mobilidade, e sob condições de pH básico há maior retenção do metal no solo, visto que a presença do cálcio propicia a retenção. Além do mais, a matéria orgânica influencia diretamente a capacidade do solo em reter o Cd.

O Cr é um dos metais que caracteriza o solo do Ponto 3 como Classe 3. Desta forma segundo Campos (2001), em solo, ocorre em maior parte como cromo trivalente (Cr III) e se move em pH muito ácido. Ainda, é um elemento que ocorre naturalmente em rochas e solo, considerado nutriente essencial para metabolismo humano (USEPA, 2016). O Cr III não é classificado como cancerígeno, porém o cromo (VI) é considerado um carcinógeno humano conhecido, que provém principalmente das atividades de mineração e cortume, o que levanta preocupação com o potencial carcinogênico do Cr III.

Campos (2001) em seu estudo analisando o solo de área agrícola obteve valores maiores de concentrações de cromo próximo a superfície. No plantio em Cambissolo, as concentrações de Cr resultavam no dobro dos valores das concentrações da amostra testemunha, de uma área isenta de produtos químicos. Porém, mesmo sendo amostra testemunha, o valor variou de 52 a 19 mg.kg<sup>-1</sup> nos primeiros 90 cm da coluna de solo. Já no Cambissolo, cujo a área é cultivável, a concentração varia de 110 a 105 mg.kg<sup>-1</sup> nos primeiros 90 cm de solo. A autora ainda conclui que a presença de fósforo e matéria orgânica são fatores que auxiliam a retenção do Cr no solo, evitando a lixiviação.

O Ni foi um dos metais presentes no Ponto 3 que o classifica como Classe 3. Há possibilidade do Ni prover de fertilizantes fosfatados e atualmente é considerado como um micronutriente de plantas (RODAK, 2014). Porém, níveis mais altos de Ni podem gerar redução do desenvolvimento das plantas, e se se tornar tóxico ao cultivo. Segundo Mellis et al. (2004) a adsorção de Ni, para todos os solos e independentemente do tratamento, aumenta com o aumento do pH.

### 4.3 PROPOSTAS DE REMEDIAÇÃO

Os valores de concentração de metais encontrados na área vitícola, mesmo sendo menores que valores de investigação estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009 e Portaria FEPAM nº 85/2014, afetam a qualidade dos solos e microrganismos presentes (SIMÕES et al., 2020). Sendo assim, a proposta para diminuição ou remediação dos metais no solo é prevista para três cenários distintos:

- Cenário 1: presença de atividade agrícola;
- Cenário 2: sem presença de atividade agrícola;
- Cenário 3: aplicação de técnica de remediação.

#### 4.3.1 Cenário 1

O Cenário 1 contempla alternativas para diminuição de aspectos qualitativos e quantitativos referente a aplicação de agrotóxicos e fertilizantes. Nota-se que estas alternativas podem ser utilizadas em todas áreas de plantio, que totalizam 6,5 ha, mas com prioridade de execução na área abrangida pelo Ponto 3, em que se utiliza o solo com finalidade agrícola há 20 anos e possui atualmente uma fonte de contaminação do solo, sendo o galpão. Neste Ponto 3 o solo é classificado como Classe 3, em que se faz necessário medidas de controle de contaminantes.

Como alternativas para o Cenário 1 lista-se ações que podem ser aplicadas para que não haja aumento das concentrações de metais e que estes não ultrapassem os limites de valores de “Investigação”, bem como, haja garantia da qualidade da uva produzida:

- Impermeabilização do galpão: Impermeabilização do local que atualmente é utilizado para manejo, armazenamento e preparo de soluções, a fim de evitar a lixiviação e escoamento superficial dos compostos de agrotóxicos e fertilizantes com base na ABNT NBR 9575 (2010b): Impermeabilização - Seleção e projeto, a fim que sejam atendidos os requisitos mínimos de proteção da construção contra a passagem de fluidos, bem como os requisitos de salubridade, segurança e conforto do usuário.

- Utilização de agrotóxicos com toxicidade reduzida: Aplicação de agrotóxicos categoria verde (toxicidade baixa) - Classe IV visto que são considerados pouco tóxicos e de baixa periculosidade. Também pode-se utilizar produtos com uso aprovado para a agricultura orgânica, tais como, feromônios, produtos biológicos e microbiológicos denominados de “produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica” (BRASIL, 2021d).
- Utilização de adubação orgânica e adubação verde: Aplicação do material orgânico e o uso de plantas de cobertura induz o aumento da atividade microbiana no solo, teores de macro e micronutrientes do solo, bem como contribua para a quantidade de matéria orgânica. Pantano (2005) utilizou como adubo orgânico o esterco de curral na cultura da uva, e também realizou adubações com esterco de aves, caprinos e palhas com o intuito de fornecer nutrientes às plantas.
- Analisar a viabilidade de construção de depósito de agrotóxicos, fertilizantes, e local para preparo de caldas: Construção de local apropriado para manejo de agrotóxicos e fertilizantes seguindo as especificações conforme ABNT NBR 9843-3 (2019), contemplando estrutura adequada de manejo de pulverizadores, com separação entre depósito de agrotóxicos, depósito de embalagens vazias e de EPIs de modo a garantir a segurança e saúde das pessoas e ao mesmo tempo conservando o meio ambiente e o produto.

Além destas ações, salienta-se que deve ser respeitado o período de carência dos produtos; ainda, utilizar corretamente a dose recomendada na bula do produto; e por fim, regular corretamente o pulverizador a fim de que haja deriva zero.

#### **4.3.2 Cenário 2**

O Cenário 2 contempla a técnica de atenuação natural para diminuição e remediação das concentrações dos metais na área devido a aplicação de agrotóxicos e fertilizantes. Esta alternativa a ser implantada em áreas agrícolas, caso as concentrações dos metais aumentem, ultrapassem o valor de “Investigação” (VI) e

ainda, a área passe por avaliação do órgão ambiental. Dessa forma, deverá ser retirado os fatores de degradação, que neste caso é a atividade agrícola e aplicação de produtos químicos, para que os produtores se adequem as legislações vigentes.

Como alternativa para o Cenário 2, estas ações preveem que a área seja usada após que os valores de “Qualidade Natural” (VRQ) sejam atingidos:

- Atenuação Natural Monitorada: Atenuação do meio por meio de processos físicos, químicos e biológicos, que ocorrem naturalmente no ambiente, de modo a reestabelecer os níveis de toxicidade seguros à saúde humana e ao ambiente. Por meio de monitoramentos anuais dos do solo; análises de evolução das plumas de contaminação; e avaliações de riscos, busca-se que as metas de remediação sejam atingidas após as ações de intervenção *in situ* (MAXIMIANO; MORAES; TEIXEIRA, 2014). Mesmo esta técnica não necessitando de adequações na área, se caracteriza por ser um processo que necessita de monitoramento rigoroso, uma vez que o tempo e a porcentagem de degradação dos contaminantes podem ser muito lentos. Desse modo espera-se que as espécies arbóreas ou arbustivas se desenvolvam por meio da migração de espécies (propágulos) das áreas de vegetação nativa próximas. Neste caso, o cercamento da área é necessário para que não haja futuras perturbações que comprometam o processo de regeneração (CORRÊA, 2007, ALMEIDA, 2016).

Assim, o abandono da área e atividade agrícola, cercamento e monitoramento anual caracterizam estas ações de baixo custo, porém com remediação lenta. Mas caso seja necessário remediar a área em tempo menor, pode-se ser proposto no projeto a adição de transposição de bancos das áreas nativas com vistas a condução da regeneração, bem como disposição de nutrientes NPK e inserção de microorganismos com eficácia comprovada, como é o caso das espécies de *Staphylococcus pasteurii* e *Pseudomonas putida* estudadas por Andreatza (2009) para remoção e redução do Cu II em área vitícola.



### 4.3.3 Cenário 3

O Cenário 3 contempla a técnica de eletrocinética visando a retirada dos metais no solo para fins de remediação ou fins de produção orgânica, visto que para este tipo de cultivo o solo deve estar livre de contaminantes visando a mínima interferência na qualidade da produção (BRASIL, 2021d). Na área em questão nenhum dos solos se enquadram como Classe 1, deste modo, caso o produtor se cadastre para produção orgânica, o mesmo deve buscar soluções para que os valores estejam enquadrados como VRQ. Também, caso seja necessário que as concentrações de metais diminuam visto que os elevados valores sejam um fator limitante ao crescimento do cultivo, recomenda-se a técnica da eletrocinética para diminuição de metais no solo.

Como alternativas para o Cenário 3, estas ações preveem que a área seja usada após que os valores de “Qualidade Natural” (VRQ) sejam atingidos:

- Eletrocinética: Aplicação de uma corrente elétrica no solo através de eletrodos. A corrente elétrica atrai os íons contaminantes do solo e os concentra próximos aos eletrodos. Estando os íons concentrados em uma pequena região é feita a remoção deste solo, eliminando-se assim os metais. Conforme Sumi (2016) os equipamentos necessários para o processo são: eletrodos (ânodo e cátodo), separador de fases, multímetro e fonte de alimentação. A técnica mostra-se uma alternativa viável consistindo em aplicação de uma aplicação de uma diferença de potencial (corrente elétrica) entre placas metálicas condutoras (eletrodos), de baixa intensidade em eletrodos no solo, promovendo a mobilização dos contaminantes (TAVARES, 2013).

## 5 CONCLUSÃO

A área de estudo, situada em zona rural com predomínio de atividade vitícola, é constituída por Neossolo Litólico e Cambissolo Háplico. Os solos refletem a composição mineralógica da rocha mãe, a qual provém de derrames basálticos, com presença de íons de ferro, cálcio e magnésio. Além disso, a precipitação média anual resulta em 1700 mm a 1800mm influenciando no surgimento de doenças fúngicas relacionadas a cultura da uva, e assim, na utilização de agrotóxicos e na ação dos contaminantes no ambiente.

Analisando os pontos e metais que ultrapassaram os valores de qualidade natural dos solos “VRQ” tem-se que: Ponto 1 (zinco =  $134,93 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), Ponto 2 (zinco =  $164,97 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), Ponto 3 (cromo =  $124,49 \text{ mg.kg}^{-1}$ ; zinco =  $126,49 \text{ mg.kg}^{-1}$ ; e níquel =  $54,39 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Assim, observa-se que há possibilidade do solo possuir concentração natural de zinco, característicos das rochas. Já o ponto P3, há alteração na concentração de três metais, indicando que a área possui maior interferência antrópica.

Portanto após análises de solos em três pontos da propriedade rural, a mesma é classificada de acordo com a Resolução CONAMA nº 420/2009 como Classe 2 (Ponto 1 e Ponto 2) e Classe 3 (Ponto 3). A área vitícola não é considerada área contaminada, porém faz-se necessário ações de monitoramento para que as concentrações de metais não aumentem, evitando danos à saúde humana. Assim, as propostas de diminuição de contaminantes da área por meio de três cenários indicam que há possibilidades de ações para minimizar o aumento das concentrações de metais.

Importante destacar que, as metodologias de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória podem auxiliar em negociações de compra e venda de propriedades agrícolas. Visto que, o solo pode-se tornar-se inutilizável, as partes interessadas devem estar cientes da qualidade deste recurso e a responsabilidade por passivos ambientais, para uma melhor tomada de decisão.

Conhecer a dinâmica do solo e das águas subterrâneas e, o modo de como o contaminante se comporta, auxilia na tomada de decisão para investigar áreas contaminadas. Nota-se que há possibilidade da presença de alguns metais em águas subterrâneas pela persistência dos componentes dos agrotóxicos. Wagh (2018) salienta que a contaminação por metais pesados nas águas subterrâneas é um

problema sério em todo o mundo devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico, onde os metais entram por meio de muitas atividades naturais e antropogênicas.

Conforme afirmado por Russo, Strever e Ponstein (2021), os insumos agrícolas contendo metais pesados são os principais compostos que alteram a qualidade dos solos, além de apresentar toxicidade à saúde humana, o que é relevante quando as propriedades rurais utilizam de trabalho manual. Por isso deve-se buscar uma produção de uva mais sustentável, com práticas que reduzem insumos, assegurando a saúde do agricultor, bem como ofereçam uma boa produção agrícola do ponto de vista econômico.

## **6 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES**

Este estudo teve como limitação a quantidade de amostras coletadas, a fim de, obter dados de concentrações de metais em toda a área, bem como a quantidade de parâmetros analisados, devido aos custos relacionados. A partir de análise de um número maior de amostras e que contemple mais tipos de metais, pode-se iniciar uma Investigação Detalhada, indicando a pluma de contaminação que demonstre informações mais precisas sobre a qualidade dos solos na área vitícola. Assim estudos seguintes poderão dar sequência a etapa de Reabilitação.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 15847**: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento — Métodos de purga. Rio de Janeiro: ABNT, 2010a.
- ABNT. **NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010b.
- ABNT. **NBR 15515-1**: Passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 1: Avaliação preliminar. Rio de Janeiro: ABNT, 2011a.
- ABNT. **NBR 15515-2**: Passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 2: Investigação confirmatória. Rio de Janeiro: ABNT, 2011b.
- ABNT. **NBR 15515-3**: Passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 3: Investigação detalhada. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.
- ABNT. **NBR 16209**: Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.
- ABNT. **NBR 16210**: Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2013c.
- ABNT. **NBR 16435**: Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ABNT. **NBR 9604**: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ABNT. **NBR 9843-3**: Agrotóxicos e afins - Armazenamento - Parte 3: Propriedades rurais. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ABNT. **NBR 16784-1**: Reabilitação de áreas contaminadas - Plano de intervenção. Parte 1: Procedimentos de elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- AGUIRRE-FORERO, S. E.; PIRANEQUE-GAMBASICA, N. V.; VASQUEZ-POLO, J. R. **Teor de metais pesados em solos e tecidos de cacau no departamento de Magdalena, Colômbia: ênfase no cádmio. Entramado** [online], v.16, n.2, p. 298-310. 2020. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v16n2/2539-0279-entra-16-02-298.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- ALMEIDA, D.S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3 ed. Ilhéus, BA: Editus, 2016. 200 p. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida9788574554402.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2020.
- ANDRADE, J. de A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 17-43, set. 2010. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46702010000300002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46702010000300002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 28 set. 2020.

ANDREAZZA, R. **Potencial do uso de bactérias e plantas para a remediação de cobre em áreas de vitivinicultura e de rejeito de mineração de cobre no Rio Grande do Sul**. 2009. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/18524>. Acesso em: 13 set. 2020.

ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F. A. DE O., ANTONIOLLI, Z. I., QUADRO, M. S.; BARCELOS, A. A. Biorremediação de áreas contaminadas com cobre. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 2, p. 127-136, abr. 2013. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0871-018X2013000200001&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2013000200001&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 30 set. 2020.

ÁVILA-CAMPOS, M. J. **Metais Pesados: Um Perigo Eminente**. 2014. Disponível em: [http://www.icb.usp.br/bmm/mariojac/index.php?option=com\\_content&view=article&catid=13%3Atemas-de-interesse&id=33%3Ametais-pesados-um-perigoeminente&Itemid=56&lang=br](http://www.icb.usp.br/bmm/mariojac/index.php?option=com_content&view=article&catid=13%3Atemas-de-interesse&id=33%3Ametais-pesados-um-perigoeminente&Itemid=56&lang=br). Acesso em: 20 abr. 2021.

BENTO GONÇALVES. **Plano Diretor**. 2018. Disponível em: <http://ipurb.bentogoncalves.rs.gov.br/paginas/legislacao-ipurb>. Acesso em: 10 fev. 2021.

BIZZARO, V. G.; MEURER, E. J. TATSCH, F. R. P. Teor de cádmio em fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 383-392. 2005. Disponível em: [http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=3071](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3071). Acesso em: 15 abr. 2021.

BONFIM, A. C. F. **Avaliação de metais e fitorremediação de solos adjacentes à rodovia Washington Luiz no Rio de Janeiro**. 2018. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

BORTOLIN, T. A. **Padrões hidroquímicos e isotópicos do sistema aquífero serra geral do Município de Carlos Barbosa, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul**. 2014. 119p. Tese (Mestrado Em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/98154>. Acesso em: 20 maio. 2020.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013. 698 p.

BRASIL. **Lei nº 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. Brasília, DF: Casa Civil, 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm). Acesso em: 28 set. 2020.

BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989.** Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília, DF: Casa Civil, 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7802.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm). Acesso em: 21 set. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002.** Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre [...] agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília, DF: Casa Civil, 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4074.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074.htm). Acesso em: 13 set. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008.** Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2008. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009.** Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da União, 2009. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em: 20 set. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 460, de 30 de dezembro de 2013.** Altera a Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União, 2013. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=702>. Acesso em: 20 set. 2020.

BRASIL. **Portaria MMA nº 603, de 10 de dezembro de 2020.** Institui o Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas. Diário Oficial da União, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-603-de-10-de-dezembro-de-2020-293537585>. Acesso em 05 jun. 2021.

BRASIL. **Brasil e Estados Unidos avançam em cooperação pela Agenda Ambiental Urbana.** 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/brasil-e-estados-unidos-avancam-em-cooperacao-pela-agenda-ambiental-urbana>. Acesso em: 30 fev. 2021.

BRASIL. **Sistema de Informações da Área de Vinhos e Bebidas.** 2021b. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sivibe/paginaInicial.action>. Acesso em 20 jan. 2021.

BRASIL. **AdaptaCLIMA**. 2021c. Disponível em: <http://adaptaclima.mma.gov.br/agricultura-no-contexto-da-mudanca-de-clima#:~:text=A%20agricultura%20%C3%A9%20altamente%20influenciada,de%20risco%20para%20a%20agricultura>. Acesso em: 21 abr. 2021.

BRASIL. **Orgânicos**. 2021d. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos>. Acesso em 23 abr. 2021.

BRAUN, A. B.; TRENTIN, A.; VISENTIN, C.; THOMÉ, A. Biorremediação como alternativa de tratamento de solos contaminados com metais tóxicos. **Revista CIATEC – UPF**, Passo Fundo, v.11, n.2, p.73-87, 2019. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/ciatec/article/view/8971>. Acesso em: 5 set. 2020.

BRUNETTO, G.; SCHMITT, D. E.; COMIN, J. J.; MIOTTO, A.; MORAES, M. P. DE; HEINZEN, J. Frações de cobre e zinco em solos de vinhedos no Meio Oeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola de Ambiental**, v.18, n.8, p. 805-810. 2014. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662014000800004&script=sci\\_abstract&lng=pt#:~:text=A%20maior%20parte%20do%20Cu,mais%20profundas%2C%20ligado%20aos%20minerais](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662014000800004&script=sci_abstract&lng=pt#:~:text=A%20maior%20parte%20do%20Cu,mais%20profundas%2C%20ligado%20aos%20minerais). Acesso em: 21 set. 2020.

CAIRES, S. M.; FONTES, M. P. F.; FERNANDES, R. B. A.; NEVES, J. C. L.; FONTES, R. L. F. Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 1181-1188, dez. 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622011000700004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000700004&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 28 mai. 2020.

CALHEIROS, D.F.; FONSECA JÚNIOR, W.C. da. **Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal**. Corumbá, MS: EMBRAPA-CPAP, 1996. 41p. Disponível em : <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/789744/perspectivas-de-estudos-ecologicos-sobre-o-pantanal>. Acesso em: 20 out. 2020.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 144-149, out. 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452011000500017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452011000500017&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 29 set. 2020.

CAMPOS. V. de. **Comportamento químico de arsênio, fósforo e metais pesados (cromo, cobre, chumbo e mercúrio) em solos expostos a cultivares frutíferos, Município de Jundiaí, São Paulo**. 2001. 160 p. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-18112015-102416/pt-br.php>. Acesso em: 15 maio 2021.

CANÁRIO, P. G. G. **Processo de Investigação de Áreas Contaminadas: Análise Crítica e Estudo de Caso**. 2018. 120p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas,



2018. Disponível em: <http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/1075>. Acesso em: 23 set. 2020.

CAR. Cadastro Ambiental Rural. **Consulta de Imóvel Rural**. 2015. Disponível em: <https://www.car.gov.br/#/consultar>. Acesso em: 23 out. 2020.

CASALI, C. A.; MORTELE, D. F.; RHEINHEIMER, D. S.; BRUNETTO, G.; CORSINI, A. L. M.; KAMINSKI, J. Formas e dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 32:1479-1487, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5XDQTTQSHTPFfxnbKjg8p8z/?lang=pt>. Acesso em 21 abr. 2021.

CAVALCANTI, F. R. CASSUBA, K. F. FIOVARANÇO, J. C. Produtos com menor teor de cobre para o controle do míldio em viticultura. **Circular técnica**, Bento Gonçalves, v. 146. 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1115614/1/CircTec146.pdf>. Acesso em 20 nov. 2020.

CORRÊA, R.S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado: manual para revegetação**. Brasília, DF: Universa, 2007. 186 p.

CPRM. **Mapa Geológico do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2008. Escala 1:750.000. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/cartografia\\_regional/mapa\\_rio\\_grande\\_sul.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf) . Acesso em: 20 out. 2020.

DE CONTI, L. **Plantas de cobertura do solo e videiras: toxidez, fitorremediação e mecanismos de tolerância ao excesso de cobre**. 2018. 170 p. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2018. Disponível EM: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/15322>. Acesso em: 10 set. 2020.

DEUCHER. M. T. Retenção e Mobilidade de Cádmiio em solos: revisão e estudo de caso em ambiente tropical. 2001. 91 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-13102015-135021/publico/Deucher\\_Mestrado.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-13102015-135021/publico/Deucher_Mestrado.pdf). Acesso em: 20 abr. 2021.

DHALIWAL, S. S.; SINGH, J., TANEJA, P.K.; MANDAL, A. Remediation techniques for removal of heavy metals from the soil contaminated through different sources: a review. **Environmental Science Pollution Research**, v. 27, p. 1319–1333. 2020. Disponível em: <https://doi-org.ez314.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11356-019-06967-1>. Acesso em: 20 set. 2020.

DYMINSKI, A. S. **Contaminação de solos e águas subterrâneas**. 2006. UFPR. Disponível em: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/Contaminacao%20de%20solos.pdf>. Acesso em: 13 set. 2020.

EMBRAPA. **Embrapa Uva e Vinho**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/apresentacao>. Acesso em: 20 set. 2020.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2008. 3 ed. Rio de Janeiro, RJ: CPRM: LABHID, 2008. 812 p.

FÉLIX, F.F. **Comportamento do cobre aplicado no solo por calda bordalesa**. 2005. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-09092005-143249/publico/FabianaFelix.pdf>. Acesso em 15 abr. 2021.

FERNANDEZ, Z. H. **Análise de metais pesados em solos de Pernambuco com diferentes atividades antrópicas**. 2017. 92 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Recife. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/27599/1/TESE%20Zahily%20Herrero%20Fern%C3%A1ndez.pdf>. Acesso em 29 nov. 2020.

FERREIRA, R. M.; LOFRANO, F. C.; MORITA, D. M. Remediação de áreas contaminadas: uma avaliação crítica da legislação brasileira. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p. 115-125, jan. 2020. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522020000100115&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522020000100115&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 15 set. 2020.

FILIZOLA, H. F. GOMES, M. A. F. SOUZA, M. D. DE. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 169p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129660/1/2006OL-008.pdf>. Acesso em: 24 mar.2021.

FITTS, C. R. **Águas subterrâneas**. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2014.

FLORES, C.A.; PÖTTER, R.O.; FASOLO, P.J.; HASENACK, H.; WEBER, E.J. Levantamento semidetalhado de solos do município de Bento Gonçalves. *In*: **Levantamento semidetalhado de solos: Região da Serra Gaúcha - Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: UFRGS/Embrapa Clima Temperado, 2007. mapa.

FLUES, M. ; FUNGARO, D. A.; CELEBRONI, A. P. Estabilização de solo contaminado com zinco usando zeólitas sintetizadas a partir de carvão. **Química Nova**, Brasil, v. 27, n.4, p. 582-585. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/gpcF3bdfb7D4zy3YxMsdtNK/?lang=pt#>. Acesos em 1 maio 2021.

FRANCÉS, F. S.; GRAÑA, A. M.; ZARZA, C.Á.; SÁNCHEZ A.G.; ROJO P. A. Spatial Distribution of Heavy Metals and the Environmental Quality of Soil in the Northern Plateau of Spain by Geostatistical Methods. **International Journal of**

**Environmental Research and Public Health**. v.14, n.6, p. 568. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28587142>. Acesso em: 15 set. 2020.

FRANCISCO, L.F.V, CRISPIM, B. DO A., SPÓSITO, J.C.V, SOLÓRZANO, J. C. J. MARAN, N. H. KUMMROW, F. NASCIMENTO, V. A. DO. MONTAGNER, C. C. OLIVEIRA, K. M. P. DE. BARUFATTI, A. Metais e contaminantes emergentes em águas subterrâneas e avaliação de risco para a saúde humana. **Environmental Science and Pollution Research**, n. 26, p. 24581–24594. 2019. Disponível em: <https://doi-org.ez314.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11356-019-05662-5>. Acesso em: 20 mar. 2021.

FRTR. Federal Remediation Technologies Roundtable. **Monitored Natural Attenuation**. 2020. Disponível em: <https://frtr.gov/matrix/Monitored-Natural-Attenuation/>. Acesso em: Acesso em 22 nov. 2020.

FRTR. Federal Remediation Technologies Roundtable. **Electrokinetic-Enhanced Remediation**. 2020. Disponível em: <https://frtr.gov/matrix/Electrokinetic-Enhanced-Remediation/>. Acesso em: Acesso em 20 mai. 2021.

GEBLER, L.; PIZZUTTI, I. R.; DAL MAGRO, T.; SANTOS, R. S. S. dos; CARDOSO, C. D.; KLAUBERG FILHO, O. **Sistema Biobed Brasil: tecnologia para disposição final de efluentes contaminados com agrotóxicos originados a produção de frutas de clima temperado**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2015. 56 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1022922>. Acesso em: 01 mar. 2021.

GIROTTTO, E. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em plantas cultivadas em solos com acúmulo de cobre e zinco**. 2010. 147 p. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/3321>. Acesso em: 10 set. 2020.

GOOGLE EARTH. **Bento Gonçalves**. 2010. Imagem de satélite. Maxar Technologies.

GOOGLE EARTH. **Bento Gonçalves**. 2013. Imagem de satélite. Maxar Technologies.

GOOGLE EARTH. **Bento Gonçalves**. 2020a. Imagem de satélite. Maxar Technologies.

GOOGLE EARTH. **Bento Gonçalves**. 2020b. Perfil de Elevação.

HANSDA, A.; KUMAR, V.; ANSHUMALI. A. comparative review towards potential of microbial cells for heavy metal removal with emphasis on biosorption and bioaccumulation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.32, p. 170. 2016. Disponível em: <https://doi-org.ez314.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11274-016-2117-1>. Acesso em: 21 set. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Solos do Rio Grande do Sul**. 2002. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>. Acesso em: 23 out. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia.. **Dados Meteorológicos**: Estação A840. 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 21 out. 2020.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Panorama GAC: mapeamento da cadeia de gerenciamento de áreas contaminadas**. Org. Teixeira, C. E., Motta, F. G., Moraes. S. L. 1 ed. São Paulo, SP: IPT, 2016. Disponível em: [https://www.ipt.br/centros\\_tecnologicos/CTGeo/livros/60-panorama\\_do\\_setor\\_de\\_gerenciamento\\_de\\_areas\\_contaminadas\\_no\\_brasil.htm](https://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CTGeo/livros/60-panorama_do_setor_de_gerenciamento_de_areas_contaminadas_no_brasil.htm). Acesso em: 24 mar. 2021.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. 3ª ed. São Paulo: Secretaria do Estado de Meio Ambiente, 2012, 104 p.

JARDIM, I. C. S. F.; ANDRADE, J. de A.; QUEIROZ, S. C. do N. de. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - Um enfoque às maçãs. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 996-1012, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422009000400031&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000400031&lng=en&nrm=iso). Acesso em 13 set. 2020.

KEIBLINGER, K. M.; SCHNEIDER, M.; GORFER M.; PAUMANN, M.; DELTEDESCO, E.; HARALD, B.; JÖCHLINGER, L.; MENTLER, AXEL.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S., SOJA, G., ZEHETNER, F. Assessment of Cu applications in two contrasting soils effects on soil microbial activity and the fungal community structure. **Ecotoxicology**, v. 27, n. 2, p. 217-233. 2018. Disponível em: <https://link-springer-com.ez314.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10646-017-1888-y>. Acesso em: 29 set. 2020.

LA TORRE, A. IOVINO, V. CARADONIA, F. Copper in plant protection: current situation and prospects. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 57, n. 2, p. 201-236, set. 2018. Disponível: <https://oajournals.fupress.net/index.php/pm/article/view/5762>. Acesso em: 21 abr. 2021.

LEO, P.; ALLI, R. DE C. P.; L. D. DO C.; SILVA, E. S. DA; MATSUBARA, R. M. S.; RODRIGUES, M. F. DE A. Processos biológicos: biorremediação. *In*: MORAES, S. L.; TEIXEIRA, C. E. MAXIMIANO, A.M. (Org). **Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas**. 1. ed. rev. São Paulo: IPT: BNDES, 2014. 398 p.

LESSA, A. C. da R.; PAREDES, D. da SILVA.; Poluição do Solo. *In*: SANTOS, M. A. (Org). **Poluição do Meio Ambiente**. 1ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017, 143 p.

LIMA, L. M., SOUZA. E. L. de; FIGUEIREDO, R. de O. Retenção do dimetoato e sua relação com pH e teores de argila e matéria orgânica nos sedimentos da zona não saturada de uma microbacia no nordeste paraense. **Acta Amazônica**, v. 37, n.

2, p. 187-194, 2007. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/pdf/aa/v37n2/v37n2a03.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2021.

LU, S.G.; BAI, S.Q. Contamination and potential mobility assessment of heavy metals in urban soils of Hangzhou, China: relationship with different land uses. **Environ Earth Science**, v. 60, p.1481–1490, set. 2010. Disponível em:  
<https://link-springer-com.ez314.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s12665-009-0283-2#author-information>. Acesso em: 29 set. 2020.

LUCCHESI, G. **Agrotóxicos: construção da legislação**. Brasília, DF: Consultoria Legislativa/Câmara dos Deputados, 2005. Disponível em:  
[https://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/2227/agrotoxicos\\_construcao\\_lucchese.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=11.,meio%20ambiente%20e%20da%20agricultura](https://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/2227/agrotoxicos_construcao_lucchese.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=11.,meio%20ambiente%20e%20da%20agricultura). Acesso em: 23 abr. 2021.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. de. **Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul**: relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005. Escala 1:750.000. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/5249?show=full>. Acesso em: 23 out. 2020.

MAGALÃES, M. J.; SEQUEIRA, E. M.; LUCAS, M. D. Copper and zinc in vineyards of Central Portugal. **Water Air Soil Pollut**, v. 26, p. 1–17. 1985. Disponível em:  
<https://link-springer-com.ez314.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/BF00299485#citeas>. Acesso em: 27 set. 2020.

MANDELLI, F.; MIELE, A.; TONIETTO, J. Uva em clima temperado. *In*: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. 1. ed. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 503-515. Disponível em:  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/575090>. Acesso em: 20 set. 2020.

MANTOVANI, A. Composição química de solos contaminados por cobre : formas, sorção e efeito no desenvolvimento de espécies vegetais. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/17085>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MARQUES, M.; AGUIAR, C. R. C.; SILVA, J. J. L. S. da. Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 1-11, fev. 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832011000100001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000100001&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 27 set. 2020.

MAXIMIANO, A. M.; MORAES, S. L.; TEIXEIRA, C. E. Etapas do gerenciamento de áreas contaminadas – GAC. *In*: MORAES, S. L.; TEIXEIRA, C. E. MAXIMIANO, A.M. (Org). **Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas**. 1. ed. rev. São Paulo: IPT: BNDES, 2014. 398 p.

MELLIS, E. V.; CRUZ, M. C. P. da; CASAGRANDE, J. C. Nickel adsorption by soils in relation to pH, organic matter, and iron oxides. **Scientia Agricola** [online],

Piracicaba, v.61, n.2, p.190-195. 2004. Disponível em:  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162004000200011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162004000200011&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 20 abr. 2021.

MELLO, L. M. R. de; MACHADO, C. A. E. **Cadastro vitícola do Rio Grande do Sul: 2013 a 2015**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em:  
<https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/cadastro-viticola>. Acesso em: 07 Set. 2020.

MELLO, L. M. R. Vitivinicultura brasileira: panorama 2016. *In: Comunicado Técnico*, n. 199. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2017. Disponível em:  
<https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1086551/vitivinicultura-brasileira-panorama-2016>. Acesso em: 07 set. 2020.

MENZEL, D. B; DEAL, D. L.; TAYYEB, M. I.; WOLPERT, R. L.; BOGER, J. R.; SHOAF, C. R.; SANDY, J. WILKINSON, K. FRANCOVITCH, R. J. Pharmacokinetic modeling of the lung burden from repeated inhalation of nickel aerosol. **Toxicology Letters**, v. 38, n. 1–2, p. 33-43, sep. 1987. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378427487901081>. Acesso em: 16 fev. 2021.

MESTRINHO, S. S. P. Fundamentos de Hidroquímica. *In: Recursos Hídricos: conceptos básicos y estudios de caso em Iberoamérica*. 2 ed. Montevideo: Piriguazú Ed. 2006.

MONCRIEFF, J.E.; BENTLEY, L.R.; PALMA, H.C.; Investigating pesticide transport in the León-Chinandega aquifer, Nicaragua. **Hydrogeology Journal**, n. 16, p. 183-197. 2008. Disponível em: <https://doi-org.ez314.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10040-007-0229-2>. Acesso em: 11 set. 2020.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 11, 42 p. 1961. Disponível em:  
<https://revistas.fee.tche.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/3236>. Acesso em: 22 out. 2020.

MULLIGAN, C. N.; YONG, R. N. GIBBS, B. F. Remediation Technologies for metal-contaminated soils and groundwater: na evaluation. **Engineering Geology**, Amsterdam, v. 60, p.193-207. 2001. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013795200001010>. Acesso em: 10 set. 2020.

NAVES, R. de L.; TESSMANN, D. J.; GARRIDO, L. da R.; SÔNEGO, O. R. Doenças e seu controle. **Sistema de Produção Embrapa**, Bento Gonçalves, v. 10, dez. 2005. Disponível em:  
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/MesaNorteParana/doencas.htm>. Acesso em: 13 set. 2020.

PANTANO, S. C. **Avaliação de sistemas de poda e adubação orgânica, para renovação da videira ‘Benitaka’ em Jales-SP**. 2005. 61 f. Tese (Doutorado em

Agronomia) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2005. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/103235/pantano\\_sc\\_dr\\_botfca.pdf;jsessionid=4020AF4C1201624E5B3741B91372FED8?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/103235/pantano_sc_dr_botfca.pdf;jsessionid=4020AF4C1201624E5B3741B91372FED8?sequence=1). Acesso em: 02 maio. 2021.

PÉREZ, O. C. **Atenuación natural de suelos contaminados con residuos tóxicos de origen minero**. 2006. 35 p. Relatório – Facultad de Biología, Universidad de La Habana. Cuba, 2006. Disponível: [http://webs.ucm.es/info/biohidro/Coto\\_Orquidea.pdf](http://webs.ucm.es/info/biohidro/Coto_Orquidea.pdf). Acesso em: 23 out. 2020.

PIEROZAN, V. L. A produção de uva orgânica no estado do Rio Grande do Sul: as experiências dos viticultores de Cotiporã, RS. **Revista Geonorte**, v.10, n.36, p.17-35, 2019. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/6414>. Acesso em: 15 abr. 2021.

PIVETA, M. N. **A internacionalização do setor vitivinícola no Rio Grande do Sul: uma análise sob a lente teórica da visão baseada em recursos**. 2018. 147 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/16058>. Acesso em: 13 set. 2020.

POPP, J. H. **Geologia Geral**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 331 p.

REGINATO, P. A. R. **Integração de dados geológicos para prospecção de aquíferos fraturados em trecho da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS)**. 2003. 254p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/117392/000402125.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 set. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Portaria FEPAM nº 85, de 5 de setembro de 2014**. Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: FEPAM, [2014]. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/Portaria085-2014.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 15.434, de 9 de janeiro de 2020**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: Palácio Piratini, [2020a]. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/upload/arquivos//codigo-ambiental.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul: Clima, temperatura e precipitação**. 5. ed. Porto Alegre: Secretaria do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2020b. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>. Acesso em: 23 out. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Diretriz Técnica FEPAM nº 003, de 5 de fevereiro de 2021.** Licenciamento ambiental de áreas suspeitas, com potencial de contaminação ou contaminadas ou de áreas degradadas pela disposição irregular de resíduos sólidos. Porto Alegre, RS: 2021a. Disponível em: [http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/diretriz\\_areas%20contaminadas.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/diretriz_areas%20contaminadas.pdf). Acesso em 07 mar. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Diretriz Técnica FEPAM nº 004, de 26 de fevereiro de 2021.** Monitoramento da água subterrânea. Porto Alegre, RS: 2021b. Disponível em: [http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/DIRET\\_TEC\\_04\\_2021.PDF](http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/DIRET_TEC_04_2021.PDF). Acesso em 07 mar. 2021.

RITSCHER, P. S.; MAIA, J. D. G.; PROTAS, J. F. da S.; GUERRA, C. C.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. dos S. A viticultura e a agroindústria de suco de uvas americanas em um mercado em crescimento. **Territoires du Vin** [online], v. 9, p. 1-9, set. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1103070/a-viticultura-e-a-agroindustria-de-suco-de-uvas-americanas-em-um-mercado-em-crescimento>. Acesso em 20 mar. 2021.

RODAK, B. W. **Níquel em solos e na cultura de soja.** 2014. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Do Solo) – Universidade Federal Do Paraná. Curitiba, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35135>. Acesso em: 01 maio 2021.

ROMEIRO, A. D. O agronegócio será ecológico. *In*: BUAINAIN, A.M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J.M. E NAVARRO, Z (Org). **O mundo rural no Brasil do século 21: A formação de um novo padrão agrário e agrícola.** Brasília/DF, Embrapa/Instituto de Economia da Unicamp, 2014. 1182 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/994073/o-mundo-rural-no-brasil-do-seculo-21-a-formacao-de-um-novo-padrao-agrario-e-agricola>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

RUSSO, V.; STREVER, A. E.; PONSTEIN, H. J. Exploring sustainability potentials in vineyards through LCA? Evidence from farming practices in South Africa. **The International Journal of Life Cycle Assessment.** 2021. <https://doi-org.ez314.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11367-021-01911-3>. Acesso em 5 jun. 2021.

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. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em 21 out. 2020.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas.** 2.ed. São Paulo, SP: CETESB, 2001. 389



p. Disponível em:

<http://200.144.0.248/DOWNLOAD/CERTIFICADOS/AC2019/Manual%20Cetesb%20Completo.pdf>. Acesso em: 23 set. 2020.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Planilhas para avaliação de risco em áreas contaminadas sob investigação – atualização de 2013**. 2014. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/planilhas-para-avaliacao-de-risco/8-planilhas>. Acesso em: 10 de abr. de 2021.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria nº 038/2017/C, de 07 fevereiro de 2017**. Dispõe sobre a aprovação do “Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas”, da revisão do “Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas” e estabelece “Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental”, [...], e dá outras providências. Diário Oficial [do] Estado de São Paulo: Caderno Executivo I, Seção I, n. 127 (28), p. 47-52, 10 fev. 2017. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>. Disponível: 24 mar.2021.

SARTORI, V. C.; VENTURIN, L. **Tecnologias alternativas para fortalecimento da agricultura familiar na Serra Gaúcha**. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2016. 112p. Disponível em:

[https://www.uces.br/site/midia/arquivos/Tecnologia\\_alternativa\\_agr\\_familiar\\_8\\_2016.pdf](https://www.uces.br/site/midia/arquivos/Tecnologia_alternativa_agr_familiar_8_2016.pdf). Acesso em: 16 fev. 2021.

SCOPEL, R. M.; TEIXEIRA, E. C.; BINOTTO, R. B. Caracterização Hidrogeoquímica de Água Subterrânea em Área de Influência de Futuras Instalações de Usinas Hidrelétricas - Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas/RS, Brasil. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 383-392. 2005. Disponível em:

[http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=3071](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3071). Acesso em 19 abr. 2021.

SEBRAE. **Perfil das Cidades Gaúchas**. 2019. Disponível em:

[https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil\\_Cidades\\_Gauchas-Bento\\_Goncalves.pdf](https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Bento_Goncalves.pdf). Acesso em: 28 de novembro de 2020.

SENAR. **SENAR-RS lança programa Deriva Zero**. 2018. Disponível em:

[http://www.senar-rs.com.br/saladeimprensa/noticias/senarrs\\_lanca\\_programa\\_deriva\\_zero/949](http://www.senar-rs.com.br/saladeimprensa/noticias/senarrs_lanca_programa_deriva_zero/949). Acesso em: 03 abri. 2021.

SILVA, L. F de M. **De celeiro a cenário – Viticultura e turismo na Serra Gaúcha**. 2008. 145 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-15122008-112629/pt-br.php>. Acesso em: 15 set. 2020.

SIMIONATO, L. R.; MENEGAT, D.; PERESIN, D.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação preliminar da presença de agrotóxicos na água subterrânea em um Município da Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul SVRH\_PQ2. *In: XXVII Encontros*

**de Jovens Pesquisadores**, Caxias do Sul, 2020. Disponível em: [http://jovenspesquisadores.com.br/uploads/posteres/1/ok-poster-jovens-pesquisadores-2020-ok\\_0\\_34\\_20.pdf](http://jovenspesquisadores.com.br/uploads/posteres/1/ok-poster-jovens-pesquisadores-2020-ok_0_34_20.pdf). Acesso em: 16 fev. 2021.

SIMÕES, B. F.; MAZUR, N.; CORRÊIA, M. E. F.; NIEMEYER, J. C.; MATOS, T. S. Teste de ecotoxicidade como auxiliar na determinação dos valores-guia do cobre em solos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, n. 6, maio. 2020. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782020000600251&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782020000600251&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 26 set. 2020.

SKORDAS, K.; KELEPERTSIS, A. Contaminação do solo por metais tóxicos na região cultivada de Agia, Tessália, Grécia. Identificação de fontes de contaminação. **Environmental Geology**, v.48, p.615–624, jul. 2005. Disponível em: <https://link-springer-com.ez314.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s00254-005-1319-x#author-information>. Acesso em: 29 set. 2020.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 131-143, mar. 2007. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232007000100016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232007000100016&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 29 set. 2020.

SOUZA, A. de.; MEDEIROS, A. dos R.; SOUZA, A. C. de.; WINK, M.; SIQUEIRA, I. R.; FERREIRA, M. B. C.; FERNANDE, S. L.; HIDALGO, M. P. L.; TORRES, I. L. da S. Avaliação do impacto da exposição a agrotóxicos sobre a saúde de população rural: Vale do Taquari (RS, Brasil). **Ciência Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 8, p. 3519-3528, ago. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232011000900020&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232011000900020&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 15 fev. 2021.

SPADOTTO, C. A. SCORZA JUNIOR, R. P. DORES, E. F. G. de C. GEBLER, L. MORAES, D. A. de C. **Fundamentos e aplicações da modelagem ambiental de agrotóxicos Campinas**. São Paulo: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/882588>. Acesso em: 12 set. 2020.

STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-21, jan. 2011. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/2016>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

SUMI, E. M. **Remediação Eletrocínética – Novas Técnicas**. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-22082017-090649/publico/EMS\\_TESE\\_Corrigida.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-22082017-090649/publico/EMS_TESE_Corrigida.pdf). Acesso em: 19 maio 2021.

SUN, B.; ZHAO, F.J.; LOMBI, E.; McGRATH, S. P. Leaching of Heavy Metals from Contaminated Soils Using EDTA. **Environmental Pollution**. v. 113, n. 2, p. 111-120, jul. 2001. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/periodicos/capes.gov.br/science/article/pii/S026974910001767?via%3Dihub>. Acesso em: 25 abr. 2020.

TAVARES, S. R. de L. **Remediação de solos e águas contaminadas por metais pesados: Conceitos básicos e fundamentos**. Rio de Janeiro, RJ: 2013 147p.

Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/983650/1/Cap1LivroCASilvioTavares.pdf>. Acesso em: 25 set. 2020.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T.R.; TOLEDO, M. C. M. de; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 624 p.

TIECHER, T. L. **Cobre e zinco no solo: crescimento e parâmetros fisiológicos em videiras jovens e aveia preta**. 2017. 133 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/13553>. Acesso em: 13 set. 2020.

TIECHER, T. L.; LOURENZI, C. R.; CERETTA, C. A.; DE CONTI, L.; GIROTTO, E.; SORIANI, H. H.; BRUNETTO, G. Principais doenças da videira e contaminação de solos de vinhedos com cobre e zinco. *In*: TIECHER, T. (Org). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água**. Frederico Westphalen/ RS: URI – Frederico Westphalen, 2017. 181 p. Disponível em: <http://www.fw.uri.br/NewArquivos/publicacoes/publicacoesarquivos/254.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: a posição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. *In*: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 1999, Bento Gonçalves. **Anais[...]**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999. p. 75-90.

TOURNEUX, P.; MAYHOUB, F.; HARAUX, E.; DEGUINES, C.; BERTON, T.; LESTREMEAU, F.; GONDRIY, J.; BACH, V.; CHARDON, K. Cohorte MecExpo : utilisation du méconium pour estimer l'exposition in utero aux pesticides des nouveau-nés en Picardie. **Revue de médecine périnatale**. v. 6, p. 122–133. 2014. Disponível em: [https://link.springer-com.ez314.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s12611-014-0277-5](https://link.springer.com/periodicos/capes.gov.br/article/10.1007/s12611-014-0277-5). Acesso em: 15 set. 2020.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils**. 1996. Disponível em: <https://www.epa.gov/esam/epa-method-3050b-acid-digestion-sediments-sludges-and-soils>. Acesso em: 15 nov. 2020.

USEPA. Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites. **Ground Water Issue**, fev. 2001a. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa\\_540\\_s01\\_500.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa_540_s01_500.pdf). Acesso em: 22 nov. 2020.

USEPA. **Method 200.7:** Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry. 2001b. Disponível em: <https://www.epa.gov/esam/method-2007-determination-metals-and-trace-elements-water-and-wastes-inductively-coupled-plasma>. Acesso em: 15 nov. 2020.

USEPA. **Engineering controls on brownfields information guide: how they work with institutional controls; the most common types used; and an introduction to costs.** Washington, D.C.: USEPA, 2010. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/ec\\_information\\_guide.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/ec_information_guide.pdf). Acesso em: 30 abr.2021

USEPA. **A Citizen's Guide to Phytoremediation.** 2012a. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/a\\_citizens\\_guide\\_to\\_phytoremediation.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/a_citizens_guide_to_phytoremediation.pdf). Acesso em: 30 abr. 2021.

USEPA. **A Citizen's Guide to Thermal Desorption.** 2012b. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/a\\_citizens\\_guide\\_to\\_thermal\\_desorption.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/a_citizens_guide_to_thermal_desorption.pdf). Acesso em: 22 nov. 2020.

USEPA. **A Citizen's Guide to Solidification and Stabilization.** 2012c. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/a\\_citizens\\_guide\\_to\\_solidification\\_and\\_stabilization.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/a_citizens_guide_to_solidification_and_stabilization.pdf). Acesso em: 10 abr. 2020.

USEPA. **Chromium Compounds.** 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/chromium-compounds.pdf>. Acesso em: 12 maio 2021.

USEPA. **Superfund Remedy Report 16<sup>o</sup> ed.** 2017. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-07/documents/100002509.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

USEPA. **Brownfields.** 2020a. Disponível em: <https://www.epa.gov/brownfields/brownfields-and-public-health>. Acesso em: 22 nov. 2020.

USEPA. **Brownfields and Land Revitalization Program Impacts.** 2020b. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2021-01/documents/brownfields\\_and\\_land\\_revitalization\\_program\\_impacts\\_final-508\\_compliant.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2021-01/documents/brownfields_and_land_revitalization_program_impacts_final-508_compliant.pdf). Acesso em: 30.abr. 2021.

USEPA. **Electrokinetics: Electric Current Technologies.** 2021. Disponível em: [https://clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/Electrokinetics%3A\\_Electric\\_Current\\_Technologies/cat/Overview/](https://clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/Electrokinetics%3A_Electric_Current_Technologies/cat/Overview/). Acesso em: 20 maio 2021.

UVIBRA. **Agrotóxicos registrados para a cultura da videira**. 2018. Disponível em: [http://www.uvibra.com.br/pdf/2018-Agrotoxicos\\_Registrados\\_para\\_Cultura\\_Videira.pdf](http://www.uvibra.com.br/pdf/2018-Agrotoxicos_Registrados_para_Cultura_Videira.pdf). Acesso em: 13 set. 2020.

VASCONCELLOS, P. R. O.; RIZZOTTO, M. L. F.; OBREGÓN, P. L., ALONZO, H. G. A. Exposição a agrotóxicos na agricultura e doença de Parkinson em usuários de um serviço público de saúde do Paraná, Brasil. **Caderno Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 4, p. 567-578, dez. 2020. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-462X2020000400567&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-462X2020000400567&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 14 abr. 2021.

VELASCO, L. O. M. de; CAPANEMA, L. X. de L. O setor de agrotóxicos. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 24, p. 69-96, set. 2006. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1304>. Acesso em: 13 set. 2020.

WAGH, V. M.; PANASKAR, D. B.; MUKATE, S. V.; GAIKWAD, S. K.; MULEY, A. A.; VARADE, A. M. Health risk assessment of heavy metal contamination in groundwater of Kadava River Basin, Nashik, India. **Modeling Earth Systems and Environment**, n. 4, p. 969–980. 2018. Disponível em: <https://link-springer-com.ez314.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s40808-018-0496-z>. Acesso em: 02 mar. 2021.

WEBER, J. B.; MILLER, C. T. Organic chemical movement over and through soil. *In*: SAWHNEY, B. L.; PROWN, K. (eds.). **Reactions and Movement of Organic Chemicals in Soils**. SSSA Special Publication n°22, Madison, WI: Soil Science Society of America. 1989.

WILBUR, S.; ABADIN, H.; FAY, M.; YU, D.; TENCZA, B.; INGERMAN, L.; KLOTZBACH, J.; JAMES, S.; Toxicological Profile for Chromium. **Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US)**, sep. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24049864/>. Acesso em: 16 fev. 2021

WILDNER, W.; ORLANDI FILHO, V.; GIFFONI, L.E. Itaimbezinho e Fortaleza, RS e SC - Magníficos canyons esculpidos nas escarpas Aparados da Serra do planalto vulcânico da Bacia do Paraná. *In*: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S. (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 2006. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio050/sitio050.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2021.

WURZ, D.A.; MARCON FILHO, J. L.; DE BEM, B. P.; ALLEBRANDT, R.; OUTEMANE, M.; RUFATO, L. Panorama e perspectivas da comercialização de espumantes no Brasil. *In*: **II Simpósio Internacional em Inovação em Cadeias Produtivas do Agronegócio**. [2016]. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/IIsimposioinovacaoagronegocio/simposioinovacaoagronegocioucs/paper/viewFile/4597/1442>. Acesso em: 16 fev. 2021.

ZANCHETA, A. C. F.; ABREU, C. A. DE; ZAMBROSI, F. C. B.; ERISMANN, N. DE M.; LAGÔA, A. M. M. A.; Fitoextração de cobre por espécies de plantas cultivadas em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 737-744. 2011. Disponível

em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052011000400002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052011000400002&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 20 set. 2020.

ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 6, n. 12, p.79-100, jul. - dez. 2009. Disponível: <http://revista.domhelder.edu.br/index.php/veredas/article/view/21>. Acesso em: 15 set. 2020.