



XVIII ENANPUR
NATAL 2019
27 a 31 maio

GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS Soluções de Engenharia como método preventivo

Autores:

Adjane Brito Alves - UNINOVE - adjane_aba1@hotmail.com

Andreza Portella Ribeiro - UNINOVE - andrezp@gmail.com

Sidnei Aranha - UNINOVE - sidneiaranhagja@gmail.com

Mauro Silva Ruiz - UNINOVE - maurosilvaruiz@gmail.com

Resumo:

Os postos de combustíveis estão enquadrados em as atividades antrópicas que mais contribuem para a ocorrência áreas contaminadas. O gerenciamento desses passivos ambientais se configura em desafio ao planejamento urbano, devido ao problema de degradação dos ecossistemas naturais e potenciais riscos à saúde da população que vive no entorno de postos contaminados. Esses locais ainda ficam vulneráveis a apropriação irregular, trazendo à tona os conflitos socioambientais, como a marginalização da população de baixa renda. Existem legislações bem estabelecidas que indicam os parâmetros para licenciamento de novos empreendimentos e recuperação de áreas contaminadas. Entretanto, nem sempre os projetos de engenharia seguem esses padrões, o que resulta em novos casos ou reincidência de vazamentos. Assim, essa pesquisa busca apresentar soluções de engenharia que possibilitem incrementar a prevenção à contaminação de postos, de forma a contribuir para a redução de áreas contaminadas e/ou para a inserção ao tecido urbano de áreas abandonadas.

GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Soluções de Engenharia como método preventivo

INTRODUÇÃO

A preservação dos recursos naturais e do meio ambiente tem sido cada vez mais debatida em todas as esferas da sociedade. Essas discussões têm contribuído tanto para a elaboração de leis mais restritivas e condizentes com a realidade de cada país, como para o advento de novas tecnologias, as quais têm minimizado os impactos à natureza.

A importância do papel da natureza para a qualidade de vida e bem-estar da população há tempos foi reconhecida no ordenamento jurídico brasileiro, conforme estabelecido pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), por meio da Lei Federal 6.938/81. Esta foi considerada o primeiro grande marco da legislação ambiental brasileira e definiu em seu artigo 4º a responsabilidade civil ambiental, impondo ao poluidor e ao predador a obrigação de recuperar e ou indenizar os danos causados.

Em 1985, surgiu o segundo marco com a Lei Federal 7.347, que disciplinou a ação civil pública como instrumento de defesa do meio ambiente e dos demais direitos difusos e coletivos e fez com que os danos ao meio ambiente pudessem efetivamente chegar ao Poder Judiciário.

A Constituição Federal 1988 recepcionou integralmente os dois marcos regulatórios de defesa ambiental, apresentando um capítulo inteiramente destinado ao meio ambiente, transformando-o em bem constitucionalmente protegido. Em seu artigo 225, § 3º, estabeleceu que todas as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

Isso pressupõe que o poder público pode adotar todas as medidas cabíveis, nas esferas civil, penal e administrativa, como instrumentos de reparação ou de repressão (OLIVEIRA, 2012). A responsabilidade civil, de maior interesse no presente estudo, é de natureza reparatória e refere-se à obrigação de reparação integral do dano. As responsabilidades administrativa e penal referem-se a medidas punitivas, com imposição de multas e outras penas mais severas (JANNUZZI; BERTÉ, 2012).

Frente a esse aparato jurídico bem desenvolvido, esperava-se total legitimidade das atividades potencialmente poluidoras, no que se refere ao desenvolvimento de suas atividades em consonância com o equilíbrio na utilização de recursos naturais, assegurando a biodiversidade dos ecossistemas, a qualidade de vida e bem-estar da população.

Entretanto, a própria legislação ambiental enseja interpretações conflitivas entre as partes interessadas.

Nesse sentido, como garantir o equilíbrio no funcionamento de ecossistemas naturais, quando o cidadão também tem assegurado o direito de posse da terra e/ou da outorga de direitos de uso dos recursos naturais a ela relacionados, presentes tanto no solo como no subsolo? É possível fazer valer todas as premissas estabelecidas com a PNMA como, por exemplo, com a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) que visa estabelecer um prognóstico sobre as consequências ambientais das ações de empreendimentos em funcionamento ou em futuro desenvolvimento, atestando a viabilidade de determinada atividade previamente à implementação até sua desativação, considerando, em todas as etapas, a variável ambiental (JAY et. al., 2007).

Cabe destacar que mesmo com um arcabouço legal de políticas ambientais bem elaborados, é imperativo avançar na viabilidade de sua consolidação, atendendo, assim, às demandas das organizações de forma segura, sem prejuízos aos interesses sociais e ao nosso patrimônio natural.

A abrangência de questões de ordem social que intrinsicamente perpassam à conservação da biosfera, traduzindo-se em desigualdade de classes. Dessa forma, verifica-se a necessidade da elaboração de uma agenda política que propicie a integração dos direitos sociais e dos direitos ambientais na busca de um desenvolvimento econômico pautado em padrões sustentáveis; pois, conforme destacou Acselrad (2010), “a poluição não é democrática, podendo afetar de forma variável os diferentes grupos sociais”. Sob tal perspectiva, os passivos ambientais, classificados como Áreas Contaminadas (AC), revelam a maior vulnerabilidade da população mais pobre aos efeitos adversos da degradação ambiental.

A despeito do respaldo jurídico para preservação do meio ambiente, que surgiu nos anos 1980, vale saber que a intensificação do processo de urbanização no Brasil precede os marcos regulatórios supracitados, e ocorreu imbricado da profunda concepção de que os recursos naturais eram mero provedores de recursos econômicos (SOUZA-LIMA; MARTINI, 2014).

Somente quando países desenvolvidos como os da Europa e os Estados Unidos da América (EUA), nos quais ocorreram as fases iniciais da revolução industrial e que, conseqüentemente, há mais tempo sofrem com os problemas dos passivos ambientais, foram compelidos a tomarem consciência sobre os perigos dos resíduos químicos industriais e passaram a publicar pesquisas científicas sobre a degradação da qualidade dos solos, água e ar, a sociedade passou a ter conhecimento sobre o perigo e a toxicidade substâncias que eram utilizadas sem qualquer controle, em indústrias, comércios e até mesmo nas residências. Casos emblemáticos como o *Love Canal*, nos EUA, ou *Lekkerkerk* na Holanda, são exemplos de desastres ambientais que resultaram em problemas graves de saúde e sociais à população, bem como grandes prejuízos aos cofres públicos (AGUIAR, 2015). Esses incidentes graves serviram para alertar as autoridades sobre a necessidade de serem elaboradas medidas que mitigassem ou evitassem a degradação dos ecossistemas naturais, as quais também dariam suporte à tomada de decisões (SPÍNOLA, 2011).

Da mesma forma, no Brasil, pode-se afirmar que a contaminação do meio ambiente, vivenciada no início do século XX até meados dos anos 1990, em grande parte foi o reflexo da falta de informação técnica e de um modelo equivocados de desenvolvimento, no qual a ocupação urbana acontecia em função das atividades econômicas inerentes ao padrão consumista dominante da sociedade e à lógica da reprodução do capital (AHMED, 2015).

Diante do exposto, o presente artigo abordará a importância do gerenciamento de áreas contaminadas no contexto do planejamento urbano, com intuito de destacar a necessidade da integração de políticas públicas ambientais, de saúde e desenvolvimento urbano, sustentáveis e participativas (GÜNTHER, 2006). Nesse sentido, o recorte do estudo será direcionado para o cadastro de áreas contaminadas disponibilizadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) seu modelo de gerenciamento para passivos ambientais originados por atividade retalhista de postos de combustíveis. Segundo estatísticas da CETESB, a maior parte das áreas contaminadas em seu cadastro refere-se ao vazamento substâncias químicas em estabelecimentos de revenda de combustível (FERRADOR et. al., 2017).

O objetivo principal do artigo será a apresentação de soluções de engenharia, como alternativa inovadora na impermeabilização de postos de combustíveis. Para tanto, será recomendada a utilização de geomembrana em obras de construção civil de novos empreendimentos (ou reformas), uma vez que esse dispositivo atuará como incremento à prevenção, ou à reincidência de vazamentos em terrenos reabilitados. Espera-se que a incorporação de mais um dispositivo segurança resultará em maior confiabilidade aos interessados sobre a efetividade dos projetos de intervenção em passivos ambientais, garantindo a reutilização e reintegração de áreas recuperadas ao tecido urbano.

GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS NO CONTEXTO DO PLANEJAMENTO URBANO

Uma área contaminada corresponde a um local, terreno ou área de instalação ou edificação na qual há ajuntamentos ou concentrações significativas de contaminantes, que podem ter surgido devido à deposição inadequada, acumulação, armazenagem de produtos, materiais, resíduos descartados indevidamente (art.3, Lei nº 59.263, BRASIL, 2013). Ainda que cesse a liberação de contaminantes pela sua fonte, tais substâncias podem permanecer em camadas do solo, rochas, sedimentos, águas subterrâneas, por longo período de tempo. Portanto, além de conferirem efeitos adversos aos ecossistemas, a exposição de pessoas aos diferentes tipos de contaminantes pode resultar em riscos ou danos irreversíveis à saúde (NBR 16210:2013).

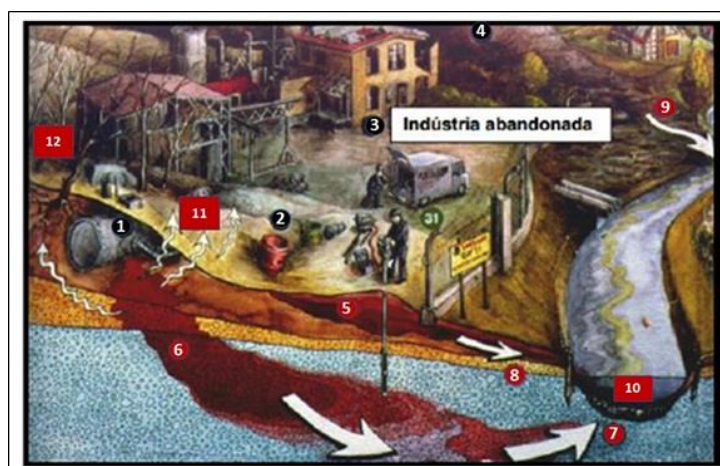
Em São Paulo, a Lei n 13.577(BRASIL, 2009), regulamentada pelo Decreto Estadual 59.263, (BRASIL, 2013), estabeleceu normas para preservar a qualidade do solo, com a obrigatoriedade do cadastramento de áreas contaminadas e o acesso público a esse cadastro. O gerenciamento e fiscalização das áreas contaminadas estão entre as responsabilidades da agência ambiental do estado (CETESB, 2017).

Existem diferentes tipos de atividades antrópicas com potencial de contaminação. Independentemente da atividade principal, quando uma estrutura entra em colapso e ocorre exposição de substâncias químicas, toda a área do terreno e seu entorno pode ser comprometida pela contaminação. Na Figura 1 são representadas as diferentes possibilidades de degradação que, normalmente, são verificadas em instalações abandonadas; bem como as principais vias de propagação dessa contaminação, por meio de compartimentos ambientais de um ecossistema natural (CETESB, 2017).

Dado que a contaminação não é restrita ao entorno de sua fonte emissora (Figura 1), a solução para os problemas causados por esses passivos pode ficar a encargo do poder público. Existem muitos casos de áreas contaminadas situadas em regiões estratégicas ao planejamento urbano, por exemplo, em centros comerciais ou bairros residenciais com alto valor agregado ao terreno. Assim, além do risco à exposição da população que vive próximo à fonte emissora, quando abandonados, estes terrenos acabam sendo alvo de ocupações irregulares, com o contato direto desses às substâncias tóxicas. Concomitantemente aos problemas de saúde pública, surgem os conflitos socioambientais entre os proprietários de outros imóveis locais, que reclamam da falta de segurança e da desvalorização de seus imóveis, em virtude da aglomeração da população vulnerável (SALINAS, 2015).

Nessa perspectiva, segundo Valentin (2010, p.163), um passivo ambiental abandonado pode ser entendido como um lugar na cidade que dialoga negativamente com as forças sociais que o moldam e são por ele influenciadas. As áreas contaminadas também podem ser vistas como cenários de risco, pois abarcam fatores impeditivos do bem viver nas regiões onde estão inseridas. No presente estudo, esses fatores impeditivos poderiam ser exemplificados pela contaminação dos solos e águas subterrâneas, causada por vazamentos em postos de revenda de combustível.

Figura 1: Esquema representativo de vias de contaminação em passivos ambientais



Possibilidade de Degradação:

1. Vazamento de tanques enterrados e sistema de tubulação;
2. Valas com barris enferrujados com resíduos tóxicos;
3. Percolação no subsolo de antigos vazamentos;
4. Resíduos abandonados lançados sobre o solo;

Efeitos Adversos no Ecossistema

5. Poluição do solo;
6. Poluição de água subterrânea;
7. Percolação de poluentes na água subterrânea em direção ao rio;
8. Fluxo superficial e subterrâneo de poluentes em direção ao rio;
9. Erosão de resíduos sólidos tóxicos em direção ao rio;
10. Deposição de metais pesados no fundo do rio;
11. Emissão de gases tóxicos;
12. Efeitos na vegetação.

(CETESB, 2013, p.7)

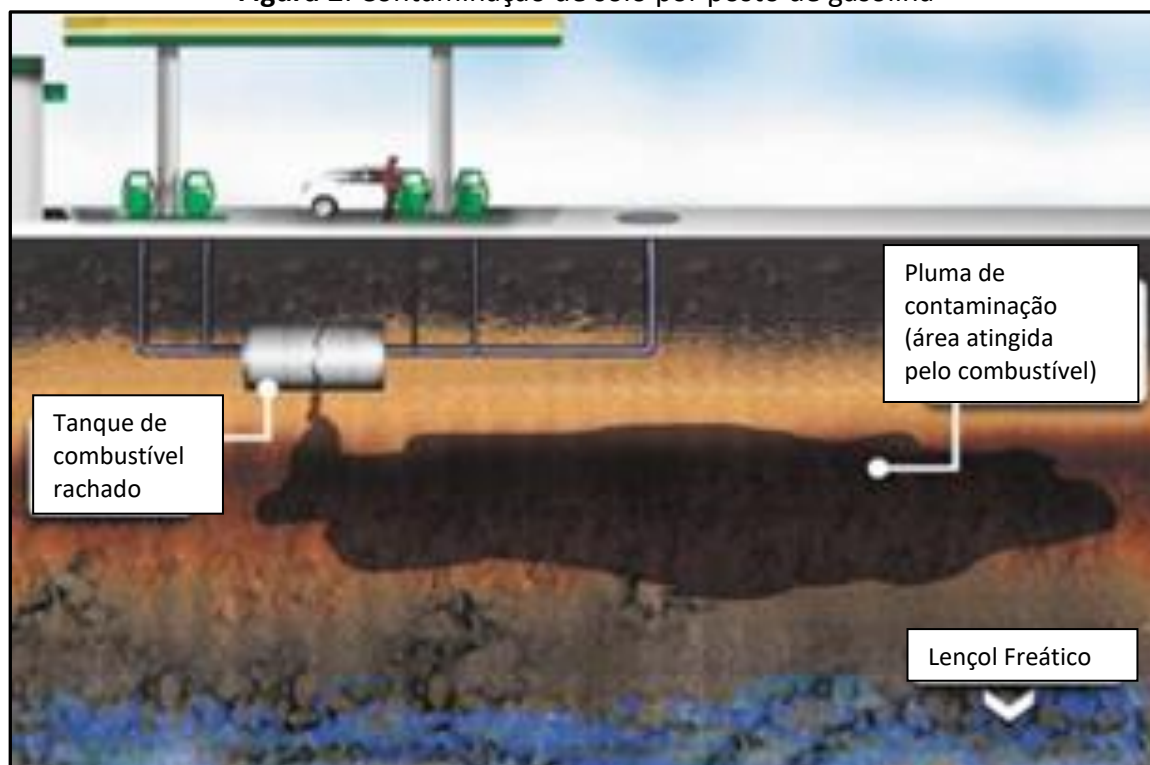
Fonte: Adaptado de AHU, Consultoria de Hidrogeologia de Meio Ambiente Alemanha, 1987.

ÁREAS CONTAMINADAS POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

São Paulo é o estado com maior número de postos de combustíveis. No cadastro de áreas contaminadas da CETESB, em dezembro de 2017, haviam sido registradas 5.942 fontes, das quais 4.284 (ou 72%) correspondiam aos incidentes devido a vazamentos de combustível (AMARAL et. al., 2017). O relatório publicado pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) apontava em 2015 a existência de 38.535 postos de revenda de combustível em todo o Brasil (MACIEL et. al., 2015, p. 59). Portanto, ao se excluirmos os registros da CETESB para postos, tem-se uma estimativa de que no Brasil existem, pelo menos, 32.593 postos de combustíveis que, embora devam estar em consonância com a legislação, é comum a não observância em tais estabelecimentos do cumprimento da lei específica para o funcionamento sem risco.

Os postos de combustíveis são fontes potenciais de contaminação, pois armazenam substâncias perigosas como o óleo diesel e a gasolina que possuem hidrocarbonetos mais leves, mais solúveis e voláteis, e com menor viscosidade. Com derramamento dessas substâncias no solo favorece a ocorrência de incidentes (Figura 2) que levam à degradação do ambiente, enquadrando o terreno como área contaminada. As substâncias liberadas nos vazamentos podem atingir o solo superficial, zonas não saturadas ou saturadas, pois a difusão dos contaminantes pode também ocorrer via águas superficiais e subterrâneas, ar; ou seja a pluma de substâncias tem longo alcance, resultando em expansão da área contaminada, seguindo com impactos negativos aos bens a proteger. (art.3, Lei nº 59.263, 2013).

Figura 2: Contaminação de solo por posto de gasolina



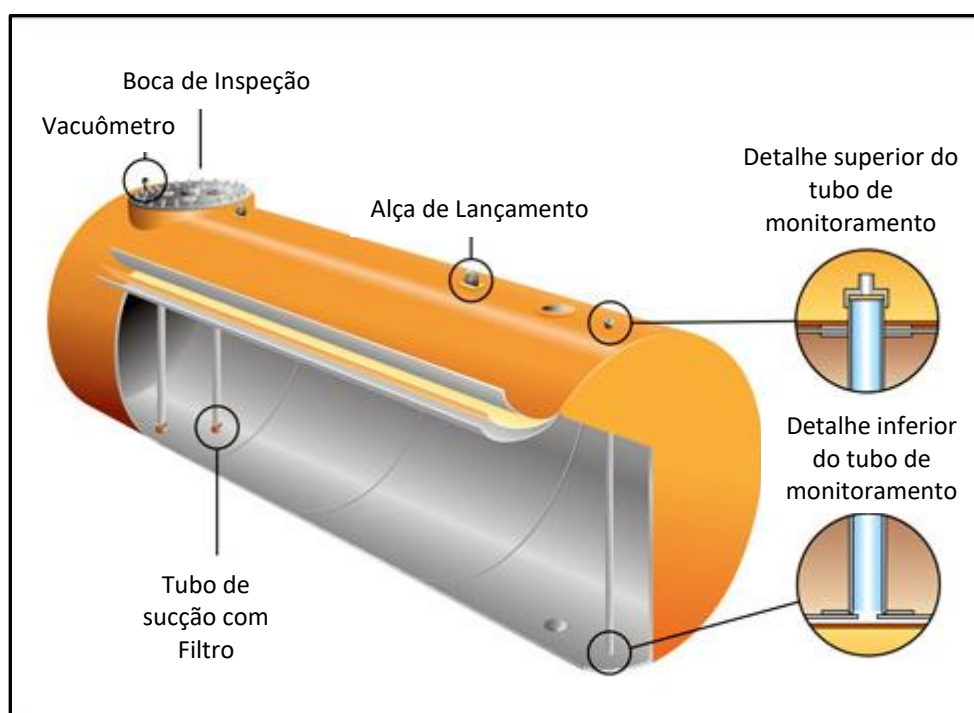
Fonte: Contaminação, Posto-Franca.

“São considerados bens a proteger: - a saúde e o bem-estar da população; a fauna e a flora; a qualidade do solo, das águas e do ar; os interesses de proteção à natureza/paisagem; a ordenação territorial e planejamento regional e urbano; a segurança e ordem pública” (Segundo a Política Nacional do Meio Ambiente; CETESB, 2013, p.3).

No Estado de São Paulo, para o controle de possíveis fontes contaminantes, foi implantado o Sistema de Licenciamento De Postos I (BRASIL, 2017, p.2, 5), a liberação das Licenças Prévia, de Instalação e de Operação para postos de gasolina está condicionada à apresentação de toda a documentação necessária e atendimento às exigências técnicas pelo órgão fiscalizador, a CETESB. Essa liberação só será feita após a realização de testes de estanqueidade nas linhas e tanques do empreendimento. Nos últimos 5 anos, a legislação exige que os testes sejam realizados anualmente e que a idade dos tanques seja inferior a 15 anos. Acima do tempo de vida útil, os tanques precisam ser removidos, o que não implica na finalização das atividades. Contudo, caso o estabelecimento cesse sua atividade, todos os equipamentos do sistema de armazenamento e abastecimento são retirados do local, obedecendo os critérios previstos em lei.

Na Figura 3 são apresentadas as características físicas que um tanque de combustível deve possuir, para atender as exigências feitas pela CETESB, reduzindo a possibilidade de vazamentos e, conseqüentemente, a incidência de contaminação de solo, e águas subterrâneas, segundo Sistema de Licenciamento De Postos II (BRASIL, 2017, p.11-19). Na Figura 3, pode ser observado um tanque de combustível enterrado, com seus detalhes construtivos que permitem o monitoramento e inspeção de possíveis vazamentos.

Figura 3: Detalhes construtivos que permitem o monitoramento e inspeção de possíveis vazamentos em tanque de combustível.



Fonte: MCM Postos – Tanque Subterrâneo para combustível

Segundo o Sistema de Licenciamento De Postos VI, (BRASIL, 2007, p.6-9), a identificação de Passivos Ambientais em Estabelecimentos com Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis deve ser realizada mediante coleta de dados básicos do Local, por meio de entrevistas com pessoas informadas sobre a área, que podem ser o proprietário do empreendimento, ou funcionários atuais e antigos. Dessa forma, obtém-se o histórico de das atividades no local e verifica-se a necessidade de remoção de nos tanques. Para a retiradas do dispositivo avaliam-se as características e situação (em uso ou desativado), a movimentação média mensal de combustíveis no tanque, os eventos de vazamento, as medidas de manutenção e preventivas adotadas, os laudos emitidos, as plantas da construção e o layout da área. Na Figura 4, é possível observar a remoção de um tanque de combustível enterrado.

Figura 4: Remoção de Tanque enterrado



Fonte: Fator Ambiental

PASSIVOS AMBIENTAIS: OS CUSTOS DA URBANIZAÇÃO SEM PLANEJAMENTO

A contaminação causada por atividades em determinado local que antecedem mudanças ou mesmo reformas, classificam a área como passivo ambiental, ficando o seu gerenciamento sob responsabilidade do gerador. Dessa forma, o proprietário ou responsável técnico pelo empreendimento deve apresentar, ao órgão ambiental competente, proposta para a ação de intervenção, com vistas a eliminar ou controlar as fontes contaminantes. Contudo, o passivo ambiental pode ser assumido pelo futuro responsável pela área, conforme acordado com o antigo proprietário (NBR 15.515-2).

O planejamento e a efetividade do plano de intervenção estão intrinsecamente associados ao uso e ocupação do solo, no momento da intervenção, ou prevendo sua utilização futura. Para tanto, os projetos de intervenção devem contemplar um programa de monitoramento bem elaborado (NBR 15.515-2).

Segundo Decisão da Diretoria da CETESB nº 038, (BRASIL, 2017, p.18), tendo sido realizado o Plano de Investigação Confirmatória, o qual é uma avaliação visual, na qual são

apenas referenciadas as áreas potencialmente contaminadas e as substâncias químicas de interesse, em conformidade com as características dos materiais presentes em subsuperfície (aterro, solo, sedimento, rocha) e ao uso e ocupação do solo. Esta avaliação permitirá a classificação da área pelo órgão ambiental, como Área Suspeita de Contaminação (AS), o que indicará a realização da Avaliação Preliminar do local, uma etapa de monitoramento que exige maior detalhamento sobre o potencial de contaminação no terreno investigado.

Caso sejam observados indícios ou condições que representem perigo, será realizada a Investigação Confirmatória (Figura 5), que consiste na investigação de todas as fontes potenciais e primárias de contaminação, já apontadas na etapa de Avaliação Preliminar. No entanto, na Investigação Confirmatória, além da classificação, também serão quantificadas as substâncias químicas e seus teores serão comparados aos valores orientadores de acordo com a Resolução CONAMA 460/2013 e conforme Decisão da diretoria da CETESB nº 038, (BRASIL, 2017, p.22). Após as análises, caso a área seja classificada como Contaminada sob Investigação (ACI), o Responsável Legal deverá realizar Investigação Detalhada e Avaliação de Risco.

Figura 5: Investigação Confirmatória CETESB



Fonte: Geoinforma Ambiental

Inicia-se a investigação para Remediação, para definir as medidas de intervenção que serão aplicadas. Esta deve ser validada pelo Responsável Legal e Responsável Técnico, conforme §1º do artigo 44 da Lei 13.577/09 regulamentada pelo Decreto Estadual 59.263/2013. Com base nos resultados obtidos, poderão ser admitidas medidas de remediação para tratamento do solo e águas subterrâneas e para contenção dos contaminantes. Os protocolos de remediação podem ser soluções de engenharia ou medidas de controle institucional, propostas em conjunto ou isoladamente, os quais atenderão os requisitos de preservação dos bens a serem protegidos. Essas medidas visam a restrição do acesso à área contaminada e da água subterrânea como água potável ou para irrigação, limitando a utilização da área para de agricultura ou para a hortifruticultura (DECRETO nº 59.263, 2013).

A remediação também prevê a realização de bombeamento de contaminantes em fase livre no aquífero, instalando detectores ou dispositivos de ventilação, com intuito de minimizar os riscos de explosão e incêndio. Faz-se ainda a interdição ou isolamento da área, e a cobertura do local com lona plástica, para prevenir a infiltração de água de precipitação. “No entanto, vale destacar que essas exigências serão obedecidas frente à negociação com as autoridades públicas responsáveis, uma vez que apenas essas autoridades têm os meios para fazer valer as restrições necessárias ao controle dos riscos” (CETESB, 2017).

De posse dos resultados das amostras dos poluentes, dos dados constatados na verificação de riscos e nas investigações básicas, dos testes complementares no local e definido o objetivo da remediação, inicia-se o estudo de viabilidade. Nesta etapa, faz-se a seleção de técnicas e processos apropriados para cada zona do perfil de solo e a previsão de custos com a remediação. O monitoramento do local deve ser contínuo, visando a proteção e restrição de acesso, restrições para fins de uso, recomendações de construção, verificação de provas como inventariação de danos em edificações ou quintais. Portanto, os valores das medidas remediadoras, são analisados com a base do cálculo de custo/benefício, que se dividem em:

- Serviços preliminares: planejamento e supervisão da obra, perito, coordenador do projeto e monitoração terceirizada.
- Atividades principais: construção e ações de descontaminação, de contenção/isolamento, e processos e serviços futuros.
- Serviços de acompanhamento da obra: proteção do trabalho, terraplenagem, vedações, demolição, escoamento de água, reaproveitamento e transbordo de resíduos, análises e medições.

As verbas para imprevistos incluem custo de produção, despesas com pessoal, custos operacionais, custos de manutenção da obra, custos dos testes, análises e de tratamento dos resíduos.

Os custos futuros incluem as despesas com pós-tratamento e operações longas (funcionamento contínuo de máquinas e equipamentos), conservação (manutenção e renovação parcial de construções, equipamentos, dispositivos de medição e controle), controles de funcionamento, monitoramento dos canais de exposição e vigilância por períodos de tempo razoáveis.

Vale saber que, não existe uma estimativa padrão, a etapa de remediação é bastante onerosa. Portanto, é evidente que os proprietários que arcarão com as despesas, querem a garantia de um projeto que contemple o exigido por lei, sem qualquer risco de incidência de novos vazamentos (FERRADOR et al, 2017), daí a relevância de serem indicadas nova tecnologias que permitam reforçar as medidas preventivas a vazamentos. Sob o ponto do planejamento urbano, a recuperação da área é essencial para que sejam evitados os conflitos socioambientais supracitados no texto, os quais também vão além de custos financeiros, pois são norteados por princípios morais universais; isto é, respeito aos direitos sociais e à dignidade humana (CLÈVE, 2003).

PLANOS DE INTERVENÇÃO - REMEDIAÇÃO

Iniciam-se as ações de intervenção para reabilitação de área contaminada, podendo ser por remoção, contenção ou redução das concentrações de substâncias contaminantes e controle dos riscos, para que a contaminação não se espalhe, possibilitando o uso atual e uso futuro da área. Na área pode ter ocorrência de contaminantes nas seguintes fases:

- Livre: apresentando altas concentrações do contaminante, ou produto puro no subsolo;
- Gasosa ou vapor: com o contaminante como um gás ou vapor na atmosfera;
- Adsorvida: contaminantes retidos nas partículas do solo com alto teor de argila ou de material orgânica por adsorção, sobretudo em solos;
- Dissolvida: o contaminante está dissolvido em meio aquoso.

Um método de intervenção em áreas contaminadas seria a mudança no uso e ocupação do solo, com restrição na utilização do solo na área afetada por prazo indeterminado, em que as principais técnicas de remediação, são, Atenuação Natural Monitorada, Bombeamento e Tratamento de Águas Subterrâneas, Remoção e redistribuição de solos, Oxidação Química, Tratamento Térmico, Extração de Vapores do Solo, Injeção de Ar na Zona Saturada, Métodos de Tratamento “in situ”, Fitorremediação, Biorremediação, Bioventilação, Extração por Solventes, Contenção e Barreiras Reativas (CETESB, 2017).

Segundo a Decisão da Diretoria CETESB nº 038, (BRASIL, 2017, p. 40), na necessidade de remediação, deve haver o dimensionamento do sistema de remediação, indicação da área e do volume a serem atingidos pela remediação. Em que as águas contaminadas bombeadas e submetidas a tratamento somente serão utilizadas se submetidas às exigências estabelecidas na Portaria DAEE nº 2434 de outubro de 2014, ou poderão ser reinfiltradas na pluma, se não causarem a expansão horizontal e vertical da plumada de contaminação e as substâncias químicas de interesse (SQI) deverão possuir concentrações menores, e sem contaminante em fase livre. E só poderão ser lançadas em rede de esgoto, se houver ausência de concentrações de substâncias voláteis ou inflamáveis que representem risco de inflamabilidade obedecendo aos padrões de lançamento em sistema público.

SOLUÇÕES DE ENGENHARIA: GEOSSINTÉTICOS

A indústria têxtil iniciou o uso dos materiais sintéticos em 1934 com a produção comercial do policloreto de vinil, em 1940 com a poliamida, em 1949 com o poliéster, em 1954 com o poliéster de alta resistência e em 1954 com o prolipopileno. Em paralelo, ocorreu a primeira aplicação do geotêxtil tecido na Holanda, que foi utilizado como filtro para proteção antierosiva em obras hidráulicas. Em 1960 passou-se a desenvolver o geotêxtil Não-tecido. Em 1966 os Estados Unidos iniciaram a utilização em recapeamento asfáltico. No Japão a primeira utilização foi em 1967, georredes foram aplicadas para reforçar aterros situados em solos instáveis e, em seguida, foram desenvolvidas as geogrelhas. Na Europa em

1968 o geotêxtil não tecido foi usado como separador nas obras de estradas e para controlar de erosão (VERTEMATTI. 2015).

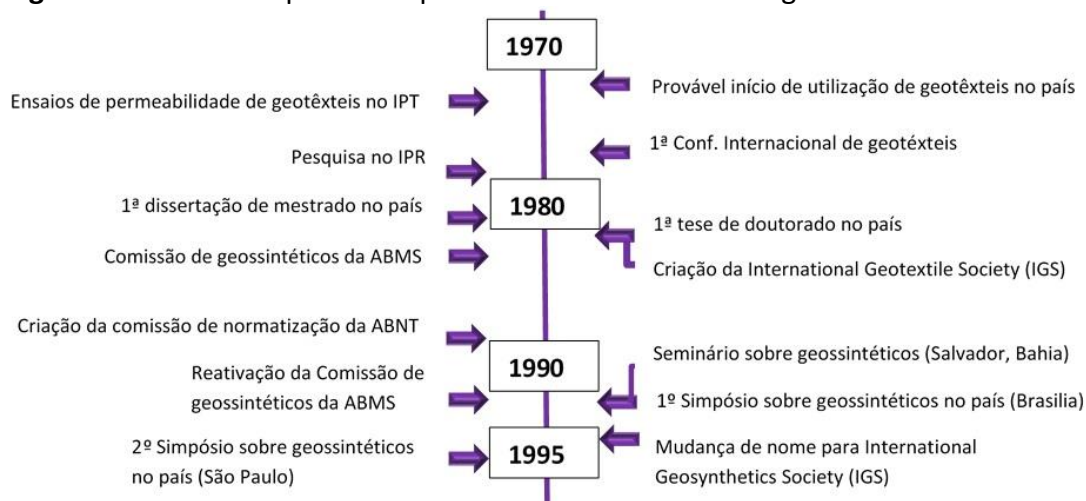
Em 1970, houve uma grande expansão de aplicações de geotêxtis em diversos países. No Brasil as primeiras aplicações desses materiais foram na execução de obras rodoviárias, como a BR -101 em Angra dos Reis (RJ). Em 1973, o Brasil iniciou a fabricação de geotêxtil Não-tecido constituído por filamentos contínuos, que subseqüentemente foi utilizado na drenagem da Rodovia dos Bandeirantes. Em 1980 foi criada a *International Geosynthetic Society* (IGS) e em 1982 foi criado no Brasil a Comissão de Estudos de Geossintéticos, pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil – CB-02 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), além da formação da Associação Brasileira das Industrias de Não-tecidos e Tecidos Técnicos (ABINT) (VERTEMATTI. 2015).

Segundo a IGS BRASIL (2014), os geossintéticos utilizam as tecnologias mais avançadas mundialmente que, baseando-se em pesquisas e observações em obra, visam promover melhoria constante do desempenho do produto.

No Brasil, o primeiro geossintético foi produzido em 1971 e, apesar do contexto socioeconômico instável, cada vez mais os especialistas em projetos empresariais, pesquisas acadêmicas, consultores e órgãos públicos têm apontado a importância de expansão no conhecimento quanto ao geossintético desde a sua criação (VERTEMATTI, 2015).

Para Palmeira (1995), mesmo diante do desenvolvimento crescente, no Brasil, o emprego de geossintéticos foi significativamente menor, em contraponto com os maiores desenvolvimentos ocorridos em outros países até 1999. Apenas 0,6% do consumo mundial, devido à falta de informações técnicas sobre o assunto. Diante disso, aumentou-se fomento às pesquisas com esses materiais e eventos voltados à divulgação sobre o geossintético, sobretudo, buscando habilitar profissionais da construção civil em sua utilização correta. Na Figura 6 são indicados alguns eventos importantes realizados no Brasil.

Figura 6 – Eventos importantes para o desenvolvimento de geossintéticos no Brasil



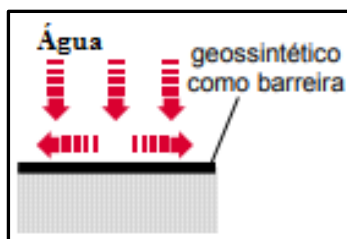
Fonte: Autor adaptado de Palmeira (1995).

GEOMEMBRANAS COMO MÉTODO PREVENTIVO

Segundo a IGS (BRASIL, 2014), os geossintéticos possuem propriedades hidráulicas e mecânicas que suportam solicitações extremas. Assim, primeiramente, é preciso identificar as funções de cada geossintético, a finalidade de aplicação, pois o material apresenta diferentes possibilidades de utilização: controlar possíveis erosões, reforço, separação de material, filtro, dreno e contenção de fluidos e substâncias gasosas. Este estudo enfatizará as funções da geomembrana, que é um dispositivo capaz de conter de gases, fluidos e vapores, tratando-se, portanto, de uma barreira impermeabilizante.

Vertematti (2015) explica que as geomembranas, geocompostos argilosos (GCL's), geocompostos, e geotêxteis recobertos podem ser dispostos na formação de barreiras para limitar a migração de fluido devido à alta impermeabilidade desses materiais. Dessa forma, estes são comumente utilizados em cobertura asfáltica de pavimentação, com intuito evitar que resíduos perigosos atinjam os solos que tendem a se expandir (Figura 7).

Figura 7 - Desenho esquemático Geossintético usado para conter fluidos, vapores e gases.



Fonte: <http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/geossinteticos/2.pdf>

Quanto a sua classificação, segundo Lopes e Lopes (2010) a produção de geomembrana se dá por espalhamento superficial, calandragem ou extrusão. Esta última consiste na produção de uma folha reforçada de polímero fundida e aditiva. Contudo, com a folha ainda quente, pode-se também acrescentar uma cobertura de geotêxtil, o que reforça o potencial de barreira da geomembrana. Assim, esse material possui variações em sua espessura, entre 0,13 e 5,10 mm, com a largura variando entre 0,90 m e 5,20 m (Figura 8a e 8b).

“Material geossintético de baixa permeabilidade, utilizado na engenharia geotécnica e civil, com a finalidade de prevenir ou limitar a percolação de fluidos através da estrutura.” (VERTEMATTI, 2015, p. 27)

Figura 8: (A) Geomembrana; (B) Propriedade Impermeabilizante.



Fonte: <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Productos-Geomembranas-Maquina-157859.html>
Fonte: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/saiba-como-escolher-geomembranas-para-impermeabilizar-lagos-e-tanques_14961_10_0.

Pesquisas realizadas até 2010 apontaram que nas obras de construção civil, as geomembranas podem ser utilizadas em túneis, atuando como barreira de fluidos e promovendo a drenagem ou escoamento das águas. Nas bases de reservatórios, além de atuar como barreira de fluidos, a ação mecânica da membrana exerce efeito de reforço em estruturas de pontes, sobre zonas moles. O uso mais comum de geomembranas é verificado em aterros sanitários e para a prevenção de erosão dos taludes, barreira de fluidos e impermeabilizações (GIROUD *et. al.*, 1985, apud LOPES, L.M., LOPES, M.P., 2010, p. 64).

Segundo Ferreira, R. (Revista Equipe de Obra PINI, ed. 44, de 2012), as geomembranas se adaptam bem em instalações que são submetidas a frequentes movimentações e vibrações.

Vertematti (2015) afirma que os geossintéticos para impermeabilização podem ser utilizados em diversas obras de estruturas, dentre as quais destaca-se sua utilização para impermeabilização do solo para alocação de tanques subterrâneos de armazenamento. O geossintético possui resistência química e mecânica, alto controle de qualidade na fabricação e facilidade de instalação; portanto, caracteriza-se como uma excelente alternativa de proteção ambiental, no setor de construção civil; ou seja, é um dispositivo que corrobora para que grandes construtores observem suas responsabilidades no que se refere ao desenvolvimento de suas atividades em consonância com as exigências socioambientais e econômicas. No Quadro 1 estão apresentadas as características das geomembranas e suas aplicações gerais.

Quadro 1: Geomembranas quanto ao material, características e indicação de aplicação.

Material	Propriedades	Utilizações
PEAD	Geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD) é composta por aproximadamente 97,5% de polietileno e 2,5% de fuligem (negro de fumo), encarregado da resistência aos raios ultravioletas. Também contém compostos químicos que atenuam a sua resistência a intempéries que promovem a degradação.	Aterros sanitários, tanques, estações de tratamento de esgotos industriais, lagos e lagos artificiais etc.
EPDM	Etileno-propileno-dieno-monômero (EPDM) corresponde a uma borracha com bastante elasticidade, permitindo que a geomembrana desenvolvida com o material se conforme a diversas superfícies. Além de poder ser útil na confecção de mantas para coberturas, utilizando-se de afixação mecanizada ou aderida.	Geomembrana: Reservatórios, lagos e lagos artificiais e tanques de criação de peixes, canais de irrigação. Mantas: Cobertura
PVC	Estas mantas podem ser utilizadas na Impermeabilização de elementos de concreto armado (túneis, lajes, subsolos, etc.) e coberturas. As mantas criadas para coberturas possuem resistência aos raios ultravioletas permitindo sua exposição às intempéries. Existindo também mantas com resistência à penetração de raízes e micro-organismos.	Túneis, subsolos, fundações, telhados e coberturas.
TIPO	São membranas confeccionadas com material termoplástico flexível reforçado e uma malha de poliéster. Possuindo, portanto, maior resistência a rasgos, rupturas, perfurações, bactérias, raios ultravioletas e ações de intempéries.	Coberturas.

Fonte: Autor, adaptado de FERREIRA, R., Revista Equipe de Obra17 Pini (2012).

No Quadro 2 são indicadas as resistências das geomembranas, face a agentes químicos, expostos a variação de temperaturas de 38°C a 70°C. No quadro, os materiais que recebem a marca X são aqueles que têm um desempenho adequado face aos contaminantes apresentados, esse desempenho pode variar conforme a aplicação e expectativa de vida útil (VERTEMATTI, 2015, p. 479).

Quadro 2: Resistência química de geomembrana (*apud* Sharma; Lewis,1994)

Geomembrana	Borracha butil		PEC		PECS		Poliiolefina elasticizada		Borracha epicloroidina		PEMD		Neo-prene		PEAD		PVC	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Agente químico	Temperatura																	
Hidrocarbonos asfálticos	o	o	X	X	o	o	X	o	X	X	o	o	X	X	X	X	o	o
Hidrocarbonos Aromáticos	o	o	o	o	o	o	X	o	X	X	o	o	X	X	X	X	o	o
Solventes clorados	X	X	o	o	o	o	X	o	X	X	X	o	X	o	X	X	o	o
Solventes oxigenados	X	X	o	o	o	o	X	o	X	o	X	X	X	X	X	X	o	o
Solventes de petróleo bruto	o	o	X	X	o	o	X	o	X	X	o	o	X	X	X	X	o	o
Álcoois	X	X	X	X	o	o	X	o	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ácidos orgânicos	X	X	X	X	X	o	X	o	X	o	X	X	X	X	X	X	X	X
Ácidos inorgânicos	X	X	X	X	X	o	X	o	X	o	X	X	X	X	X	X	X	X
Bases orgânicas	X	X	X	X	X	o	X	o	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bases inorgânicos	X	X	X	X	X	o	X	o	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Metais pesados	X	X	X	X	X	o	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sais	X	X	X	X	X	o	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

A=38°C; B=70°C; X= desempenho adequado, em geral; O= resistência fraca, em geral.
Fonte: VERTEMATTI (2015, p. 479).

Diante das características e aplicações dos diversos tipos de geomembrana, a PEAD (Quadro 2) seria a mais adequada ao uso preventivo de vazamentos de substâncias contidas em postos de combustíveis.

Ressalta-se que para desempenhar a sua função de impermeabilização adequadamente, é importante que sejam observados requisitos indicados pelos fabricantes quanto ao correto transporte e manuseio durante a colocação em obra das geomembranas. Deve-se atentar à continuidade do material, pois o mesmo não pode estar rompido e considerar a sua substituição após superar a vida útil. Para tanto, previamente à instalação de geomembrana, indica-se uma verificação cuidadosa das condições da superfície de apoio. Esta deve ter sido consolidada em conformidade ao projeto executivo. Além disso, a superfície deve estar nivelada e livre de qualquer material que possa ocasionar furos ou rupturas. Essa inspeção prévia também é necessária em canaletas de ancoragem, para o caso de aplicação em solo e respeitando-se as dimensões indicadas no projeto executivo (PASTISUL GEOSSINTÉTICOS, 2003), respeitando-se também o tempo de vida útil do material, que pode superar 30 anos (LOPES, L.M., LOPES, M.P., 2010).

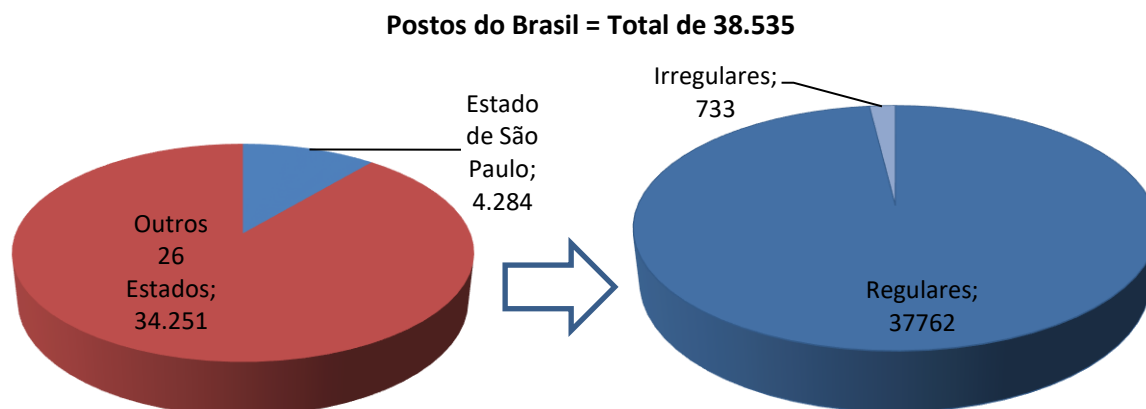
RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estado de São Paulo, o órgão responsável pelo licenciamento de postos de combustível é a CETESB; no entanto, a fiscalização no país é realizada pelo IBAMA em acordo de cooperação técnica com os Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMAS), em que todas as atividades potencialmente poluidoras são realizadas pelo site do IBAMA no Cadastro Técnico Federal – CTF, (BRASIL, 2017).

O Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, que está sob a administração da SEMA, destinado ao controle de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (Lei, n. 6938, de 31 de agosto de 1981).

Em dezembro de 2017, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) efetuou a fiscalização em 27 estados brasileiros, autuando postos de combustíveis que não se encontravam inscritos no CTF. O cadastro do IBAMA registrou 773 postos irregulares (Figura 9), que somaram o total de R\$ 3.030.650,00 em multas (BRASIL, 2017).

Figura 9: Relação entre Postos de Combustíveis e seus cadastras no Sistema CTF



Fonte: Autor, adaptado de IBAMA (2017).

Considerando os trabalhos realizados pelas agências ambientais, de 2000 até 2018, quanto à regularização e fiscalização dos postos de combustíveis, os índices de postos não cadastrados no CTF foram reduzidos a 2% para todo o Brasil. Contudo, não foram analisados quantos desses postos cadastrados estão reformados e quantos são novos. Desta forma, do total de 38.535 postos, não se pode afirmar quantas instalações estão adequadas ao armazenamento de combustíveis, ou indicar uma estimativa de quantos postos apresentam risco de contaminação, ou contaminação confirmada. Face ao exposto, presume-se que esses 773 (2% do total) postos não cadastrados no CTF podem não estar em condições adequadas à atividade de revenda.

Portanto, se tais estabelecimentos não são devidamente fiscalizados, apresentam riscos ao meio ambiente e à qualidade de vida, visto que podem não dispor de equipamentos de segurança, ou mesmo não apresentarem projetos, quando da construção do empreendimento. Não se pode afirmar que esses estabelecimentos foram construídos seguindo os procedimentos corretos de instalação dos tanques de armazenamento, tubulações e bombas. São potenciais áreas sujeitas a vazamentos e na ocorrência de incidentes, os custos para remediação são exponencialmente altos, levando alguns postos ao encerramento de suas atividades por não poderem arcar com os custos dos procedimentos.

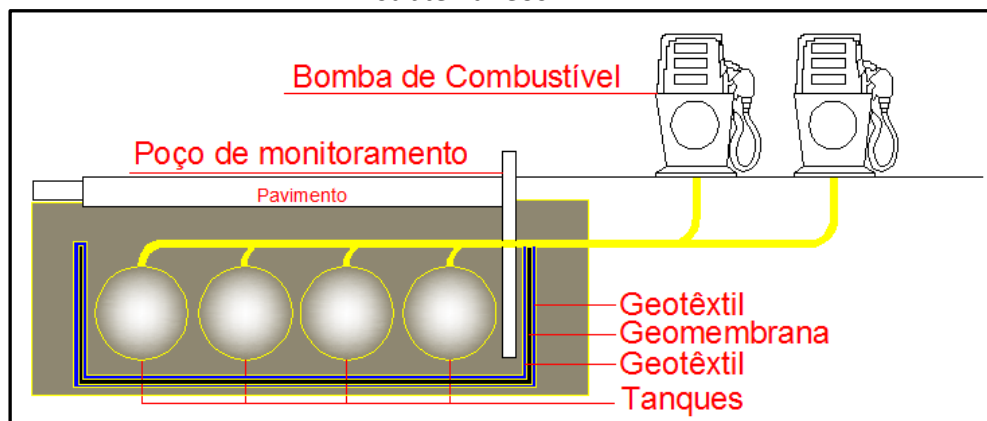
Uma solução de engenharia para assegurar, ou reforçar, os métodos construtivos de postos contra vazamentos, considerada menos onerosa, seria a utilização de geomembrana como impermeabilizante nas cavas dos tanques de armazenamento de combustíveis, incluindo-se um poço de monitoramento dentro da cava, a fim de averiguar periodicamente a ocorrência ou não de vazamentos (VERTEMATTI, 2015, p. 463). Indica-se ainda a investigação sobre a instalação do geossintético, tanto nas cavas das tubulações e abaixo das bombas, como na área que compreende todo o empreendimento, para que sejam evitadas contaminações por derramamento. Atualmente, é comum a utilização de lona como impermeabilizante; no entanto, trata-se de medida paliativa, pois a mesma não possui resistência físico-química para atuar como barreira aos tipos de substâncias presentes em postos de combustíveis.

A instalação do geossintético seria recomendada previamente às reformas ou construções dos postos. Assim, a geomembrana funcionaria como barreira hidráulica, impedindo que o contaminante entre em contato com a camada superficial do solo e posteriormente com as águas subterrâneas. Esta medida atuaria como procedimento preventivo na ocorrência de algum acidente, visto que os procedimentos de remediação são onerosos podendo variar de R\$ 9,2 bilhões e R\$ 61,7 bilhões, dependendo da técnica utilizada, da pluma de contaminação e da área a ser empregada a intervenção (IPT, 2016).

Essa recomendação de solução de engenharia requer planejamento e execução adequada, baseados em projetos de instalação de tanques e piso dos postos de combustíveis. Deve-se ressaltar que segundo especialistas (depoimento, Maccaferri, 2018), para a geomembrana se adequar corretamente aos tanques, com o mínimo de rugosidade possível, ela deve ser soldada em fábrica, transportada e colocada nas cavas. Após a sua colocação na cava, segue-se com os procedimentos de colocação dos tanques de acordo com as normas técnicas correlatas. Dessa forma, as dimensões da barreira de geomembrana serão baseadas no tamanho da cava previamente calculada, em função das dimensões dos tanques.

Em relação à viabilidade de utilização de geomembrana como incremento de método construtivo, como material impermeabilizante, permitem diversas utilizações, conseqüentemente, existem diferentes procedimentos de aplicação, condizente a cada finalidade. Em relação à execução de impermeabilização em postos de combustíveis, recobre-se a geomembrana com geotêxtil (Figura 10), a fim de evitar danos à geomembrana e instala-se um poço de monitoramento no interior da cava (VERTEMATTI, 2015, p. 462-463). Caso ocorram vazamentos de combustíveis, este fica retido na geomembrana, que impedirá o contato da substância com o solo, formando então um tipo de bacia de contenção.

Figura 10: Sistemas impermeabilizantes compostos com geossintéticos em cavas de tanques subterrâneos.



Fonte: Autor, adaptado de Vertematti (2015, p. 463).

Um procedimento similar foi realizado no Rio Grande do Sul, tendo em vista possíveis vazamentos, mesmo com a excelência dos equipamentos, procedimentos de licenciamento e fiscalização, levaram a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) no RS a solicitar por um breve período, o uso da geomembrana na impermeabilização das cavas dos tanques dos combustíveis em áreas onde não fosse identificado o nível freático até a profundidade de 3,5 metros. Conforme Figura 10, registrada na data de 23 de fevereiro de 2018, que indica a instalação da geomembrana de PEAD em um posto de combustível na cidade de Passo Fundo.

Figura 10: Impermeabilização de cava de tanque de armazenamento de combustível.



Fonte: <http://www.geab.com.br/>

Contudo, a FEPAM informou (via telefone e e-mail) que averiguou posteriormente a relação custo/benefício desse procedimento, avaliando-o como não favorável, uma vez que o Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC), que abrange tanques e linhas, é realizado por empresa devidamente certificada no INMETRO, sendo dispostos também poços de monitoramento nas cavas dos tanques. Assim, no caso dos postos do RS, a agência ambiental não indicou a necessidade de uso da geomembrana, como método construtivo sobressaliente.

Contudo, outro ponto a ser considerado é que a FEPAM não padronizou a forma de instalação das mantas, tampouco avaliou a capacidade técnica das empresas consultoras. Portanto, a FEPAM não poderia dar garantias aos proprietários dos postos sobre a eficiência da impermeabilização com a geomembrana e conseqüentemente, sua viabilidade econômica.

Como nos projetos de execução para postos, a FEPAM solicita seja instalado um poço de monitoramento, o qual possibilita detectar a ocorrência de vazamentos no interior da cava, a agência ambiental entende que a impermeabilização da cava não reflete em incremento à prevenção em relação aos resultados que já são verificados com os procedimentos usuais de construção de postos, no RS.

No entanto, deve-se considerar a importância do gerenciamento de risco em toda a sua magnitude; ou seja, alguns eventos não devem ser negligenciados. Por exemplo, faz-se a seguinte conjectura, na hipótese de um vazamento proveniente de acidentes naturais oriundos de vibrações intensas do terreno, ou por explosões em estabelecimentos próximos, ainda que haja um poço de monitoramento no interior da cava em que os tanques estão alocados, o sinistro poderia comprometer as instalações de contenção e o contaminante poderia migrar para outros horizontes do solo. Tal situação, mesmo sendo rara e leve a menor impacto, devido à detecção rápida pelo poço de monitoramento, poderia resultar na exigência de uma investigação confirmatória para averiguar a necessidade (ou não) de procedimentos posteriores de intervenção; o que acarretaria em um custo sobressalente ao posto de combustível. Custo este que poderia ser evitado com um procedimento de impermeabilização realizado de forma padronizada a fim de garantir a eficácia do processo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compostos químicos sintéticos e derivados de petróleo vêm sendo acumuladas no ambiente e depositados na superfície terrestre ao longo dos anos. Essa deposição afeta o meio como um todo, inclusive, podendo causar risco à vida e à saúde das pessoas.

Observa-se que as técnicas eficazes quanto à remediação em locais contaminados, como a escavação dos solos contaminados, tratamento ou disposição em aterros, além de se caracterizarem como métodos de recuperação de elevados custos, não são totalmente eficientes; ou seja, a dispersão dos contaminantes pode acontecer *à posteriori*, exigindo novas intervenções no terreno sob investigação e, conseqüentemente, onerando ainda mais o processo de remediação aos responsáveis.

Outro ponto importante é a destinação a ser dada ao resíduo proveniente de uma obra em solo contaminado com TPH. Ainda que o solo que tenha passado por processo de remediação, supondo a reforma do estabelecimento (ou sua desativação), caso se verifique a necessidade de renovação do solo, o material retirado deverá ser destinado a um aterro CLASSE I. Obviamente, que cada intervenção se caracteriza em riscos ambientais, à saúde e a ônus financeiros aos proprietários.

Este estudo objetivou apontar problemas de contaminação que levassem a interferências na execução de obra civil e os procedimentos adequados para solucioná-los. Assim, tendo em vista a melhor utilização dos processos e recursos, almeja-se que as informações aqui apresentadas deem suporte aos projetos de engenharia civil no que se refere ao atendimento de critérios de legislações ambientais e criminais, visando o bem-estar da sociedade e do meio ambiente, sem prejuízos ao desenvolvimento econômico das cidades.

Portanto, indica-se a importância de estudos futuros com geomembranas, voltados a avaliação mais detalhada sobre sua viabilidade econômica e eficiência como barreira a fluidos, na impermeabilização de postos de combustíveis. Nesse sentido, aponta-se a necessidade de serem obedecidas as recomendações dos fabricantes, bem como a padronização de protocolos de instalação, projetos, protótipos e testes químicos adequados, com intuito verificar a utilização da geomembrana como métodos de prevenção de contaminação àqueles que têm menor poder aquisitivo; isto é, postos não vinculados a grandes redes, comuns tanto em cidades grandes, como nas de pequeno porte.

REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, Henri. Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento por justiça ambiental. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 24, n.68, p. 103-119, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100010> Acesso em: 20 nov. 2018.
- AGUIAR, Rizia Miranda. Análise quantitativa da percepção dos stakeholders no processo de gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil. 141f (Dissertação em Gestão Ambiental). – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.uninove.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/895/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Rizia.pdf?sequence=1>> Acesso em: 10 nov. 2018.
- AGENCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEL. *Publicação Anual*. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/livros-e-revistas/2383-panorama-do-abastecimento-de-combustiveis-2016>> Acesso: 12 out. 2018.
- AHMED, Denise Setsuko Okada. *Áreas contaminadas e sua inserção no planejamento urbano da cidade do rio de janeiro: a relevância jurídica dos instrumentos urbano-ambientais*. 2015. 359 f. (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2015. Disponível em: <<http://objdig.ufrj.br/42/teses/858645.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2018.
- AMARAL, Geraldo Filho. et. al. Texto explicativo: *Relação de áreas contaminadas e reabilitadas no Estado de São Paulo*, Diretoria de Controle de Licenciamento Ambiental, São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2018/01/Texto-explicativo.pdf>> Acesso em: 11 out. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10520*. Apresentação de citações em documentos: procedimento. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15.515-2*. Passivo Ambiental- Investigação Confirmatória, Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16210*. Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL, art. 3, 18,-39 e 51-59, Decreto de Lei nº 59.263, de 05 de jun. de 2013. *Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas*. Anexo 1: Procedimento Para A Proteção Da Qualidade Do Solo E Das Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59263-05.06.2013.html>> Acesso: 12 out. 2018.

BRASIL, CETESB – Sistema de Licenciamento de Postos I- *Procedimento para Licenciamento Ambiental de Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis*, mai. 2017, Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/arquivos/S694.pdf>> Acesso: 15 out. 2018.

BRASIL, CETESB – Sistema de Licenciamento de Postos II - *Quadros de Exigências para o Licenciamento Ambiental de Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis*. mai. 2017, Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/arquivos/S695.pdf>> Acesso: 15 out. 2018.

BRASIL, CETESB - Sistema de Licenciamento De Postos VI - *Procedimento para Remoção de Tanques e Desmobilização de Sistema de Armazenamento e Abastecimento de Combustíveis*, p.3-9, fev. 2007. Disponível em: <<http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/documentos/S707.pdf>> Acesso: 15 out. 2018.

BRASIL, CETESB, p. 7-48, 59- 64, Decisão de Diretoria nº 038/2017/C, fev. 2017. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>> Acesso: 15 out. 2018.

BRASIL, CETESB - Instrução Técnica nº 39: Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental. *Gerenciamento de áreas contaminadas*, Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/12/IT39_2017_Vers%C3%A3o-Final_05dez17-PE.pdf> Consultado em: Acesso: 15 out. 2018.

BRASIL, IBAMA - CONTROLE AMBIENTAL - *Ibama fiscaliza postos de combustíveis irregulares: Operação nos 27 estados brasileiros teve como alvos os postos não inscritos no Cadastro Técnico Federal 23 de dez. 2017*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2014/08/ibama-fiscaliza-postos-de-combustiveis-irregulares>> Acesso: 20 out. 2018.

BRASIL, Lei nº 6.938, de 31 de ago. de 1981. *Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.* Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-publicacaooriginal-1-pl.html>> Acesso: 12 out. 2018.

BRASIL, Lei nº 13.577, de 08 jul. de 2009. *Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas.* Disponível em: < https://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/institucional/legislacao/2009_lei_13577.pdf> Acesso: 12 out. 2018.

CLÈVE, CLÉMERSON MERLIN. A eficácia dos direitos fundamentais sociais. *Revista Crítica Jurídica*, v. 22, p. 17-29, 2003.

FERRADOR, A. L., RIBEIRO, A. P., DONATELLI FILHO, H. E. R. A. L. D. O.; QUARESMA, C. C. *Áreas Contaminadas: Um estudo em antigo bairro industrial da Cidade de São Paulo.* Anais do VI Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade (VI SINGEP) – São Paulo – SP, novembro, 2017. Disponível em: <<https://singep.org.br/6singep/resultado/637.pdf>> Acesso: 20 out. 2018.

FERREIRA, Romário. – Materiais e ferramentas- Conhecendo os impermeabilizantes. *Revista Equipe de Obra PINI*, São Paulo, Edição 44 – Fev. de 2012. Disponível em: < <http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/44/conhecendo-os-impermeabilizantes-veja-quais-sao-os-sistemas-de-245388-1.aspx>> Acesso: 20 out. 2018.

GÜNTHE, Wanda M. Risso. (2006). *Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana.* São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v.20, n.2, p.105-117, abr./jun. 2006. Disponível em: < http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20n02_08.pdf> Acesso: 20 out. 2018.

IGS - BRASIL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOSSINTÉTICOS. Os Geossintéticos. Brasília, 2014. Disponível em: < <http://igsbrasil.org.br/os-geossinteticos> > Acesso: 05 out. 2018.

IGS - BRASIL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOSSINTÉTICOS. Recomendação 01 - Classificação dos Geossintéticos. Brasília, 2014. Disponível em: < <http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/geossinteticos/1.pdf>> Acesso: 05 out. 2018.

IGS - INTERNATIONAL GEOSYNTHETICS SOCIETY. Recomendação 02 - Funções dos Geossintéticos. Bathurst, R.J. - Brasília, 2014. Disponível em: < <http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/geossinteticos/2.pdf>> Acesso: 05 out. 2018.

JANNUZZI, Sheila; BERTÉ, Rodrigo. A tríplice consequência do dano ambiental. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Mato Grosso do Sul, v. 1, n. 1, p. 73-92, jan./ jun. 2012. Disponível em: < <https://www.uninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/62/35>> Acesso: 25 out. 2018.

- JAY, Stephen; JONES, Carys; SLINN, Paul; WOOD, Christopher. Environmental impact assessment: retrospect and prospect. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 27, p. 287-300, 2007. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/e0fa/ced76cbaa56ae30d52a13ae3a9664662c083.pdf>> Acesso em: 25 out. 2018.
- LOPES, Lurdes Maria, LOPES, Margarida Pinho. A Durabilidade dos Geossintéticos, 1. ed. Porto: FEUP, 2010. p. 48-59
- MACIEL, Alcides Gabriel. P.C., et. al. Contaminação Do Subsolo Por Hidrocarbonetos Do Petróleo. Engenharia de Petróleo. *Ciências exatas e tecnológicas*, Maceió v. 3, n. 1, p. 57-64, nov. 2015. Disponível em: <periodicos.set.edu.br ISSN 2357-9919> Acesso: 05 out. 2018.
- PALMEIRA, Ennio Marques. Geossintéticos 95 - 2º *Simpósio Brasileiro Sobre Aplicações de Geossintéticos*. Distrito Federal, 1995. Disponível em: <<http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/12/Geossint%C3%A9ticos%2095%20-%20Palestras%20Especiais.PDF>> Acesso em: 10 out. 2018.
- PASTISUL GEOSSINTÉTINCO. Instalação De Geomembranas Termoplásticas Em Obras Geotécnicas E De Saneamento Ambiental – Manual. Rio Grande do Sul, 2003. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/plastisul_geomenbrana.pdf> Acesso em: 15 out. 2018.
- SALINAS, Vania Cristiane Flores. Contaminação do solo em São Paulo: O Caso da Operação Urbana Bairros do Tamanduateí. *Revista Labverde*, São Paulo, v. 1, n. 10, p. 84-102, 2015. Disponível em: < DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v1i10p84-102>> Acesso em: 15 out. 2018.
- SOUZA-LIMA, José Edmilson de; MARTINI, Kalla Maria. Licenciamento Ambiental: uma proposta de (re) leitura em um estado de direito socioambiental. *Revista Direitos Fundamentais & Democracia*, v. 16, n.16, p.166-183, 2014. Disponível em: <<http://revistaeletronicardfd.unibrasil.com.br/index.php/rdfd/article/view/365>> Acesso em: 10 nov. 2018.
- OLIVEIRA, M. V. *A tríplice responsabilidade por danos causados ao meio ambiente*. Conteúdo Jurídico, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.conteudojuridico.com.br/?artigos&ver=2.39777&seo=1>>. Acesso em: 25 out. 2018.
- SPÍNOLA, Ana Luiza Silva. *Inserção das áreas contaminadas na gestão municipal: desafios e tendências*. 2011. 189 f. (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em:<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-03112011-172059/pt-br.php>> Acesso em: 10 nov. 2018

VALENTIM, Luís Sérgio Ozório. *Estrutura urbana e cenários de risco à saúde em áreas contaminadas da Região Metropolitana de São Paulo*. 2010. 262 f. (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em : <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-18062010-092455/en.php>> Acesso em: 10 nov. 2018.

VERTEMATTI, José Carlos. *Manual Brasileiro de Geossintéticos*. Comitê Técnico de Geossintéticos CTG ABINT. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. p. 17-27, 457-97.