

**Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública
Programa de Pós-Graduação Ambiente,
Saúde e Sustentabilidade**

**Gestão Sustentável de áreas contaminadas
Material Didático**

Produto Técnico Tecnológico apresentado ao Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo como parte integrante do Mestrado: Gestão sustentável para área contaminada em campus universitário.

Dissertação

Nome Fernanda Bertaco Bueno
Orientador: Prof. Dr. Arlindo Philippi Junior
Coorientador: Wanda Maria Risso Günther

São Paulo
2017

RESUMO

BUENO, FERNANDA BERTACO. Gestão Sustentável de áreas contaminadas. 2017. Produto Técnico Tecnológico, parte da Dissertação: Gestão sustentável para área contaminada em campus universitário - Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 2017.

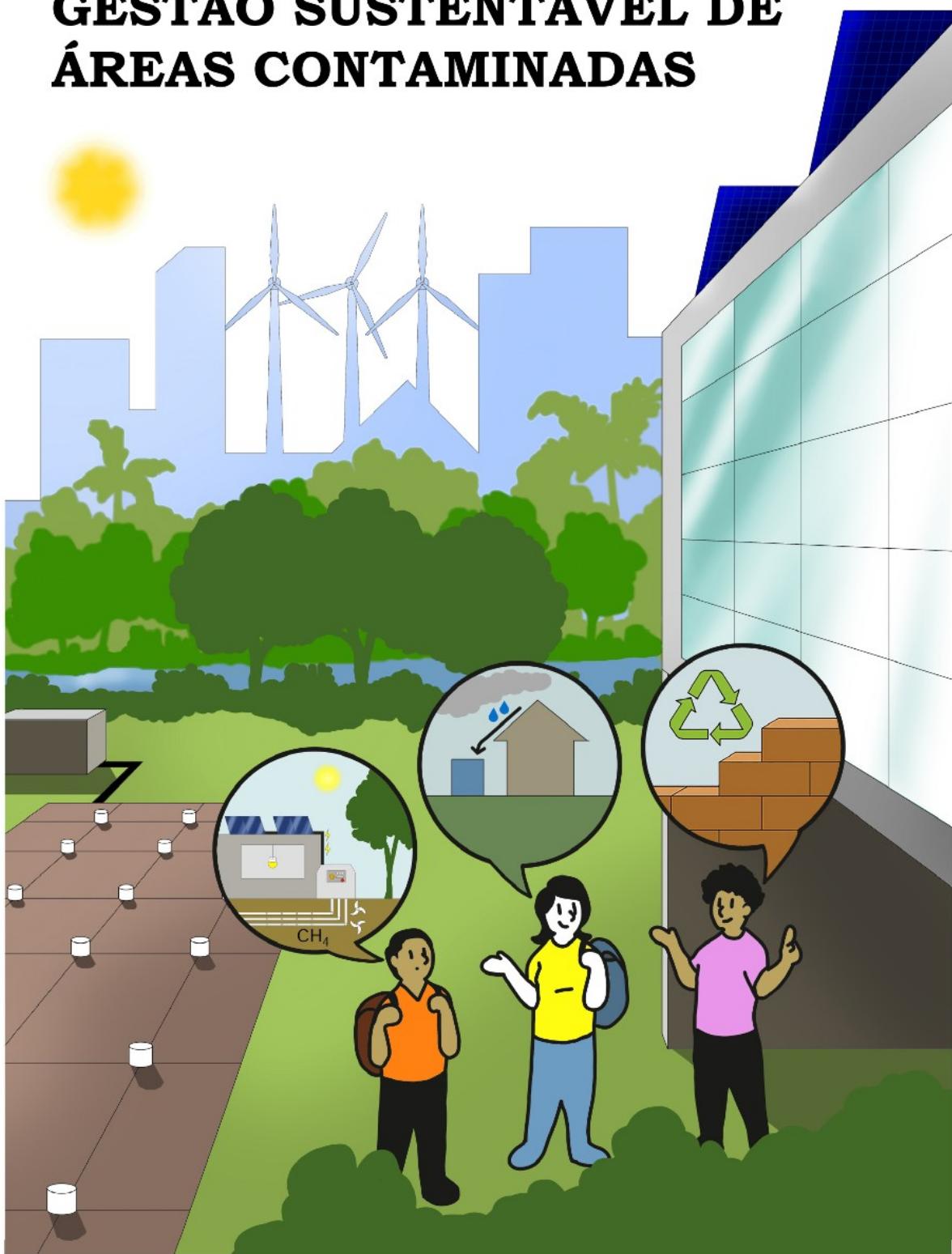
Com base na pesquisa e nos resultados obtidos da dissertação de Mestrado “Gestão sustentável para área contaminada em campus universitário” foi elaborado um guia informativo denominado “Gestão Sustentável de áreas contaminadas”, cujo objetivo é auxiliar os gestores de campus universitário e órgãos ambientais na inserção de princípios de sustentabilidade em áreas contaminadas, exemplificado por meio da área da USP Leste. O material didático traz informações de como inserir a sustentabilidade no processo de gestão dessas áreas, por meio de práticas sustentáveis que podem ser adotadas na etapa de investigação e remediação, e no design da construção de edifícios. Conforme as necessidades e diretrizes da USP, as práticas sustentáveis propostas foram especificadas de como poderiam ser implementadas no local, podendo trazer ganhos ambientais, econômicos e sociais a todas as partes interessadas (frequentadores do campus, administração da USP, comunidade local, consultores e órgãos ambientais).

As ações propostas no material representam uma oportunidade em buscar novas soluções para utilização segura dos frequentadores do local, de tal forma que proteja a saúde humana e minimize os impactos ambientais adversos.

Apesar de não haver uma solução única e padronizada para todas as áreas contaminadas, a avaliação das estratégias sustentáveis que podem ser adotadas no caso exemplificado poderá servir como um modelo para outras áreas contaminadas onde se pretende a gestão sustentável, considerando os desafios e as características de cada local.

O guia informativo é parte integrante da dissertação de Mestrado “Gestão sustentável para área contaminada em campus universitário” e está disponível na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (<https://doi.org/10.11606/D.6.2017.tde-26062017-131435>).

GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁREAS CONTAMINADAS



Apresentação

Este guia informativo tem como objetivo auxiliar os gestores de *campus* universitário, bem como órgãos ambientais, na inserção de princípios de sustentabilidade em áreas contaminadas, exemplificado por meio do caso da área da USP Leste.

O material traz informações de como inserir a sustentabilidade no processo de gestão dessas áreas, por meio de práticas sustentáveis que podem ser adotadas na etapa de investigação e remediação, e no design da construção de edifícios, evitando o uso desnecessário de energia e materiais.

Conforme as necessidades e diretrizes da USP, as práticas sustentáveis propostas foram especificadas de como poderiam ser implementadas no local, podendo trazer ganhos ambientais, econômicos e sociais a todas as partes interessadas (frequentadores do campus, administração da USP, comunidade local, consultores e órgãos ambientais).

As ações propostas neste material representam uma oportunidade em buscar novas soluções para utilização segura dos frequentadores do local, de tal forma que proteja a saúde humana e minimize os impactos ambientais adversos.

Apesar de não haver uma solução única e padronizada para todas as áreas contaminadas, a avaliação das estratégias sustentáveis que podem ser adotadas no caso exemplificado poderá servir como um modelo para outras áreas contaminadas onde se pretende a gestão sustentável, considerando os desafios e as características de cada local.

Este guia informativo foi elaborado com base na dissertação de Mestrado Profissional “Gestão Sustentável de Área Contaminada em *Campus* Universitário” desenvolvida pela autora deste documento. Agradecimentos especiais ao Eng. Agrônomo Gabriel Kehdi responsável por todas as ilustrações deste material.

ÁREAS CONTAMINADAS

Afinal a contaminação de uma área representa perigos à saúde humana e ao meio ambiente?

Quando se pensa em um terreno contaminado, logo a ideia de perigo iminente vem à tona. A verdade é que uma área contaminada não necessariamente representa riscos à saúde humana e ao meio ambiente. A presença de substâncias tóxicas e/ou cancerígenas no solo e na água subterrânea ocorre por meio de vazamento ou descarte de produtos químicos que podem atingir o solo e, por lixiviação, o lençol freático. O risco associado a uma área contaminada depende de diversos fatores como meio impactado, tipo de contaminante, toxicidade e concentração das substâncias químicas.

A conscientização dos problemas causados pelas áreas contaminadas foi iniciada a partir da década de 70. O evento mais emblemático com ampla repercussão internacional foi o Love Canal na cidade de Niagara Falls, nos Estados Unidos. O projeto de desvio de parte do curso do rio Niagara para abrir um canal para fins de geração de energia elétrica foi abandonado e o local se tornou um depósito de resíduos perigosos. Alguns anos depois, as áreas próximas ao canal foram ocupadas por residências e escolas e, logo depois, moradores começaram a ter problemas de saúde ocasionados pela exposição às substâncias tóxicas. A partir deste caso, o estabelecimento do gerenciamento de áreas contaminadas e de legislações específicas passou a ter significativa importância para mitigar impactos ambientais, minimizar e controlar os riscos na ocupação de áreas contaminadas.

De acordo com a definição da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Decisão de Diretoria nº103/2007/C/E), órgão regulador de áreas contaminadas no Estado de São Paulo, área contaminada é definida como área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria, na qual, após a realização de avaliação de risco, foram observadas quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana.

Para verificar a existência da contaminação e dos riscos associados, estudos ambientais são realizados para quantificar substâncias

químicas que podem estar em concentrações acima dos valores de referência, podendo gerar riscos à saúde humana. O gerenciamento de áreas contaminadas adotado pela CETESB (Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E) segue uma metodologia de diversas etapas, cujo objetivo é minimizar o risco proveniente da existência de contaminação em relação à população e ao meio ambiente por meio da aplicação de um conjunto de medidas.

E que riscos seriam esses? Riscos aos receptores obtidos por meio da explosividade de alguns compostos, da ingestão e contato dérmico do solo e da água subterrânea e inalação de vapores decorrentes do solo ou água subterrânea contaminados. Quando há existência de riscos em uma área contaminada, é necessário realizar o gerenciamento do risco. O risco ocorre quando temos uma combinação de 3 fatores: fonte de contaminação, caminho de exposição e receptor. Quando uma destas ligações é eliminada, o risco é gerenciado, como, por exemplo, quando um sistema de remediação é instalado no local, a fonte de contaminação é eliminada ou reduzida.

Exemplo de um cenário em que o solo e a água subterrânea e potenciais receptores estão expostos a substâncias tóxicas



SUSTENTABILIDADE

O que significa este termo?

Ultimamente, a sustentabilidade está sendo empregada em diversos setores, meio ambiente, educação, indústria e administração pública. A palavra “sustentável” tem origem do Latim: “sustentare” que significa sustentar; defender; favorecer, apoiar; conservar e cuidar.

O conceito de sustentabilidade começou a ser amplamente difundido a partir do conceito de desenvolvimento sustentável definido no Relatório *Brundtland*, publicado em 1987 pela Comissão das Nações Unidas para Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD. De acordo com o Relatório, *“desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades”*. Desde então, diversas definições surgiram com uma ideia aparentemente consensual de que a sustentabilidade engloba aspectos ambientais, econômicos e sociais.

Na prática, a sustentabilidade está associada a ações, soluções e planos que utilizem os recursos naturais de forma inteligente sem interferir nas gerações futuras, buscando uma melhora da qualidade de vida a todos com benefícios ambientais, econômicos e sociais.

Exemplos de elementos sustentáveis em uma cidade



Todos os processos de fabricação e construções geram diversos impactos ambientais, econômicos e sociais. A inserção da sustentabilidade é aplicada justamente para minimizar esses impactos.

Nesse contexto, ações e práticas sustentáveis podem ser empregadas em qualquer local, seja em casa, no trabalho, na escola, nos parques, nas cidades, nas indústrias, e inclusive nos processos de construção de edificações e na gestão de áreas contaminadas.

SUSTENTABILIDADE NAS ÁREAS CONTAMINADAS E NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES

A inserção da sustentabilidade no processo de gestão de áreas contaminadas é uma alternativa para reduzir as adversidades

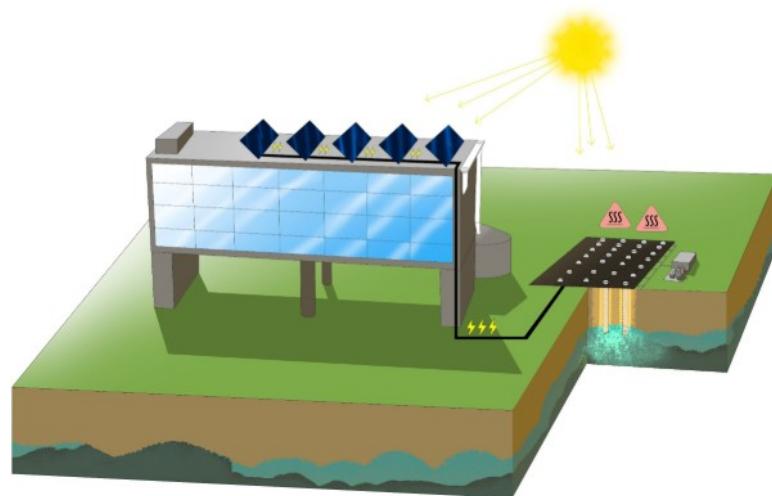
Neste contexto do processo de gestão de áreas contaminadas, quando uma área contaminada requer intervenções como a aplicação de tecnologias de remediação para o gerenciamento do risco, os efeitos podem ser tanto positivos de sanar os problemas ambientais e de saúde pública como negativos pelo consumo de energia e recursos naturais; emissão de gases de efeito estufa; impactos nas comunidades locais e a relação custo benefício do projeto para o futuro uso do *site*.

Face a essa realidade, surge a questão de qual seria a alternativa com menor impacto para uma tonelada de solo contaminado com hidrocarbonetos: instalar um sistema de remediação e consumir dezenas de litros de combustíveis fósseis para recuperar os hidrocarbonetos ou remover o solo contaminado para um aterro e impactar outro local?

Para esta questão não há uma resposta simples. Tudo dependerá de avaliações para verificar os impactos de cada opção. Nesse contexto, a inserção da sustentabilidade na recuperação ambiental dessas áreas torna-se uma alternativa para reduzir as adversidades decorrentes e um desafio para buscar novas soluções para o reuso do *site*.

Uma das formas de introdução da sustentabilidade nos processos de remediação se dá por meio da remediação sustentável. Este conceito surgiu nos Estados Unidos, em 2006, após a criação de uma organização formada por profissionais da área de remediação ambiental denominada *Sustainable Remediation Forum (SURF)*, com o intuito de introduzir práticas sustentáveis nos processos de remediação, atendendo aos padrões regulatórios. De acordo com o SURF, remediação sustentável compreende as ações de gerenciamento de risco para o solo e águas subterrâneas, as quais são selecionadas, projetadas e operadas para maximizar os benefícios econômicos, sociais, e ambientais.

Exemplos de práticas sustentáveis na gestão de uma área contaminada



A combinação do planejamento das fases da remediação com o design da construção de edifícios pode ser considerada uma maneira de incorporar a sustentabilidade na gestão de áreas contaminadas, evitando assim o uso desnecessário de energia e materiais, como por exemplo, a instalação de uma planta de energia renovável no próprio *site* para operação de um sistema de remediação, e posteriormente, para o fornecimento de energia ao futuro uso do *site*.

Como a sustentabilidade pode ser inserida na construção de edificações?

Prácticas sustentáveis podem ser inseridas na construção de edificações com o intuito de incentivar e acelerar a adoção de medidas como uso

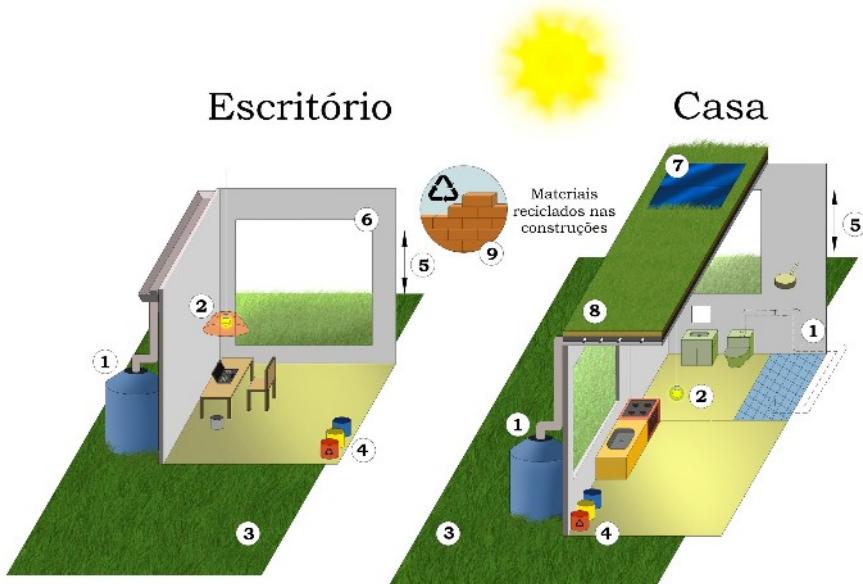
racional de água, eficiência energética, seleção de materiais com baixo impacto ambiental, estratégias inovadoras e questões de prioridade regional em todos os tipos de edificações.

Uma das ferramentas de certificação para construção sustentável bastante utilizada internacionalmente é a *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)* desenvolvida pelo *U.S. Green Building Council - USGBC*. O projeto das edificações verdes (*Green Building*) considera a incorporação de elementos para consumir menos recursos em sua construção e menos energia e água em todo o seu ciclo de vida. Neste caso, edificações verdes podem também ser referenciadas como edificações sustentáveis, pelo fato de que o projeto destes edifícios tem implicações econômicas, sociais e ecológicas mais abrangentes do que uma simples construção.

Assim, a remediação e a construção sustentável incluem uma avaliação global de impactos ambientais, econômicos e sociais de uma atividade e seus efeitos nas futuras gerações (ITRC, 2011).

Alguns exemplos de práticas sustentáveis na construção de edificações estão descritos e ilustrados na figura a seguir.

Exemplos de práticas sustentáveis na construção de edificações



1 - Reaproveitamento da água de chuva e recarga com água de reuso para redução do consumo e dos gastos com consumo de água tratada

distribuída pelo sistema de abastecimento urbano e controle do excesso de escoamento superficial.

2 - Lâmpadas de baixo consumo como LED ou fluorescentes: consomem menos eletricidade e possuem uma maior durabilidade comparadas com as lâmpadas incandescentes.

3 – Paisagismo sustentável: avaliação das espécies de plantas mais adequadas à realidade do local para reduzir custos associados à manutenção e produtos de jardinagem; reutilização da água de chuva para irrigação das plantas.

4 – Separação de resíduos para redução do volume dos resíduos gerados e reutilização dos mesmos a partir da transformação em novos produtos.

5 – Ventilação natural com preferência a ambientes amplos e pé-direito alto: diminui o consumo de energia pois ajuda a regular a temperatura interna e a necessidade de utilização de aparelhos de ar condicionado, ventiladores e aquecedores e melhora a qualidade do ar.

6 – Iluminação natural para reduzir o consumo de energia elétrica durante o dia.

7 - Energia solar para redução do consumo de energia da rede elétrica.

8 - Telhados verdes: construção coberta por plantas, flores e até pequenas árvores para mitigar problemas ambientais como poluição, poeira, ilhas de calor e alagamentos.

9 – Paredes sustentáveis: blocos de entulho (resíduos reaproveitados como cerâmicas, telhas e tijolos moídos e misturados a areia e cimento e transformados em blocos novos), tijolos de solo-cimento (composto por areia argilosa, água e cimento com menor necessidade de utilização de ferro e concreto nas vergas) e tijolos de terra (podem ser compostos por capim, palha de trigo, solo argiloso e água e possui alto isolamento termo-acústico)

COMO INSERIR PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE EM UMA ÁREA CONTAMINADA?

Para ilustrar como princípios de sustentabilidade podem ser inseridos na gestão de uma área contaminada foi adotado como exemplo a área contaminada ocupada pelo campus da USP Leste. Nos próximos tópicos serão descritos um breve histórico da área deste campus e sugestões de práticas sustentáveis que poderiam ser implementadas na gestão da área contaminada deste campus.

Por que a área do *campus* USP Leste encontra-se contaminada?

O *campus* capital zona leste da USP, conhecido como campus USP Leste e composto pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH), iniciou suas atividades no ano de 2005, em uma área pertencente ao Parque Ecológico do Tietê, doada pelo Governo do Estado de São Paulo em 2003. A escolha da localização da EACH na zona leste da cidade de São Paulo ocorreu pelo fato de que o campus representaria uma oportunidade para a USP ampliar o acesso da população à sua reconhecida excelência no ensino, pesquisa, atividades de extensão e promoveria uma forte interação com as comunidades da região.

Desde o início da construção do *campus*, investigações ambientais têm sido elaboradas a fim de avaliar a qualidade ambiental do local.

O histórico do uso e ocupação do solo indicou que toda a região da área ocupada pela EACH e seu entorno imediato foi ocupada por “bota foras” de resíduos e sedimentos, provenientes das dragagens do leito do rio Tietê no período anterior ao ano de 2003. Por processos naturais, este tipo de solo gera gases provenientes da decomposição da matéria orgânica. Um desses gases é o metano que não é tóxico; porém é um gás inflamável, cujos vapores tornam-se explosivos somente na presença de gás oxigênio e uma fonte de ignição.

Em decorrência das medições em alguns pontos do campus indicarem concentrações superiores e/ou dentro da faixa de explosividade do metano, caracterizando risco de explosividade para o local, a CETESB solicitou a instalação de um sistema de extração de gases para não haver acúmulo de metano no interior das edificações. Em função na demora da instalação do sistema de extração, o *campus* da USP Leste foi interditado por ordem de justiça e as atividades foram suspensas a partir de janeiro de 2014.

Após a interdição, sistemas de ventilação existentes no local foram reajustados e exaustores foram conectados aos sistemas de alguns edifícios, de forma a impedir o acúmulo de gases sobre o piso. Com base em novas medições de gases que não indicaram concentrações de metano nos poços situados na camada de brita abaixo do contrapiso, a CETESB concluiu que os gases presentes no subsolo não impunham um risco iminente à segurança dos usuários do campus da USP Leste e por Ordem da Justiça determinou-se a desinterdição do campus em julho/2014.

Destaca-se que no final de 2010, aproximadamente 100.000 m³ de solo de origem desconhecida e com presença de restos de materiais de construção civil sem aprovações ambientais foram aterrados em algumas áreas do campus. Estas áreas encontram-se cercadas e estão sob investigação.

Histórico da degradação ambiental do Campus da USP Leste



Além da questão da presença de gás metano, a área do *campus* USP Leste também possui contaminação por alguns compostos orgânicos e inorgânicos, com risco toxicológico e carcinogênico somente para ingestão da água subterrânea para eventuais moradores do local, trabalhadores de obras civis, funcionários e estudantes na área interna e externa do campus.

As investigações ambientais das áreas denominadas AI-02 e AI-03 ainda estão em andamento. Futuramente, a USP tem interesse em elaborar projetos para ampliações destinadas a novos edifícios e atividades no *campus*.

PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

A adoção de práticas sustentáveis deve estar associada às necessidades e diretrizes da administração

Além de proteger a saúde humana e o ambiente dos perigos associados às áreas contaminadas, a adoção de práticas sustentáveis associadas às medidas de intervenção no processo de gestão de áreas contaminadas resulta em benefícios ambientais, sociais e/ou econômicos, como a redução da emissão de poluentes, a criação de oportunidades de empregos, e a redução dos custos associados aos processos de remediação.

As práticas de gestão sustentável não são necessariamente novas ações a serem implementadas em uma área contaminada, mas sim sugestões de medidas e ações para reduzir o custo, o uso dos recursos naturais e o impacto negativo a comunidades ou ao meio ambiente.

A incorporação de práticas sustentáveis requer uma análise detalhada destes elementos fundamentais na investigação e no projeto de remediação, baseada principalmente nas vantagens e desvantagens das estratégias a serem adotadas, conforme os desafios e características de cada área.

Para inserção da sustentabilidade em uma universidade é fundamental que a política ambiental da universidade contenha diretrizes voltadas ao

desenvolvimento de pesquisas e ações de sustentabilidade. Por meio do Programa de Políticas Ambientais, sob coordenação da Superintendência de Gestão Ambiental (SGA), foram definidos 12 (doze) Grupos de Trabalho a fim de promover uma gestão ambiental integrada que melhore a qualidade de vida de seus usuários e da sociedade em geral. Os 12 Grupos são: i) Mobilidade; ii) Educação Ambiental; iii) Sustentabilidade na Administração; iv) Energia; v) Edificações Sustentáveis; vi); Uso e Ocupação Territorial; vii) Resíduos Sólidos; viii) Fauna; ix) Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa e Gases Poluentes; x) Áreas Verdes e Reservas; Ecológicas; xi) Águas e Efluentes e xii) Política Ambiental na Universidade.

Com o intuito de buscar melhorias à gestão do campus da USP Leste, por meio da inserção da sustentabilidade na gestão da USP Leste foram elencadas práticas sustentáveis que poderiam ser implementadas no local, conforme as necessidades e diretrizes da USP.

Embora não haja um número estabelecido de práticas sustentáveis empregadas para definir o quanto um *campus* é sustentável ou não, considera-se que quanto mais práticas sustentáveis forem empregadas, mais o campus será reconhecido como um modelo de sustentabilidade.

As soluções propostas incluíram a combinação do planejamento das fases de investigação e remediação com o design da construção de edifícios, evitando o uso desnecessário de energia e materiais, que possam trazer ganhos ambientais, econômicos e sociais a todas as partes interessadas (frequentadores do campus, administração da USP, comunidade local, consultores e órgãos ambientais).

Para maiores informações sobre Práticas de Gestão Sustentável, consulte a lista completa do SURF-UK, disponível em www.claire.co.uk/surfuk, os guias da agência ambiental de proteção americana USEPA disponível em <https://clu-in.org/greenremediation/>, e da apostila do Curso de Capacitação Sustentabilidade na Administração Pública do Ministério do Meio Ambiente – MMA disponível no endereço eletrônico <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80063/Apostila%20-%20Curso%20A3P%20-%202013.pdf>

PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS QUE PODERIAM SER IMPLEMENTADAS NA GESTÃO DA ÁREA CONTAMINADA DO CAMPUS USP LESTE, CONFORME AS NECESSIDADES E DIRETRIZES DA UNIVERSIDADE:

MOBILIDADE

- Fornecer um ambiente acessível, de inclusão e seguro (por exemplo, boa iluminação, rampas para cadeiras de rodas, pavimentos sem obstáculos)

EDUCAÇÃO AMBIENTAL

- Utilizar ferramentas de comunicação, como criação de um *website* para divulgação da história do local e de eventos socioculturais, como a Comemoração do Dia Mundial do Meio Ambiente e aqueles relacionados à Sustentabilidade e Meio Ambiente; elaboração de newsletters aos frequentadores do local e moradores da região; e publicação de artigo no jornal local contendo uma visão geral sobre a situação ambiental do local com a divulgação de um número de telefone de contato para eventuais dúvidas.
- Aperfeiçoar a cultura da comunidade por meio de implantação de um programa de educação ambiental ou centro de visitantes com atividades, oficinas, arte local, pôsteres e museu para divulgação da história da revitalização do local. Aulas sobre as questões ambientais abordadas no processo de reabilitação do local poderiam ser inseridas na grade curricular dos cursos e tours poderiam ser realizados pelo campus, a fim de permitir a interação com a comunidade.
- Considerar a publicação de estudo de caso em periódicos para destacar a inovação utilizada no projeto.
- Divulgar as lições aprendidas e resultados a partir da experiência por meio da criação de um centro de visitantes, museu e/ou *website* e envio de publicação para *websites* como SURF para divulgação dos resultados e benefícios.

SUSTENTABILIDADE NA ADM

- Planejar as atividades para reduzir o desperdício. Realizar um planejamento prévio das investigações ambientais com consulta à administração da universidade e à agência ambiental para assegurar que todas as lacunas de dados sejam abordadas, procedimentos de qualidades sejam cumpridos e o acesso à instalação seja facilitado para determinar os locais de amostragem adequados.

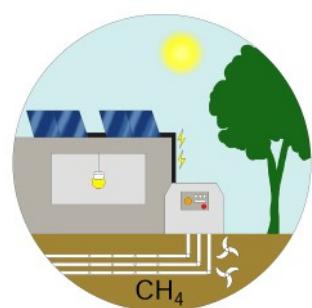
- Instalar painéis solares voltáicos ou turbinas eólicas para atender a demanda de energia elétrica do local.

ENERGIA

- Utilizar fontes de energias renováveis (energia eólica e solar) para fornecimento de energia a equipamentos de remediação. Como haverá necessidade da operação de um sistema de ventilação para não acumular metano no interior dos prédios, poderiam ser estudadas alternativas de projeto como o fornecimento de energia elétrica a partir de energias renováveis ao sistema de ventilação, a fim de minimizar custos de consumo com a energia elétrica, redução do consumo de recursos naturais e redução de emissão de poluentes.
- Utilizar materiais e tecnologias para otimizar a performance dos sistemas de remediação, como por exemplo, programação de temperaturas de aquecimento flexíveis para alcançar um equilíbrio de entrada de energia (e emissões de CO₂ associadas) e taxas de remoção em operações de tratamento térmico; instalação de controladores de frequência variável (CFVs) nos poços de extração com ajuste da velocidade do motor para diminuir o consumo de energia em bombas de extração de água subterrânea; e utilização de tecnologias de perfuração que reduzem a duração da perfuração e o bombeamento da água subterrânea como equipamentos de perfuração sônica e amostragem passiva (baseado em difusão).
- Conduzir ensaios em escala laboratorial e teste piloto para estimar as quantidades de materiais necessários para a remediação, incluindo testes de sistemas de energia renovável para operação da escala piloto de sistemas de remediação como tratamento térmico e bombeamento e tratamento.
- Considerar o fluxo de gravidade ao invés do bombeamento para mover a água por meio da substituição de bombas por um sistema de tubulação por gravidade para descarte da água tratada na rede coletora de esgoto.

EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS

- Implantar sistemas de captação de água de chuva e expandir os sistemas já existentes da USP Leste para todos os prédios do *campus*.
- Utilizar sistemas de drenagem sustentáveis, como a construção de *tec gardens* (composto de estruturas de mantas de borracha e placas de ardósia recheadas com fibra de coco, sistema de irrigação por capilaridade acima do nível do



solo. Após ser armazenada entre a manta de borracha e a ardósia, a água da chuva é transportada por absorção pela fibra de coco para irrigar as plantas); e construção de áreas alagadas para escoamento da água da chuva e habitat para espécies em extinção.

- Minimizar o consumo de água com o plantio de mudas e gramíneas para irrigação com pouca necessidade de água.
- Implantar sistemas de reuso de água, como *wetlands* (sistema que a água utilizada nos sanitários e na limpeza do prédio é transportada até um filtro de cascalho e plantas para ser submetida por tratamentos físicos, químicos e biológicos. Após a filtragem, a água segue para o espelho d'água que contém peixes e plantas, e posteriormente é transportada por declive até o bosque com diversas espécies vegetais); e sistemas para irrigação de camada de evapotranspiração proveniente de sistemas de coleta de água de chuva caso o aterro seja recoberto.
- Utilizar produtos com materiais reciclados, renováveis ou biodegradáveis, atentando para a recomendação da CETESB, de que as novas edificações na USP Leste deverão ser do tipo “pilotis”, nas quais as lajes do piso térreo não possuem contato com solo permeável de modo a evitar a intrusão e confinamento de vapores. Os materiais a serem utilizados na construção de edificações podem contemplar placas pré-moldadas de concreto; aço reciclável; “concreto verde”, proveniente de subprodutos de resíduos industriais, como cinzas da produção de concreto; produtos reciclados e à base de resíduos agrícolas ou florestais, em vez de materiais à base de petróleo; carpetes e móveis contendo materiais recicláveis e isolamento feito de jeans reciclados no interior do prédio.
- Utilizar iluminação de alta eficiência como lâmpadas econômicas, fluorescentes ou led no interior e exterior dos prédios do *campus*.
- Instalar painéis solares voltáicos ou turbinas eólicas para atender a demanda de energia elétrica do local
- Planejar a integração de sistemas de energia renovável utilizados na remediação à infraestrutura do terreno para atender a demanda de energia elétrica do local.
- Ampliar o pé direito de ambientes, retirar divisórias, implantar janelas e outras aberturas, instalar sistemas de recaptura de ar atmosférico para possibilitar ventilação cruzada e minimizar o aquecimento de ambientes e a necessidade do uso de ar condicionado. Também poderia ser instalado sistema de aquecimento e resfriamento geotermal para redução dos custos de refrigeração e aquecimento.

USO E OCUPAÇÃO TERRITORIAL

- Identificar sistemas de drenagem e implantar medidas para mitigar riscos de contaminação como, por exemplo, implantar uma camada de evapotranspiração com vegetação nativa para minimizar a infiltração da água da chuva e o escape do biogás para a atmosfera.
- Minimizar a quantidade de solo exposto por meio da instalação de uma cobertura de baixa permeabilidade sobre o aterro para prevenir a infiltração da água da chuva e uma barreira hidráulica para impedir o fluxo de água subterrânea de rios.
- Desviar o escoamento de águas superficiais das áreas contaminadas, por meio da instalação de emissários de águas superficiais para impedir que as águas pluviais transportem contaminantes para rios.
- Considerar o recobrimento das áreas escavadas com materiais biodegradáveis ou espuma para reter as emissões de VOC.

RESÍDUOS SÓLIDOS

- Minimizar o volume de resíduos enviado a aterros. Caso seja identificada a contaminação e risco nas áreas AI-02 e AI-03 do *campus*, deve-se considerar técnica de remediação que opte pelo tratamento *in situ* da contaminação como tratamentos térmicos ou pela contenção do solo contaminado como o recobrimento do mesmo por uma camada de solo limpo ao invés da escavação e disposição a aterros. O solo tratado poderia ser reaproveitado no próprio *site*. Durante os trabalhos de execução de sondagens e instalação de poços de monitoramento, o volume dos resíduos gerados pode ser reduzido por meio da reciclagem de caixas de papelão, redução do uso de sacos plásticos descartáveis e utilização de tecnologias de medição e análise *on site*.
- Identificar opções de reuso ou reciclagem para os materiais e equipamentos removidos do local, como reutilização de materiais como resíduos de concreto e metálicos dispostos no local e gerados durante a os serviços de investigação e remediação.
- Reduzir, reutilizar e reciclar quando possível. Na construção de sistemas de remediação, como a construção de uma barreira hidráulica, pode-se utilizar materiais reciclados como escória granulada de alto forno (produto obtido pela fusão e arrefecimento da escória de ferro). Outras formas de reduzir a quantidade de resíduos gerados durante o processo de investigação de um *site* é por meio da utilização da técnica *Soil Gas Survey* para investigar a presença de gases no solo (técnica minimamente invasiva que pode fornecer informações rápidas e econômicas sobre a presença, composição e distribuição de contaminantes no local) e da utilização de equipamentos de amostragem

de baixa vazão para minimizar volumes de purga e geração de resíduos. As atividades em campo devem ser planejadas a fim de reduzir o consumo de materiais como filtros e produtos químicos a serem injetados no aquífero.

- Combinar os trabalhos de remediação com os trabalhos de terraplanagem e outras atividades como, por exemplo, recobrir o solo contaminado por uma camada de solo limpo; construir dequeus de madeira legalizada suspensos para impedir o contato direto dos visitantes; ou reutilizar o solo, sedimentos e detritos no local como preenchimento para reduzir o volume de solo limpo importado de outros locais;
- Considerar a utilização da infraestrutura do local como reaproveitamento das instalações prediais para os trabalhos de remediação. Caso haja aproveitamento energético do biogás, os equipamentos para controle de emissão de VOCs no processo de limpeza do biogás podem ser redirecionados para as microturbinas na planta de tratamento do biogás.
- Utilizar a tecnologia *direct push* para amostragem de solo a fim de limitar a quantidade de estacas de solo que exigem caracterização e disposição e minimizar os resíduos derivados da investigação.
- Considerar o reaproveitamento do solo tratado para reuso no *site*. Como ainda há investigações em andamento, uma alternativa que poderia ser considerada, caso os estudos indicarem risco associado à contaminação do solo, é o reuso de solo tratado após descontaminação *on site* em aterramento de locais para construção de áreas verdes ou de espaços de convivência no próprio *site* para reduzir a importação de solo limpo, visto que a escavação e disposição de todo o solo não é viável economicamente.

FAUNA E ÁREAS VERDES E RESERVAS ECOLÓGICAS

- Reconstruir o habitat na reutilização do *site* com a criação de áreas verdes e trilhas ecológicas; plantio de mudas e gramíneas para irrigação com baixo consumo de água; e restauração ecológica no local e entorno possibilitando a criação de novos habitats para diversas espécies de plantas e animais.

REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE (GASES DE EFEITO ESTUFA) E GP (GASES POLUENTES)

- Avaliar a pegada de carbono por meio de uma avaliação quantitativa de dióxido de carbono (CO₂) das alternativas potenciais relacionadas ao transporte de materiais da construção dos sistemas de remediação; uso

de energia associada ao tratamento, transporte e disposição dos resíduos; e operação e manutenção a longo prazo e implementar um plano de redução das emissões de CO₂.

- Minimizar transporte de veículos por meio da redução do número de visitas de campo. A medição de gases em todos os pontos poderia ser automatizada e todos os dados de monitoramento de gases contendo a evolução poderiam ser transferidos via redes eletrônicas ao órgão ambiental, à universidade e à consultoria ambiental, a fim de reduzir o deslocamento dos funcionários aos locais de medição. O número de coolers contendo as amostras a serem enviadas aos laboratórios poderia ser reduzido. Os relatórios poderiam ser compilados para reduzir a emissão de papel.
- Utilizar sistema de captura de metano para geração de energia elétrica por meio de instalação de microturbinas para produzir eletricidade a partir do biogás coletado por poços de extração de gás.
- Utilizar combustíveis e aditivos mais limpos como, por exemplo, diesel com baixo teor de enxofre e filtros de controle de emissão de diesel em equipamentos e veículos.
- Considerar o uso de um laboratório móvel e/ou técnicas de campo para reduzir o envio de amostras a laboratórios. Ferramentas de investigação de alta resolução e tecnologias de detecção direta (Membrane Interface Probe (MIP), sensor por fluorescência induzida por laser (LIF), ensaios de penetração de cone (CPT) e analisadores portáteis de fluorescência de Raios X para metais) poderiam ser utilizadas na etapa de investigação das áreas AI-02 e AI-03 para adoção de uma estratégia de trabalho dinâmica que permita uma tomada de decisão em tempo real.
- Utilizar sistemas de transferência de dados eletrônicos, decisões da equipe e realização de videoconferências entre as partes interessadas por meio da adoção de uma estratégia de trabalho dinâmica que permita uma tomada de decisão em tempo real, resultando em uma redução global dos custos, tempo e recursos relacionados com a investigação.

ÁGUAS E EFLUENTES

- Minimizar o volume de efluentes lançados na rede coletora de esgotos por meio da instalação de um sistema móvel de tratamento de água no local para eliminar o transporte de líquidos para tratamento *off-site* e utilização de técnicas adequadas, como a filtração de carvão ativado antes da descarga para tratamento da água potencialmente contaminada da purga.
- Considerar o lançamento da água tratada em rios e córregos próximos a região ao invés na rede coletora de esgoto.

→ Desenvolver um programa de monitoramento para utilização da água subterrânea para fins não potáveis na área do campus e no entorno como irrigação de plantas, lavagem de banheiros, combate a incêndio. Estudos geológicos e hidrogeológicos poderiam ser realizados para avaliar a dinâmica do aquífero e alternativas de tratamento da água subterrânea poderiam ser estudadas a fim de tornar a água subterrânea potável para qualquer uso.



POLÍTICA AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE

- Implementar um plano com as questões e desenvolvimento do projeto para comunicação com as partes envolvidas, por meio da realização de workshops com a comunidade e desenvolvimento de vídeos para auxiliar as partes interessadas no entendimento do projeto.
- Controlar e mitigar barulho, vibrações, poeira, etc., por meio da otimização da eficiência dos motores e das bombas dos sistemas de remediação.
- Maximizar benefícios positivos para as comunidades locais, por meio da implantação de um programa de educação ambiental com diversas atividades e oficinas, considerando os interesses e necessidades das organizações da sociedade civil como criação de áreas verdes, trilhas ecológicas na região e desenvolvimento do entorno da região.
- Considerar as opções de remediação das partes interessadas conforme os interesses e preocupações da comunidade por meio da formação de uma equipe para estudar opções de reinjeção da água tratada, bem como questões relacionadas à infraestrutura da região.
- Trabalhar com as comunidades locais para garantir que as características na região sejam preservadas, adaptando o projeto de reabilitação conforme os interesses e preocupações da comunidade resultando em uma melhoria da relação dos stakeholders com a comunidade.
- Realizar análise de risco e custo benefício das opções de remediação por meio da elaboração de avaliações de risco de diversos tipos de tecnologias de remediação in situ para determinação dos impactos e custos.
- Desenvolver/Implementar um plano para incluir as partes interessadas na tomada de decisão, por meio de reuniões para decisão da incorporação de estratégias no projeto. A participação de associações das comunidades da região e instituições acadêmicas para desenvolvimento de um projeto de revitalização da USP Leste e do entorno é fundamental

para melhorias no projeto conforme os interesses e preocupações da comunidade. O estabelecimento de uma parceria público-privada entre investidores e a USP para fornecimento de patrocínio em projetos inovadores de sustentabilidade como energias renováveis, reuso da água, construções sustentáveis deve ser considerada a fim de atrair investimentos ao *campus* e a região.

- Desenvolver/Implementar uma estratégia de investigação/amostragem para obter dados adequados aos objetivos propostos para a área baseado em um planejamento prévio da investigação com consulta com a administração do campus e a agência ambiental para assegurar que todas as lacunas de dados sejam abordadas, procedimentos de qualidades sejam cumpridos e o acesso à instalação seja facilitado para determinar os locais de amostragem adequados. Para mais informações sobre melhores práticas ambientais, econômicas e sociais consultar *Best Management Practices (BMP)* da *ASTM Standard Guide for Greener Cleanups*.
- Contratar mão de obra e serviços locais, como empresas de perfuração das sondagens.



GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁREA CONTAMINADA

Como adotar práticas sustentáveis na área do campus com relação à gestão da contaminação e à construção de novas edificações

