

Investigação confirmatória para desativação e encerramento de atividade industrial

Cecilia Balsamo Etchelar¹

RESUMO

O descomissionamento é um processo que pretende planejar toda a desativação de uma indústria desde a avaliação da contaminação da área até a triagem dos resíduos gerados. Este trabalho tem como objetivo avaliar a investigação confirmatória para desativação e encerramento de atividade industrial de fabricação de peças automotivas no município de Gravataí. Foram realizadas análises de solo e de água subterrânea, e a avaliação dos resíduos gerados com relação a destinação adequada dos mesmos. Para as análises de solo e de água subterrânea os resultados analíticos obtidos foram comparados com os valores de referência para uso industrial da Resolução CONAMA 420/2009, para alumínio, ferro, manganês e níquel. Os destinos dados aos resíduos gerados na desativação, se deram por empresas licenciadas desde o transporte até o destino final. A partir da investigação confirmatória executada não se fez necessária a execução de investigação detalhada. Assim, concluímos que no processo de encerramento de uma atividade industrial é de extrema importância levantamentos e estudos que estejam em pleno acordo com a legislação, pois através deles, é possível garantir a integridade ambiental e social do local a ser desativado, também assegurando possíveis usos futuros desta área.

Palavras-chave: Resíduos.contaminação.legislação.

RESUMEN

El descomissionamiento es un proceso que pretende planificar la desactivación completa de una industria, desde la evaluación de la contaminación de la zona hasta la clasificación de los residuos generados. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la investigación confirmatoria por desactivación y cierre de actividad industrial para la fabricación de piezas de automoción en la ciudad de Gravataí. Se realizaron análisis de suelos y aguas subterráneas y se evaluó los residuos generados en relación a su destino adecuado. Para el análisis de suelos y aguas subterráneas, los resultados analíticos obtenidos se compararon con los valores de referencia para uso industrial de la Resolución CONAMA 420/2009, para aluminio, hierro, manganeso y níquel. Los destinos dados a los residuos generados en la desactivación fueron dados por empresas licenciadas desde el transporte hasta el destino final. De la investigación confirmatoria realizada, no fue necesario realizar una investigación detallada. Así, concluimos que en el proceso de cierre de una actividad industrial son sumamente importantes las encuestas y estudios que estén en total concordancia con la legislación, pues a través de ella, podremos garantizar la integridad ambiental y social del lugar a desactivar, asegurando también los posibles usos futuros de esta zona.

Palavras clave: Residuos.contaminación.legislación

¹ Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: cecibalsamo@gmail.com <http://lattes.cnpq.br/8523210218744890>

1 INTRODUÇÃO

Segundo Sanchez (2001) o fechamento de indústrias tem se acelerado nos últimos anos, devido a mudanças estruturais na economia mundial. O fenômeno, antes restrito aos países de industrialização antiga, já atinge o Brasil. Uma indesejável consequência da desativação de indústrias e obras de engenharia são os terrenos contaminados, causando um verdadeiro passivo ambiental. Assim, o fechamento, desmontagem, demolição, desativação ou mesmo abandono são etapas que fazem parte do ciclo de vida de qualquer empreendimento industrial. Para Silva e colaboradores (2019) atividades potencialmente contaminadoras do meio ambiente necessitam de planejamento técnico-científico no momento da elaboração dos projetos com vistas ao licenciamento, bem como o monitoramento contínuo ao longo do desenvolvimento das etapas previstas.

A desativação das indústrias traz problemas de cunho social e econômico. Um dos efeitos mais visíveis deste processo de desindustrialização é a produção de imóveis disfuncionais em zonas urbanas, como terrenos e edifícios antes utilizados para atividades industriais que foram abandonados e degradados, carecendo de reordenamento para tornarem-se funcionais (PINTO; BRUNA, 2020). Muitas vezes, a reincorporação de imóveis degradados ao tecido urbano ocorria de forma precipitada, inadequada e potencialmente perigosa, sem qualquer preocupação quanto à existência de uma possível contaminação do solo, dos aquíferos ou das instalações, se reaproveitadas (HABERMANNI; GOUVEIA, 2014).

A preservação ambiental é hoje uma preocupação mundial. Com o passar do tempo foi conquistando espaço dentro de uma contínua e crescente pressão sobre os recursos naturais, no setor industrial não foi diferente, foram desenvolvidos procedimentos de contabilização do Passivo Ambiental, ao lado de normas técnicas e diretrizes que estabelecem rotinas para a desativação destes empreendimentos. Passivo Ambiental representa toda e qualquer obrigação destinadas única e exclusivamente a promover investimentos em prol de ações relacionadas a extinção ou amenização dos danos causados ao meio ambiente, inclusive percentual do lucro do exercício, com destinação compulsória, direcionado a investimentos na área ambiental (MALAFAIA, 2004).

Segundo a Constituição Federal do Brasil (1988), art. 225, todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e o dever de defendê-lo e protegê-lo para as presentes e futuras gerações. Como ferramentas na defesa deste direito, cita-se a Lei Federal 6.938 (1981) juntamente com o Decreto Federal 99.274 (1990) que definem e regulamentam a Política Nacional do Meio Ambiente, a qual obriga o poluidor a recuperar e/ou indenizar danos causados em virtude da contaminação do meio. Ainda, evidencia que são responsáveis legais e solidários pela remediação de uma área contaminada: o causador da contaminação e seus sucessores; o proprietário da área; o superficiário; o detentor da posse efetiva; e quem dela se beneficiar direta ou indiretamente.

Soma-se às legislações expostas, a Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que define as competências do Estado e do Município sobre a questão do parcelamento de solo, a qual proíbe - entre outras definições - o emprego de material nocivo no aterramento de terrenos, e o loteamento em áreas poluídas, até seu saneamento. O código do Estado do Rio Grande do Sul (2000) define aspectos de proteção contra a poluição e degradação do Meio Ambiente, responsabilidades aos poluidores e exige medidas preventivas e corretivas aos danos causados pela poluição. As notícias relacionadas à contaminação ambiental em imóveis vêm se

tornado cada vez mais comuns nas mídias, principalmente em função da reutilização de áreas industriais em detrimento da implantação de tipos diversos de empreendimentos. Estas áreas, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2001), podem ser consideradas como áreas passíveis de investigação acerca de seu potencial de abranger e disseminar contaminantes nas matrizes solo e água subterrânea que apresentem risco à saúde humana e meio ambiente. Solos e águas subterrâneas contaminadas podem ser conceituados como locais que apresentam processos, de origem natural ou antrópica, caracterizados pela presença de substâncias químicas em concentrações capazes de causar agravos à saúde humana e ao meio ambiente (MANFRON; THOME; CECCHIM, 2020).

Segundo a resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009 estabelece no capítulo IV das diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas:

Art. 23. Para o gerenciamento de áreas contaminadas, o órgão ambiental competente deverá instituir procedimentos e ações de investigação e de gestão.

I - Identificação: etapa em que serão identificadas áreas suspeitas de contaminação com base em avaliação preliminar, e, para aquelas em que houver indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória, as expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

Art. 24. Será considerada Área Suspeita de Contaminação – AS, pelo órgão ambiental competente, aquela em que, após a realização de uma avaliação preliminar, forem observados indícios da presença de contaminação ou identificadas condições que possam representar perigo.

Parágrafo único. Quando a concentração de uma substância for reconhecida pelo órgão ambiental competente como de ocorrência natural, a área não será considerada contaminada sob investigação, entretanto será necessária à implementação de ações específicas de proteção à saúde humana pelo poder público competente. (CONAMA, 2009, n/p.).

Os principais procedimentos e ações de investigação e de gestão de uma provável área contaminada, devem seguir as seguintes etapas, segundo a Resolução CONAMA 420/2009 (BRASIL, 2009): identificação, que compreende a avaliação preliminar e a investigação confirmatória; diagnóstico, que inclui a investigação detalhada e análise de risco com intuito de subsidiar a etapa de intervenção; e intervenção, cuja finalidade é executar ações de controle para a eliminação do passivo ou redução a níveis toleráveis dos riscos, bem como o monitoramento da eficácia das ações executadas, considerando o uso atual e futuro da área.

Já a Investigação Confirmatória se dá através da ABNT NBR 15.515-2, onde o principal objetivo desta etapa é confirmar a existência ou ausência de contaminação de solo e água subterrânea na área através da coleta de amostras e análises laboratoriais, realizadas a partir de sondagens de solo e instalações de poços de monitoramento.

A Portaria Nº 116/2015, emitida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), estabelece o procedimento administrativo para a emissão do termo de encerramento – TE, do qual segue:

Art. 1º instituir o procedimento para a emissão do termo de encerramento - TE, ato administrativo no qual o órgão ambiental atesta a inexistência de passivo ambiental que represente risco ao ambiente ou à saúde da população, quando do encerramento de determinado empreendimento ou atividade, após constatado o resgate das obrigações ambientais do empreendimento por parte do empreendedor.

Art. 2º o termo de encerramento - TE, deverá ser solicitado pelo empreendedor que possui empreendimento com licença de operação - LO, em vigor ou vencida (FEPAM, 2015, n/p.).

Para Oneto (2011) locais contaminados tornam-se inviáveis para utilização, pois prejudicam a saúde pública e transmitem materiais perigosos ao meio ambiente. O descomissionamento é, portanto, um método que propõe agregar a desativação e a limpeza desses locais através de um plano completo, que inclui desde a pesquisa sobre o histórico da área e possíveis pontos de toxicidade até a retirada e disposição final de resíduos, perigosos ou não.

O descomissionamento, evita riscos à saúde pública, e uma triagem dos resíduos gerados, perigosos ou não, proporcionando a sua disposição correta ou inclusive reutilização quando possível. O descomissionamento deve ser elaborado através de um plano que vai desde o reconhecimento da área até a sua liberação para outros usos (ONETO, 2011). Ainda o processo de remediação de áreas contaminadas pode ser complexo, demorado e custoso e pode culminar em danos irreparáveis, dessa forma, é primordial a adoção de ações de prevenção e monitoramento das atividades e equipamentos que possam ser fontes de contaminação, a fim de evitar a poluição por essas substâncias potencialmente tóxicas (CARNEIRO *et al.*, 2020).

Segundo a Norma Técnica da ABNT - NBR 10004 – Resíduos Sólidos, classifica os resíduos de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas e seu grau de periculosidade à saúde humana e ao ambiente. Ficam inclusos nesta norma os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água ou exijam para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A classificação é um processo que envolve a identificação da atividade que deu origem ao resíduo, onde os resíduos perigosos são classificados como resíduos classe I e os resíduos não perigosos são classificados como classe II, esses são subdivididos em classe II A, que são os resíduos não inertes e classe II B, que são os resíduos inertes. A classificação dos resíduos sólidos gerados em uma determinada atividade é o primeiro passo para estruturar um plano de gestão adequado. A partir da classificação dos resíduos, são definidas as etapas de manejo, coleta, transporte, e destinação final.

Este trabalho tem como objetivo geral a avaliação da investigação confirmatória para desativação e encerramento de atividade industrial destinada a fabricação de peças/acessórios automotivos, localizada no município de Gravataí, RS. E os objetivos específicos: Análises de solo e de água subterrânea e a avaliação dos resíduos gerados pela empresa com relação a destinação adequada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho realizou a etapa de investigação confirmatória e o relatório de desativação da atividade em uma empresa que fabricava peças e acessórios para a indústria automotiva, tais como, atividades de montagens de assentos de armação de metal e cadeado, apoios para a cabeça, barras de viseira, componentes de reforço de metal complementares, além de painéis de instrumentos e substratos de console. A empresa contava com 240 funcionários, localizava-se em Gravataí – Rio Grande do Sul e encerrou suas atividades depois de 19 anos no município em janeiro de 2020.

Na área da empresa foi realizada a investigação ambiental confirmatória em solo e água subterrânea pela empresa Fronteira Geologia e Meio Ambiente Ltda. Os trabalhos de investigação consideraram o preconizado na NBR 15.515-2: Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea e investigação Confirmatória (ABNT, 2011).

Já o relatório de desativação da atividade foi realizado pela empresa Ekobio Consultoria Ambiental. Neste estudo realizou-se um levantamento sobre a destinação dos maquinários, móveis, estoques e todos os resíduos gerados na desativação da indústria. A Licença de Operação (LO) da indústria desativada era concedida pelo órgão ambiental estadual (FEPAM).

2.1 ANÁLISES DE SOLO E DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

As sondagens foram realizadas com o auxílio de perfuratriz hidráulica com broca helicoidal no diâmetro de 6", como método direto para acesso ao substrato (Figura 1). Durante a perfuração e amostragens se realizou a caracterização da geologia local ao longo dos perfis de sondagem e amostragem de alíquotas de solo para análise.

Figura 1 - Serviços de sondagem.



Fonte: Fronteira Geologia e Meio Ambiente Ltda (2019).

As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório Merieux Nutrisciences localizado em Canoas/RS. As análises comparativas entre os resultados analíticos de solo e água subterrânea foram comparados com os valores de investigação (VI) constantes no Anexo II da Resolução CONAMA 420/2009. De acordo com a CONAMA 420/2009, valores acima de VI declaram uma área como contaminada e uma investigação detalhada passa a ser exigida. Tanto para solo como para água os parâmetros físico-químicos analisados foram para os compostos alumínio, ferro, manganês e níquel.

Foram executadas um total de 11 sondagens, nos quais realizou-se a coleta de 11 amostras de solo, que foram identificadas com nomenclaturas em ordem crescente de ST-01 a ST-11, considerando para efeitos de análise a ST-01 como sendo o ponto branco da área.

A determinação da profundidade de coleta foi realizada respeitando a seguinte ordem: evidência visual ou odor de contaminantes, na ausência destes, realizou-se a coleta em horizonte com menor fração granulométrica (horizonte argiloso), visto a tendência de eventuais contaminantes presentes na área de estudos permanecerem adsorvidos nesse horizonte.

A instalação dos poços de monitoramento considerou o preconizado na NBR 15495- 1: Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares (ABNT, 2007). Os poços de monitoramento denominados PM-01, PM-02, PM-03 e PM-04 foram instalados utilizando-se a mesma perfuração desenvolvida para execução das sondagens ST03, ST-05, ST-06 e ST-07, respectivamente, sendo construídos em tubos de PVC.

Após a instalação, os poços (Figura 2) são desenvolvidos até atingir o mínimo de turbidez possível, visando assim remover o material sedimentar residual dos procedimentos de perfuração e propiciar a acomodação adequada do pré-filtro no espaço anular externo às tubulações instaladas. Esses procedimentos foram realizados de acordo com a NBR 15.495- 2.

Figura 2 - Configuração final dos poços de monitoramento.



Fonte: Fronteira Geologia e Meio Ambiente Ltda, (2019)

A coleta de amostras de água subterrânea procedentes dos poços de monitoramento foi realizada através do método de baixa vazão (*low flow*), de acordo com as condicionantes impostas pela ABNT 15.847 (2010). A metodologia de amostragem por baixa vazão foi adotada para garantir maior qualidade e minimizar ao máximo o efeito de turbulência na extração de água da formação geológica. Na aplicação deste método, garante-se equilíbrio entre entrada e saída de água no poço de monitoramento. Estabelece-se um regime de fluxo laminar sem provocar rebaixamento e turbulência. Nestas condições, uma vez realizada a purga do volume relativo ao poço e à extensão de mangueira, e estabilizados os parâmetros físico-químicos da amostra, garante-se que a água extraída seja corresponde à água da formação geológica em foco.

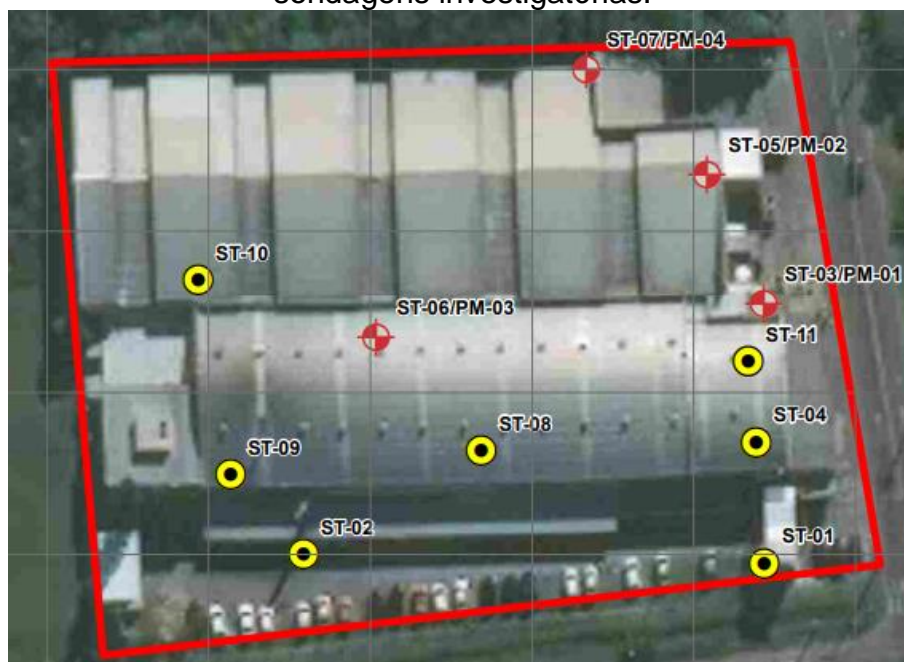
Para caracterizar o perfil pedológico realizou-se 11 sondagens com trado mecanizado em profundidades que variaram entre 0,6 m e 4,3 m, limitadas pela presença de horizonte impenetrável.

Do ponto de vista hidrogeológico, localmente predomina a Unidade Camadas Vermelhas, que está relacionada às formações geológicas mapeadas como Sanga do Cabral e Rio do Rasto, que abrangem características de aquitardo, porém com importância local na exploração de água subterrânea. A espessura atinge cerca de 250 m, com rendimentos extremamente baixos, de capacidades específicas de 30 m³/h e vazões entre 1,5 m³/h a 3,0 m³/h, porém obtidos com rebaixamentos consideráveis (CPRM, 2006).

A Figura 3 apresenta os locais onde foram instalados os poços de monitoramento e foram realizadas as sondagens investigatórias. A Figura 4 apresenta

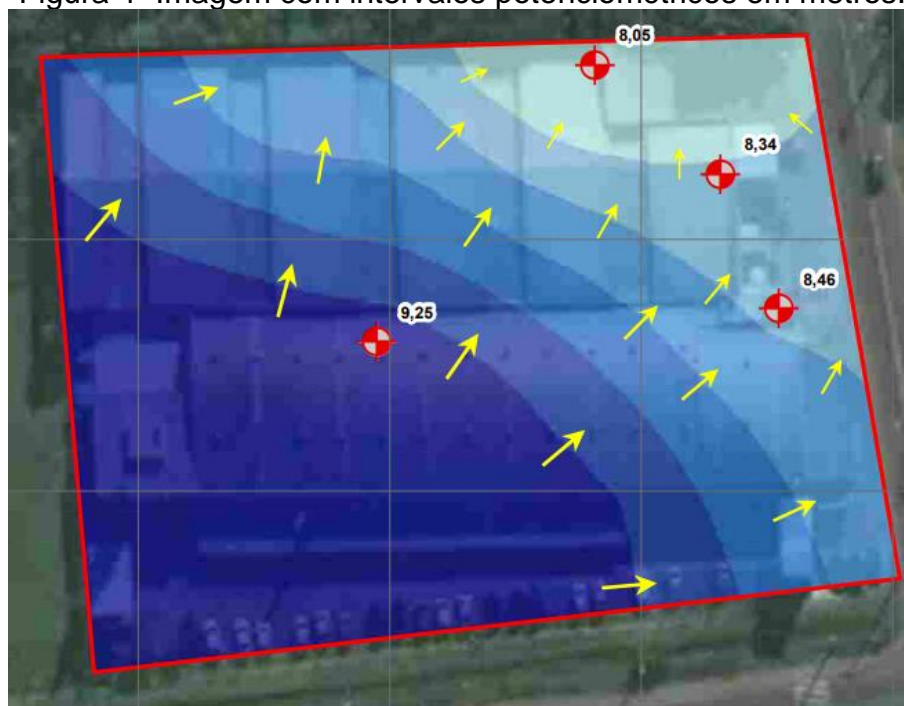
o fluxo potenciométrico na área da empresa desativada. O mapa potenciométrico é uma ferramenta que estuda o fluxo de água subterrânea e necessário para conhecer a cota da superfície do terreno e a medida do nível do aquífero em diversos pontos.

Figura 3 - Localização com a espacialização dos poços de monitoramento e as sondagens investigatórias.



Fonte: Fronteira Geologia, *Digital Globe* (Dezembro de 2019).

Figura 4- Imagem com intervalos potenciométricos em metros.

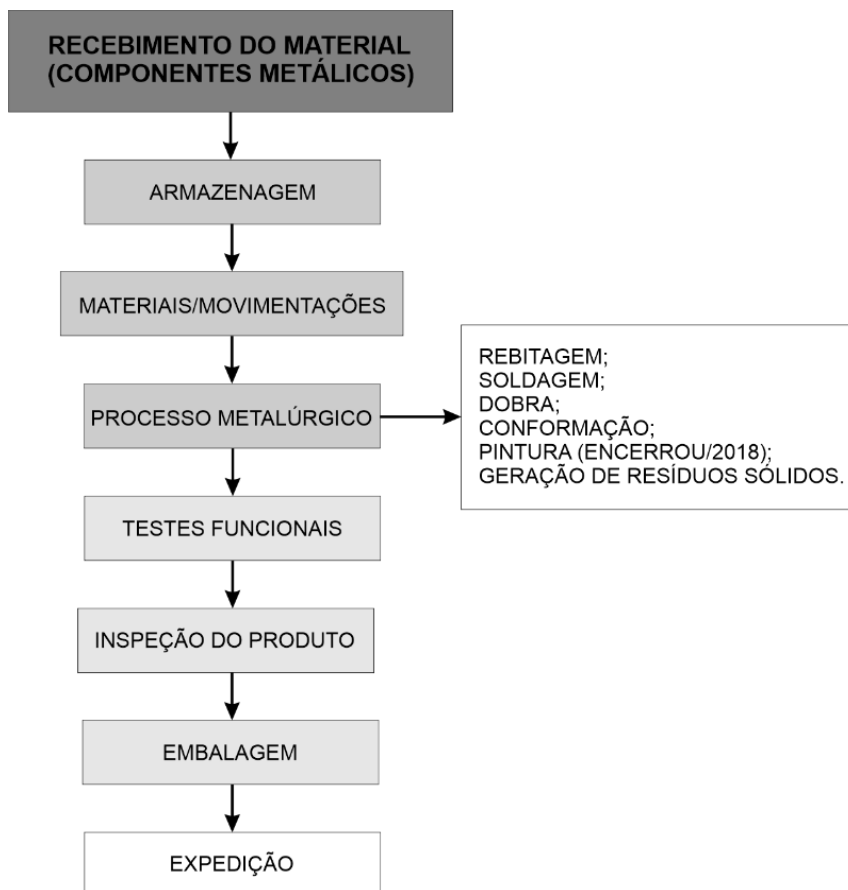


Fonte: Adaptado de Fronteira Geologia, *Digital Globe* (Dezembro de 2019).

2.2 RESÍDUOS E EQUIPAMENTOS

Para o levantamento de todo o resíduo gerado no descomissionamento, procuramos entender o processo produtivo da indústria que mantinha sete etapas: recebimento do material metálico, o armazenamento, o processo metalúrgico, a montagem do produto, o teste do produto, a embalagem e a expedição (Figura 5). A empresa continha quatro linhas de processo:

Figura 5 - Fluxograma da empresa.



Fonte: Adaptado de Ekobio (2019).

Consideramos os resíduos gerados na desativação da indústria, todo o resíduo registrado no Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) produzidos de outubro de 2019 até janeiro de 2021. Este período corresponde ao intervalo onde ocorreu o desmonte, transporte e destino final de todos os equipamentos e resíduos gerados no encerramento das atividades industriais.

Materiais que estavam armazenadas na indústria, como, os equipamentos, os maquinários, os insumos, o refeitório, as áreas administrativas, foram destinados para a matriz da indústria em São Paulo, onde empresas especializadas ficaram responsáveis pelo desmonte, transporte e destino final dos mesmos.

Importante salientar que não ocorreu demolição das estruturas do prédio como as paredes de concreto, piso, divisórias, portanto, não resultando na geração de resíduos da construção civil. Os resíduos gerados, provenientes das perdas ocorridas durante o processo de demolições, são responsáveis por aumentar ainda mais o impacto ambiental provocado por este setor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ANÁLISES DE SOLO E DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Os resultados analíticos obtidos foram comparados com os valores de referência para uso industrial do Anexo II da Resolução CONAMA 420/2009. Nas amostras de solo coletadas na área para os compostos de interesse investigados, foi identificada concentração acima dos valores de investigação para o parâmetro níquel na ST-08, localizada na área da máquina de solda do setor de produção dos bancos traseiros da indústria.

Considerando que todas as demais sondagens realizadas na área não apresentaram valores acima do padrão utilizado, pode-se concluir que a contaminação evidenciada na ST-08 possui caráter pontual e com concentrações ligeiramente acima dos limites (147 mg/kg, enquanto que o limite estabelecido é de 130 mg/kg).

A impermeabilização já existente na área, com pavimentação integral de cerca de 15 centímetros com posterior pintura com tinta impermeável, torna a contaminação pontual pelo composto níquel já isolada. Portanto, visto que os usos futuros da área devem continuar se destinando a instalação de indústria no pavilhão existente no local, não se vislumbra necessidade de detalhamento e/ou intervenção na área, uma vez que o contaminante já se encontra isolado e sem possibilidade de exposição aos seres humanos.

Também, observaram-se altas concentrações para os parâmetros alumínio e ferro, os quais não possuem limite máximo estabelecido para solo nas legislações vigentes. O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos para esses parâmetros.

Quadro 1 - Parâmetros com resultados analíticos de solo relevantes para investigação ambiental nas sondagens de ST- 01 a ST – 11.

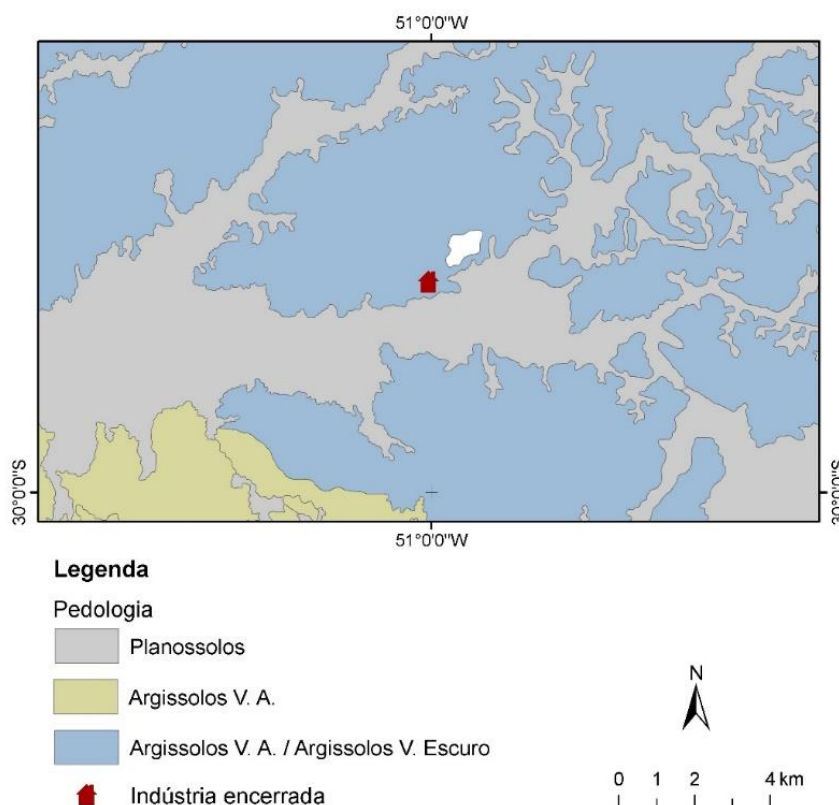
Parâmetros e sondagens	Unidade	Alumínio	Ferro	Manganês	Níquel
Valores orientadores CONAMA 420/2009	mg/kg	---	---	---	130
ST-01	mg/kg	9070	20600	100	14,2
ST-02	mg/kg	5790	34400	56,5	7,10
ST-03	mg/kg	10800	11400	14,3	3,5
ST-04	mg/kg	16500	23900	72,9	9,10
ST-05	mg/kg	15200	22500	50,2	2,50
ST-06	mg/kg	13900	32900	387	107
ST-07	mg/kg	16300	22300	58,7	2,80
ST-08	mg/kg	20000	48300	735	147
ST-09	mg/kg	11900	38200	264	70,4
ST-10	mg/kg	7640	8730	179	3,30
ST-11	mg/kg	8970	10600	65,0	3,00

Fonte: Fronteira Geologia (2019).

As concentrações evidenciadas para os parâmetros ferro e alumínio estão possivelmente relacionadas a composição do substrato geológico, que naturalmente possuem altos teores desses compostos. Na Figura 6, o mapa de solos onde se localiza a indústria desativada evidencia a presença de argissolos vermelho amarelo e argissolos vermelho escuro.

Regiões de solos do tipo argissolos, cambissolos e latossolos, bem como com a espessura do manto de alteração mais espessos apresentam horizonte B argiloso, com concentração de óxidos e hidróxidos de ferro (WINCK, 2015). Os Argissolos Amarelos apresentaram goethitas com alta substituição isomórfica de Fe por Al, condizente com o ambiente de forte intemperização (CORRÊA *et al.*, 2015).

Figura 6 - Mapa de solos onde se localiza a indústria.



Fonte: Dados de Pedologia do centro de Ecologia da UFRGS, elaborado pela Autora (2021).

Já a concentração observada para níquel na ST-08 pode eventualmente estar associada às atividades desenvolvidas na indústria, em razão de tipos de metais utilizados no processo produtivo, como também pode se relacionar as atividades preteritamente realizadas na área, visto que não existem estudos realizados no local anteriormente a instalação da empresa. A concentração dos níveis de níquel metálico pode ocorrer através de uma variedade de fontes, como as operações metalúrgicas, incluindo a fabricação de aço inoxidável, a produção de liga de níquel, e as operações de metalurgia (GONZAVEZ, 2016).

O níquel é um elemento que encontramos no ambiente apenas em concentrações muito baixas de forma natural, mas quando a sua concentração excede o máximo tolerável pode tornar-se perigoso, tanto para os humanos como para os animais. As principais fontes de contaminação por níquel no solo são as indústrias de galvanoplastia, combustão de combustíveis fósseis, mineração e galvanização de níquel (CARDOSO, 2020).

De maneira geral, uma vez que a concentração do constituinte no solo ultrapassa o limite máximo estabelecido em legislação vigente, a área é declarada como contaminada sob investigação e são necessários estudos de detalhamento da pluma de contaminação e medidas de intervenção na área estudada. Contudo, para o presente caso em estudo, considerou-se as demais informações dos pontos

amostrados na área. Uma delas se refere ao meio investigado (solo), onde o contaminante possui mobilidade quase nula, dadas as características de solo encontrado no local. Tem-se também a existência das sondagens ST-09, ST-06, ST-04 e ST-11 no entorno da ST-08, as quais não apresentaram concentrações acima do limite máximo estabelecido, bem como os resultados obtidos para as análises físico-químicas realizadas para água subterrânea, que também não apresentaram valores anômalos para níquel. Desta forma, considerando que todas as demais sondagens realizadas na área não apresentaram valores acima do padrão utilizado, pode-se concluir que a contaminação evidenciada na ST-08 possui caráter pontual e com concentrações ligeiramente acima dos limites (147 mg/kg, enquanto que o limite estabelecido é de 130 mg/kg).

Ainda, é necessário considerar a impermeabilização já existente na área, com pavimentação integral de cerca de 15 centímetros com posterior pintura com tinta impermeável, tornando a contaminação pontual pelo composto níquel já isolada.

Portanto, visto que os usos futuros da área devem continuar se destinando a instalação de indústria no pavilhão existente no local, não se entrevê necessidade de detalhamento e/ou intervenção na área, uma vez que o contaminante já se encontra isolado e sem possibilidade de exposição aos seres humanos. Por fim, durante a execução das sondagens também não foi verificado ao longo do perfil de solo a existência de resíduos, odor de produto ou fase livre residual deste.

A partir dos resultados analíticos obtidos nas amostras de água subterrânea coletadas na área para os compostos de interesse investigados, foram identificadas concentrações acima dos limites de investigação (VI) estabelecidos, os parâmetros ferro e manganês, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros com resultados analíticos de água subterrânea relevantes para investigação ambiental.

Parâmetros	Unidade	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	CONAMA 420/09
Alumínio	µg/L	72,4	3,0	71,4	790	3500
Ferro	µg/L	13,1	52200*	17900*	67700*	2450
Manganês	µg/L	106	2630*	3240*	3160*	400
Níquel	µg/L	1,8	4,3	4,1	6,6	20

Legenda: * valores acima do valor de investigação. Fonte. Fronteira Geologia (2019).

As concentrações detectadas para os parâmetros metálicos ferro e manganês recebem incrementos naturais a partir da constituição do solo por minerais ferro-magnesianos, estes lixiviados periodicamente partir destes solos para o aquífero, não configurando contaminação por estes compostos na área de interesse.

A presença de concentrações de alumínio, manganês e ferro em água de poço com valores acima do recomendado pode ser entendida como tendo origem natural. No entanto, pode estar sendo provocada por outras fontes de poluição, como a antropogênica em consequência da presença de lixões, valas negras e grande número de fossas na região, provenientes de atividades desenvolvidas no entorno da indústria como observamos na Figura 7, na qual observamos áreas residenciais, industriais e comerciais, o que evidencia uma área de utilização mista. A contaminação do lençol freático se dá pelo líquido que percola através do solo e que é proveniente tanto de lixões como do próprio esgoto in natura liberado pelas fossas e valas da região que ao entrar em contato com o lençol subterrâneo, podem alterar o pH do meio, mobilizando metais, os quais, contidos naturalmente no solo, passam para a forma dissolvida na água (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2011).

Figura 7- Imagem com as atividades desenvolvidas no entorno onde se localiza a indústria desativada.



Fonte: Dados elaborados a partir do *Google Earth Pró*, elaborado pela Autora (2021).

O manganês é o décimo segundo elemento mais abundante na crosta terrestre e encontra-se largamente distribuído em solos, sedimentos, rochas, água e materiais biológicos, estando atrás somente do alumínio, do ferro e do cobre. É importante, não somente para aplicações industriais, mas para o crescimento de plantas e em funções vitais dos animais (RAMOS, 2013).

Com base nos resultados obtidos das análises de água subterrânea para os compostos de interesse investigados, a área investigada requer ação de proteção à saúde humana. Desta forma, recomendamos que não se deve utilizar as águas subterrâneas para consumo, seja por trabalhadores ou para atividades futuras que venham a ser desenvolvidas na unidade, incluindo manutenção de jardins, lavagem de equipamentos ou quaisquer outras situações que possam causar contato com a pele ou eventual ingestão de água do aquífero.

3.2 RESÍDUOS E EQUIPAMENTOS

A quantidade de resíduos classe I (perigosos) somaram 7,685 toneladas, já os resíduos de classe II (não perigosos) somaram 135,53 toneladas (Quadro 3). Os destinos dados aos resíduos gerados na desativação, se deram de maneira correta, ou seja, para locais devidamente licenciados e autorizados para o recebimento dos mesmos. Uma vez que a empresa já mantinha um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), com o controle do armazenamento, transporte e destino final de todo o resíduo gerado na planta industrial.

Quadro 3- Resíduos gerados na desativação da indústria.

Classificação ABNT 10004/04	RESÍDUOS					
	Madeira	Plástico	Papel/ papelão	Metais	Mistura de resíduos (contendo, pelo menos um resíduo perigoso)	Óleos e lubrificadores
	Classe IIA				Classe I	
	Quantidade destinada (t)			Quantidade destinada (t)	Quantidade destinada (t)	
Outubro/19	3,92	0,56	1,12	63,57	-	-
Novembro/19	-	-	-	61,10	1,87	
Dezembro/19	-	-	-	5,22	2,95	0,5
Janeiro/21	-	-	-	-	0,005	-
Transportador	Ijiplast Comércio de Plástico LTDA LO nº 089/2014			Tecnova LO nº 030/2017	Leva tudo LTDA - LO nº 07487/18	Indústria Petroquímica do Sul Ltda.
Destino Final					Fundação PROAMB LO nº 06531/17	

Fonte: Elaborado pela Autora (2021).

Outros resíduos de significativa geração que estavam armazenados na empresa para o seu destino final como os pallets de madeira, isopor, plásticos, papelão foram agrupados e armazenados para o transporte e destino final à empresa Ijiplast Comércio de Plástico LTDA, licenciada para recebimento de resíduos classe IIA pela Fundação Municipal de Meio Ambiente de Gravataí – FMMA.

Na área de armazenamento temporário dos resíduos sólidos classe I, dois containers acondicionaram os resíduos perigosos da limpeza em geral (Figura 8), conforme desativação dos setores como: EPI's, graxa, embalagens contaminadas, papelão contaminado, varrição, entre outros. As lâmpadas de LED foram mantidas no prédio e todas as lixeiras e coletores internos de resíduos foram destinadas para a matriz em São Paulo.

Figura 8 - Área reservada para armazenamento temporário dos resíduos sólidos classe I. Local coberto com bacia a contenção.



Fonte: Foto autoral, obtida em novembro de 2019.

Além de todo o resíduo gerado no encerramento das atividades industriais, a estrutura da empresa que envolvia, os equipamentos, os maquinários, os insumos, o refeitório, as áreas administrativas, as áreas de armazenamento temporário dos resíduos, entre outros, foram transportadas e destinadas por empresas licenciadas. No Quadro 4 está simplificada a informação das empresas responsáveis pelo desmonte, transporte e destino final dos mesmos.

Quadro 4 - Empresas responsáveis pelo desmonte, transporte e destino final de equipamentos e insumos na desativação da indústria.

Resíduos	Transporte		Destino final	
	Empresa	Licença	Empresa	Licença
Madeira Plástico Papel/papelão	Ijiplast Comércio de Plástico LTDA	LO nº183/2018 FMMA- Gravataí/RS	Ijiplast Comércio de Plástico LTDA	LO nº183/2018 FMMA - Gravataí/RS
Metais	Tecnova Preparação de Matérias LTDA	LO nº030/2017 Farroupilha/RS	Tecnova Preparação de Matérias LTDA	LO nº030/2017 Farroupilha/RS
EPI's, Panos Uniformes	Dinamizol Empresa de Higienização	LO nº 017369/2018 SMAM – Porto Alegre/RS	Dinamizol Empresa de Higienização	LO nº 017369/2018 SMAM – Porto Alegre/RS
Mistura de resíduos (Contendo, pelo menos um resíduo perigoso)	Leva Tudo Transporte de Resíduos Ind. E Entulhos LTDA	LO nº 07487/2018 FEPAM – Porto Alegre/RS	Fundação Proamb Unidade de Blendagem	LO nº 06531/2017 SMMA – Porto Alegre/RS
Lodos de fossa séptica	MJM Serviços de Limpeza Eirele - ME	LO nº 07701/2019 FEPAM – Porto Alegre/RS	Trato Efluentes LTDA	LO nº 04309/2017 FEPAM – Porto Alegre/RS
Lâmpada	Leva Tudo Transporte de Resíduos Ind. E Entulhos LTDA	LO nº 07487/2018 FEPAM – Porto Alegre/RS	Pro-Ambiente Ind. e Com. De Produtos Químicos de Resíduos Industriais LTDA	LO nº 07487/2018 FEPAM – Porto Alegre/RS
Óleo	Indústria Petroquímica de Sul LTDA	LO nº 07487/2018 FEPAM – Porto Alegre/RS	Indústria Petroquímica de Sul LTDA	LO nº 07487/2018 FEPAM – Porto Alegre/RS
Desmonte/Transporte			Destino Final	
Equipamentos, maquinários, ferramentas, almoarifado, móveis (cadeiras, mesas, armários, prateleiras), materiais de escritório e lixeiras.	Pamela dos Santos Amorim – Impacto Soluções Industriais e Expresso Nepomucemo S/A		Indústria e Comércio de peças automotivas LTDA em São Paulo.	

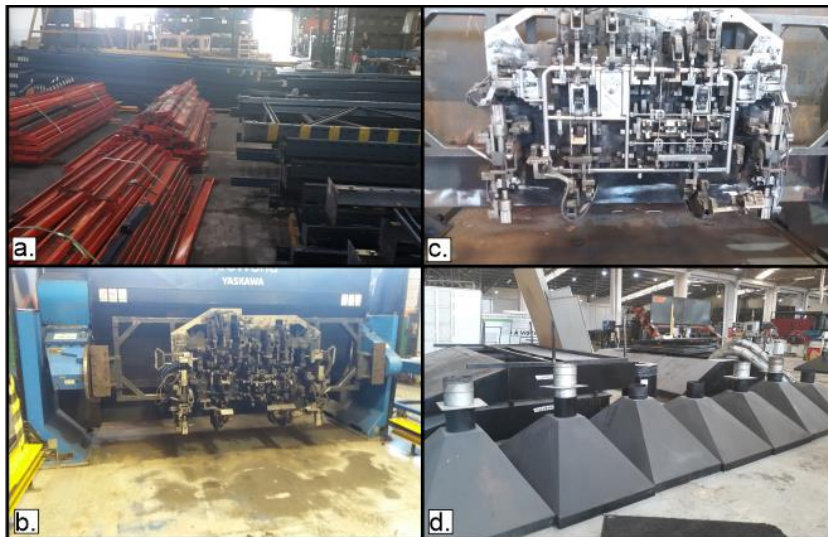
Fonte: Ekobio (2019).

A área administrativa era composta de escritórios com diversos setores e todos os móveis (mesas, cadeiras), materiais de escritório, ar condicionado, aparelhos de telefone, e demais objetos foram enviados para a matriz da indústria.

Na área do depósito/expedição eram armazenados alguns componentes metálicos (matéria prima), porta pallets metálicos, calhas, carrinho de transporte interno dos componentes, longarinas, Guard Rail (acessos fábrica), ventiladores, prateleiras. No processo de montagem dos componentes metálicos (matéria prima)

se davam por 08 robôs com sistemas de enclausuramento de coifa. O processo de desmontagem do sistema de enclausuramento com coifas e os robôs de solda iniciou no mês de novembro 2019, terminando em dezembro do mesmo ano. Tanto a matéria-prima quanto estes equipamentos/maquinários foram enviados para a matriz em São Paulo (Figura 9).

Figura 9 - Na imagem 8a. Componentes metálicos, 8b. e 8c Robôs de solda e 8d. Coifas de enclausuramento.



Fonte: Foto autoral, obtida em novembro de 2019.

Os sistemas de exaustão e os dutos metálicos para conter a emissão de particulados que eram emitidos no processo pelos robôs da indústria foram desmontados por empresa especializada, além da coleta e destino final para a sucata metálica. Os motores do sistema de exaustão e as prensas hidráulicas, foram enviados para a indústria matriz.

Na área de armazenamento dos inflamáveis e insumos utilizados na produção, destacamos os óleos lubrificantes e hidráulicos, graxas e tintas (gerados na época da cabine de pintura quando de sua atividade, encerramento em dezembro de 2018). Estes insumos tiveram o transporte e destino final para a matriz da indústria.

É importante salientar que o fato da indústria desativada ter uma matriz no Estado de São Paulo, promoveu o aproveitamento dos equipamentos e insumos resultantes da desativação da filial em Gravataí, reaproveitamento ou reciclando materiais que poderiam ser descartados ou desperdiçados gerando uma perda econômica.

É preciso desativar de forma ordenada, metódica, cuidadosa, com a mesma atenção dispensada durante a construção, pois o abandono de uma área industrial é ambientalmente perigoso, socialmente injusto e, economicamente representa um desperdício de recursos (SÁNCHEZ, 2001).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados analíticos das amostras de solo coletadas detectaram concentração acima dos valores de investigação listados na CONAMA 420/2009 para o composto níquel na ST-08. Estima-se que a concentração evidenciada para esse

parâmetro está ligada às atividades desenvolvidas na indústria. Entretanto, considerando que a concentração obtida está ligeiramente acima do padrão estabelecido na legislação (147 mg/kg, enquanto que a legislação tem limite de 130 mg/kg), além do piso da indústria já ser impermeabilizado e as amostragens no entorno da ST-08 não terem apresentado concentrações anômalas, que não se vislumbra necessidade de detalhamento e/ou intervenção na área.

Ainda, todos os perfis de sondagem apresentam uma condição estéril em relação à presença ou evidência visual de contaminantes no solo, não sendo detectados resíduos, odores, mudança de cor ou qualquer evidência da presença de contaminantes ao longo do perfil de acesso ao substrato na área investigada.

As análises nas alíquotas de água subterrânea coletadas nos poços de monitoramento detectaram concentrações acima do padrão de referência utilizado (CONAMA 420/2009 e SRC, 2013) para os compostos metálicos ferro e manganês. Entretanto, é necessário considerar percentuais naturais presentes no solo e nas rochas que compõem o substrato regional e da área avaliada, como minerais ferro-magnesianos, óxidos e sulfetos que atuam como incrementos naturais a partir da lixiviação dos solos pelas chuvas e migração destas águas para o aquífero subterrâneo raso. Assim, recomenda-se a não utilização das águas subterrâneas para qualquer tipo de consumo das atividades futuras que venham a ser desenvolvidas na unidade.

Entende-se, dentro do modelo analítico calibrado a partir dos resultados obtidos, padrões de referência adotados (CONAMA 420/2009 e SRC, 2013), e considerando-se a distribuição destes resultados na área investigada, que essa apresenta uma condição ambiental satisfatória. Diante das condições identificadas a partir da investigação confirmatória executada não se vislumbra a necessidade de execução de investigação detalhada.

Na avaliação do levantamento de transporte e destino final dos resíduos e equipamentos gerados na desativação da indústria foi constatado que os processos adotados foram ambientalmente adequados e dentro do Plano de Resíduos Sólidos praticado na indústria, facilitando o processo de controle do transporte e destinação dos resíduos.

A indústria geradora de resíduos deve ficar atenta à periculosidade do material descartado, certificando-se para qual tipo de destinação final o resíduo deve ser encaminhado, observando sempre as legislações pertinentes. O impacto da indústria no meio ambiente aliado às leis ambientais cada vez mais rígidas levaram à necessidade de garantir que os resíduos industriais sejam descartados de forma adequada.

Assim, concluímos que no processo de encerramento de uma atividade industrial é de extrema importância a realização destes pode-se diagnosticar eventuais problemas, projetar medidas corretivas e garantir a integridade ambiental e social do local a ser desativado, também assegurando possíveis usos futuros desta área.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 12.235**: Armazenamento de resíduos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 10.005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15.492**: Sondagem de reconhecimentos para fins de qualidade ambiental – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15.495-1**: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 1: Projeto e construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15.495-1**: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 2: Desenvolvimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15.847**: Amostragem de água subterrâneas em poços de monitoramento – Métodos de purga. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15.515-2**: Investigação confirmatória fase II de solo e água subterrânea – Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BRASIL, **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: DF, 1988.

_____. **Decreto Federal nº. 99.274/1990**. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: CASA CIVIL, 1990.

_____. **Decreto Federal nº. 7.404/2010**. Regulamenta a lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a política nacional de resíduos sólidos, cria o comitê interministerial da política nacional de resíduos sólidos e o comitê orientador para a implantação dos sistemas de logística reversa e dá outras providências. Brasília, DF: SENADO, 2010.

_____. **Lei n. 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, DF: CASA CIVIL, 1979.

_____. **Lei n. 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: CASA CIVIL, 1981.

_____. Ministério do Meio Ambiente. ICLEI-Brasil. **Planos de gestão de resíduos sólidos**: manual de orientação. Brasília, DF, 2012.

CARDOSO, L. F. **Remediação de solos contaminados por metais pesados** – combinação de nanotecnologias e aditivos naturais Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, na área de Especialização em Território e

Gestão do Ambiente Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, 2020. 69p.

CARNEIRO, G. C. A.; DIAS, D. A. F.; FONSECA, E. R.; GONÇALVES, J. A. C. Contamination of groundwater by organic compounds in the Velhas river watershed, in the state of Minas Gerais, Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8536>. Acesso em: 10 mar. 2021.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. CETESB, GTZ. 2.ed.São Paulo: CETESB, 2001.

CONAMA. Conselho nacional do meio ambiente. **Resolução nº 307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasil, 2002.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 313**, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais. Brasil, 2002.

CONAMA. Conselho nacional do meio ambiente. **Resolução nº 348**, de 18 de agosto de 2004. Altera a Resolução no 307/02 (altera o inciso IV do art. 3o). Brasil, 2004.

CONAMA. Conselho nacional do meio ambiente. **Resolução 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. Brasil, 2009.

CONAMA. Conselho nacional do meio ambiente. **Resolução nº 431**, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasil, 2011.

CONAMA. Conselho nacional do meio ambiente. **Resolução nº 448**, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasil, 2012.

CONAMA. Conselho nacional do meio ambiente. **Resolução nº 469**, de 29 de julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA n 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasil, 2015.

CORREA, M. M. et al. Formas de Ferro, Silício e, ou, Alumínio na Gênese de Fragipãs e Horizontes Coesos dos Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, n. 4, p. 940-949. Viçosa, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832015000400940&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 março de 2021.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Mapa Geológico Integrado. **Projeto Plano Diretor de Mineração da Região Metropolitana de Porto Alegre** – PDM. Escala 1:250.000. Porto Alegre: CPRM, 2006.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental. **Portaria 116**, de 09 de novembro de 2015. Estabelece o procedimento administrativo para a emissão do termo de encerramento – TE. Porto Alegre, RS, 2015.

FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M.DE. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 651-660, mai-jun, 2001.

GONZALEZ, K. R. Toxicologia do Níquel. **Revista Intertox de Toxicologia Risco Ambiental e Sociedade**, v. 9, n. 2, p. 30-54, junho de 2016.

GRAVATAÍ. **Decreto nº 16.083**, de 05 de junho de 2017. Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos, estabelece normas e diretrizes para Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos, regulamentando a Lei Federal nº 12.305/2010 e dá outras providências. Gravataí, 2017.

HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. Requalificação urbana em áreas contaminadas na cidade de São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 129-137, 2014. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300008>. Acesso em: março de 2021.

MALAFAIA, R. M. S. PASSIVO AMBIENTAL: Mensuração, Responsabilidade, Evidenciação e Obras Rodoviárias TCE/BA. **IX SINAOP**, Rio de Janeiro, 2004.

MANFRON, S.; THOME, A.; CECCHIM, I.; REDDY, K. R. Aplicação de nanopartículas de ferro zero-valente (nfez) na remediação de solos e águas subterrâneas contaminadas: uma revisão. *Química Nova* [online], vol.43, n.5, pp.623-631, 2020.

ONETO, M. A. **Estudo da elaboração do plano de descomissionamento para desativação de empreendimentos**. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011. 54 p.

PINTO, N. da M.M.; BRUNA, G.C. Formação do passivo industrial no solo de São Paulo. "**XII Seminário Internacional de Investigación en Urbanismo**, São Paulo-Lisboa, 2020". Lisboa: Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, 2020.

RAMOS, T. D. **Avaliação da exposição ambiental ao manganês na população residente no entorno de um estaleiro no município de Angra dos Reis**, RJ. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, RJ, 2013. 107p.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n. 11.520**, de 03 de agosto de 2000. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre, RS: 1981.

SANCHEZ, L. E. Engenharia. **O passivo ambiental na desativação de empreendimentos Industriais**. São Paulo, Edusp, 2001.

SILVA, L. F.; RIBEIRO, P. A.; FERRADOR, L. A.; RODRIGUES, A. D. Georreferenciamento como ferramenta para o planejamento urbano e regional: Delimitação e requalificação de áreas contaminadas. **“XVIII ENANPUR”**, Natal, 2019.

WINCK, N. B. **Avaliação Hidrogeológica, Hidroquímica e da Ocorrência de Ferro e Manganês nas Águas Subterrâneas do Distrito de Ipiranga**, Região Noroeste do Município de Gravataí. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015. 74 p.