UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

FERNANDA BERTACO BUENO

***GESTÃO SUSTENTÁVEL PARA ÁREA
CONTAMINADA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO***

São Paulo
2017

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

FERNANDA BERTACO BUENO

*Gestão sustentável para área contaminada em campus
universitário*

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da
Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São
Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ciências.*

Orientador: Prof. Dr. Arlindo Philippi Jr.

Coorientador(a): Prof. Dr. Wanda Maria Gunther

**Revisada
São Paulo
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução, total ou parcial, é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

Catálogo da Publicação

Serviço de Documentação

Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo

Bueno, Fernanda Bertaco

Gestão sustentável para área contaminada em *campus* universitário - Orientador(a): Prof. Dr. Arlindo Philippi Jr. e Coorientador(a): Prof. Dr. Wanda Maria Gunther – São Paulo – 2017.

172.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 2017

BUENO, Fernanda Bertaco, Gestão sustentável para área contaminada em *campus* universitário - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

FOLHA DE APROVAÇÃO (DISSERTAÇÃO)

BUENO, Fernanda Bertaco

Gestão sustentável para área contaminada em *campus* universitário

Dissertação apresentada ao *Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São Paulo*, para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Inúmeras pessoas contribuíram diretamente e indiretamente para o desenvolvimento deste estudo, para o meu aprendizado e para o bom andamento da pesquisa. A concretização deste trabalho não seria possível sem a contribuição de todas essas pessoas que me ajudaram a enfrentar todos os obstáculos nesta caminhada e que foi concluída com muita superação e satisfação.

Ao meu Professor e Orientador Arlindo Philippi Jr, pela confiança que depositou no meu trabalho, pela oportunidade deste aprendizado e por toda a valiosa contribuição nesta dissertação.

À minha Professora e Coorientadora Wanda Maria Gunther, pelas sugestões e contribuições inestimáveis nas revisões das informações contidas neste trabalho.

À Engenheira Química Rosimeire Lobato da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA) que me permitiu desenvolver este trabalho com a dedicação necessária e a todos os colegas do Grupo Técnico de Áreas Contaminadas da SVMA, em especial à Carolina Afonso Pinto, Andrea Galvão Paes, Mateus Habermann e Márcia Lozano, pelo apoio e contribuições fundamentais a esta pesquisa.

Aos Professores Claudia Echenveguá e Scandar Ignatius do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT pela disponibilidade e fornecimento de informações fundamentais ao desenvolvimento da pesquisa.

Ao grupo de pesquisa da Faculdade da Saúde Pública pelo apoio e sugestões aos aspectos acadêmicos da dissertação, em especial a Larissa Ciccotti, Michelle Ramos e Amanda Carbone.

Aos meus colegas do Mestrado por todas as suas contribuições e pelos momentos de dificuldade e superação que passamos juntos.

Ao grupo de profissionais e voluntários do *SURF Brasil – Sustainable Remediation Forum*, pelas discussões técnicas sobre remediação sustentável e sugestões que possibilitaram o enriquecimento deste trabalho.

Ao Engenheiro Rodrigo Cunha da CETESB pela disponibilidade e pelas contribuições preciosas que agregaram qualidade às conclusões deste trabalho.

À minha família, em especial à minha mãe Regina e à Gicelda, pelo incentivo e compreensão que me deu forças para iniciar e terminar essa jornada.

*“Olhe profundamente para a natureza, e então
você vai entender tudo melhor.”*

Albert Einstein

RESUMO

BUENO, F. B. **Gestão sustentável para área contaminada em *campus* universitário**. 2017. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

A presença de contaminação por substâncias perigosas no solo e na água subterrânea acarreta inúmeros problemas, tais como: risco à saúde humana e aos ecossistemas; comprometimento da água para abastecimento público; e redução do valor econômico e da função social do terreno. Embora as tecnologias de remediação sejam aplicadas para resolver problemas ambientais e de saúde pública, estas também podem gerar externalidades ambientais negativas como consumo de energia e recursos naturais; desequilíbrio do ciclo da água; erosão do solo; e emissão de gases de efeito estufa. Tendo em vista a recente ocorrência com áreas contaminadas na Universidade de São Paulo (USP) o presente trabalho visou elaborar um plano de gestão sustentável para uma dessas áreas localizada no *campus* USP da Capital, contribuindo com o Programa de Políticas Ambientais, sob coordenação da Superintendência de Gestão Ambiental da USP. A metodologia de pesquisa foi baseada em revisão bibliográfica sobre remediação sustentável e construção sustentável e em análise qualitativa das ações, práticas e lições aprendidas de casos bem sucedidos de gestão das áreas contaminadas com elementos sustentáveis como subsídio para elaboração do plano. A partir da caracterização de quatro áreas contaminadas existentes no *campus* USP da Capital, foi selecionada a área da USP Leste para estudo de caso para promover o uso de práticas sustentáveis em *campus* universitário, de tal forma que proteja a saúde humana e minimize os impactos ambientais adversos. Com o intuito de buscar melhorias à gestão do *campus*, por meio da inserção da sustentabilidade na gestão da contaminação da USP Leste, a elaboração do plano de gestão sustentável considerou as especificidades locais nas práticas sustentáveis a serem implementadas, conforme as necessidades e diretrizes da USP. As soluções propostas incluíram a combinação do planejamento das fases de investigação e remediação com o design da construção de edifícios, que possam trazer benefícios ambientais, econômicos e sociais a todas as partes interessadas, tais como redução de custos a longo prazo relacionados à redução do consumo de energia e eletricidade pela implantação de sistemas de energia renováveis para fornecimento de energia elétrica aos sistemas de ventilação de metano.

Palavras chave: Áreas contaminadas, gestão sustentável, remediação sustentável, construção sustentável, *campus* universitário.

ABSTRACT

BUENO, F. B. **Sustainable management of a contaminated area on campus**. 2017. 172 p. Master's Thesis – School of Public Health, University of São Paulo, São Paulo, 2017.

The presence of contamination by hazardous substances in soil and groundwater causes numerous problems, such as risk to human health and ecosystems; water impairment as drinking water; and reduced economic value and social function of the land. Although remediation technologies solve environmental and public health issues, they can also generate negative environmental externalities such as energy and natural resources consumption; imbalance of water cycle; soil erosion; and greenhouse gas emissions. Due to recent occurrence with contaminated areas at the University of São Paulo (USP) the present work aims to develop a sustainable management plan for one of these areas located on the USP Capital campus, contributing to Program of Environmental Policies, coordinated by the Superintendence of Environmental Management of USP. The research methodology was based on literature review about sustainable remediation and construction; and qualitative analysis of actions, practices and lessons learned applied on successful case studies of contaminated sites management with sustainable elements as subsidy for elaboration of the plan. Based upon a characterization of four contaminated areas located on USP Capital campus, the site of USP Leste was selected as case study in order to promote the use of sustainable practices on campus, through an approach that protects human health and minimizes adverse environmental impacts. In order to seek improvements to the campus management by sustainability integration in contamination management of USP Leste, the elaboration of sustainable management plan considered local specificities on sustainable practices to be implemented, according to the needs and guidelines of USP. The proposed solutions included the planning of investigation and remediation stages with the construction design of buildings that can bring environmental, economic and social benefits to all stakeholders, such as long-term cost savings related to the reduction of energy consumption and electricity by the implementation of renewable energy systems to supply electricity to methane ventilation systems.

Key-words: Contaminated areas, sustainable management, sustainable remediation, and sustainable construction, campus.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV - Avaliação do ciclo de vida

ASTM - American Society for Testing and Materials

BTEX – Benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos

CABERNET - Concerted Action on Brownfield and Economic Regeneration Network

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CL:AIRE – Contaminated Land: Application in Real Environments

CLARINET – Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies

CMAs - Concentrações Máximas Aceitáveis

CNUMAD – Comissão das Nações Unidas para Meio Ambiente e Desenvolvimento

DTSC – Department of Toxic Substances of California

EACH - Escola de Artes, Ciências e Humanidades

EPIs – Equipamentos de Proteção Individuais

GT – Grupo de Trabalho

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design

LIE - Limite Inferior de Explosividade

MPE – Multiphase Extraction

NABR - Níveis aceitáveis baseado no risco

NICOLE – Latin America Network for Soil and Water Management

PAHs - Polycyclic aromatic hydrocarbons

PCBs - Polychlorinated biphenyls

PLA – Padrões Legais Aplicáveis

PPP – Parceria público privada

PUSP-C – Prefeitura do *campus* USP da Capital

RAP – Relatório Ambiental Preliminar

RBCA - Risk Based Corrective Action

SEF – Superintendência do Espaço Físico

SGA - Superintendência de Gestão Ambiental

SURF – Sustainable Remediation Forum

SURF-UK - United Kingdom's Sustainable Remediation Forum

SVE – Soil Vapor Extraction

SVOC – Semi volatile compound organics

USEPA – The United States Environmental Protection Agency

USGBC – The United States Green Building Council

USP – Universidade de São Paulo

VIIs - Valores de intervenção

VOC - Volatile compound organics

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema ilustrando os efeitos das atividades de remediação	18
Figura 2 - Esquema dos métodos adotados para a pesquisa	24
Figura 3 - Fluxograma com as etapas adotadas para a análise qualitativa de ações, práticas e lições aprendidas de casos nacionais e internacionais como subsídio para elaboração do plano de gestão sustentável.....	27
Figura 4 - Exemplo de um cenário em que o meio ambiente e potenciais receptores estão expostos a contaminantes.....	29
Figura 5 - Fluxograma do gerenciamento de áreas contaminadas	31
Figura 6 - Diagrama dos fatores para presença do risco	32
Figura 7 - Níveis de Certificação <i>LEED</i>	45
Figura 8 - Vista geral do Auto Posto Universitários em operação	50
Figura 9 - Vista das antigas áreas de tancagem e abastecimento.....	50
Figura 10 - Localização dos tanques de abastecimento de combustíveis	51
Figura 11 - Localização dos tanques de abastecimento de combustíveis	53
Figura 12 - Localização dos tanques e tambores anteriormente existentes no terreno	55
Figura 13 - Amostra do sedimento depositado no fundo dos tanques enterrados	57
Figura 14 - Tambores embalados para destinação	57
Figura 15 - Instalações Prediais da USP Leste	58
Figura 16 - Croqui das instalações do <i>campus</i> USP Leste em 2005.....	59
Figura 17 - Localização das áreas de deposição de terra de origem desconhecida	62
Figura 18 - Sistema de exaustão de gases instalado na área do <i>campus</i> em março/2014.....	68
Figura 19 - Praça Victor Civita.....	74
Figura 20 - Vista do antigo incinerador	74
Figura 21 - <i>Ohlone College</i> antes da construção	78
Figura 22 - <i>Ohlone College</i> após a construção	78
Figura 23 - Compressão de ar modificado.....	80
Figura 24 - Elementos para o aquecimento do solo	80
Figura 25 - Solo reutilizado em outra porção do terreno	83
Figura 26 - Sistema Piloto da remediação térmica <i>in situ</i>	83
Figura 27 - Painéis fotovoltaicos instalados na cobertura de um edifício no local.....	86
Figura 28 - Sistema de tratamento térmico <i>in situ</i> por aquecimento por eletrorresistividade	86
Figura 29 - Camada de evapotranspiração com plantas nativas da região	88
Figura 30 - Sistema para tratamento e queima do biogás proveniente do aterro	88
Figura 31 - Sistema de ventilação de metano	108
Figura 32 - Estação de Tratamento de Esgoto localizada no campus da USP Leste.....	108
Figura 33 - Localização do tanque subterrâneo para armazenamento da água de chuva	108
Figura 34 - Área AI-02 interditada por cercas metálicas	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplos de benefícios ambientais, econômicos e sociais da aplicação de remediação sustentável	34
Quadro 2 - Exemplos de impactos associados aos processos de remediação.....	37
Quadro 3 - Ferramentas de avaliação de sustentabilidade disponíveis ao público para avaliação da sustentabilidade em tecnologias de remediação.....	39
Quadro 4 - Lista de 15 categorias divididas por dimensões ambientais, econômicos e sociais desenvolvida pela SURF-UK.....	41
Quadro 5 - Exemplos de práticas de gestão sustentável extraídas do SURF-UK com a referência da categoria dos indicadores do SURF-UK e as respectivas fontes	42
Quadro 6 - Exemplos de benefícios potenciais associados às categorias de indicadores de sustentabilidade e práticas.....	43
Quadro 7 - Práticas de gestão sustentável recomendadas pela USEPA para Investigação de Sites	44
Quadro 8 - Critérios avaliados no LEED	45
Quadro 9 - Práticas de Sustentabilidade que poderiam ser adotadas para construção de edificações.....	48
Quadro 10 - Resumo da caracterização da situação ambiental das áreas contaminadas do <i>campus</i> USP da Capital.....	63
Quadro 11 - Histórico dos resultados das análises químicas da área da USP Leste.....	66
Quadro 12 - Grupos de contaminantes identificados na USP Leste e as tecnologias de remediação mais comuns que poderiam ser aplicadas.....	71
Quadro 13 - Casos selecionados de áreas contaminadas ou reabilitadas com características semelhantes àquelas da área do campus USP Leste e com elementos da construção sustentável.....	73
Quadro 14 - Práticas sustentáveis adotadas para os sete casos selecionados de gestão de áreas contaminadas.....	92
Quadro 15 - Levantamento da quantidade de práticas identificadas em cada caso nas listagens de práticas de gestão e construção sustentável disponibilizadas pelo SURF-UK e pelo MMA	96
Quadro 16 - Práticas sustentáveis selecionadas para subsidiar a elaboração ao plano de gestão sustentável da área do <i>campus</i> da USP Leste	100
Quadro 17 - Objetivos dos GTs da SGA	103
Quadro 18 - Classificação das 48 práticas sustentáveis selecionadas quanto aos objetivos dos GTs da SGA da USP.....	105
Quadro 19 - Levantamento das ações de sustentabilidade adotadas pela USP Leste com relação aos objetivos dos GTs da SGA.....	109
Quadro 20 - Especificação das práticas sustentáveis baseada no levantamento de todas as práticas implementadas nos casos selecionados de gestão sustentável de áreas contaminadas e de algumas práticas recomendadas pela USEPA, conforme necessidades e diretrizes dos GTs da USP	114

Quadro 21 - Resumo dos relatórios ambientais realizados para a área do Auto Posto Universitários e documentação emitida pela CETESB	136
Quadro 22 - Resumo dos relatórios ambientais realizados para o Posto de Combustíveis localizado na PUSP-C e documentação emitida pela CETESB	140
Quadro 23 - Resumo dos relatórios ambientais realizados para a área industrial localizada em Diadema.	141
Quadro 24 - Resumo dos relatórios ambientais realizados para a área do <i>campus</i> USP Leste e documentação emitida pela CETESB	142
Quadro 25 - Descrição das tecnologias de remediação mais comuns para os compostos identificados na área da USP Leste.....	149

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	SUSTENTABILIDADE EM PROCESSOS DE REMEDIAÇÃO E EM EDIFICAÇÕES.....	19
1.2	DESAFIOS DA REMEDIAÇÃO SUSTENTÁVEL	20
1.3	PROBLEMATIZAÇÃO DA PESQUISA.....	21
1.4	OBJETIVOS.....	22
1.5	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	23
2	MÉTODOS	24
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
2.2	PESQUISA DOCUMENTAL.....	25
2.3	ESTUDO DE CASO	25
2.4	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	28
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
3.1	GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS.....	29
3.2	REMEDIAÇÃO SUSTENTÁVEL	33
3.3	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	36
3.4	FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE EM PROCESSOS DE REMEDIAÇÃO	37
3.4.1	Práticas de Gestão Sustentável.....	42
3.5	CERTIFICAÇÃO LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN (LEED)	44
3.5.1	Práticas de Sustentabilidade.....	48
4	RESULTADOS.....	49
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS CONTAMINADAS NO CAMPUS DA USP 49	
4.1.1	Auto Posto Universitários	50
4.1.2	Posto de Combustível localizado na PUSP-C.....	53
4.1.3	Área industrial localizada em Diadema	54
4.1.4	Campus USP Leste	57
4.2	SELEÇÃO DE UMA ÁREA CONTAMINADA PARA O ESTUDO DE CASO...63	
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	65
4.3.1	Campus USP Leste	65

4.4	ANÁLISE QUALITATIVA DE CASOS DE GESTÃO SUSTENTÁVEL.....	70
4.4.1	Praça Victor Civita – São Paulo (Brasil)	74
4.4.2	The Ohlone College – California (Estados Unidos)	77
4.4.3	Dutch Rail Yard (Holanda).....	79
4.4.4	Pharmacia & Upjohn Company LLC – Connecticut (Estados Unidos)	82
4.4.5	Antiga área industrial com fertilizantes (Frontier Fertilizer) – California (Estados Unidos).....	85
4.4.6	Operating Industries Inc. Landfill – California (Estados Unidos).....	87
4.4.7	Centro de Tratamento, Armazenamento e Disposição de Resíduos	90
4.4.8	Revisão geral sobre as práticas sustentáveis	91
4.5	SELEÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS.....	95
4.6	SUSTENTABILIDADE NA USP	102
4.6.1	AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE APLICADAS NA USP LESTE	107
5	DISCUSSÃO DO PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL.....	110
5.1	ANÁLISE DAS AÇÕES de SUSTENTABILIDADE NA USP LESTE	110
5.2	PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL	113
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	122
	REFERÊNCIAS.....	124
	ANEXO A.....	133
	ANEXO B.....	135
	APÊNDICE A.....	136
	APÊNDICE B	149
	APÊNDICE C	151

1 INTRODUÇÃO

O declínio da atividade industrial em diversos países propiciou a desocupação e a degradação ambiental de áreas urbanas. O passivo ambiental gerado pelas indústrias, aterros de resíduos e postos de combustíveis pode trazer riscos ao meio ambiente e à saúde pública causados pela infiltração de substâncias perigosas no solo e na água subterrânea do local; comprometer a potabilidade da água subterrânea; restringir a reutilização da área contaminada; e reduzir o valor econômico e a função social do terreno.

Entretanto, somente após a ocorrência de problemas de saúde em pessoas expostas a áreas contaminadas, legislações específicas para a proteção do solo e o gerenciamento de áreas contaminadas foram adotadas com o objetivo de prevenir danos ambientais e reduzir riscos toxicológicos e/ou cancerígenos para níveis aceitáveis e tornar a área apta para futuros usos (SANCHEZ, 2004).

O processo de gerenciamento de áreas contaminadas envolve a identificação, a investigação e a análise de riscos. Nos casos onde a área apresenta riscos à saúde humana e ao meio ambiente, torna-se necessária a intervenção no local por meio de medidas emergenciais, controle de engenharia ou institucional, aplicação de técnicas de remediação e/ou monitoramento para recuperação ambiental da área (CETESB, 2007).

A presença do risco em uma área contaminada requer a combinação de três fatores: fonte de contaminação, caminho de exposição e receptor. O gerenciamento do risco consiste em interromper uma destas ligações, como por exemplo, o controle da fonte (por meio da instalação de sistemas de remediação para reduzir ou destruir a massa de contaminantes), o gerenciamento do caminho de exposição (como a adoção de restrição do uso da água subterrânea) ou a proteção do receptor (por meio da proibição da ocupação de determinadas regiões) (BARDOS *et al* 2012).

Quando a avaliação de risco requer a intervenção no local por meio de tecnologias de remediação para contenção ou tratamento da contaminação, estas são aplicadas com o intuito de atingir as metas de remediação definidas para a área, de forma que o risco dos contaminantes à saúde seja reduzido aos níveis aceitáveis (CETESB, 2007).

Embora as tecnologias de remediação sejam aplicadas para resolver problemas ambientais e de saúde pública e ainda possibilitar a reabilitação da área para um novo uso, estas também podem gerar externalidades negativas como consumo de energia e recursos naturais; desequilíbrio do ciclo da água dentro de regimes hidrológicos; erosão do solo; esgotamento dos nutrientes; e emissão de dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) e outros gases de efeito estufa, conforme ilustrado na Figura 1; além de riscos aos trabalhadores do local e comprometimento da viabilidade econômica do projeto para o futuro uso do *site* (SURF, 2009).

Figura 1 - Esquema ilustrando os efeitos das atividades de remediação

Fonte: Adaptado DTSC, 2009

Face a essa realidade, surge a questão sobre qual seria a alternativa com menor impacto ambiental 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 (BARDOS *et al*, 2012).

Muitas vezes os aspectos econômicos e sociais nem sempre são considerados em uma remediação convencional, que podem causar mais impactos do que a própria contaminação.

Diante de tantos impactos gerados nos processos de remediação de áreas contaminadas, 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*.

A presente dissertação tem como objeto de estudo as áreas contaminadas localizadas em *campi* universitários que são locais institucionais voltados para o ensino e pesquisa e direcionadas à disseminação do conhecimento para a transformação social, econômica, política e ambiental da sociedade. Os riscos à saúde pública e ao meio ambiente associados à contaminação do solo e da água subterrânea demandam procedimentos adequados para viabilizar a reutilização destes locais de forma segura para os usuários dos *campi*.

Considerando que a Universidade de São Paulo - USP é um importante centro de excelência na produção do conhecimento com reputação acadêmica consolidada e devido à recente ocorrência de áreas identificadas como contaminadas que se encontram em processo de gerenciamento ambiental, o *campus* USP da capital foi selecionado para estudo.

Com relação à temática da sustentabilidade, a USP vem adotando iniciativas relacionadas com a perspectiva de um modelo de sustentabilidade e vem desenvolvendo uma política ambiental com diretrizes voltadas ao desenvolvimento de pesquisas e ações de sustentabilidade com o intuito de aprimorar e ampliar articulações do *campus* com a comunidade acadêmica e a sociedade em geral.

1.1 SUSTENTABILIDADE EM PROCESSOS DE REMEDIAÇÃO E EM EDIFICAÇÕES

A partir do conceito de desenvolvimento sustentável definido no Relatório *Brundtland*, apresentado em 1987 pela Comissão das Nações Unidas para Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD de que o “*desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades*”, diversas definições surgiram com uma ideia aparentemente consensual de que a sustentabilidade engloba aspectos ambientais, econômicos e sociais (NOSSO FUTURO COMUM, 1990; POLAZ E TEIXEIRA, 2015).

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

De acordo com *Sustainable Remediation Forum – SURF* (2009), remediação sustentável compreende as ações de gerenciamento de risco para o solo e água subterrânea, as quais são selecionadas, projetadas e operadas para maximizar os benefícios econômicos, sociais, e ambientais.

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* (HERNANDES, 2006). 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 (NORTE ARQUITETURA E URBANISMO, 2015).

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 reabilitação 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*.

1.2 DESAFIOS DA REMEDIAÇÃO SUSTENTÁVEL

A falta de guias regulatórios e legislações específicas que incluam a sustentabilidade como critério de seleção para a escolha de uma técnica de remediação é uma das barreiras para incorporação da sustentabilidade em projetos de remediação e reabilitação, uma vez que sem essas diretrizes torna-se difícil a aceitação da adoção das novas práticas pelos proprietários e investidores das áreas contaminadas.

Outro fator a ser considerado como obstáculo às técnicas de remediação sustentável é a falta de métricas de sustentabilidade e metodologias de decisão padronizadas. A maioria das ferramentas quantitativas englobam análises do consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa, enquanto que outros parâmetros como, por exemplo, qualidade do ar, valor do solo e da água e quantidade de trabalhadores feridos associados às tecnologias de remediação requerem uma análise mais complexa. A partir da identificação das métricas de sustentabilidade que poderiam ser identificadas com base em princípios de sustentabilidade, torna-se necessário haver um consenso a respeito de como estas seriam avaliadas no processo de tomada de decisão das técnicas de remediação.

Outra dificuldade existente é a falta de divulgação de casos em que a remediação sustentável foi aplicada como alternativa à remediação convencional. A publicação destes casos é fundamental para demonstrar às partes interessadas (consultorias, proprietários, investidores e governo) a eficácia, a viabilidade, os benefícios, os custos e as barreiras de cada projeto, além de servirem como modelo para aplicação em futuros projetos de reabilitação de áreas contaminadas (SURF, 2009).

O Brasil não apresenta muitos casos de práticas sustentáveis implantadas em terrenos contaminados. Entretanto, a reabilitação da área ocupada anteriormente pelo Incinerador Pinheiros em São Paulo pode ser considerada um modelo sustentável de reuso do *site* no país. Em 2008 foi inaugurada a Praça Victor Civita na área do antigo incinerador, viabilizada por meio de uma parceria público privada - PPP entre a Editora Abril e a Prefeitura Municipal de São Paulo para construção de um projeto arquitetônico sustentável (MORINAGA, 2013).

Neste caso, realizou-se um recobrimento por uma camada de solo limpo e da construção de um deck de madeira que evita o contato dos visitantes e funcionários com o solo contaminado, além de não provocar impacto ambiental em outras regiões, caso este solo contaminado fosse disposto em aterros (PRAÇA VICTOR CIVITA, 2015).

Com relação ao aspecto econômico, geralmente os custos iniciais da remediação sustentável são maiores do que os custos da remediação convencional. No entanto, a remediação sustentável pode resultar em ganhos econômicos e benefícios em longo prazo, como no caso da instalação de um sistema de geração de energia solar para operação de um sistema de remediação com elevada intensidade energética, uma vez que haverá redução de custos pela diminuição de fornecimento de energia pela rede elétrica.

Nesse sentido, a criação de instrumentos econômicos, como financiamento público, benefícios fiscais, Parcerias Público Privadas (PPP) e subsídios governamentais é fundamental para diminuir a resistência dos investidores e proprietários das áreas contaminadas em aplicar práticas sustentáveis como parte do processo de reabilitação (SURF, 2009).

Deste modo, é fundamental a definição de políticas públicas direcionadas à remediação e reutilização sustentável dos passivos ambientais pelo setor público, bem como a viabilização de financiamentos públicos e flexibilização dos trâmites burocrático-legais (GÜNTHER, 2006).

1.3 PROBLEMATIZAÇÃO DA PESQUISA

A presença de áreas contaminadas representa um grande desafio para o desenvolvimento urbano sustentável. De acordo com a Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas da CETESB (2016) de dezembro/2015, foram identificadas 5376 áreas contaminadas ou reabilitadas no Estado de São Paulo. A Universidade de São Paulo (USP) apresenta quatro áreas contaminadas, vinculadas ao *campus* da Capital: dois postos de combustíveis, uma antiga área industrial considerada herança vacante da USP e o terreno ocupado pelo *campus* USP Leste.

A recente ocorrência de áreas contaminadas em universidades como a USP representa 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.

Pretende-se com este estudo, o qual trata de gestão sustentável de área contaminada em *campus* universitário, demonstrar que é possível a inserção da sustentabilidade no processo de gestão dessa área, por meio da integração das fases de investigação e remediação e o *design* da construção de edifícios.

Diante da necessidade de se ampliar os espaços de discussão e reflexão sobre a gestão do *campus* da USP e de buscar soluções que promovam a articulação da gestão a uma visão estratégica e sustentável, a escolha de uma área contaminada no *campus* USP da capital como estudo de caso poderá fornecer subsídios a projetos e ações de sustentabilidade da universidade.

Assim, cabe esclarecer que, no presente trabalho, o termo gestão sustentável é adotado como um processo voltado à integração de princípios de sustentabilidade na gestão de áreas contaminadas a fim de obter possíveis benefícios ambientais, econômicos e sociais, como: redução da produção e disposição de resíduos; redução de custos evitando a realização de estudos, investigações e sistemas de remediação desnecessários; geração de impactos positivos nas comunidades do entorno da área contaminada; entre outros.

A pesquisa destaca-se pela relevância social, uma vez que a incorporação de princípios da sustentabilidade nas áreas contaminadas poderia motivar a utilização de ferramentas e instrumentos de gestão em busca da melhoria e consolidação da qualidade de vida dos frequentadores do *campus* USP da Capital.

Devido ao seu objeto ser pouco explorado no meio acadêmico, a pesquisa possui relevância científica. Diante dos desafios apresentados para implantação da remediação sustentável, mais pesquisas são necessárias para comprovar a eficácia de práticas sustentáveis e promover o desenvolvimento de novas tecnologias com foco na sustentabilidade que reduzem o uso desnecessário de energia e material.

O estudo também possui relevância prática à medida que contribuirá para o planejamento e desenvolvimento de projetos sustentáveis do Programa de Políticas Ambientais, sob coordenação da Superintendência de Gestão Ambiental (SGA) da USP e com o objetivo de tornar a USP importante centro de excelência na produção do conhecimento, referência nacional em sustentabilidade.

Adicionalmente, como a autora desta pesquisa trabalha no Grupo Técnico de Áreas Contaminadas da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente da Prefeitura do Município de São Paulo, atuante no gerenciamento de áreas contaminadas do município, a pesquisa poderá contribuir como subsídio para a elaboração de instrumentos e/ou políticas públicas que considerem a sustentabilidade na gestão de áreas contaminadas do município de São Paulo.

A pesquisa ainda fornecerá subsídios para o desenvolvimento de um produto, o qual trata de um guia informativo sobre gestão sustentável de área contaminada a fim de auxiliar os gestores de *campus* universitário, bem como órgãos ambientais, na inserção de princípios de sustentabilidade em áreas contaminadas.

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

1.4 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa consistiu em elaborar um plano de gestão sustentável para uma área contaminada em *campus* universitário.

Os objetivos específicos incluíram:

- Identificar as ferramentas existentes para implantação e *design* de remediação sustentável e de construção sustentável;

- Identificar e caracterizar áreas contaminadas vinculadas ao *campus* USP da Capital que possuem investigações ambientais com a contaminação já delimitada;
- Selecionar uma área contaminada do *campus* USP da capital como estudo de caso e elaborar o plano de gestão sustentável para a área selecionada;
- Realizar levantamento e análise de publicações e artigos científicos referentes a casos nacionais e internacionais de áreas contaminadas ou reabilitadas com elementos sustentáveis;
- Elaborar, como produto do Programa de Mestrado Profissional, um guia informativo sobre gestão sustentável de área contaminada para auxiliar os gestores de *campus* universitário, bem como órgãos ambientais, na inserção de princípios de sustentabilidade em áreas contaminadas.

1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A estrutura organizacional da dissertação está dividida em seis capítulos. O Capítulo 1 traz uma introdução geral ao tema estudado e a importância da sustentabilidade em processos de remediação e em edificações. No Capítulo 2 estão apresentados os métodos adotados para elaboração da pesquisa e as limitações da mesma. O Capítulo 3 refere-se à revisão bibliográfica abordando os tópicos para fundamentar a pesquisa, como gerenciamento de áreas contaminadas; remediação sustentável; avaliação do ciclo de vida; ferramentas para avaliação de sustentabilidade em processos de remediação; Certificação *LEED*; e práticas de gestão e construção sustentável. No Capítulo 4 são apresentados os resultados da pesquisa: caracterização das áreas contaminadas no *campus* da USP; as justificativas da seleção de uma área contaminada para aplicação do estudo de caso; a caracterização detalhada da área selecionada; a análise qualitativa de casos nacionais e internacionais bem sucedidos de gestão sustentável com relação aos conceitos adquiridos com a revisão bibliográfica; a justificativa da seleção de práticas sustentáveis; e as ações de sustentabilidade existentes na área contaminada selecionada. O Capítulo 5 contempla a discussão do plano de gestão sustentável a partir da análise das práticas sustentáveis aplicadas e não aplicadas na área contaminada selecionada do *campus* e o plano de gestão sustentável da área contaminada com base na pesquisa desenvolvida. O Capítulo 6 apresenta as considerações finais da pesquisa e recomendações.

2 MÉTODOS

A pesquisa possui uma abordagem qualitativa de caráter exploratório desenvolvida na forma de estudo de caso. Os métodos adotados para elaboração do estudo foram revisão bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso, conforme esquema ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Esquema dos métodos adotados para a pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica permite a cobertura de uma variedade de fenômenos com base em material já elaborado por diversos autores sobre determinado assunto, constituído principalmente de livros e artigos científicos (GIL, 2002).

Primeiramente, em busca de uma maior familiaridade com o tema realizou-se revisão bibliográfica sobre as ferramentas existentes, em âmbito internacional, para implantação e *design* de remediação sustentável e para a certificação *LEED* de construção sustentável que contempla aspectos como práticas de conservação e eficiência do uso da água e de energia; reuso de materiais da antiga construção; geração local de energia renovável, entre outros.

A revisão bibliográfica também foi utilizada para realização de um levantamento de publicações e artigos científicos referentes aos casos nacionais e internacionais bem sucedidos de áreas contaminadas ou reabilitadas com aplicação de elementos sustentáveis. As fontes para consulta deste material incluíram o acervo virtual da USP e da CAPES, *websites*

da USEPA – *Contaminated Site Clean-Up Information*, do SURF USA, do SURF UK, da revitalização de *brownfields* vencedores do Prêmio *Phoenix Awards* dos anos de 2007, 2011 e 2012, além dos casos apresentados na dissertação “*Recuperação de áreas contaminadas: um novo desafio para projetos paisagísticos*” de Carlos Morinaga (2007).

A esses casos foram aplicados os critérios de seleção (as características semelhantes às aquelas da área contaminada do *campus* da USP e elementos da construção sustentável aplicados) e definidos os casos que foram considerados como base para este estudo.

2.2 PESQUISA DOCUMENTAL

De acordo com Vergara (1991), pesquisa documental é definida como aquela realizada em documentos no interior de órgãos públicos. Neste sentido, por meio de consulta aos processos administrativos e acervos técnicos existentes na Prefeitura do *campus* USP da Capital (PUSP-C) e órgãos centrais como a Superintendência do Espaço Físico (SEF) e nas Agências Ambientais da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB¹, foi realizado um levantamento de dados secundários como estudos ambientais e pareceres técnicos para as áreas contaminadas durante o período de março/2015 a julho/2015.

O procedimento para coleta de dados de áreas localizadas no *campus* USP da Capital considerou aquelas cuja contaminação já se encontrava delimitada por meio de investigações ambientais.

Atualmente, quatro áreas encontram-se contaminadas, vinculadas ao *campus* da Capital. A caracterização das áreas contemplou dados como histórico do uso e ocupação do solo; propriedades do meio físico; etapa atual do gerenciamento; tipo de contaminante; futuro uso da área; medidas de intervenção; tecnologias de remediação; e recomendações e restrições do órgão ambiental regulador.

2.3 ESTUDO DE CASO

Segundo Yin (2001), o estudo de caso se diferencia dos demais pela sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências - documentos, artefatos, entrevistas e observações, de forma que o caso escolhido represente o fenômeno e estruture o estudo para atingir os objetivos pretendidos (BRANSKI *et al*, 2015 *apud* YIN, 2009).

A partir da caracterização das quatro áreas contaminadas do *campus* USP da Capital, foi selecionada uma destas para a elaboração de um plano de gestão sustentável, de tal forma que contemplasse a integração do planejamento das fases da remediação e o *design* da construção.

¹ Órgão regulador de áreas contaminadas no Estado de São Paulo.

Os critérios para seleção da área contaminada para o estudo de caso foram baseados na variedade dos contaminantes, dos riscos associados e do futuro uso da área para a possibilidade de futuras construções sustentáveis. Deste modo, quando houvesse necessidade da aplicação da remediação para gerenciamento do risco da área e a possibilidade de incluir elementos da construção sustentável no projeto de reabilitação, a área seria considerada propícia para elaboração do plano de gerenciamento.

Com base no levantamento bibliográfico de materiais referentes a casos nacionais e internacionais bem sucedidos foram aplicados os critérios de seleção e definidos os casos que foram considerados como base para este estudo. Os critérios para a escolha dos casos foram: i) as características semelhantes àquelas da área do estudo de caso, tais como, o uso anterior; o uso atual ou futuro; o grupo de contaminante; presença de gás metano; tecnologia de remediação; e ii) aplicação de elementos da construção sustentável.

Após seleção dos casos, foi realizada uma análise qualitativa das ações, práticas e lições aprendidas dos casos selecionados de áreas contaminadas ou reabilitadas com elementos sustentáveis para obter subsídios para elaboração do plano de gestão sustentável.

O fluxograma da Figura 3, ilustra as etapas adotadas desta análise qualitativa como subsídio para elaboração do plano de gestão sustentável.

Figura 3 - Fluxograma com as etapas adotadas para a análise qualitativa de ações, práticas e lições aprendidas de casos nacionais e internacionais como subsídio para elaboração do plano de gestão sustentável

Fonte: Elaborado pela autora

A partir da análise dos casos e da identificação das principais práticas empregadas de gestão e construção sustentável em áreas contaminadas ou reabilitadas, foi realizado um levantamento da quantidade de práticas identificadas em cada caso de gestão sustentável de áreas contaminadas ou reabilitadas nas listagens de práticas de gestão e construção sustentável desenvolvidas pela *United Kingdom's Sustainable Remediation Forum - SURF-UK* e disponíveis na apostila do Curso de Capacitação Sustentabilidade na Administração Pública do Ministério do Meio Ambiente – MMA.

As práticas selecionadas da listagem do *SURF-UK* e do MMA foram aquelas identificadas nos casos de gestão sustentável de áreas contaminadas analisados.

As práticas sustentáveis selecionadas foram classificadas quanto aos objetivos dos Grupos Técnicos da Superintendência de Gestão Ambiental – SGA da USP a fim de verificar se as práticas estavam alinhadas com as diretrizes da universidade.

Após a classificação quanto aos objetivos dos Grupos de Trabalhos (GTs) do Programa de Políticas Ambientais da USP, foi realizada uma análise das práticas aplicadas e dos motivos da não implementação de algumas práticas na área do estudo de caso.

A partir desta análise, as práticas sustentáveis selecionadas foram especificadas para descrever como poderiam ser aplicadas na área selecionada para estudo de caso. A especificação de práticas foi elaborada por meio do levantamento de todas as práticas implementadas nos casos bem sucedidos selecionados de gestão sustentável de áreas contaminadas e de algumas práticas recomendadas pela agência de proteção ambiental americana *The United States Environmental Protection Agency – USEPA*.

Assim, com base nas intervenções necessárias foram elencadas práticas de gestão sustentável que poderiam ser aplicadas de acordo com as diretrizes da administração da USP, de tal forma que a sustentabilidade possa ser inserida na gestão da contaminação da área do *campus* da USP.

2.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

As dificuldades e limitações da pesquisa incluíram:

- Dificuldade em encontrar materiais científicos disponíveis sobre remediação sustentável e a eficácia de práticas sustentáveis, pois ainda não há muitas pesquisas publicadas relacionadas a esse tema.
- Falta de métricas de sustentabilidade para realização de uma análise dos casos de áreas contaminadas.
- Falta de qualidade e/ou informações nos estudos ambientais das áreas contaminadas por não terem sido realizados de acordo com os procedimentos vigentes.
- Disponibilização restrita e/ou confidencial de casos bem sucedidos de gestão de áreas contaminadas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Gestão ambiental consiste em um processo participativo, integrado e contínuo voltada à formulação de princípios e diretrizes, que visa promover a compatibilização das atividades humanas com a qualidade e a preservação do patrimônio ambiental. Como parte integrante da gestão ambiental de organizações públicas e privadas, o gerenciamento ambiental é um conjunto de ações destinado a regular na prática operacional, o uso, o controle, a proteção e a conservação do meio ambiente, e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela política ambiental (SMA, 2011).

No caso de áreas contaminadas, o gerenciamento visa minimizar os riscos a que estão sujeitos à população e o meio ambiente, por meio de estratégia constituída por etapas sequenciais, em que a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior (MMA, 2015).

O processo de gerenciamento de áreas contaminadas envolve a identificação, a investigação e a análise de riscos. A Figura 4 ilustra um exemplo do mecanismo de liberação de contaminantes e o caminho de exposição até atingir o meio ambiente e os potenciais receptores.

Figura 4 - Exemplo de um cenário em que o meio ambiente e potenciais receptores estão expostos a contaminantes

Fonte: SONG, 2004 *apud* USEPA, 1989

A primeira regulamentação definida para o estabelecimento de diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas no Brasil foi a partir da Resolução CONAMA nº420/2009, a qual se baseia no procedimento de gerenciamento de áreas contaminadas desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o Estado de São Paulo.

Adotada pela CETESB para o estado de São Paulo desde 2000 a metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, que foi aprimorada e consolidada pela Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E, visa 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 que deverão permitir a tomada de decisão quanto às ações mais adequadas e possibilitar a reabilitação da área para o uso declarado (CETESB, 2007).

Destaca-se que o termo reabilitação empregado está inserido no contexto de recuperação de áreas degradadas. De acordo com SANCHEZ (2004) a recuperação ambiental envolve dois conceitos fundamentais: restauração e reabilitação. Restaurar uma área significa utilizar a remediação nas áreas contaminadas, para tornar possível todos os tipos de uso como se não tivesse ocorrido a contaminação. Já o conceito de reabilitação envolve proceder a ações de recuperação, de tal forma que tornem a área apta para novos usos, mas com a possibilidade de restrições. Nesse sentido, o termo revitalização de áreas contaminadas envolve promover ações de recuperação ambiental com o intuito de promover a reocupação econômica e social de espaços abandonados e degradados.

A CETESB (2007) classifica as áreas em seis categorias: potencialmente contaminada, suspeita de contaminação, contaminada, contaminada sob investigação, em processo de monitoramento para reabilitação e reabilitada para o uso declarado, cujas definições segue descritas abaixo.

Área Potencialmente Contaminada é aquela onde são ou foram desenvolvidas atividades que, por suas características, apresentam maior possibilidade de acumular quantidades ou concentrações de matéria em condições que a tornem contaminada.

Área Suspeita de Contaminação é aquela que apresenta indícios de ser uma área contaminada.

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.

Área contaminada sob investigação é definida como área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria onde há comprovadamente contaminação, constatada em investigação confirmatória, na qual estão sendo realizados procedimentos para determinar a extensão da contaminação e identificar a existência de possíveis receptores, bem como para verificar se há risco à saúde humana.

Área em processo de monitoramento para reabilitação é aquela que se encontra na etapa de monitoramento para encerramento.

Área reabilitada para o uso declarado é aquela que após a realização do monitoramento para encerramento, foi considerada apta para o uso declarado.

O procedimento para a constatação de uma área contaminada segue o fluxograma apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma do gerenciamento de áreas contaminadas
Fonte: Adaptado CETESB, 2007

De acordo com a metodologia, após a definição da região de interesse a ser investigada, a Avaliação Preliminar deverá ser elaborada, a fim de constatar a existência de passivos ambientais no local investigado, através da avaliação do histórico de ocupação do imóvel, descrição das atividades pretéritas ali desenvolvidas, registro fotográfico atual da área e outras informações que possam ser relevantes.

Caso sejam constatados indícios de contaminação, o imóvel passa a ser considerado suspeito de contaminação, etapa na qual é exigida a Investigação Confirmatória, que tem por objetivo

comprovar ou não a existência da contaminação, através de análises de amostras de solo, água subterrânea e gases.

Caso as concentrações das análises químicas das substâncias avaliadas sejam superiores aos valores de intervenção (VIs) para solos e águas subterrâneas estabelecidos pela CETESB na “Tabela de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo” (CETESB, 2005) ou em listas de valores orientadores produzidas por entidades reconhecidas, a área é considerada como contaminada sob investigação.

O estudo ambiental deverá ser complementado por meio da elaboração da Investigação Detalhada, cujo objetivo é identificar a fonte da contaminação (recarga de contaminação) e delimitar a pluma (delimitação da extensão da contaminação). A partir da definição dos receptores potenciais, dos compostos de interesse e das vias de exposição dos contaminantes (cutânea; inalação e ingestão) é realizada a Avaliação de Risco para calcular o risco existente para os receptores em potencial (trabalhadores dentro e fora do *site* e/ou residentes do entorno) e as respectivas metas de remediação para tornar a área apta para o uso pretendido.

A presença do risco em uma área contaminada requer a combinação de três fatores: fonte de contaminação, caminho de exposição e receptor, conforme ilustrado na Figura 6. O gerenciamento do risco consiste em interromper uma destas ligações, como por exemplo, o controle da fonte (através da instalação de sistemas de remediação para reduzir ou destruir a massa de contaminantes), o gerenciamento do caminho de exposição (como a adoção de restrição do uso da água subterrânea) ou a proteção do receptor (por meio da proibição da ocupação de determinadas regiões) (BARDOS *et al*, 2012).

Figura 6 - Diagrama dos fatores para presença do risco
Fonte: Adaptado GARDGUIDE, 2015

Deste modo, se for constatado risco, deverá ser elaborado um plano de intervenção contendo as medidas de intervenção a serem adotadas visando a reabilitação de área para o uso declarado, que podem incluir medidas emergenciais, de remediação, de controle institucional e/ou de controle de engenharia.

Nos casos onde há necessidade de aplicação de técnicas de remediação para o gerenciamento do risco, um plano de remediação para o *site* deve ser elaborado para avaliar quais as técnicas de remediação seriam mais adequadas para o local.

A seleção da técnica de remediação é baseada em fatores como propriedades dos contaminantes e do meio físico, nível de evolução das tecnologias, exigências do órgão ambiental, custos e duração do tratamento (SCIULLI, 2008).

A partir da técnica de remediação selecionada, o projeto de remediação deverá ser dimensionado, implantado e operado, a fim de reduzir a massa dos contaminantes nos meios afetados, de forma que o risco à saúde humana seja reduzido a níveis aceitáveis para viabilizar o uso pretendido.

Quando as concentrações dos contaminantes atingirem o valor das metas de remediação definidas na etapa de avaliação de risco, parte-se para a etapa de monitoramento com o intuito de garantir que não existam mais concentrações que ofereçam risco à saúde humana.

A campanha de monitoramento para encerramento deverá ser realizada por meio de dois ciclos hidrológicos. Ao final do monitoramento para encerramento, havendo a manutenção das condições mencionadas e, se for o caso, implantadas as medidas de controle institucional ou de engenharia, o processo de reabilitação pode ser encerrado (CUNHA, 1997; CETESB, 2007; SANCHEZ, 2004; SCIULLI, 2008).

3.2 REMEDIAÇÃO SUSTENTÁVEL

Neste contexto do gerenciamento 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* (SURF, 2009).

Uma alternativa para reduzir estas adversidades é por meio da inserção da sustentabilidade no gerenciamento de áreas contaminadas, iniciativa realizada em 2002 pela rede composta por profissionais de diversos países europeus, denominada *CLARINET - Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies*. O principal objetivo dessa rede é elaborar princípios de gerenciamento de áreas contaminadas de forma que seja assegurada a utilização segura do local, minimizando a poluição e o risco envolvidos e garantindo a funcionalidade e condições adequadas dos ecossistemas.

Posteriormente, foi desenvolvida uma abordagem complementar de reabilitação sustentável de *brownfields*² por meio de uma rede composta por especialistas ambientais da Europa, denominada *CABERNET - Concerted Action on Brownfield and Economic Regeneration Network* (COMMON FORUM, 2015).

Com base nesses princípios, em 2006 surgiu o conceito de remediação sustentável nos Estados Unidos, desenvolvido por 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 *SURF*, remediação sustentável compreende as ações de gerenciamento de risco para o solo e água subterrânea, as quais são selecionadas, projetadas e operadas para maximizar os benefícios econômicos, sociais, e ambientais.

Além de proteger a saúde humana e o ambiente dos perigos associados às áreas contaminadas, a adoção de práticas sustentáveis em medidas de intervenção no processo de reabilitação 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, exemplificados no Quadro 1.

Quadro 1 - Exemplos de benefícios ambientais, econômicos e sociais da aplicação de remediação sustentável

Exemplos de benefícios da remediação sustentável	
Ambientais	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar o desequilíbrio ecológico dos <i>sites</i>; • Reduzir as emissões de gases de efeito estufa; • Reduzir a quantidade de poluentes e resíduos no meio ambiente.
Econômicos	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir os custos associados aos processos de remediação; • Aumentar a produtividade econômica de comunidades locais; • Obter maior retorno financeiro em longo prazo com investimentos como energias renováveis.
Sociais	<ul style="list-style-type: none"> • Criar oportunidades de empregos relacionadas a novas tecnologias de remediação e energias renováveis; • Minimizar os riscos de acidentes em estradas com caminhões e outros veículos pela diminuição do transporte de material contaminado; • Diminuir o impacto em comunidades causado pela exportação de resíduos para aterros.

Fonte: USEPA, 2008; SURF, 2009

Quando as ações no processo de remediação são adotadas para minimizar os impactos ambientais (pegadas ecológicas) com foco principalmente na preservação e conservação dos

² Instalações industriais ou comerciais abandonadas, ociosas ou subutilizadas, cuja expansão ou reutilização é dificultada pela existência de contaminação, de acordo com *EPA*

recursos naturais denomina-se remediação verde ou *green remediation* (SMITH E KERRISON, 2013).

Segundo a publicação *Green Remediation – Incorporating Sustainable Environmental Practices into Remediation of Contaminated Sites* de 2008 da agência de proteção ambiental americana *The United States Environmental Protection Agency - USEPA*, “*remediação verde é a prática que considera todos os impactos ambientais da implantação da remediação e que incorpora estratégias para maximizar os benefícios ambientais das ações de remediação*”.

Nesse sentido, a agência americana considera que para reduzir a pegada ecológica de qualquer sistema de remediação, faz-se necessária a avaliação dos seguintes elementos fundamentais na fase de *design* e implementação da remediação:

1. Requisitos de energia para o sistema de tratamento de tecnologia;
2. Emissões atmosféricas;
3. Requisitos de água ou impactos sobre os recursos hídricos;
4. Impactos no solo e nos ecossistemas;
5. Consumo de materiais e geração de resíduos; e
6. Gerenciamento a longo prazo.

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

No caso da instalação de um Sistema de Extração de Vapores (*Soil Vapor Extraction - SVE*), por exemplo, emissões de dióxido de carbono (CO₂) são geradas provenientes do consumo de combustíveis fósseis pelos caminhões que realizam o transporte ao *site* contaminado e pelos equipamentos que realizam a instalação dos poços de extração e monitoramento. Neste caso, a utilização de biocombustíveis pelos caminhões como uma prática sustentável no processo de transporte do sistema de remediação até o *site* poderia diminuir significativamente as emissões de gases do efeito estufa.

Outra prática sustentável que poderia ser aplicada neste exemplo é a utilização de matérias recicláveis na construção dos poços de monitoramento, nos materiais de amostragem do solo e água subterrânea ou nos instrumentos de varredura que minimizaria a geração de resíduos e o consumo de energia associados com a fabricação de novos materiais (SURF, 2009).

Nos últimos anos, o desenvolvimento de ferramentas qualitativas e quantitativas, baseadas nos métodos de análise multicritério, avaliação do ciclo de vida e análise de custo benefício possibilitou a avaliação e estimativa dos impactos ambientais associados às tecnologias de remediação para a adoção da técnica de remediação menos agressiva ao meio ambiente (TEXEIRA *et al*, 2012).

3.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma técnica de avaliação dos aspectos e potenciais impactos ambientais associados a um produto, processo ou serviço (USEPA, 2015a).

No Brasil este método está descrito pelas Normas ISO 14040 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura (ABNT, 2009a) e pela NBR ISO 14044 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações (ABNT, 2009b).

A partir da estimativa dos dados referentes ao consumo de matérias primas e energia, geração de resíduos, emissões de gases de efeito estufa das tecnologias de remediação, tem-se um inventário do ciclo de vida que é correlacionado com as categorias de impacto, a fim de identificar as contribuições de cada elemento no sistema (TEXEIRA *et al*, 2012).

A aplicação de um estudo de ACV em uma técnica de remediação convencional possibilita a identificação e a quantificação do uso de matérias-primas, do consumo de energia e da geração de resíduos, bem como a determinação de impactos ambientais (pegada ecológica) de um projeto em escalas locais, regionais e globais.

Com base na avaliação do ciclo de vida referente aos principais impactos ambientais associados às atividades de remediação, o Departamento de Substâncias Tóxicas da Califórnia (*Department of Toxic Substances of California*) criou uma ferramenta intitulada de *The Green Remediation Evaluation Matrix* – GREM (DTSC, 2015), a fim de auxiliar os gerentes, as partes interessadas e os consultores ambientais quanto à identificação dos impactos associados às atividades de remediação e à análise de alternativas de tratamento menos impactantes ao meio ambiente.

O Quadro 2 indica um exemplo dessa matriz contendo alguns dos impactos ambientais associados desde a construção até a desmobilização dos sistemas de remediação, como o consumo de matérias primas e energia, geração de resíduos e emissões de gases de efeito estufa.

Quadro 2 - Exemplos de impactos associados aos processos de remediação

ASPECTO	FONTE	MEIO IMPACTADO	IMPACTO
Lançamento de substâncias: <ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO_x); • Material particulado e vapores tóxicos; • Gases de efeito estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte (caminhões); • Construção dos equipamentos de remediação; • Geração de energia elétrica; • Tecnologias de remediação (oxidante térmico, queima de combustíveis, etc.). 	Ar	<ul style="list-style-type: none"> • Chuva ácida; • <i>Smog</i> fotoquímico; • Poluição do ar por substâncias tóxicas; • Aquecimento atmosférico.
Produção de resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação do Sistema de remediação (solo contaminado da escavação e instalação de poços de monitoramento; resíduos provenientes dos filtros; etc.). 	Solo	<ul style="list-style-type: none"> • Poluição do solo por substâncias tóxicas
Alterações na estrutura do solo	<ul style="list-style-type: none"> • Escavação e aterro; • Bombeamento e tratamento da água subterrânea e extração de vapores do solo para extração/injeção de poços de monitoramento. 	Solo	<ul style="list-style-type: none"> • Destruição do habitat • Infertilidade do solo
Emissões de ruídos, odores e vibrações	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte (caminhões) • Operação dos equipamentos de remediação (ventilador do sistema de extração de vapores, bomba da extração de água subterrânea, etc.) 	Meio ambiente em geral	<ul style="list-style-type: none"> • Incômodo • Danos à saúde e segurança dos trabalhadores
Esgotamento de recursos: materiais de construção (solo/concreto/plástico)	<ul style="list-style-type: none"> • Solo e cascalho para reaterro e terraplenagem; • Concreto para a construção do sistema de remediação; • Plástico de tubulações, membranas e estruturas. 	Solo	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo
Esgotamento de recursos: terra desocupadas	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de espaço em aterros 	Solo e água	<ul style="list-style-type: none"> • Fechamento dos aterros
Esgotamento de recursos: água superficial e subterrânea	<ul style="list-style-type: none"> • Água utilizada para a descontaminação e lavagem do solo 	Água	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo

Fonte: Adaptado DTSC, 2009

3.4 FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE EM PROCESSOS DE REMEDIAÇÃO

Diversas ferramentas e metodologias para avaliar a sustentabilidade foram desenvolvidas a fim de auxiliar os gerentes, as partes responsáveis e os consultores ambientais quanto à identificação dos impactos associados às atividades de remediação e à análise de alternativas de tratamento menos impactantes ao meio ambiente.

As técnicas, modelos e demais ferramentas são desenvolvidos com base em objetivos, indicadores e métricas de sustentabilidade. Os indicadores tem a função de medir, qualitativamente e quantitativamente, o nível de alcance dos objetivos. (FRANZ *et al*, 2006).

Para determinar a carga ambiental e demais impactos gerados a partir do consumo de recursos e emissões de poluentes das tecnologias de remediação utilizam-se as métricas de sustentabilidade, as quais podem estar associadas às três dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômica ou social) ou à combinação destes (SURF, 2011a).

Métricas também podem ser consideradas como indicadores quantitativos na avaliação de sustentabilidade. Exemplos de métricas incluem emissões de dióxido de carbono, consumo de energia, custo econômico e risco de acidentes (SURF, 2009).

De acordo com o estudo de Huysegoms e Cappuyns (2017), na literatura há diversos estudos científicos contendo a comparação de tecnologias de remediação por meio da utilização de ferramentas de avaliação de sustentabilidade. Entretanto, a falta de estudos que contenham uma abordagem geral de cada ferramenta de uma forma compreensiva para avaliação de sustentabilidade em tecnologias de remediação dificulta a escolha dos usuários pela ferramenta que deve ser adotada em cada caso.

As ferramentas utilizadas internacionalmente e disponíveis ao público para avaliação da sustentabilidade em tecnologias de remediação estão descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Ferramentas de avaliação de sustentabilidade disponíveis ao público para avaliação da sustentabilidade em tecnologias de remediação

Ferramentas	Desenvolvida por:	Abordagem	Descrição
<i>Green Practices for Business, Site Development, and Site Cleanups: A toolkit</i>	<i>Minnesota Pollution Control Agency</i>	Qualitativa	Árvore de Decisão para auxiliar a aplicar práticas sustentáveis em operações comerciais, desenvolvimento de um <i>site</i> e remediação. Disponível em: http://www.pca.state.mn.us/index.php/topics/preventing-waste-and-pollution/sustainability/greener-practices-toolkit/greener-practices-for-business-site-development-and-site-cleanups-a-toolkit.html
<i>Green Remediation Evaluation Matrix (GREM)</i>	<i>Department of Toxic Substances of California</i>	Qualitativa	<i>Checklist</i> para comparar os impactos gerados das tecnologias de remediação. Disponível em: https://www.dtsc.ca.gov/OMF/Grn_Remediation.cfm
<i>Greener Cleanups How to Maximize the Environmental Benefits of Site Remediation</i>	<i>Illinois EPA</i>	Qualitativa	Matriz contendo práticas sustentáveis que poderiam ser aplicadas na etapa de investigação, de planejamento, design e operação da tecnologia de remediação. As práticas são avaliadas quanto à viabilidade econômica, à duração, à complexidade técnica e aos benefícios gerados ao ar, água, solo e energia. Disponível em: http://www.epa.illinois.gov/topics/cleanup-programs/greener-cleanups/index
<i>Net Environmental Benefit Analysis (NEBA),</i>	<i>Oak Ridge National Laboratory</i>	Qualitativa	Metodologia de comparação dos benefícios ambientais associados às alternativas de gerenciamento. Disponível em: http://www.esd.ornl.gov/programs/ecorisk/net_environmental.html
<i>SEFA - Spreadsheets for Environmental Footprint Analysis</i>	<i>USEPA</i>	Quantitativa	Estimativa da pegada ambiental das etapas de remediação, resultando em métricas que refletem o impacto ambiental do projeto. Disponível em: https://clu-in.org/greenremediation/methodology/#gr-toolkit-name
<i>SiteWise™</i>	<i>Batelle, U.S.Navy, and U.S. Army Corps of Engineers</i>	Quantitativa	Cálculo da pegada ambiental de diversas tecnologias de remediação por meio das métricas de sustentabilidade, como gases de efeito estufa; consumo de energia; emissão de poluentes atmosféricos (SOx, NOx, e material particulado); consumo de água e risco de acidentes. Disponível em: http://www.sustainableremediation.org/library/guidance-tools-and-other-resources/sitewise-version-31/

“Continua”

“Continuação”

Ferramentas	Desenvolvida por:	Abordagem	Descrição
Sustainability Assessment Tool - SAT	<i>RESCUE – The Regeneration of European Sites in Cities and Urban Environments</i>	Qualitativa	Metodologia com objetivos, indicadores e melhores práticas que refletem a complexidade multidimensional que caracterizam a reabilitação de <i>brownfields</i> . Disponível em: http://cordis.europa.eu/result/rcn/40432_en.html
<i>Sustainable Remediation Tool (SRT)</i>	<i>Air Force Center for Engineering and the Environment – GSI Environmental Inc.</i>	Quantitativa	Cálculo de métricas de sustentabilidade para as seguintes tecnologias: escavação, extração de vapores do solo, bombeamento e tratamento, biorremediação in situ, barreira reativa, oxidação química in situ, remediação térmica e atenuação natural monitorada. Disponível em: http://www.afcec.af.mil/environment/technicalsupportdivision/environmentalrestorationtechnicalsupportbranch/restorationsystemsandstrategies.asp
<i>The Leaking UST Footprint Calculator</i>	<i>Sullivan International Group</i>	Quantitativa	Estimativa e comparação das emissões de gases de efeito estufa de cinco tecnologias de remediação: Extração de vapores de solo (SVE), bombeamento e tratamento, escavação do solo, extração multifásica (MPE) e atenuação natural monitorada. Disponível em: http://www.ustcalc.org/Default.aspx
<i>The REC Decision Support System for Comparing Soil Remediation Alternatives</i>	<i>Dutch Research Programme for In Situ Bioremediation</i>	Qualitativa	Metodologia para análise e avaliação de estratégias de remediação para uma área contaminada Disponível em: http://www.ivm.vu.nl/en/Images/RECreport2-A1112FF6-69C9-40BA-8B27EC1FED9AC27C_tcm53-102713.pdf

Fonte: SURF, 2011b

Ressalta-se que as ferramentas e metodologias que incorporam métricas, critérios e indicadores de sustentabilidade não fornecem o resultado de qual a melhor técnica ou prática deve ser adotada no processo de remediação, e sim auxiliam os avaliadores do projeto a conduzir uma avaliação de sustentabilidade e decidir as ações de gerenciamento (CL:AIRE, 2010).

De acordo com *United Kingdom's Sustainable Remediation Forum - SURF-UK* (CL:AIRE, 2010), o processo para identificação da solução sustentável para a remediação é definido como “a prática de demonstrar, por meio de indicadores ambientais, econômicos e sociais, que o benefício é maior que o impacto da remediação e que a solução ideal de remediação baseia-se em um processo equilibrado de tomada de decisão”.

Pesquisas e estudos desenvolvidos pela SURK-UK (CL:AIRE, 2011) mostraram que nenhum conjunto de indicadores desenvolvido para gerenciamento de áreas contaminadas considerou as três dimensões de sustentabilidade (ambiental, econômica e social). Em discussões realizadas com especialistas no assunto, concluiu-se que um conjunto genérico e universal de indicadores não era viável, devido à especificidade de cada projeto e dos *stakeholders* associados. Entretanto, ficou reconhecido que formatos de *checklist* de questões fundamentais poderiam ser úteis nas mais variadas avaliações de sustentabilidade em processos de remediação.

Diante deste cenário, a SURF-UK desenvolveu uma lista de 15 categorias divididas por dimensões ambientais, econômicas e sociais (Quadro 4) com o intuito de auxiliar os avaliadores para identificação das questões relevantes e críticas em cada projeto. No documento *ANNEX 1: The SURF-UK Indicator Set For Sustainable Remediation Assessment* publicado pela *Contaminated Land: Application in Real Environments - CL:AIRE* (2011) há descrições detalhadas e questões a serem consideradas no desenvolvimento de indicadores para avaliação da sustentabilidade no projeto.

Quadro 4 - Lista de 15 categorias divididas por dimensões ambientais, econômicas e sociais desenvolvida pela SURF-UK

	Dimensão		
	Ambiental	Econômica	Social
Categorias	Emissões no ar	Custos diretos e benefícios	Saúde humana e segurança
	Condições do solo e do terreno	Custos indiretos e benefícios	Ética e igualdade
	Água subterrânea e superficial	Emprego e capital de emprego	Vizinhança e localidade
	Ecologia	Custos econômicos induzidos e benefícios	Comunidades e envolvimento da comunidade
	Recursos Naturais e Resíduos	Duração do projeto e flexibilidade	Incerteza e evidência

Fonte: Adaptado de CL:AIRE, 2011

3.4.1 Práticas de Gestão Sustentável

Com base nas categorias de indicadores e princípios de sustentabilidade, SURF-UK desenvolveu um conjunto com 166 Práticas de Gestão Sustentável (*Sustainable Management Practices*) para incentivar o pensamento sustentável, o processo de tomada de decisão e as ações que poderiam ser incorporadas nas atividades associadas ao gerenciamento de áreas contaminadas para aperfeiçoar o desempenho ambiental, econômico e social do projeto de reabilitação.

As atividades consideradas na lista das Práticas de Gestão Sustentável incluem aquelas das fases de investigação; seleção, *design*, implementação, operação e desmobilização da construção da tecnologia de remediação; planejamento para o futuro uso; e contratação de bens e serviços.

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.

Este conjunto de Práticas desenvolvido pela SURF-UK foi elaborado com base em guias de melhores práticas desenvolvidos para áreas contaminadas e outros setores no Reino Unido e no exterior (BARDOS *et al.*, 2016).

A lista completa com as 166 Práticas de Gestão Sustentável do SURF-UK encontra-se disponível no endereço eletrônico www.claire.co.uk/surfuk (CL:AIRE, 2014). No Quadro 5 foram listados alguns exemplos de práticas extraídas desta lista com a referência da categoria dos indicadores do SURF-UK e as respectivas fontes.

Quadro 5 - Exemplos de práticas de gestão sustentável extraídas do SURF-UK com a referência da categoria dos indicadores do SURF-UK e as respectivas fontes

Prática Sustentável	Categoria dos indicadores do SURF-UK			Fonte
	Ambiental	Econômica	Social	
Avaliar a pegada de carbono para as principais atividades de remediação e implementar um plano de redução das emissões de CO ₂	X		X	DEFRA, 2009
Utilizar combustíveis mais limpos	X	X	X	USEPA, 2010
Desviar o escoamento de águas superficiais das áreas contaminadas	X	X		EA, 2012
Controlar e mitigar barulho, vibrações, poeira, etc.			X	ITRC, 2011
Implementar um plano com as questões e desenvolvimento do projeto para comunicação com as partes envolvidas		X	X	ITRC, 2011

Fonte: Adaptado de CL:AIRE, 2014

De acordo com Bardos (2016), a aplicação destas práticas possibilita a compreensão dos benefícios ambientais, econômicos e sociais gerados e demonstra os ganhos sustentáveis na fase de remediação e construção.

Com o intuito de identificar estratégias que auxiliem os avaliadores sobre as técnicas com maiores ganhos sustentáveis aos projetos de remediação, *SURF-UK* mapeou o conjunto de categorias de indicadores com os benefícios potenciais das Práticas de Sustentabilidade com o objetivo de identificar as práticas sustentáveis que poderiam ser implementadas no projeto de remediação. Exemplos de benefícios potenciais associados às categorias de indicadores de sustentabilidade e práticas estão descritos no Quadro 6.

Quadro 6 - Exemplos de benefícios potenciais associados às categorias de indicadores de sustentabilidade e práticas

Categorias de indicadores	Benefícios Potenciais	Práticas de Sustentabilidade
<i>Ambiental</i>		
Emissões no ar	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de emissões de CO₂ • Redução de emissões de material particulado 	Realizar avaliação da Pegada de Carbono de diversas tecnologias de remediação
Água subterrânea e superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar o lançamento de contaminação através da lixiviação 	Implantar sistemas de drenagem <i>on site</i> para mitigar riscos da contaminação
<i>Econômico</i>		
Custos diretos e benefícios	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir o custo • Otimizar a coleta de dados 	Utilizar materiais e tecnologias para otimizar a performance dos sistemas de remediação
Emprego e capital de emprego	<ul style="list-style-type: none"> • Promover a criação local de empregos 	Comprar produtos e serviços locais
<i>Social</i>		
Vizinhança e localidade	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar ruído e odor 	Controlar e mitigar ruído e odor
Comunidades e envolvimento da comunidade	<ul style="list-style-type: none"> • Promover o engajamento dos <i>stakeholders</i> no processo de tomada de decisão 	Considerar as opções de remediação no projeto das partes interessadas, conforme os interesses e preocupações da comunidade

Fonte: Adaptado de CL:AIRE, 2014

A agência de proteção ambiental americana *The United States Environmental Protection Agency* – *USEPA* também possui fichas técnicas de práticas de gestão sustentável que poderiam ser aplicadas na investigação de um *site* e em diversos sistemas de remediação. Entretanto, estas práticas estão relacionadas à remediação verde (*Green Remediation*), com foco para redução da pegada ambiental das atividades de remediação.

Estas fichas técnicas estão disponíveis no *website* da USEPA <https://clu-in.org/greenremediation/>. No Quadro 7 estão descritas algumas práticas recomendadas para Investigação de Sites (USEPA, 2016).

Quadro 7 - Práticas de gestão sustentável recomendadas pela USEPA para Investigação de Sites

1	Avaliação da viabilidade da utilização de um laboratório móvel, métodos analíticos de campo, ou ferramentas de investigação de alta resolução
2	Estabelecimento de redes eletrônicas para transferências de dados e resultados, decisões da equipe e elaboração de documentos
3	Utilização de videoconferências para redução de viagens
4	Utilização de tecnologias de detecção direta, como <i>Membrane Interface Probe (MIP)</i> , sensor por fluorescência induzida por laser (LIF) e ensaios de penetração de cone (CPT)
5	Analísadores portáteis de fluorescência de Raios X para metais
6	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)
7	Utilização de combustíveis mais limpos e filtros de controle de emissão de diesel
8	Utilização de equipamentos de amostragem de baixa vazão para minimizar volumes de purga e geração de resíduos
9	Utilização de limpeza a vapor ou a base de detergentes sem fosfatos em vez de solventes orgânicos ou ácidos para descontaminar equipamento de amostragem
10	Tratamento da água potencialmente contaminada da purga por meio de técnicas adequadas, como a filtração de carvão ativado antes da descarga
11	Utilização de produtos reciclados e à base de resíduos agrícolas ou florestais, em vez de materiais à base de petróleo
12	Redução do volume dos resíduos gerados durante os trabalhos de execução de sondagens e instalação de poços de monitoramento, tais como reciclagem de caixas de papelão, redução do uso de sacos plásticos descartáveis e utilização de tecnologias de medição e análise <i>on site</i>
13	Utilização da técnica <i>Soil Gas Survey</i> para investigar a presença de gases no solo (técnica minimamente invasiva e pode fornecer informações rápidas e econômicas sobre a presença, composição e distribuição de contaminantes no local)

Fonte: Adaptado de USEPA, 2016

3.5 CERTIFICAÇÃO *LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN (LEED)*

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) é uma ferramenta de certificação de construção sustentável, desenvolvido em 1998 nos Estados Unidos pela instituição *United States Green Building Council (USGBC)* 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.

Reconhecida internacionalmente em mais de 100 países, esta ferramenta possui quatro níveis de certificação, obtidos conforme o número de pontos adquiridos no projeto que pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7 - Níveis de Certificação LEED

Fonte: USGBC, 2015

Os pontos são avaliados por meio de pré-requisitos (elementos obrigatórios) e créditos (elementos opcionais), que tem como base os seguintes critérios descritos no Quadro 8:

Quadro 8 - Critérios avaliados no LEED

Critérios Avaliados	Objetivos
Espaço sustentável (<i>SS - Sustainable sites</i>)	Incentivar estratégias que minimizem o impacto nos ecossistemas e dos recursos hídricos durante a implantação da edificação, além de abordar questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.
Eficiência do uso da água (<i>WE - Water efficiency</i>)	Promover o uso racional da água para reduzir o consumo de água potável, com foco nas alternativas de tratamento e reuso dos recursos.
Energia e atmosfera (<i>EA - Energy and atmosphere</i>)	Promover um melhor desempenho energético das edificações, através de estratégias inovadoras, como por exemplo simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes.
Materiais e recursos (<i>MR - Materials and resources</i>)	Incentivar o uso de materiais de construção sustentável (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduzir a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários.
Qualidade ambiental interna (<i>EQ - Indoor environmental quality</i>)	Promover a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural.
Inovação e processos (<i>IN - Innovation</i>)	Abordar a busca por conhecimentos de edifícios sustentáveis, bem como procedimentos de <i>design</i> que não foram contemplados nas demais categorias de <i>LEED</i> .
Créditos regionais (<i>CR - Regional priority credits</i>)	Abordar as prioridades ambientais regionais para edifícios, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local.

Fonte: GBC BRASIL, 2015

A partir da tipologia do empreendimento, o projeto pode ser classificado de acordo com as seguintes categorias do *portfolio LEED*:

- *New Construction and Major Renovations* (Nova Construção e Grandes Reformas);
- *Core and Shell* (Áreas Comuns e Envoltórias);
- *Commercial Interiors* (Interiores Comerciais);
- *Schools* (Escolas);
- *Healthcare* (Hospitais e Setor de Saúde);
- *Retail* (Varejo);
- *Existing Buildings: Operations and Maintenance* (Edifícios Existentes: Operação e Manutenção);
- *Homes* (Casas);
- *Neighborhood Development* (Desenvolvimento de bairro).

Apesar da existência de diversos sistemas de avaliação de sustentabilidade de edifícios em diversos países como Reino Unido, Canadá e Japão, o *LEED* é um dos sistemas de maior influência e abrangência do mercado de construção internacional na criação de outros sistemas pelo mundo.

Ressalta-se que a *USGBC* deu origem ao *World Green Building Council (WGBC)*, conselho mundial para construção “verde” que incentiva a criação de conselhos nacionais e a adaptação do sistema *LEED* em outros países.

Em 2007, foi criado o *Green Building Council (GBC)* no Brasil, que segue o mesmo critério internacional de certificação pelo *LEED* norte americano, com validade de cinco anos, quando uma nova solicitação de avaliação deve ser solicitada.

Em consulta realizada ao *website* da *GBC* Brasil e *USGBC* em julho de 2015, existem 253 empreendimentos certificados com o selo *LEED* no Brasil, enquanto que nos Estados Unidos há em torno de 39.000 empreendimentos certificados (*GBC BRASIL, 2015; USGBC, 2015*).

Desde que foi criado, o *LEED* é submetido a revisões regulares a cada 3 ou 5 anos para melhorias conforme as necessidades dos mercados, como revisões de regulamentações ou o surgimento de inovações técnicas. Atualmente, encontra-se na quarta versão (*LEEDv4*).

O processo de certificação *LEED*, realizado por empresas terceirizadas, consiste em cinco etapas:

1. Registro do projeto junto ao *USGBC*;
2. Coleta de informações pela equipe de projetos;

3. Submissão da documentação (planilhas de comprovação do atendimento do crédito, plantas e memoriais descritivos de projetos e sistemas e cálculos que comprovem o atendimento dos requisitos).
4. Análise da documentação pelo revisor do *GBC*
5. Certificação pelo *GBC*

No ANEXO A consta um exemplo de *checklist* para a categoria *New Construction and Major Renovations* (Nova Construção e Grandes Reformas) de elementos que poderiam ser incorporados na construção para obtenção de créditos.

No sistema de certificação *LEED* quando o projeto está localizado em uma área contaminada dois pontos podem ser adquiridos dentro da categoria Espaço Sustentável (*SS – Sustainable Sites*).

No Brasil não constam empreendimentos registrados para obtenção de certificação *LEED* em áreas contaminadas, conforme levantamento realizado até a data de 30 de julho de 2015.

Embora o *LEED* incentive a ocupação e a reabilitação de áreas contaminadas abandonadas, pode haver um conflito entre as medidas de controle de engenharia e institucional a serem adotadas para remediação destas áreas e as medidas para a construção de edifícios sustentáveis, como por exemplo, o uso de pavimentos impermeabilizantes sobre a contaminação para impedir o contato dos contaminantes com os frequentadores do local.

Nesta situação, o risco da contaminação para os frequentadores do local é gerenciado, porém esta estrutura impermeabilizante não possibilita maximizar a retenção das águas pluviais, que poderiam gerar pontos no processo de certificação *LEED*.

Contudo, este conflito pode ser evitado por meio da compreensão de como os princípios do *design* sustentável para a certificação *LEED* podem ser integrados com as medidas de remediação de áreas contaminadas na fase de planejamento do empreendimento.

Desta forma, a caracterização dos dados da área pode ser utilizada para mapear a propriedade identificando as áreas que o *design* sustentável pode ser utilizado como parte da remediação, como é o caso de estruturas impermeabilizantes que atuam como barreiras subsuperficiais para contaminações mais profundas e permitem a infiltração e captação da água da chuva nas camadas mais superficiais.

Assim, a partir de um planejamento que contemple a integração das medidas de engenharia a serem adotadas para o gerenciamento do risco de contaminantes com a infraestrutura para construção sustentável atendendo aos critérios necessários para a certificação *LEED*, é possível a reabilitação sustentável de áreas contaminadas (SARNI, 2010).

3.5.1 Práticas de Sustentabilidade

Na apostila do Curso de Capacitação Sustentabilidade na Administração Pública do Ministério do Meio Ambiente – MMA há 13 exemplos de práticas de sustentabilidade que poderiam ser adotadas para construção de uma edificação considerando questões como eficiência energética; utilização de materiais de mínimo impacto ambiental e otimização dos processos de construção, listadas no Quadro 9.

Quadro 9 - Práticas de Sustentabilidade que poderiam ser adotadas para construção de edificações

	PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE
1	Utilização de lâmpadas econômicas, fluorescentes ou led
2	Implantação de sistemas de sensores de presença para o acendimento automático de lâmpadas
3	Uso de torneiras de pressão ou com sensores de presença para acionamento automático
4	Secadores de mãos automáticos que dispensem o uso de toalhas de papel
5	Uso de bebedouros que dispensem o uso de copos descartáveis
6	Ampliação do pé direito de ambientes, retirada de divisórias, implantação de janelas e outras aberturas para possibilitar ventilação cruzada minimizar o aquecimento de ambientes e a necessidade do uso de equipamento de ar condicionado;
7	Implantação de beirais, venezianas e brises para quebrar a insolação, a fim de minimizar o aquecimento de ambientes e a necessidade do uso de equipamento de ar condicionado
8	Substituição de válvulas de descargas por caixas acopladas aos vasos sanitários para diminuição do consumo de água
9	Implantação de sistemas de reuso de água para economia de energia
10	Implantação de sistemas de captação de água de chuva para economia de água
11	Implantação de sistemas de aquecimento solar de água para economia de energia
12	Implantação de sistemas de geração de energia eólica ou solar
13	Diversas outras iniciativas ainda poderão ser assimiladas para contribuir com a adequação de um edifício já construído visando uma gestão ambiental e economicamente sustentável.

Fonte: MMA, 2013

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS CONTAMINADAS NO CAMPUS DA USP

A Universidade de São Paulo (USP) é uma universidade pública, mantida pelo Estado de São Paulo e ligada à Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia (USP, 2015).

A USP possui oito *Campi* no Estado localizados nas cidades de: São Paulo, Bauru, Ribeirão Preto, São Carlos, Piracicaba, Pirassununga e Lorena, estabelecidos por meio da Resolução nº 3745/1990. O *campus* da Capital é composto pela Cidade Universitária “Armando de Salles Oliveira” e 51 áreas adicionais como museus, institutos, centros e faculdades, localizados na capital, no litoral e no interior, dentre as quais incluem Quadrilátero Saúde/Direito e o *campus* Leste da USP formado pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades – EACH (USP Leste) (PUSPC, 2011).

A partir de investigações ambientais realizadas por consultorias ambientais contratadas pela universidade, foram identificadas quatro áreas contaminadas do *campus* USP da Capital que se encontram com a contaminação delimitada:

- Posto de combustível localizado no *campus* da Cidade Universitária “Armando de Salles Oliveira” denominado Auto Posto Universitários;
- Área de abastecimento de combustíveis para a frota de veículos pertencente a USP, localizada na Avenida Professor Almeida Prado, nº 1280, onde se encontra a Prefeitura do *campus* USP da Capital (PUSP-C);
- Área considerada herança vacante da USP, localizada na Rua das Mirandas em Diadema;
- Escola de Artes, Ciências e Humanidades – USP Leste localizada na Avenida Arlindo Bétio, 1000 em Ermelino Matarazzo.

Ressalta-se que estas áreas não constam na Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas da CETESB de dezembro/2014, nem na Relação dos anos anteriores, com exceção do Posto de Combustível localizado na Avenida da Universidade (CETESB, 2015).

A caracterização da situação ambiental das áreas foi baseada em estudos ambientais e pareceres técnicos emitidos pelo Órgão Ambiental Estadual CETESB, por meio de consulta aos processos administrativos e acervos técnicos existentes na PUSP-C e órgãos centrais como a Superintendência do Espaço Físico da USP (SEF), na Agência Ambiental em Pinheiros da CETESB. O objetivo da caracterização de cada área foi identificar os principais contaminantes; a etapa atual do gerenciamento ambiental; os riscos existentes; o histórico do uso do solo; o uso atual e o futuro uso pretendido.

Destaca-se que o gerenciamento ambiental dos postos de combustíveis é realizado pela CETESB, órgão ambiental estadual responsável pelo licenciamento ambiental de postos de combustíveis, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 273/2000, na Resolução SMA nº 05/01 e no Regulamento da Lei Estadual nº 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468/76.

4.1.1 Auto Posto Universitários

A área ocupada pelo Auto Posto Universitários com 1200 m², localizada na Cidade Universitária da USP, na Avenida da Universidade (continuação da Avenida Afrânio Peixoto, S/Nº), desenvolveu atividade de comércio varejista de combustíveis para veículos automotores no período de 1975 a 2012 (Figura 8 e Figura 9). De acordo com a PUSP, não há previsão de construção de novas edificações para outros usos até descontaminação total do terreno.

Figura 8 - Vista geral do Auto Posto Universitários em operação

Fonte: Processos Administrativo CETESB nº 45/00206/95

Figura 9 - Vista das antigas áreas de tancagem e abastecimento

Fonte: Processos Administrativo CETESB nº 45/00206/95

O terreno pertencente a USP foi alugado para o Auto Posto Universitários, operado pela Petrobrás Distribuidora S/A, responsável contratual pelo processo de licenciamento e monitoramento analítico ambiental do posto.

O entorno do local em um raio de 200 metros é composto pelos edifícios da USP, creche, residências, estacionamento e Museu da Educação.

Na Listagem de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo de dezembro/2014 da CETESB, a área do Auto Posto Universitários está cadastrada como contaminada, conforme ficha (Anexo B). Devido à contaminação por combustíveis automotivos, solventes aromáticos e hidrocarbonetos policíclicos alifáticos (*PAHs* - *Polycyclic aromatic hydrocarbons*) e presença de fase livre, ocasionada pela armazenagem de produtos químicos, o solo superficial, subsolo e águas subterrâneas encontram-se impactados. O gerenciamento encontra-se na etapa de remediação com monitoramento da eficiência e

eficácia. Como medidas emergenciais, foram adotados o monitoramento do índice de explosividade e o monitoramento ambiental. As medidas de remediação incluem a extração de vapores do solo (SVE), recuperação de fase livre e atenuação natural monitorada.

Em consulta realizada aos processos administrativos nº 45/00206/95, nº 01/00646/96, nº 45/00177/04, nº 45/01300/07 e nº 45/00659/11 da CETESB, verificou-se que desde janeiro/1996, estudos ambientais e monitoramento de gases são realizados na área a fim de verificar a qualidade ambiental do solo e da água subterrânea e a existência de vazamento de vapores provenientes da armazenagem de combustíveis. O Apêndice A apresenta um resumo do histórico dos relatórios ambientais realizados no local e da documentação emitida pela CETESB (Quadro 21).

Em estudo realizado em 2006, o posto continha 8 tanques subterrâneos de combustíveis, sendo 6 destinados ao armazenamento de gasolina, 1 destinado ao armazenamento de álcool todos com volume de 15.000 litros e 1 tanque de óleo queimado com 1.000 litros. No local havia troca de óleo e lavagem de veículos, porém não havia canaletas de contenção, nem caixa separadora de água e óleo. Na Figura 10, pode-se verificar a localização dos tanques na planta geral do terreno.

Figura 10 - Localização dos tanques de abastecimento de combustíveis
Fonte: Processos Administrativo CETESB nº 45/00206/95

Devido à presença de fase livre e de altas concentrações de benzeno, tolueno e xilenos em alguns poços de monitoramento, a Petrobrás Distribuidora S/A instalou um Sistema de Extração de Vapores (SVE) em dezembro/98. Este sistema consiste na aspersão de ar na zona saturada para volatilização e arraste dos compostos voláteis existentes na fase dissolvida para a zona não saturada, onde serão capturados pelo sistema de extração de vapor.

Durante a operação do SVE, que esteve em operação no período de dezembro/98 a março/99, houve um decréscimo das concentrações de hidrocarbonetos e medições nulas do índice de explosividade em todos os poços de monitoramento.

Os resultados da análise das amostras de solo coletadas em outubro/2000 não indicaram concentrações de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX). Nas amostras de água subterrânea foram identificadas concentrações significativas de BTEX em 4 poços de monitoramento. A Avaliação de Risco indicou risco tóxico e carcinogênico para a via de exposição inalação de vapores em ambientes fechados.

Em 2004 foi realizada Investigação Ambiental que indicou a presença de fase livre de combustível e concentrações dos compostos benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos e naftaleno na água subterrânea superiores aos VIs. A Avaliação de Risco não indicou risco para os cenários considerados.

Com base nos resultados obtidos, a CETESB solicitou a adoção de medidas de controle institucional como restrição do uso da água subterrânea e utilização de EPIs pelos trabalhadores de obras e de escavação, além da remoção da fase livre e da execução de nova campanha de amostragem.

Na Investigação Ambiental realizada em maio/2006 foi identificada a presença de fase livre de benzeno e concentrações superiores aos VIs de benzeno no solo e na água subterrânea. Verificou-se ainda que a pluma de contaminação de fase livre e fase dissolvida de benzeno extrapolava os limites do terreno até aproximadamente 35 metros a jusante na Avenida da Universidade. A Avaliação de Risco indicou risco cumulativo carcinogênico e toxicológico para ingestão a partir da água subterrânea para receptores comerciais e residenciais hipotéticos *on site*.

Em agosto/2006 foi instalado no *site* um sistema de extração multifásica para remoção da fase livre e dissolvida de hidrocarbonetos. O sistema operou até janeiro/2006, ocasião em que foi desmobilizado. No entanto, não houve recuperação de combustíveis neste período, em função da não detecção de hidrocarbonetos em fase livre nos poços.

O monitoramento da água subterrânea realizado no local no período de junho/07 até março/2012 indicou concentrações superiores aos VIs dos compostos benzeno, tolueno, xilenos e benzo(a)pireno na água subterrânea; porém apenas a concentração de benzo(a)pireno obtida em março/2009 ultrapassou o nível aceitável baseado no risco (NABR) estabelecido para o cenário de contato dérmico a partir da água subterrânea da ACBR (CETESB, 2006).

Em agosto/2012 o Auto Posto Universitários foi desativado com a remoção dos oito tanques existentes no local.

No período de dezembro/2013 a outubro/2014, foram realizadas três campanhas de monitoramento da água subterrânea que indicaram concentrações superiores aos VIs dos compostos benzeno, etilbenzeno, xilenos e naftaleno na água subterrânea; porém inferiores às metas de remediação calculadas na avaliação de risco de 2006 para o cenário de inalação de vapores em ambientes fechados e aos níveis aceitáveis baseado no risco (NABR) estabelecidos para o cenário de contato dérmico a partir da água subterrânea da ACBR (CETESB, 2006).

Com base nas concentrações identificadas, a Avaliação de Risco foi atualizada em outubro/2014, a qual indicou risco tóxico e carcinogênico para trabalhadores comerciais e residentes hipotéticos para o cenário de ingestão de água subterrânea. A quarta campanha de monitoramento da água subterrânea estava prevista para ser realizada em maio/2015, visando o encerramento do caso.

4.1.2 Posto de Combustível localizado na PUSP-C

A área de aproximadamente 150 m² de abastecimento de combustíveis para a frota de veículos pertencente a USP, localizada na PUSP-C na Avenida Professor Almeida Prado, nº 1280, esteve em operação no período de 1962 a 2012. O uso atual é de estacionamento. O entorno do local é composto pela sede administrativa da prefeitura da USP, creche, área pertencente à Marinha do Brasil e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT.

Em consulta realizada aos processos administrativos nº 45/00505/12 e nº 45/11564/14 da CETESB, verificou-se que o posto continha 5 tanques de combustíveis, sendo 2 destinados ao armazenamento de gasolina, 2 destinados ao armazenamento de óleo diesel e 1 destinado ao armazenamento de álcool, todos com volume de 15.000 litros, conforme pode ser visualizado na planta geral do terreno (Figura 11).

Figura 11 - Localização dos tanques de abastecimento de combustíveis
Fonte: Processos Administrativo CETESB nº 45/00505/12

Desde abril/2012, estudos ambientais são realizados na área a fim de verificar a qualidade ambiental do solo e da água subterrânea. No local não havia troca de óleo, lavador de veículos, poços de captação de água e caixa separadora de água e óleo. O Apêndice A apresenta um resumo do histórico dos relatórios ambientais realizados no local e da documentação emitida pela CETESB (Quadro 22).

No estudo ambiental realizado em abril/2012 foram identificadas concentrações dos compostos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos totais na água subterrânea superiores aos VIs. Neste período, os cinco tanques de combustíveis existentes no local foram removidos.

Na investigação detalhada realizada em fevereiro/2014 foram identificadas concentrações superiores aos VIs dos compostos benzeno e etilbenzeno na água subterrânea e etilbenzeno no solo, além da presença de 20 cm de fase livre.

A Avaliação de Risco indicou risco toxicológico e carcinogênico para os receptores comerciais considerando os cenários de ingestão de fase dissolvida a partir da lixiviação do solo, inalação de vapores em ambientes fechados a partir da água subterrânea, e ingestão de água subterrânea.

Com base nos resultados, foram propostas medidas de engenharia e controle institucional para garantir a utilização segura da área. Como medida de engenharia foi proposta a implantação do sistema de remediação Extração Multifásica (*MPE - Multiphase Extraction*) técnica de extração da fase livre, fase vapor, fase dissolvida a vácuo, para recuperação da fase livre e redução das concentrações dos contaminantes. Enquanto que as medidas de controle institucional incluem a delimitação de um polígono de restrição do uso da água subterrânea para qualquer fim e utilização de Equipamentos de Proteção Individuais - EPIs pelos trabalhadores de obras, caso haja intervenções no local.

A CETESB considerou o plano de desativação favorável, porém ressaltou que o cronograma com as medidas de intervenção deveria ser revisado.

Em atendimento às solicitações da CETESB, a PUSP-C informou que seriam adotados os procedimentos para atender as exigências e reapresentou cronograma incluindo previsão para remoção da fase livre e realização do monitoramento da água subterrânea visando o encerramento do caso.

4.1.3 Área industrial localizada em Diadema

Dentre os trezentos e noventa e oito imóveis oriundos de heranças vacantes da USP, destaca-se a área localizada em Diadema que se encontra contaminada, devido a atividades industriais desenvolvidas no local (USP, 2015).

A área com 1500 m² localizada na Rua das Mirandas, 230, Jardim União no município de Diadema, passou a ser patrimônio da USP a partir do ano de 1995, após o falecimento dos proprietários e inexistência de herdeiros, terceiros ou interessados.

Conforme previsto no Decreto-lei Federal nº 8.207/1945 e Decreto Estadual nº 23.296/85, as heranças declaradas vacantes passam a constituir patrimônio da Universidade de São Paulo, caso estas estejam localizadas na área da Região Metropolitana da Grande São Paulo e nos municípios de Bauru, Piracicaba, Ribeirão Preto e São Carlos, de forma que os rendimentos oriundos desses acervos fossem aplicados ao desenvolvimento do ensino universitário. Atualmente, os bens vacantes são destinados aos municípios, ao Distrito Federal e ao domínio da União quando situados em território federal, conforme artigo 1.822 da Lei nº 10.406/2002 (Novo Código Civil).

Após a alteração da Lei Estadual nº 4.264/1984, a USP ficou liberada a vender os imóveis de heranças vacantes, sem autorização da Assembleia Legislativa, desde que os recursos provenientes dessas vendas fossem aplicados em construção e melhoria das moradias estudantis; assistência social aos estudantes; e ensino e pesquisa.

Em consulta realizada aos processos administrativos nº 96.1.30825.1.3, nº 2009.1.14035.1.4 e nº 2013.12113.1.0 localizados na PUSP-C, verificou-se que o referido imóvel de 1500 m² foi alugado pela fábrica de óleos lubrificantes Indústria Brasileira de Fluidos – IBF. As áreas onde havia dois tanques subterrâneos e três tambores contendo resíduos oleosos dispostos no local (Figura 12) foram consideradas áreas potenciais de contaminação. Após a desocupação da fábrica, o imóvel foi alugado para pessoas físicas com a finalidade de moradia e comércio.

Figura 12 - Localização dos tanques e tambores anteriormente existentes no terreno
Fonte: Processo administrativo PUSP-C nº 2013.12113.1.0

O entorno do local é composto por residências, favela, comércio e por uma pequena metalúrgica, situada ao lado da área em questão.

Desde abril/2009, estudos ambientais são realizados na área a fim de verificar a qualidade ambiental do solo e da água subterrânea. O Apêndice A apresenta um resumo do histórico dos relatórios ambientais realizados no local (Quadro 23).

Na avaliação ambiental de 2009, foi identificada a presença de três tambores com produtos oleosos. As análises químicas indicaram concentrações de compostos orgânicos (1,2-Dicloroetano; 2,4,6-Triclorofenol; 2,4-Diclorofenol; Dietilexilftalato; Dimetilftalato; Fenol; 2,3,4,5-Tetraclorofenol; e 2,3,4,6-Tetraclorofenol) superiores aos VI nas amostras de sedimento depositado no fundo de cada um dos dois tanques enterrados da área. Nas amostras dos líquidos contidos nos tanques foram identificadas concentrações de metais (alumínio, arsênio, boro, chumbo, cobalto, cromo, ferro, manganês, níquel e vanádio) e de compostos orgânicos (2,4-diclorofenol; fenol; 3,4-diclorofenol e 2,3,4,5-tetraclorofenol) superiores aos VIs. Os resultados analíticos nas amostras de solo não indicaram concentrações superiores aos VIs das referências utilizadas.

De acordo com o estudo ambiental, apesar da presença de compostos orgânicos e metais superiores aos VIs existentes para a água subterrânea nas amostras dos líquidos coletados, estes resultados não indicam contaminação na água subterrânea e apenas evidenciam a possibilidade de ter ocorrido impacto por estes compostos na água subterrânea, caso tenha ocorrido vazamento dos tanques enterrados e/ou manipulação do líquido dos referidos tanques.

Em fevereiro/2012 foram removidos os tambores e os dois tanques subterrâneos existentes no local interligados por um tubo de plástico.

Os resíduos existentes nos tanques, constituídos de material orgânico proveniente de folhas e resíduos da construção civil, juntamente com os resíduos dos tambores caracterizados de acordo com a Norma NBR 10.004 (ABNT, 2004) (Figura 13 e Figura 14), foram destinados para empresa especializada em coprocessamento com a finalidade de recuperação energética.

Figura 13 - Amostra do sedimento depositado no fundo dos tanques enterrados

Fonte: Processo administrativo PUSP-C nº 2013.12113.1.0

Figura 14 - Tambores embalados para destinação

Fonte: Processo administrativo PUSP-C nº 2013.12113.1.0

De acordo com o Instituto de Geociências da USP, a área não apresenta contaminação, uma vez que as concentrações de clorofórmio e bromodiclorometano, produtos comuns de cloração de água com matéria orgânica, na água subterrânea da 1ª campanha está associada à rinsagem de equipamentos de campo. Por sua vez, a ausência de valores não naturais de chumbo corrobora o fato de que o chumbo pode ser advindo da fase sólida de rochas metassedimentares pelíticas e não da sua presença dissolvida na água subterrânea. Os metais alumínio e ferro são atribuídos à constituição geológica da região.

Em face da necessidade de reforma nos pisos, paredes, portas, coberturas para regularização do imóvel com instalações elétricas e hidro sanitárias e das frequentes invasões e depredações no imóvel, a Comissão de Heranças Vacantes (CAVI-HV) da SEF decidiu colocar o imóvel a venda.

4.1.4 *Campus USP Leste*

O *campus* capital zona leste da USP, conhecido como *campus* USP Leste e composto pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH), está situado na Avenida Arlindo Bétio, 1000, em Ermelino Matarazzo, ao lado da estação de trem USP Leste da Companhia De Trens Metropolitanos (CPTM) (Figura 15).

Figura 15 - Instalações Prediais da USP Leste
Fonte: USP, 2015

Situada em Área de Proteção Ambiental pertencente ao Parque Ecológico do Tietê e doada pelo Governo do Estado de São Paulo, a área de 1.240.578 m² da USP Leste está subdividida em duas glebas: Gleba I com 258.000 m² destinada a obras civis e Gleba II com 982.578 m² destinada a projetos de recuperação ambiental, conforme Decreto Estadual nº 47.710 de 18/03/2003. De acordo com informações do Ministério Público de São Paulo, a área da Gleba 2 foi retomada pelo Governo do Estado de São Paulo e não seria mais utilizada pela USP. Futuramente, a USP tem interesse em elaborar projetos para ampliações destinadas a novos edifícios e atividades ocupando uma área de 56.000 m² na Gleba I.

O entorno do local é composto pelo Parque Ecológico do Rio Tietê, creche, escolas municipais e estaduais, indústrias, residências e comércios. Logo a nordeste e ao sul do *campus*, verifica-se a presença de uma indústria siderúrgica e uma indústria de vidro, respectivamente.

Desde 2004, quando foi iniciado o processo de licenciamento ambiental do *campus*, por meio da elaboração do Relatório Ambiental Preliminar – RAP para implantação do *campus*, estudos ambientais são realizados na área a fim de verificar a presença de gases e da qualidade ambiental do solo e da água subterrânea. O Apêndice A apresenta um resumo do histórico dos relatórios ambientais realizados no local e a documentação emitida pela CETESB (Quadro 24).

Em consulta realizada aos processos administrativos nº 30/00510/11 e nº 00142/13 na Agência Ambiental do Tatuapé da CETESB e no *website* da SEF (SEF, 2015) onde constam todos os estudos ambientais elaborados para a área conforme determinação do Ministério Público, verificou-se que em 25/04/2005 foi firmado com a SMA o Termo de Compromisso

de Ajustamento de Conduta – TAC³ para coordenação das ações ambientais requeridas em função da provável existência de gás metano no subsolo da área descrita no RAP, de modo que fossem realizados estudos ambientais complementares concomitantemente a instalação e funcionamento do *campus*.

Em 2005, foram emitidas a Licença Ambiental de Instalação com validade de 12 meses para construção da fundação de quatro edifícios (B3, I1, I3 e I4) e a Licença Ambiental de Operação com validade de 06 meses para as unidades construídas do *campus* (Módulo Inicial – atual Ciclo Básico-CB e Blocos B1 e B2; posto policial, guarita e Centro de Apoio Técnico - CAT), contendo exigências estabelecidas pela CETESB referentes ao gerenciamento ambiental da área. A Licença Ambiental de Operação para regularização das instalações existentes no *campus* da USP Leste foi concedida em novembro/2012 com prazo de cinco anos, contendo exigências da CETESB a serem cumpridas pela USP.

Na Figura 16 pode-se verificar o croqui das instalações do *campus* USP Leste no ano de 2005.

Previamente à construção dos pisos das edificações da EACH (edifícios I1, I3, I4, Ciclo Básico-Módulo Inicial, posto de enfermagem e estação elevatória de esgoto), com exceção das áreas onde estão localizados o reservatório de água, cabine de alta tensão, refeitório,

³ Instrumento de caráter executivo extrajudicial que tem como objetivo a recuperação do meio ambiente degradado ou o condicionamento de situação de risco potencial às integridades ambientais, por meio da fixação de obrigações e condicionantes técnicos.

viveiro, Centro de Apoio Técnico – CAT e posto policial, foi colocada uma camada de brita abaixo dos pisos térreos destas edificações e instalado um conjunto de drenos horizontais para favorecer a troca de ar, em função da ocorrência de um *flash* observado durante a execução das fundações para construção dos edifícios, indicando a presença de gás inflamável.

Desde 2005 estudos já indicavam a presença de metano em diversos pontos nos edifícios I1, I3 e I4. O metano não é um gás tóxico e não possui valores de referência toxicológicos; porém é um gás inflamável, cujos vapores tornam-se altamente explosivos na presença de gás oxigênio e uma fonte de ignição. As medições dos índices de explosividade indicaram valores de 12% do LIE⁴ (Limite Inferior de Explosividade) na caixa de passagem nº 60 e valores de até 100% do LIE em 57 pontos nas porções norte e leste e anomalias locais na porção leste.

Como o levantamento histórico no local indicou a presença de bota foras de resíduos e sedimentos, provenientes das dragagens do leito do rio Tietê, o estudo sugeriu que a fonte mais provável desses vapores orgânicos está relacionada com a decomposição da matéria orgânica presente no material de aterro oriundo da dragagem do leito do rio Tietê e das camadas geológicas naturais do terreno capazes de trapear o gás gerado no solo.

Os estudos e os monitoramentos de gases no local subsequentes continuaram a indicar a presença do gás metano, como o estudo de 2006 que constatou a presença de valores de até 44% do LIE de metano em quase todos os pontos avaliados.

O sistema de drenos de gases previamente instalados nos edifícios A1, A2 e A3 (Conjunto Laboratorial) foi desativado por um período devido à eficiência limitada pelas características do meio; porém em 2012 a USP decidiu reativar este sistema nos conjuntos laboratoriais A1 e A2, como uma ação paliativa.

Com a necessidade de implantação de um sistema de remoção de gases na área das edificações existentes por solicitação da CETESB, a USP instalou em janeiro/2012 um protótipo do sistema passivo de extração no edifício B3 pelo IPT.

Apesar da reativação deste sistema de drenos, as medições de gases durante o período de outubro/2012 a outubro/2013 indicavam concentrações de metano superiores ou dentro da faixa de explosividade (5 a 15%) nas proximidades dos limites externos da USP Leste e nas edificações Bloco Inicial; Edifício I-1; Edifício I-4; Conjunto Laboratorial; Enfermaria; CAT; e Laranjinha – antigo refeitório.

⁴ Os limites inferior e superior de explosividade indicam as porcentagens mínima e máxima de combustível e de oxigênio capazes de iniciar uma combustão e são específicos para cada mistura combustível/comburente. A faixa de explosividade ou inflamabilidade do metano ocorre quando este gás apresentar concentrações entre 5 e 15% em volume.

Como não foi instalado um sistema de extração de gases em todas as edificações construídas conforme recomendação da CETESB, em novembro/2013 o *campus* da USP Leste foi interditado por ordem de justiça e as atividades docentes e de apoio administrativo e funcionais foram suspensas a partir de 07/01/2014 até que as exigências técnicas estabelecidas pela CETESB fossem cumpridas.

Com base nas medições de gases que indicaram altas concentrações de metano no interior do edifício Laranjinha- antigo refeitório, a USP decidiu demolir este edifício. Durante o período de março/2014 a julho/2014 os sistemas de ventilação foram reajustados às características de cada edificação e exaustores foram conectados aos sistemas de alguns edifícios, de forma a impedir o acúmulo de gases sobre o piso.

Após a adequação do sistema, os resultados das medições dos gases no período de março a junho/2014 indicaram concentrações significativas superiores ou dentro da faixa de explosividade de metano nas edificações Bloco Inicial; Edifício I-1; Edifício I-4; Conjunto Laboratorial; CAT; e Ginásio. Entretanto, como não foram identificadas concentrações de metano nos poços situados na camada de brita abaixo do contrapiso (*subslab*), a CETESB concluiu que os gases presentes no subsolo não impunham um risco iminente à segurança dos usuários do *campus* da USP Leste.

Com base nesses resultados, por Ordem da Justiça determinou-se a desinterdição do *campus* em julho/2014 e o *campus* foi reaberto.

Os resultados das medições dos gases e da inflamabilidade no período de setembro a junho/2015 indicaram concentrações significativas superiores ou dentro da faixa de explosividade de metano nas edificações Bloco Inicial; Edifício I-1; Edifício I-3; Edifício I-4; Conjunto Laboratorial; e Ginásio somente nos poços mais profundos.

Com relação às análises químicas do solo e da água subterrânea que são realizadas desde 2005, os resultados das análises das amostras de solo já indicaram concentrações superiores aos VIs no solo por benzo(b)fluoranteno e metais (ferro e vanádio); e na água subterrânea por fluoranteno; criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)fluoranteno; fenol; e metais (alumínio, bário, cobalto, ferro, manganês e níquel).

No estudo ambiental realizado em 2009 pelo IPT na área prevista para implantação da piscina também foram identificadas concentrações superiores aos VIs para os metais manganês e níquel na água subterrânea.

Com bases nestes resultados, a CETESB recomendou o recobrimento de uma camada de solo limpo e cobertura vegetal nas áreas permeáveis do empreendimento e a não utilização do solo da escavação para implantação da piscina em outras partes do terreno.

No final de 2010, iniciou-se o aterramento com 109.000 m³ de solo de origem desconhecida e com presença de restos de materiais de construção civil sem aprovações ambientais nas seguintes áreas do *campus*: área central (AI-01), na antiga área ocupada pela indústria cerâmica que ainda possuía uma de suas chaminés (AI-02) e na porção sudoeste (AI-03), conforme indicada na Figura 17. Ressalta-se que a área denominada AI-03, anteriormente pertencente ao Departamento de Água e Energia do Estado – DAEE, foi doada para a USP Leste em janeiro/2013, conforme Decreto Estadual nº 57.972, de 13/04/12.

Figura 17 - Localização das áreas de deposição de terra de origem desconhecida
Fonte: Processo Administrativo CETESB nº 00142/13

Os resultados das investigações complementares realizadas em 2011 pelo IPT indicaram concentrações superiores aos VIs no solo para os compostos 2,4,6-triclorofenol, pentaclorofenol, aldrin, e Bifenilas Policloradas (*Polychlorinated biphenyls* – PCBs) e na água subterrânea para os metais (alumínio, arsênio, bário, chumbo, cobalto, cromo total, ferro, total, manganês, molibdênio, níquel e selênio). A Avaliação de risco indicou risco para o cenário de ingestão de água subterrânea pelos trabalhadores de obras civis, funcionários e estudantes na área interna e externa do *campus*.

Os resultados da caracterização do solo de fevereiro/2012 indicaram concentrações superiores aos VIs para metais (alumínio e ferro) na área AI-1 e para compostos orgânicos (benzeno; benzo(a)antraceno; benzo(a)pireno; benzo(k)fluoranteno; bis(2-etilexil)ftalato; cresóis; criseno; dibenzo(a,h)antraceno; estireno; etilbenzeno; fenantreno; fenol; naftaleno; tolueno; e xilenos) na área AI-2 em alguns pontos.

A CETESB analisou os estudos ambientais de 2013 e reiterou as recomendações feitas em Pareceres Técnicos emitidos anteriormente, como a delimitação das plumas de contaminação, recobrimento por uma camada de solo limpo e gramíneas nas áreas permeáveis do *campus*,

instalação de drenos de gases e sistema de extração de gases em todas as edificações construídas, além da realização de monitoramento da água subterrânea por um período de dois anos e investigação ambiental na área da Gleba II.

Os estudos ambientais de 2014 indicaram concentrações superiores aos VI para o chumbo e PCBs no solo, e para metais (bário, cobalto e níquel) na água subterrânea e concentrações de PCBs inferiores aos VIs no solo na área AI-01. A Avaliação de Risco indicou risco carcinogênico para a via de exposição ingestão de água subterrânea a partir da lixiviação do solo.

Como parte das medidas de atendimento ao passivo ambiental do *campus*, a USP tem realizado monitoramento e manutenção do sistema de gases semanalmente e a complementação das investigações ambientais nas áreas AI-02 e AI-03 encontra-se em andamento. A CETESB ressalta que os projetos arquitetônicos previstos para a expansão do *campus* devem considerar soluções passivas de forma a mitigar os problemas de contaminação e de emissões de gases/vapores.

4.2 SELEÇÃO DE UMA ÁREA CONTAMINADA PARA O ESTUDO DE CASO

Com base na caracterização da situação ambiental das quatro áreas contaminadas localizadas no *campus* USP da Capital foram obtidas informações como meios impactados, tipo de contaminante, riscos associados e futuro uso da área, conforme descrito no Quadro 10.

Quadro 10 - Resumo da caracterização da situação ambiental das áreas contaminadas do *campus* USP da Capital

Área	Meios impactados	Contaminantes	Riscos associados	Uso atual / pretendido
Auto Posto Universitários	Água Subterrânea	BTEX e PAH	Ingestão da água subterrânea	Posto desativado / Não informado
Posto PUSP	Solo e Água Subterrânea	Fase livre de combustíveis, BTEX e PAH	Risco iminente associado à fase livre e risco toxicológico e carcinogênico para ingestão da água subterrânea e inalação de vapores em ambientes fechados.	Estacionamento / Não informado
Galpão industrial em Diadema	Água Subterrânea	Metais	Avaliação de Risco não realizada	Área desocupada / Venda do imóvel
Campus USP Leste	Solo e Água Subterrânea	Metais, PCBs, VOCs e SVOCs	Risco de explosividade associado à presença de gás metano no subsolo, e risco toxicológico e carcinogênico para ingestão da água subterrânea	Institucional / Construção de novas edificações

Fonte: Elaborado pela autora

Até julho/2015 (ocasião da pesquisa de dados secundários junto a CETESB e PUSP-C), o Auto Posto Universitários estava na fase final de monitoramento, uma vez que os tanques já foram removidos e a concentração de BTEX e PAH estava diminuindo. Com o intuito de remover a fase de livre de combustíveis existente no local, foram implantados e operados dois sistemas de remediação: Sistema de Extração de Vapores (SVE) e Extração Multifásica (MPE).

Já o Posto localizado na Prefeitura do *campus* encontra-se na etapa de remediação, sendo que a empresa responsável pela implantação do sistema de remediação Extração Multifásica para recuperação da fase livre de combustíveis e redução das concentrações de BTEX e PAH está em fase de contratação pela USP. A PUSP não informa o uso pretendido para a área.

Com relação ao galpão industrial localizado em Diadema, o imóvel encontra-se contaminado por metais na água subterrânea. Os resíduos existentes nos tanques e nos tambores juntamente com os tanques e tambores foram destinados para empresa especializada. Conforme consta no processo, a USP declarou que tem intenção pela venda do imóvel.

A área ocupada pela USP Leste contaminada por VOC, SVOC, PCBs, metais e com presença de metano encontra-se na etapa de investigação. Os sistemas de ventilação conectados a exaustores estão em operação desde março/2014 para impedir a concentração e intrusão de gases no interior das edificações.

As quatro áreas contaminadas são propícias para aplicação de técnicas de remediação sustentável a fim de possibilitar o uso da água subterrânea para consumo. Adicionalmente, nestas quatro áreas seria possível a construção sustentável de novas edificações a partir de materiais das antigas edificações.

Ressalta-se que apenas a área da USP Leste tem definição do uso pretendido e a comunidade já usufrui de parte deste terreno, ao contrário das áreas ocupadas pelos postos de combustíveis e do galpão industrial que não possuem informações sobre o uso pretendido e encontram-se desocupadas.

Apesar de a CETESB já ter permitido o uso da área da USP Leste com a adoção de medidas de engenharia e controle institucional e restrições em algumas porções do terreno, a implementação de um projeto que incorpore práticas sustentáveis e melhorias nas intervenções que estão sendo e/ou serão realizadas resultaria em uma melhoria da qualidade de vida não só para os frequentadores do *campus* como também para os moradores e trabalhadores do entorno da região.

Dentre estas quatro áreas caracterizadas, a USP Leste possui uma maior variedade de compostos orgânicos e inorgânicos em relação às demais áreas, fato que proporcionaria um estudo mais abrangente sobre as práticas sustentáveis que poderiam ser aplicadas no local. Destaca-se ainda que como a geração de metano no *site* pode persistir por anos ou décadas

devido à geologia local, medidas de intervenção são necessárias por um longo período; questão que o estudo de caso poderia contemplar a fim de estudar alternativas sustentáveis para o controle desse gás.

Ademais, a EACH oferece menos limitações no desenvolvimento de projetos, uma vez que o tamanho da área impactada é significativamente maior que a área ocupada pelos postos de combustíveis e o galpão industrial. Além disso, como a USP possui projetos de ampliação do *campus* da USP Leste que incluem a construção de edifícios nas áreas contaminadas, o gerenciamento sustentável neste *campus* poderia incluir construções sustentáveis de edifícios integradas com as fases de remediação.

Logo, em função da necessidade da aplicação da remediação para o gerenciamento do risco da área e da possibilidade do desenvolvimento de um projeto de intervenção com elementos da construção sustentável integrados com a remediação, a área da USP Leste foi selecionada para elaboração do plano de gestão sustentável e aplicação do estudo de caso.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.3.1 Campus USP Leste

Com base nos critérios descritos anteriormente, a área do *campus* USP Leste foi selecionada para o estudo de caso desta pesquisa. Este item tem por objetivo descrever as medidas de intervenção propostas para a área, elaboradas pela empresa contratada com base na caracterização da área de estudo.

Por meio do levantamento de dados dos relatórios ambientais realizado até julho/2015, 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.

No ano de 2003, o Governo do Estado de São Paulo autorizou a permissão de uso de parte da área do Parque Ecológico do Tietê para implantação de um *campus* da USP, conforme Decreto Estadual nº 47.710/2003. 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 zona leste (GOMES, 2005).

A construção e a operação do *campus* da USP Leste foram iniciadas em 2005. No ano de 2012, o campus estava composto pelos edifícios I1, I3, I4, Bloco Inicial, Conjunto Laboratorial, Refeitório, Ginásio, Posto de Enfermagem, Posto Policial, Guarita, Portaria CPTM e Centro de Apoio Técnico – CAT. Futuramente, a USP tem interesse em elaborar projetos para ampliações destinadas a novos edifícios e atividades no *campus*.

No final de 2010, aproximadamente 109.000 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*.

Os trabalhos ambientais efetuados por diferentes consultorias ambientais na área da USP Leste no período de 2003 a 2015 identificaram contaminações no solo e na água subterrânea pelas substâncias listadas no Quadro 11.

Ressalta-se que na revisão da lista dos valores orientadores da CETESB em 2014, o órgão ambiental estadual excluiu os parâmetros alumínio, ferro e manganês, por considerar que há uma ocorrência natural destes metais nos solos brasileiros (CETESB, 2014).

Quadro 11 - Histórico dos resultados das análises químicas da área da USP Leste

Meio impactado	Contaminantes (ano do estudo ambiental em que foi constatada a contaminação)
Solo	<p><u>Metais:</u> Ferro total e vanádio em 6 pontos (2005) Alumínio e ferro em diversos pontos na área AI-1 (2012) Chumbo nas sondagens ST-122 e ST-124 próximas ao Ginásio (2014)</p> <p><u>VOC e SVOC:</u> Benzo(b)fluoranteno na ST-05 (2005) 2,4,6-triclorofenol e pentaclorofenol (2011) bis(2-etilhexil)ftalato na ST-25 (2012) Naftaleno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, cresóis, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fenol, benzo(k)fluoranteno, estireno, benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos totais na ST-30 na área AI-2 (2012)</p> <p><u>Pesticidas organoclorados:</u> Aldrin (2011)</p> <p><u>Outros compostos:</u> PCBs na área AI-01 nas sondagens ST-22, ST-25, ST-90, ST-99 e ST-123 (2011 e 2014)</p>
Água Subterrânea	<p><u>Metais:</u> Alumínio, antimônio, chumbo, cobalto, cromo, ferro, manganês e níquel em 5 poços de monitoramento (2004) Manganês e níquel (2009) Alumínio, bário, cobalto, ferro, manganês e níquel em diversos poços (2005) Alumínio, arsênio, bário, chumbo, cobalto, cromo total, ferro, total, manganês, molibdênio, níquel e selênio (2011) Bário nos poços PM-08 e PM-03, situados respectivamente, próximo ao CAT e próximo do edifício I-4 e cobalto e níquel no PM-19, localizado a sul do edifício I-2 (2014)</p> <p><u>VOC e SVOC:</u> Fluoranteno no PM-05; criseno, benzo(b)fluoranteno e benzo(a)fluoranteno no PM-09; fenol nos PM-01, PM-03, PM-04, PM-04A, PM-05, PM-10, PM-16 e PM-24 (2005)</p>

Fonte: Processos administrativos CETESB nº 30/00510/11 e nº 00142/13 e *website* da SEF (SEF, 2015)

Com base nos estudos ambientais, verifica-se que a contaminação da água subterrânea por metais encontra-se disseminada por toda a área. Apesar da ocorrência de compostos orgânicos na avaliação ambiental de 2005, os recentes estudos ambientais não indicaram a contaminação destes compostos na água subterrânea, sugerindo que possa ter ocorrido uma diluição ou migração dos mesmos.

Com relação ao gás metano, desde 2005 estudos já indicavam a presença deste gás inflamável em diversos pontos nos edifícios I1, I3 e I4, proveniente da decomposição da matéria orgânica presente no material de aterro oriundo da dragagem do leito do rio Tietê e das camadas geológicas naturais do terreno capazes de trapear o gás gerado no solo.

Na construção dos edifícios do *campus* foi colocada uma camada de brita abaixo dos pisos térreos destas edificações e instalado um conjunto de drenos horizontais para favorecer a troca de ar. No entanto, as medições de vapores orgânicos nos anos subsequentes indicaram concentrações superiores ou dentro da faixa de explosividade do metano, caracterizando risco de explosividade para o local.

Inicialmente, em 2007, o IPT propôs um sistema de remoção de gases com modificações no sistema drenante existente na área, de forma que o tapete de brita sob a laje do piso fosse ventilado e os gases e vapores fossem coletados pelo fluxo de ar induzido e conduzidos à bomba de sucção externa. Em 2008, esse projeto foi modificado pelo IPT, o qual propôs a ventilação e exaustão do contra piso, com pontos de injeção de ar (passiva) e pontos de extração de ar (ativa) por meio de tubos estrategicamente posicionados, conduzindo a corrente de ar por uma chaminé de extração (“efeito chaminé”).

Ao longo dos anos, o IPT fez revisões dos projetos, bem como realizou simulações, cálculos e pilotos a fim de avaliar a efetividade e definir condições mínimas de implantação do sistema.

Entretanto, devido à baixa permeabilidade do solo e nível d’água raso, os sistemas de ventilação do IPT instalados nos edifícios A1, A2 e A3 (Conjunto Laboratorial) foram desativados.

O projeto de sistema de ventilação foi readequado a fim de ajustar e permitir a efetividade da circulação do ar de cada edificação. A USP optou por um processo ativo de ventilação forçada, substituindo as chaminés por exaustores em regime contínuo.

Em 2014, foram instalados poços de monitoramento de gases nos edifícios em duas profundidades diferentes, sendo uma imediatamente localizada abaixo do contra piso a 0,30 m (poços denominados *subslab*); e outra entre 0,80 m e 1,30 m.

Com base nas medições de gases que indicaram altas concentrações de metano no interior do edifício Laranjinha - antigo refeitório, construído com o intuito de ser provisório, a USP optou pela demolição deste edifício.

Durante o período de março/2014 a julho/2014 os sistemas de ventilação foram reajustados às características de cada edificação e exaustores foram conectados aos sistemas dos edifícios CAT, Módulo Inicial, Conjunto Laboratorial e Portaria, de forma a impedir o acúmulo de gases sobre o piso.

Ressalta-se que o objetivo do sistema de ventilação não visa a remediação do solo, e sim a ventilação do tapete de brita para impedir a concentração e intrusão de gases nas edificações. Os gases e vapores que adentram o tapete de brita são arrastados em um fluxo contínuo de ar limpo (promovido por um exaustor para ventilação forçada) e conduzidos a sistema de dispersão na atmosfera, sem acúmulo de gases no interior dos edifícios (Figura 18). Inicialmente, os exaustores foram conectados aos drenos previamente existentes e, posteriormente esses sistemas de ventilação foram reajustados.

Figura 18 - Sistema de exaustão de gases instalado na área do *campus* em março/2014

Fonte: Processo administrativo CETESB nº 00142/13

Após a adequação do sistema, a CETESB concluiu que os gases presentes no subsolo não impunham um risco iminente à segurança dos usuários do *campus* da USP Leste, uma vez que os resultados das medições dos gases no período de março a junho/2014 não indicaram concentrações significativas superiores ou dentro da faixa de explosividade de metano nos poços situados na camada de brita abaixo do contrapiso (*subslab*).

Os resultados das medições dos gases e da inflamabilidade no período de setembro a junho/2015 indicaram concentrações significativas superiores ou dentro da faixa de explosividade de metano somente nos poços mais profundos das edificações Bloco Inicial; Edifício I-1; Edifício I-3; Edifício I-4; Conjunto Laboratorial; e Ginásio.

O risco pode ser classificado como potencial, o que demanda a manutenção e aperfeiçoamento das medidas de intervenção para viabilizar a utilização do *campus*, dentre as quais se destacam: medição semanal de metano e pressão relativa nos poços de

monitoramento de gases; medição da inflamabilidade em todos os ralos, grelhas, fissuras e ambientes confinados; e avaliação da eficiência do sistema de extração de gases.

Desta forma, na área da USP Leste foi constatada a existência de risco de explosividade associado à presença de gás metano no subsolo, e risco toxicológico e carcinogênico para ingestão da água subterrânea para eventuais moradores do local, trabalhadores de obras civis, funcionários e estudantes na área interna e externa do *campus*.

Com base nestes resultados da área do *campus* USP Leste e das exigências da CETESB descritas na Licença Ambiental de Operação nº 2118/2012 e nos Pareceres Técnicos, foi elaborado um Plano de Ações Futuras em fevereiro/2014, contendo as medidas de intervenção e ações a serem adotadas para a reabilitação da área, conforme preconizado nas etapas do gerenciamento ambiental descritos na Decisão de Diretoria n 103/2007/C/E.

Dentre as medidas de intervenção propostas para a área pela USP, destacam-se:

- Remoção e destinação de todo o solo de origem desconhecida que apresentar concentrações superiores aos padrões de referência ambiental, localizado nas áreas AI-01, AI-02 e AI-03 para aterro de resíduos perigosos (Classe I), além dos materiais gerados durante os trabalhos de investigação ambiental (luvas, *liners*, *bailers*, mangueiras e etc.);
- Estimativa de remoção de 7355 m³ de solo da área AI-01 para destinação a aterro Classe I;
- Reaterro e plantio de gramíneas nos locais onde ocorrer remoção de solo e nas áreas permeáveis do *campus*;
- Medições diárias dos gases em todos os poços de monitoramento de gases instalados com emissão de relatórios trimestrais;
- Instalação de canaletas ao redor da área AI-01 para captação das águas das chuvas;
- Execução de 1405 sondagens e instalação de 95 poços de monitoramento nas áreas AI-02 e AI-03;
- Coleta de 2620 amostras de solo e 143 amostras de água subterrânea para análises químicas;
- Abastecimento de toda a água utilizada no *campus* pela SABESP;
- Definição da área de restrição de uso da água subterrânea com base nos resultados dos estudos ambientais.

Apesar de a CETESB já ter aprovado as medidas de intervenção para o local, o intuito da pesquisa consiste em elaborar um plano com melhorias para as medidas de intervenção já existentes, de forma que os princípios de sustentabilidade sejam incorporados no gerenciamento da área contaminada, como parte integrante do processo de gestão sustentável do *campus* da USP Leste.

4.4 ANÁLISE QUALITATIVA DE CASOS DE GESTÃO SUSTENTÁVEL

Nesta seção serão apresentados casos nacionais e internacionais de áreas contaminadas ou reabilitadas em que foram implementadas práticas sustentáveis de gestão e/ou de construção de edificações que poderão fornecer subsídios para a elaboração do plano de gestão sustentável da área do *campus* da USP Leste.

O levantamento dos casos incluiu aqueles disponíveis no acervo virtual da USP e da CAPES, *websites* da USEPA – *Contaminated Site Clean-Up Information*, do SURF USA e do SURF UK, da revitalização de *brownfields* vencedores do Prêmio *Phoenix Awards* dos anos de 2007, 2011 e 2012, além dos casos apresentados na dissertação “*Recuperação de áreas contaminadas: um novo desafio para projetos paisagísticos*” de Carlos Morinaga (2007). Ressalta-se que os vencedores do Prêmio *Phoenix Awards* dos demais anos não estavam disponíveis no *website*. A esses casos foram aplicados os critérios de seleção e definidos os casos que foram considerados como base para este estudo.

Com o intuito de identificar as práticas sustentáveis que poderiam ser aplicadas na gestão do *campus*, foram considerados como critérios para a escolha dos casos: i) as características semelhantes àquelas da área do *campus* da USP Leste como o uso anterior; o uso atual ou futuro; o grupo de contaminante; presença de gás metano; tecnologia de remediação; e ii) aplicação de elementos da construção sustentável.

Com base na caracterização da área de estudo, considerou-se os casos de áreas contaminadas ou reabilitadas em que o uso anterior foi a disposição de resíduos; o uso atual ou futuro contempla a construção de universidades ou centro educacionais; a presença de gás metano; além de ocorrências de qualquer um dos grupos de contaminantes inorgânicos (metais) e orgânicos (SVOC não halogenados, SVOC halogenados⁵ e VOC não halogenados) identificados no solo e na água subterrânea do *campus*.

Pelo fato das investigações ainda não terem sido finalizadas no *campus* USP Leste, foram considerados todos os grupos de contaminantes inorgânicos e orgânicos identificados no *campus* e as tecnologias de remediação mais comuns que poderiam ser aplicadas para estes contaminantes, segundo o guia de Tecnologias de Remediação elaborado pelo grupo de trabalho formado por agências federais dos Estados Unidos – *Federal Remediation Technologies Roundtable* (FRTR, 2016), descritos no Quadro 12.

⁵ Halogenados - Compostos orgânicos que contêm um ou mais dos seguintes elementos da família dos halogênios: cloro, flúor, bromo ou iodo.

Quadro 12 - Grupos de contaminantes identificados na USP Leste e as tecnologias de remediação mais comuns que poderiam ser aplicadas

Grupo de contaminantes	Tecnologias de remediação mais comuns*
Solo	
Inorgânicos	Solidificação** Escavação e disposição <i>off site</i> Extração ácida
SVOC – NH	Biodegradação Incineração Escavação, recuperação e disposição <i>off site</i>
SVOC – H	Biodegradação Desalogenação Incineração Escavação, recuperação e disposição <i>off site</i>
VOC – NH	Extração de vapores do solo (SVE) Dessorção térmica Incineração <i>Bioventing</i>
Água Subterrânea	
Inorgânicos	Precipitação / Floculação Filtração Troca de íons
SVOC – NH	Adsorção de carbono em fase líquida (Bombeamento e tratamento) Oxidação UV

Fonte: FRTR, 2016

* O guia de Tecnologias de Remediação elaborado pelo grupo de trabalho FRTR visa orientar o processo de escolha da tecnologia de remediação; porém a eficiência do processo de remediação depende de parâmetros geotécnicos, condições de equilíbrio físico-químico e biológico do meio físico (IPT, 2014)

** A descrição das tecnologias de remediação encontra-se no Quadro 25 no APÊNDICE B

Assim, com base nos critérios descritos acima, foi realizado um levantamento da quantidade de casos de áreas contaminadas ou reabilitadas com: i) características semelhantes àquelas da área do *campus* USP Leste; ii) com aplicação de dois ou mais elementos da construção sustentável em áreas contaminadas e/ou obtenção do certificação LEED, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Levantamento dos casos de áreas contaminadas ou reabilitadas com características semelhantes àquelas da área do *campus* USP Leste.

Fonte de pesquisa	Quantidade de casos	Uso Anterior	Uso Atual	Grupo de Contaminantes	Tecnologias de Remediação	Gás metano	Elementos da Construção Sustentável
Acervo Virtual USP e CAPES	1	1	N/C	1	1	N/C	N/C
CLU-IN (USEPA)	34	6	2	17	26	1	N/C
SURF USA	12	3	1	4	9	1	N/C
SURF UK	3	1	1	1	3	N/C	N/C
Phoenix Awards 2007/2011/2012	29	2	4	21	14	2	15
Dissertação Carlos Morinaga	3	2	N/C	3	3	1	1
Total de casos	82	15	8	47	56	5	16

N/C – Não foram identificados casos com essa característica

Fonte: Elaborada pela autora.

Conforme destacado na Tabela 1, foram identificados 82 casos de áreas contaminadas ou reabilitadas nas fontes pesquisadas. Dentre estes, verificou-se que em 15 (18%) dos casos o uso anterior foi a disposição de resíduos; enquanto que em apenas 8 (10%) dos casos o uso atual ou futuro contempla a construção de universidades ou centro educacionais. Também foram identificados 47 (57%) casos em que foram identificados pelo menos um dos grupos de contaminantes (metais, VOCs e SVOCs) identificados na USP Leste e em 56 (68%) casos foram identificadas tecnologias de remediação que poderiam ser aplicadas no *campus*. Por fim, apenas 5 (6%) casos foi identificada a presença do gás metano no solo proveniente da decomposição de resíduos e em 16 (20%) casos foram aplicados elementos da construção sustentável em áreas contaminadas.

Os critérios para a consulta no acervo virtual da USP e da CAPES envolveram o estabelecimento de palavras-chaves como: “*case studies*”; “*sustainable remediation*”; “*best management practices*” e “*sustainable management practices*”. A busca por artigos científicos resultou em apenas um artigo encontrado, “*A case study on the Evaluation and Implementation of Green and Sustainable Remediation Principles and Practices During a RCRA Corrective Action Cleanup*”, publicado no periódico *Ground Water Monitoring & Remediation* (PETRUZZI, 2011), o qual descreve as práticas sustentáveis aplicadas na etapa de investigação de um Centro de Tratamento, Armazenamento e Disposição de Resíduos.

Os casos de áreas contaminadas ou reabilitadas localizam-se, na sua maioria, nos Estados Unidos. Apenas o caso *Dutch Rail Yard* está localizado na Holanda e os 3 casos da dissertação de Carlos Morinaga (2007) estão localizados no Brasil.

No levantamento realizado verificou-se que muitos casos não possuem informações detalhadas das técnicas de remediação ou dos elementos de construção sustentável empregadas. Logo, foram selecionados casos que continham informações detalhadas sobre as práticas sustentáveis empregadas no processo de remediação e construção de edificações, os quais poderiam fornecer subsídios à gestão sustentável do *campus* da USP.

Com base no levantamento, foram selecionados 7 casos cujas características são semelhantes àquelas da área do *campus* USP Leste e com elementos da construção sustentável aplicados. Os casos resultantes foram i) Praça Victor Civita; ii) *Ohlone College Newark*; iii) *Dutch Rail Yard*; iv) *Pharmacia & Upjohn Company Llc*; v) Antiga área industrial com fertilizantes (*Frontier Fertilizer*); vi) *Operating Industries Inc. Landfill*; e vii) Centro de Tratamento, Armazenamento e Disposição de Resíduos. No Quadro 13 é possível visualizar os casos selecionados que contêm as características semelhantes àquelas da área do *campus* USP Leste e os elementos da construção sustentável aplicados.

Quadro 13 - Casos selecionados de áreas contaminadas ou reabilitadas com características semelhantes àquelas da área do campus USP Leste e com elementos da construção sustentável.

Casos	Uso Anterior	Uso Atual	Grupo de Contaminantes	Tecnologias de Remediação	Gás metano	Elementos da Construção Sustentável
Praça Victor Civita	X		X			X
<i>Ohlone College Newark</i>		X				X
<i>Dutch Rail Yard</i>				X		
<i>Pharmacia & Upjohn Company Llc</i>			X			
Antiga área industrial com fertilizantes			X	X		
<i>Operating Industries Inc. Landfill</i>	X				X	
Centro de Tratamento, Armazenamento e Disposição de Resíduos	X		X	X		

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, por meio da Tabela 2, verifica-se como exemplo o caso da Praça Victor Civita, o qual possui características semelhantes da área do campus USP Leste como o uso anterior e o grupo de contaminantes, além de possuir elementos da construção sustentável aplicados.

A Praça Victor Civita foi selecionada por ser um caso pioneiro com elementos da construção sustentável aplicados em uma área contaminada no Brasil, indicando que a gestão sustentável pode ser aplicada em áreas localizadas em países em desenvolvimento.

Localizado na cidade de Newark, no estado da Califórnia, *The Ohlone College* foi selecionado por ser o único caso de revitalização de área contaminada para utilização de uma faculdade para a comunidade e de uma área em que elementos da construção sustentável foram aplicados.

No caso da *Dutch Rail Yard* foi desenvolvida uma tecnologia inovadora na Holanda com a utilização de sistemas de energias renováveis para fornecimento de energia a equipamentos de remediação (construção de poços para aquecimento subterrâneo e injeção de ar e monitoramento do solo e da água subterrânea para ativar o processo de biodegradação) que poderiam ser utilizadas para tratamento tanto do solo quanto da água subterrânea.

A *Pharmacia & Upjohn Company LLC* foi selecionada pela maior variedade de compostos orgânicos e inorgânicos, englobando todos os grupos de contaminantes da USP Leste (VOCs, SVOC, PCBs e metais), e aplicação de diversas técnicas (Tratamento térmico *in situ*; tratamento biológico, coagulação química, remoção de sólidos suspensos, e oxidação luz ultravioleta com peróxido de hidrogênio) para remediação do *site*.

A antiga área industrial com fertilizantes (*Frontier Fertilizer*) foi selecionada por utilizar fontes de energia renovável para fornecimento de energia para uma das tecnologias de remediação mais utilizadas para tratamento da água subterrânea (bombeamento e tratamento).

O caso onde funcionou um aterro, *Operating Industries Inc. Landfill*, foi selecionado por considerar soluções para utilização da área, como recobrimento do aterro para minimizar a infiltração da água da chuva, captura do biogás gerado pela disposição de resíduos para produzir eletricidade e monitoramento da água subterrânea.

O caso do Centro de Tratamento, Armazenamento e Disposição de Resíduos publicado em periódico foi selecionado por se tratar de uma produção científica e do caso estudado estar contaminado por grupos de contaminantes da área do *campus* USP Leste (VOCs e SVOCs); além de conter informações sobre práticas sustentáveis na investigação ambiental, etapa que se encontra em andamento nas áreas AI-02 e AI-03 do *campus*.

Os itens seguintes contém uma descrição detalhada dos casos selecionados que foram submetidos a uma análise das principais práticas empregadas de gestão e construção sustentável, a qual compreendeu a identificação dos benefícios ambientais, econômicos e sociais gerados; os ganhos sustentáveis na fase de gestão e construção de edificações; do enfoque dado e das limitações de cada caso.

4.4.1 Praça Victor Civita – São Paulo (Brasil)

A Praça Victor Civita foi uma iniciativa pioneira na América Latina de revitalização sustentável de uma área contaminada, viabilizada por meio de uma parceria público privada entre a Prefeitura de São Paulo e a Editora Abril (Figura 19).

Durante o período de 1949 a 1989 a referida Praça localizada na zona oeste do Município de São Paulo abrigou o Incinerador Pinheiros (Figura 20), que realizava o processamento de resíduos domiciliares e de serviços de saúde. Após esse período, a área passou a ser ocupada por cooperativas de reciclagem.

Figura 19 - Praça Victor Civita
Fonte: Documentação interna disponível na Secretaria do Verde e Meio Ambiente

Figura 20 - Vista do antigo incinerador
Fonte: Documentação interna disponível na Secretaria do Verde e Meio Ambiente

As investigações ambientais realizadas no local indicaram contaminação por dioxinas e furanos e metais pesados bário, cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco no solo superficial, provenientes das cinzas geradas no incinerador que foram enterradas no terreno da Praça. Na água subterrânea (poço cacimba) foram encontrados arsênio e selênio com concentrações acima do padrão de potabilidade (Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde). As paredes e teto do prédio do incinerador revelaram concentrações de dioxinas e furanos nos materiais acima dos padrões de intervenção utilizados, compostos bioacumuláveis e não biodegradáveis, altamente resistentes que se formam a partir da queima de produtos que contêm cloro.

Após a Editora Abril manifestar interesse em promover a reabilitação do terreno para uso público, foi firmado em 2007 um Termo de Cooperação entre a Prefeitura de São Paulo (PMSP) e a Editora Abril com o intuito de implantar a praça, de forma que a Editora Abril seria a responsável pela elaboração e implantação do projeto, conforme diretrizes da Municipalidade.

Ressalta-se que a PMSP, por meio da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente – SVMA, realizou o gerenciamento do risco desta área contaminada em conjunto com a CETESB, por meio do Termo de Cooperação para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas firmado em 2005 entre os dois órgãos ambientais que tinha como objetivo definir procedimentos comuns e apoiar ações de revitalização em determinados casos. Por sua vez, a CETESB obteve o apoio da agência de cooperação alemã *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* (GTZ), devido à existência de um projeto de áreas contaminadas entre o governo da Alemanha e a CETESB (SOARES, 2012).

A revitalização visou impedir o risco por contato direto (ingestão acidental de solo e contato dermal) com os futuros usuários do local, uma vez que os resíduos enterrados não representam risco para a população do entorno da área e visitantes da área.

As estratégias adotadas para a revitalização da Praça incluíram:

- Recobrimento por uma camada de 50 cm de solo limpo e deques de madeira legalizada foram construídos, suspensos a 1 metro do solo, para impedir o contato direto dos visitantes da praça com as áreas de solo degradado;
- Proibição do acesso ao público da chaminé e das câmaras de combustão, tombados como patrimônio histórico;
- Remoção das incrustações contaminadas com dioxinas do interior da chaminé e destinação para Aterro Classe I – Resíduos Perigosos;
- Remoção e destinação adequada do tanque enterrado de óleo diesel, tubulações e sistema de bomba e filtro desativados;
- Adoção de medidas de controle institucional como a restrição do uso da água subterrânea para qualquer finalidade e restrição ao consumo de vegetação (MOTTA *et al*, 2007; MORINAGA, 2007).

Por meio de medidas de engenharia que impeçam o contato dos usuários com os meios contaminados e a adoção da restrição do uso da água subterrânea foi possível reutilizar a área sem oferecer riscos à saúde das pessoas.

O projeto arquitetônico e paisagístico da Praça adequado às normas técnicas referentes à acessibilidade contempla o reaproveitamento das instalações prediais para criação de um espaço destinado a atividades socioculturais; reuso da água dos sanitários e limpeza do prédio; e reuso da água de chuva.

Por meio de um sistema denominado *wetland*, a água utilizada nos sanitários e na limpeza do prédio do Museu 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.

Os jardins da Praça foram construídos sobre um sistema de irrigação por capilaridade a 60 cm acima do nível do solo, denominado *tec gardens*, composto de estruturas de mantas de borracha e placas de ardósia recheadas com fibra de coco. 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 os vegetais.

Adicionalmente, a Praça também possui um programa de educação ambiental com diversas atividades e oficinas, dentre as quais se destacam a demonstração do processo compostagem por meio de uma horta circular devidamente suspensa (PRAÇA VICTOR CIVITA, 2015).

Neste caso, as práticas de gestão sustentável aplicadas implicaram em mais benefícios sociais do que benefícios ambientais e econômicos. Enquanto que as práticas de construção foram aplicadas com enfoque maior na dimensão ambiental.

Diversos elementos da construção sustentável foram empregados na construção da Praça, como por exemplo, a utilização de matérias recicláveis (placas pré-moldadas de concreto dispostas sobre uma estrutura de aço 80% reciclado) na construção de parte do *deck* da Praça. Os sistemas de irrigação *wetland* e *tec gardens* proporcionam o uso eficiente da água, por meio do design de coleta de água de chuva; eficiência da água no paisagismo; e paisagismo inovador e redução do uso da água.

Pelo fato da Praça ser uma área contaminada, a revitalização deste local promoveu desenvolvimento da região, promovendo uma reocupação social do espaço degradado.

Como o local possui diferentes espécies de plantas com funções orgânicas, fitoterápicas ou destinadas à produção de biocombustíveis, o habitat do local foi restaurado.

Apesar de existir tecnologias de remediação para metais, a revitalização da Praça não incluiu nenhuma tecnologia de remediação. Como metais são inorgânicos e tem uma taxa relativamente lenta de biodegradação, técnicas de remediação poderiam ter sido consideradas como Lavagem do solo *in situ* (*Soil Flushing*), Estabilização/Solidificação e Separação Eletrocinética com adoção de práticas sustentáveis (FRTC, 2015).

Para eliminação do risco optou-se pelo isolamento do solo contaminado no próprio *site*. Ainda sim, trata-se de uma opção sustentável, pois a remoção do volume de solo contaminado para aterros acarretaria em transporte de muitos caminhões, gerando custos onerosos no transporte e na disposição dos resíduos, emissões de gases de efeito estufa na atmosfera e impactos em outras comunidades que possuem aterros.

Dentre os benefícios sociais destaca-se o aperfeiçoamento da cultura da comunidade pela arte local, centro de visitantes, museu com a história do local, educação ambiental, oficinas e *workshops* para populações de todas as idades.

A Parceria Público Privada entre o Instituto Abril e a Prefeitura de São Paulo demonstrou que é viável a revitalização de áreas contaminadas públicas. Durante todo o processo da revitalização houve uma comunicação das partes interessadas sobre o projeto integrando as necessidades da comunidade, elementos da construção sustentável e medidas de proteção à saúde pública.

4.4.2 The Ohlone College – California (Estados Unidos)

The Ohlone College Newark Center for Health Sciences and Technology (OCNC), localizado na cidade de *Newark*, no estado da Califórnia foi um dos vencedores da categoria de revitalização de *brownfields* do prêmio *The Phoenix Awards* de 2012.

Este Centro de Ciências de Saúde e Tecnologia foi o primeiro *campus* a receber o certificado *Platinum*, o maior nível de certificação *LEED*. Anteriormente, o terreno foi uma área destinada à agricultura, contaminada por pesticidas organoclorados como toxafeno, DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), DDD (dicloro-difenil-dicloroetano), DDE (dicloro-difenil-dicloroetileno) e dieldrin, compostos extremamente tóxicos à saúde humana.

O *site* com 32 hectares ficou abandonado por quinze anos, onde estava prevista a construção de um centro comercial (Figura 21). Entretanto, devido à falta de faculdades na cidade, o governo decidiu pela implantação de instalação de educação de nível superior para a comunidade, para se tornar um modelo *design* ambiental, educação e sustentabilidade (Figura 22).

Figura 21 - Ohlone College antes da construção
Fonte: THE PHOENIX AWARDS, 2015

Figura 22 - Ohlone College após a construção
Fonte: THE PHOENIX AWARDS, 2015

A construção sustentável do *campus* incluiu a presença de painéis solares fotovoltaicos para fornecimento de até 50% da energia do edifício, aquecimento e resfriamento geotermal, sistemas de recaptura de ar atmosférico que economizam até 25% dos custos de refrigeração e aquecimento e iluminação de alta eficiência. O interior do prédio é composto por isolamento feito de jeans reciclados, carpetes e móveis contendo no mínimo de 65% de materiais recicláveis. As áreas alagadas foram construídas para escoamento da água da chuva e tornou-se um habitat para espécies em extinção. A área verde é constituída de plantas e gramíneas nativas de baixo consumo de água.

Devido à contaminação da área por pesticidas, houve escavação do solo da área do *campus*; porém com o intuito de evitar a migração do volume de solo para aterros, foi decidido pela disposição do mesmo para áreas a serem inutilizadas do próprio *site* após a remediação (THE PHOENIX AWARDS, 2015).

Os incentivos econômicos e o engajamento do presidente da Faculdade foram fundamentais para finalização do processo de construção sustentável, o qual obteve um custo bastante oneroso. Os incentivos econômicos incluíram um fundo destinado a projetos de remediação da USEPA no valor de \$200.000, um financiamento de \$110 milhões a partir de títulos de dívidas de longo prazo emitidos no mercado internacional, além de mais \$3,5 milhões em doações de 1000 pessoas, fundações e indústrias parceiras. O retorno do investimento é obtido principalmente por receitas indiretas dos 3500 estudantes, visto que se trata de uma instituição pública e a geração de impostos é pequena.

O maior desafio do projeto de revitalização do *brownfield* foi envolver a comunidade para apoiar este projeto inovador, que gerou benefícios educacionais, econômicos e ecológicos para a comunidade (OHLONE COLLEGE, 2015).

Neste caso, as práticas de gestão sustentável aplicadas implicam em mais benefícios econômicos e sociais do que benefícios ambientais. Enquanto que as práticas de construção foram aplicadas com enfoque maior na dimensão ambiental.

O enfoque da reabilitação da área pertencente à Faculdade objetivou principalmente a aplicação de elementos sustentáveis na construção do edifício para obtenção da certificação *LEED Platinum*.

Em função da disponibilidade das informações, não há detalhes sobre a técnica utilizada para remediação do solo impactado por PCBs. A opção de tratar o solo no próprio local ao invés de transportá-lo para aterros é uma prática sustentável, que gera benefícios ambientais, econômicos e sociais, uma vez que esta aumenta o volume útil dos aterros, diminuindo a necessidade de ocupação de novas áreas para disposição de resíduos em outras comunidades.

De acordo com as informações disponíveis, a Faculdade também incluiu aulas sobre as questões ambientais abordadas no processo de reabilitação do local na grade curricular dos cursos e tours pelo *campus*, permitindo a interação com a comunidade e divulgação das lições aprendidas e resultados do processo de reabilitação do *site*.

Destaca-se que os incentivos econômicos foram fundamentais para viabilização do processo de construção sustentável e da obtenção da certificação *LEED Platinum*. Os investimentos econômicos no *site* geraram diversos benefícios ambientais, sociais e econômicos, como redução do uso de recursos naturais como água e do uso de materiais de construção, redução de custos associados ao consumo de energia elétrica e água, geração de receitas fiscais, criação de empregos e desenvolvimento econômico e social da região.

4.4.3 Dutch Rail Yard (Holanda)

Localizado na Holanda, o *site* tem um histórico de diversos usos industriais até o ano de 1863 quando a companhia de ferrovias *Dutch Railway Company* adquiriu a propriedade. Diversas atividades foram desenvolvidas no local como armazenamento de madeira, petróleo, carvão, tintas, além de o local ter sido utilizado como pátio ferroviário.

A área encontra-se desocupada e está contaminada por óleos minerais no solo e na água subterrânea. Os potenciais compradores do terreno tem interesse na reabilitação da área para construção de conjuntos habitacionais, edifícios com escritórios comerciais e um acesso subterrâneo para conexão com as linhas ferroviárias.

A tecnologia de remediação selecionada para o local incluiu a tecnologia sustentável de remediação do solo *in situ* (*SISSR*) para destruição dos contaminantes existentes no solo e na água subterrânea (Figura 23 e 24).

Figura 23 - Compressão de ar modificado
Fonte: SURF, 2015

Figura 24 - Elementos para o aquecimento do solo
Fonte: SURF, 2015

Destacam-se as seguintes estratégias de remediação adotadas para a área:

- Instalação de sistema de energia solar (composto por coletores solares, 4 células solares e inversor solar) para aquecimento da água e produção de eletricidade necessária aos componentes elétricos e bombas;
- Otimização da eficiência dos motores e das bombas;
- Instalação de turbina eólica para geração de ar comprimido e extração de vapores subsuperficiais gerados durante o processo de remediação;
- Otimização do tempo de tratamento pelo controle da quantidade de ar, aquecimento e nutrientes injetados no solo; e
- Elaboração de avaliações de risco de diversos tipos de tecnologias de remediação in situ para determinação dos impactos ambientais e custos.

Os resultados das medidas implementadas geraram benefícios ambientais, econômicos e sociais, dentre os quais se destacam: redução dos custos operacionais pela utilização de energias renováveis no sistema; redução de impactos como, emissões de poluentes atmosféricos, poeira e ruído devido ao menor número de caminhões transportando materiais; redução do consumo de materiais como filtros e produtos químicos que seriam injetados no aquífero; e melhoria da relação dos *stakeholders* com a comunidade por meio da adaptação do projeto de remediação conforme os interesses e preocupações da comunidade.

Os resultados dos testes do sistema de remediação instalado indicaram que temperaturas iguais ou maiores que 10°C aumentam significativamente o processo de remediação, já que aumenta o processo de dessorção. Equipamentos para armazenamento de energia não foram necessários mesmo no caso de restrições de luz solar ou vento, pois nessas situações a atividade bacteriana permaneceu no subsolo.

Após o término da remediação previsto para o período de 2014 a 2016, a intenção é integrar o sistema de energia solar e eólica a infraestrutura do terreno para o futuro uso. A expectativa de vida destes sistemas é de 15 a 25 anos (SURF, 2015).

Neste caso, as práticas sustentáveis foram aplicadas com enfoque na gestão da área, apesar da intenção do proprietário da área em utilizar os sistemas de energia eólica e solar no futuro uso do *site*.

A estratégia de remediação em utilizar fontes de energias renováveis para fornecimento de energia a equipamentos de remediação (energia eólica e solar) é inovadora, sendo que o princípio da tecnologia é relativamente simples: bioestimulação por meio do aumento de temperatura e injeção de ar no solo para favorecer as condições para a degradação dos óleos minerais pelas bactérias.

Inicialmente, a escavação do solo era uma opção para remover a contaminação; porém esta opção foi desconsiderada devido ao custo e a questões de segurança relacionadas à proximidade com a linha ferroviária.

Dentre as opções consideradas na análise de risco e custo benefício das tecnologias de remediação, foram consideradas as opções *air stripping* (ventilação forçada no solo), *bioventing* (biodegradação in situ através do fornecimento de oxigênio) e aquecimento do solo. Como o consumo de energia utilizada no aquecimento do solo é maior que as outras 2 técnicas propostas, a consultoria e o contratante elaboraram um sistema a base de energia renovável com o mesmo conceito destas três tecnologias propostas para uma solução sustentável.

De acordo com as informações disponíveis, o sistema de energia solar reduziu em torno de 80% os custos do projeto; porém o tempo da remediação foi de 5 anos ao invés de 1 ano em comparação à tecnologia convencional do aquecimento do solo.

Em um projeto de remediação é fundamental a análise de ciclo de vida, incluindo a pegada de carbono para avaliar os impactos de cada tecnologia de remediação, considerando principalmente a duração da remediação.

Neste caso, o foco do projeto era a implementação de soluções sustentáveis independente da duração da remediação. Para os futuros projetos, o desafio é a otimização das tecnologias sustentáveis para redução da duração da remediação para se tornarem competitivas com as tecnologias convencionais.

O valor da sustentabilidade do projeto foi reconhecido em 2012, quando este ganhou o prêmio de *Sustainable Land-Use* (uso sustentável do solo) no Congresso *UIC Railway*. A partir da experiência e lições aprendidas, os novos conceitos do projeto podem ser aplicados em outros *sites*.

Financiado pelo proprietário do terreno, o projeto de remediação demonstrou ser viável economicamente com benefícios a longo prazo, já que o investimento no sistema de energia renovável pode durar de 15 a 20 anos.

A responsabilidade social da empresa proprietária do terreno é demonstrada pelo fato dos interesses da comunidade terem sido considerados no projeto de remediação, uma vez que a comunidade tem como filosofia se tornar uma comunidade “verde”. O desenvolvimento de um projeto com conceitos inovadores de tecnologia de remediação sustentável não se trata apenas de uma estratégia de marketing, mas também de engajamento da empresa, investimento financeiro e boas relações públicas com a comunidade.

4.4.4 *Pharmacia & Upjohn Company LLC – Connecticut (Estados Unidos)*

Anteriormente utilizada como uma mina de argila e olaria, a área pertencente à *Pharmacia & Upjohn Company LLC* abrigou atividades comerciais e industriais, como a fabricação de componentes químicos e elétricos. Em 2003, a Pfizer adquiriu a *Pharmacia Corporation* e assumiu a responsabilidade pelo local.

Todos os edifícios antigos do *site* foram demolidos, com exceção do prédio que abriga sistema de tratamento de águas subterrâneas como parte da remediação.

O *site* industrial com 32 hectares localizado em Connecticut próximo ao rio *Quinnipiac* esteve contaminado com VOCs, SVOCs, PCBs e metais no solo, na água subterrânea e sedimentos. O futuro uso da área prevê ocupação industrial e comercial, com parte da área destinada a áreas verdes com restauração ecológica.

As tecnologias de remediação selecionadas para o local incluíram escavação e disposição e tratamento térmico *in situ* (ISTT) do solo contaminado; além de bombeamento e tratamento e instalação de barreira hidráulica para remoção dos contaminantes existentes na água subterrânea. O tratamento da água subterrânea extraída foi realizada *on site* e consistiu de processos biológicos, coagulação química, oxidação por luz ultravioleta e peróxido de hidrogênio. Após o tratamento a água era lançada no Rio Quinnipiac.

Os custos do projeto de remediação estiveram sob a responsabilidade da Pfizer, em nome da sua subsidiária *Pharmacia & Upjohn Company LLC*. Com a colaboração da EPA e do Departamento de Energia e Proteção Ambiental de *Connecticut*, o projeto ainda contou com a participação de associações das comunidades da região e instituições acadêmicas.

Destacam-se as seguintes estratégias de remediação adotadas para a área:

- Avaliação quantitativa das emissões 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;

- Redução da taxa de extração de água subterrânea no sistema de bombeamento e tratamento por meio da instalação de cobertura de baixa permeabilidade para prevenir a infiltração da água da chuva e uma barreira hidráulica para impedir o fluxo de água subterrânea do rio *Quinnipiac*;
- Redução do consumo de energia no tratamento da água subterrânea por meio da redução da taxa e do volume da água subterrânea extraída;
- Reutilização do solo, sedimentos e detritos no local como preenchimento sob a cobertura para reduzir o volume de solo limpo importado de outros locais (Figura 25);
- Otimização das operações do ISTR por meio de temperaturas de aquecimento flexíveis para alcançar um equilíbrio de entrada de energia (e emissões de CO₂ associadas) e as taxas de remoção;
- Instalação de sistema de energia solar para monitoramento da escala piloto do sistema ISTR (Figura 26);
- Utilização das *Best Management Practices (BMP)* da *American Society for Testing and Materials (ASTM) Standard Guide for Greener Cleanups* para documentar as melhores práticas ambientais, econômicas e sociais implementadas no *site*.

Figura 25 - Solo reutilizado em outra porção do terreno

Fonte: USEPA, 2015b

Figura 26 - Sistema Piloto da remediação térmica *in situ*

Fonte: USEPA, 2015b

Os resultados das medidas implementadas geraram benefícios ambientais, econômicos e sociais, dentre os quais se destacam: não geração de emissões de dióxido de carbono equivalente estimadas em 30000 toneladas (equivalente a emissões anuais de GEE de 632 veículos (USEPA, 2015c)); redução do consumo de materiais por meio da utilização de 2465 toneladas recicladas de escória granulada de alto forno (*produto obtido pela fusão e arrefecimento da escória de ferro*) na construção da barreira hidráulica; redução da taxa de extração de água subterrânea de aproximadamente 680 m³ para 235 m³ por dia, através da instalação da barreira hidráulica e da cobertura de baixa permeabilidade; e desenvolvimento do comércio regional por meio da compra de materiais e utilização de serviços e mão de obra dentro de um raio de 40 km do local.

A escala piloto do sistema de tratamento térmico *in situ* possibilitou a remediação de aproximadamente 18 toneladas em massa de contaminantes que utilizou um total estimado de 1.122.000 kWh, equivalente ao consumo médio anual de energia elétrica de 93 residências dos Estados Unidos (USEPA, 2015c). Os resultados da escala piloto do sistema *ISTR* indicaram temperaturas maiores que 100°C ocasionavam em alto consumo de energia e um rendimento menor na redução dos contaminantes. Com base nos resultados do teste piloto, foi instalado um sistema de tratamento térmico *in situ* (*ISTR*) com previsão de operação até 2015.

A restauração ecológica implementada não só contemplou a área da *Pharmacia & Upjohn LLC* como também as áreas próximas ao rio *Quinnipiac* criando novos habitats para diversas espécies de plantas e animais (USEPA, 2015b).

Neste caso, as práticas sustentáveis foram aplicadas com enfoque na gestão da área, apesar de que algumas práticas poderiam ser utilizadas nas edificações no futuro uso do *site*.

A estratégia de remediação em diminuir o volume de água subterrânea extraída e tratada através da construção de barreiras hidráulicas e coberturas com baixa permeabilidade para evitar a infiltração da água da chuva e das águas superficiais do rio *Quinnipiac* no aquífero é uma opção que pode reduzir o tempo da remediação e evitar o consumo de energia elétrica significativamente.

No entanto, a utilização de materiais recicláveis na construção da barreira hidráulica também requer materiais e energia, que podem gerar impactos. Por este motivo é fundamental a análise de ciclo de vida, incluindo a pegada de carbono para avaliar os impactos de cada tecnologia de remediação possíveis de implementar no local.

Em função da disponibilidade das informações, não há detalhes sobre as demais alternativas de remediação consideradas na análise da pegada de carbono. Entretanto, de acordo com as informações obtidas, a escolha das técnicas de remediação evitou a emissão de toneladas de dióxido de carbono equivalente na atmosfera.

Também não constam detalhes sobre o monitoramento do aquífero após a remediação. O lançamento da água subterrânea tratada no rio pode contribuir com o habitat e restauração ecológica da região, porém ao final da remediação a água subterrânea poderia ser reinjetada no aquífero para não impactar o balanço hídrico do aquífero.

Ressalta-se que inicialmente a participação da comunidade era pequena. Após o desenvolvimento de um programa para engajamento da comunidade e de associações, os interesses e necessidades das organizações da sociedade civil como criação de áreas verdes, trilhas ecológicas na região e desenvolvimento do entorno da região foram considerados no projeto de reabilitação. Ao longo do processo, foram realizados workshops com a comunidade, reuniões para decisão da incorporação de estratégias no projeto, e

desenvolvimento de vídeos para auxiliar as partes interessadas no entendimento do projeto (PHARMACIA & UPJOHN COMPANY LLC SITE, 2015).

Financiado integralmente pela *Pfizer*, o projeto de remediação sustentável contribui para a criação de uma imagem positiva à empresa, indicando a responsabilidade socioambiental da mesma. Este caso demonstra que é possível combinar estratégias de negócios com responsabilidade ambiental e social, sem prejudicar os negócios da empresa. Com transparência e responsabilidade, a *Pfizer* se comprometeu com as partes interessadas para garantir a segurança e interesses de todos os envolvidos como órgãos governamentais, comunidades e acionistas.

4.4.5 Antiga área industrial com fertilizantes (Frontier Fertilizer) – California (Estados Unidos)

O antigo *site* industrial com 7,3 hectares localizado na Califórnia esteve contaminado com pesticidas, tetracloreto de carbono e outros compostos no solo e na água subterrânea. O futuro uso da área prevê a ocupação por indústria leve ou escritórios comerciais.

As tecnologias de remediação selecionadas para o local incluíram bombeamento e tratamento para remoção dos contaminantes existentes na água subterrânea e o tratamento térmico *in situ* (ISTT) para destruição dos contaminantes existentes no solo.

Destacam-se as seguintes estratégias de remediação adotadas para a área:

- Substituição de bombas por um sistema de tubulação por gravidade para descarte da água tratada na rede coletora de esgoto;
- Otimização das bombas de extração de água subterrânea com controladores de frequência variável (CFVs) em todos os 16 poços de extração com ajuste da velocidade do motor para diminuir o consumo de energia;
- Instalação de sistema de painéis solares fotovoltaicos que foi expandido posteriormente, com capacidade de geração de energia de 109.125 kwh por ano para compensar parte da energia consumida no sistema de bombeamento e tratamento (Figura 27);
- Participação no programa federal da *EPA Renewable Energy Certificate (REC)* como parceiro no *Green Power Partnership* da EPA;
- Instalação de tratamento térmico *in situ* – ISTT (Figura 28) para remoção dos contaminantes no solo e reduzir a duração das operações de sistema de bombeamento e tratamento na água subterrânea. O tratamento térmico adotado consistiu no aquecimento por eletroresistividade (ERH);
- Formação de uma equipe federal-estadual para estudar opções de reinjeção da água tratada, bem como questões relacionadas à infraestrutura da região.

Figura 27 - Painéis fotovoltaicos instalados na cobertura de um edifício no local
Fonte: USEPA, 2015b

Figura 28 - Sistema de tratamento térmico *in situ* por aquecimento por eletroresistividade
Fonte: USEPA, 2015b

Os resultados das medidas implementadas geraram benefícios como: redução da demanda de energia em 25% e economia de US\$7.000 por ano, relacionados aos custos operacionais do antigo sistema de bombeamento para descarte da água tratada na rede coletora de esgoto; redução do consumo de eletricidade em função da utilização de CFVs e da instalação dos painéis fotovoltaicos; não geração de emissões de dióxido de carbono equivalente estimadas em 67 Kg por ano em função do uso de energia renovável; e redução de custos com o abatimento de US\$100.000 pelo Programa de Energias Renováveis da Comissão de Energia da Califórnia antecipando em 14 anos o retorno do investimento da instalação do sistema de painéis fotovoltaicos.

O sistema de tratamento térmico *in situ* possibilitou a remediação de aproximadamente 40.000 m³, que utilizou um total estimado de 7.000.000 kWh de eletricidade durante um período de 19 meses, equivalente ao consumo médio anual de energia elétrica de 580 residências dos Estados Unidos (USEPA, 2015c). Adicionalmente, a utilização desse sistema diminuiu a duração do sistema de bombeamento de tratamento da pluma de contaminação na água subterrânea de 200 anos para 30 anos (USEPA, 2015b).

Neste caso, as práticas sustentáveis foram aplicadas com enfoque na gestão da área, uma vez que não houve práticas sustentáveis relacionadas à construção de edificações no local.

Com relação à construção sustentável, o sistema de painéis fotovoltaicos instalado poderia ser utilizado para o futuro fornecimento de energia elétrica do local.

A instalação de fontes de energias renováveis para fornecimento de energia a equipamentos de remediação é uma prática que poderia ser adotada em sistemas de remediação que requerem alto consumo de energia em *sites* com elevadas concentrações de contaminantes.

Entretanto, a eficiência de outras tecnologias para remediação da água subterrânea poderia ter sido avaliada em um estudo comparativo de análise de ciclo de vida, visto que a duração do sistema de bombeamento e tratamento está prevista por um período de 30 anos.

Em função da disponibilidade das informações, não há detalhes sobre a implementação do sistema para reuso da água tratada para irrigação ou reinjeção no aquífero, gerando benefícios ambientais e econômicos, com a diminuição do volume de água a ser futuramente tratado em estações de tratamento de esgoto.

Novamente, a opção pelo tratamento *in situ* do solo contaminado gerou benefícios ambientais, econômicos e sociais, uma vez que outras comunidades não foram impactadas com o volume de solo transportado a outros aterros, eliminando custos e risco de acidentes em estradas e emissões de gases de efeito estufa na atmosfera.

A maior parte da energia elétrica dos Estados Unidos é proveniente da queima de combustíveis fósseis como carvão e gás natural (USEPA, 2015c). Neste caso, os incentivos econômicos fornecidos pelo estado da Califórnia como o abatimento de parte do custo de instalação do sistema de energia solar permitiu a viabilização do projeto de remediação sustentável, ocasionando diversos benefícios ambientais, sociais e econômicos, como redução dos custos de consumo com a energia elétrica, redução do consumo de recursos naturais e redução de emissão de poluentes.

4.4.6 *Operating Industries Inc. Landfill – California (Estados Unidos)*

O *site* com 77 hectares localizado na Califórnia funcionou como aterro no período de 1948 a 1984. Na parte norte do aterro, os resíduos dispostos se caracterizam como materiais da construção civil (madeira, metais, papelão, concreto e plástico) e na parte sul do aterro os resíduos são de origem doméstica e perigosos.

O impacto no local deve-se à presença de compostos orgânicos e inorgânicos no ar, solo, água subterrânea e líquido percolado, e de biogás proveniente da decomposição de material orgânico.

O futuro uso da área ainda está indefinido podendo haver atividades comerciais ou industriais, ou um espaço destinado à área verde.

As tecnologias de remediação selecionadas para o local incluíram o recobrimento do aterro para minimizar a infiltração da água da chuva, captura do biogás e monitoramento da água subterrânea.

Destacam-se as seguintes estratégias de remediação adotadas para a área:

- Implantação de uma camada de evapotranspiração com vegetação nativa para minimizar a infiltração da água da chuva e o escape do biogás para a atmosfera (Figura 29). Durante a construção da camada, o solo foi colocado em camadas de tal

forma que minimizasse a erosão, a deformação do solo e maximizasse a estabilidade em função de abalos sísmicos;

- Instalação de seis microturbinas de 70 kW durante sete anos (2002 a 2010) para produzir eletricidade a partir do biogás coletado por 481 poços de extração de gás, ao invés de apenas queimar o biogás (Figura 30). As microturbinas foram desligadas quando a quantidade de biogás diminuiu e a operação não se tornou mais viável economicamente;
- Instalação de sistema piloto de energia solar para fornecimento de energia financiado pela Comissão de Energia da Califórnia para avaliar o potencial de geração de eletricidade e os impactos causados na estabilidade da cobertura do aterro; e
- Otimização das operações de monitoramento do local com práticas sustentáveis.

Figura 29 - Camada de evapotranspiração com plantas nativas da região
Fonte: USEPA, 2015b

Figura 30 - Sistema para tratamento e queima do biogás proveniente do aterro
Fonte: USEPA, 2015b

O *site* faz parte do programa *Superfund* da *EPA*, porém não foram utilizados recursos financeiros do Programa para a remediação da área. Entretanto, o projeto recebeu incentivos econômicos da Comissão de Energia da Califórnia para instalação de painéis solares na cobertura do aterro a fim de verificar o potencial de geração de energia.

Os resultados das medidas implementadas geraram benefícios como: reutilização de materiais como resíduos de concreto e metálicos dispostos no local e aqueles gerados durante a instalação dos sistemas do aterro como alumínio, plástico, cartão, papel e óleo; redução da demanda de energia com a instalação dos painéis solares; redução do consumo de eletricidade com a instalação de iluminação de alta eficiência no interior e exterior do prédio onde funciona o escritório; redução do consumo de combustível e de emissões de poluentes associados a menor frequência de visitas de campo devido ao uso da tecnologia eletrônica automatizada para coletar e transmitir dados (via Wi-Fi) dos poços de extração; e redução do consumo de água através do sistema de coleta de água da chuva utilizado para irrigação da camada de evapotranspiração e retrolavagem das linhas de extração do líquido percolado.

O sistema de coleta do biogás gerou mais de 15.000 MWh de eletricidade durante 7 anos de operação, resultando em economia de energia de aproximadamente \$1,75 milhões e atendimento de aproximadamente 80% da demanda anual de energia para a planta de tratamento do líquido percolado.

A instalação de equipamentos para controle de emissão de VOCs no processo de limpeza do biogás não foi necessária, pois estes foram redirecionados nas microturbinas na planta de tratamento do biogás. Os resultados do sistema piloto de energia solar instalado para fornecimento de energia no local demonstraram que a utilização de energias renováveis é uma alternativa viável para este local, sem impactos na camada de evapotranspiração com vegetação nativa (USEPA, 2015b).

Neste caso, as práticas sustentáveis foram aplicadas com enfoque na gestão da área, apesar de que algumas práticas poderiam ser utilizadas nas edificações no futuro uso do *site*.

A estratégia de remediação em aproveitar o potencial energético do metano para geração de eletricidade é uma prática que maximiza os benefícios potenciais do uso do biogás produzido no aterro, reduzindo a geração de gases de efeito estufa na atmosfera e o potencial de dano à camada de ozônio. Este processo ainda pode gerar créditos de carbono para emissão de Reduções Certificadas de Emissão (RCE's) que poderão ser comercializadas pelos países em desenvolvimento no mercado internacional, conforme estabelecido no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo criado através do Protocolo de Kyoto.

Ressalta-se que é fundamental a elaboração de estudos preliminares sobre a viabilidade do aproveitamento energético do biogás para geração de energia. A quantidade total de gás produzido e a forma construtiva do aterro são determinantes para a eficiência do processo de captura e queima do gás.

No caso deste aterro localizado na Califórnia, os incentivos econômicos fornecidos pelo estado e pela companhia de distribuição de energia como subsídios e abatimento de parte dos custos para compra e instalação das microturbinas foram fundamentais para a viabilização econômica do projeto.

As práticas sustentáveis implementadas no *site* relacionadas à remediação, como otimização dos equipamentos reduzindo o número de visitas para o monitoramento do sistema e redirecionamento da emissão de VOCs dispensando a necessidade de equipamentos para controle de vapores são práticas que poderiam ser consideradas em outras tecnologias de remediação.

Já as práticas sustentáveis relacionadas à construção de edificações como sistema de energia solar, sistema de drenagem e captação da água da chuva poderiam ser utilizadas no futuro uso do *site* e construção de edificações com materiais da construção civil provenientes da porção norte do aterro.

Apesar da comunidade não estar envolvida diretamente nas decisões tomadas pela empresa responsável pelo gerenciamento do aterro, diversos benefícios sociais foram gerados com a implementação das práticas sustentáveis para gerenciamento do fechamento do aterro, como instalação de uma camada de evapotranspiração com vegetação nativa que contribui para o microclima da região e redução da poluição do ar na região.

4.4.7 Centro de Tratamento, Armazenamento e Disposição de Resíduos

O *site* com 8,1 hectares localizado no centro oeste dos Estados Unidos abriga um Centro de Tratamento, Armazenamento e Disposição de Resíduos, o qual possui autorização para gerenciamento de resíduos perigosos. Em 2009, uma explosão seguida de um incêndio destruiu a maioria das operações e causou vazamento de materiais perigosos, impactando o solo e a água subterrânea com VOCs e SVOCs.

Após uma análise qualitativa e quantitativa das alternativas de remediação baseada em 5 critérios: consumo de recursos e materiais; emissões de CO₂; minimização e reuso de resíduos; benefícios à comunidade; e à imagem e sustentabilidade da corporação foi selecionada a técnica de escavação e disposição do solo contaminado e o recobrimento da área com solo limpo para a remediação da área.

Destacam-se as seguintes estratégias de investigação e remediação adotadas para a área:

- Adoção de uma estratégia de trabalho dinâmica que permita uma tomada de decisão em tempo real por meio de resultados eletrônicos de análises laboratoriais, amostragem de solo por meio de um detector de fotoionização e lógica de decisão pré-estabelecida;
- Utilização da tecnologia *Direct push* para amostragem de solo para limitar a quantidade de estacas de solo que exigem caracterização e disposição.
- Contratação de empresa responsável pela perfuração das sondagens localizada próxima da região;
- Instalação de um sistema móvel de tratamento de água no local para eliminar consumo de combustível e emissões atmosféricas associadas ao transporte de líquidos para tratamento *off site*;
- Utilização de combustíveis limpos, como o diesel com baixo teor de enxofre nos equipamentos de construção e caminhões;
- Utilização de “concreto verde”, proveniente de subprodutos de resíduos industriais, como cinzas da produção de concreto;
- Elaboração de newsletters para distribuição aos moradores da região e publicação de um artigo no jornal local contendo uma visão geral sobre a situação ambiental do local e um número de telefone de contato para eventuais dúvidas.

Os resultados das medidas implementadas geraram benefícios como: redução global dos custos, tempo e recursos relacionados com a investigação com a adoção de uma estratégia de

trabalho dinâmica; redução do consumo de combustível e, conseqüentemente, menor quantidade de emissões atmosféricas durante os serviços de campo com a contratação de serviços locais; a instalação de um sistema móvel de tratamento de água; e a utilização da tecnologia *Direct push*; minimização do envio de materiais perigosos como as cinzas da produção de concreto a aterros; e promoção da conscientização, educação e envolvimento com a comunidade local e do público em geral com a publicação de *newsletters* (PETRUZZI, 2011).

4.4.8 Revisão geral sobre as práticas sustentáveis

Destaca-se que em dois dos seis estudos de casos selecionados (*Dutch Rail Yard* e *Pharmacia & Upjohn Company LLC*), foram instalados sistemas de energias renováveis para fornecimento de energia a equipamentos de remediação. Apesar de um alto investimento inicial, esta prática pode resultar em ganhos econômicos e benefícios a longo prazo, os quais incluem a redução significativa da pegada de carbono de um projeto de remediação com elevada intensidade energética; a geração de oportunidades para novos mercados de energia; e criação de empregos. Adicionalmente, os sistemas de energias renováveis poderiam ainda ser reutilizados para o futuro fornecimento de energia elétrica do local, por meio de um planejamento das fases da remediação e o *design* da construção na reabilitação da área contaminada.

Em todos os estudos de casos, verifica-se a opção pelo tratamento *in situ* do solo contaminado ao invés da escavação e remoção do mesmo para aterros sanitários, com exceção do caso do Centro de Tratamento, Armazenamento, e Disposição de Resíduos. Além de ser viável economicamente, esta solução pode ser sustentável para remediação do solo contaminado, pois a remoção do volume de solo contaminado para aterros acarretaria em transporte de muitos caminhões, gerando custos onerosos no transporte e na disposição dos resíduos, emissões de gases de efeito estufa na atmosfera e impactos em outras comunidades que possuem aterros.

Com base no levantamento das estratégias de remediação e das práticas sustentáveis adotadas para cada caso, foi possível identificar a geração de diversos benefícios ambientais, econômicos e sociais, dentre os quais se destacam: a redução da demanda de energia e do consumo de eletricidade pela implantação de sistemas de energia renováveis para fornecimento de energia elétrica e pela redução da taxa e do volume da água subterrânea extraída; redução de custos a longo prazo relacionado ao consumo de energia; e aumento da qualidade de vida das comunidades em torno da área remediada.

A divulgação da experiência e lições aprendidas em estudos de caso de áreas contaminadas é fundamental para demonstrar às partes interessadas (consultorias, proprietários, investidores e governo) a eficácia, a viabilidade, os benefícios, os custos e as barreiras da incorporação das práticas sustentáveis de cada projeto e, ainda, motivar a utilização de tecnologias e

instrumentos de gestão que consideram a sustentabilidade no processo de remediação, de forma que minimize as adversidades.

Todas as práticas sustentáveis adotadas para os sete casos selecionados de gestão de áreas contaminadas desde as etapas de investigação até a remediação foram identificadas e encontram-se descritas no Quadro 14.

Quadro 14 - Práticas sustentáveis adotadas para os sete casos selecionados de gestão de áreas contaminadas

	Praça Victor Civita
1	Projeto adequado às normas técnicas referentes à acessibilidade com rampas para cadeiras de rodas e pavimentos sem obstáculos
2	Recobrimento do solo contaminado por uma camada de 50 cm de solo limpo e construção de deques de madeira legalizada, suspensos a 1 metro do solo, para impedir o contato direto dos visitantes.
3	Parte do deck da Praça consiste de placas pré-moldadas de concreto dispostas sobre uma estrutura de aço 80% reciclado.
4	Proibição do acesso ao público da chaminé e das câmaras de combustão, tombados como patrimônio histórico.
5	Adoção de medidas de controle institucional como a restrição do uso da água subterrânea para qualquer finalidade e restrição ao consumo de vegetação.
6	Reaproveitamento das instalações prediais para criação de um espaço destinado a atividades socioculturais; reuso da água dos sanitários e limpeza do prédio; e reuso da água de chuva.
7	Instalação de <i>wetland</i> (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.)
8	Construção de <i>tec gardens</i> , composto de estruturas de mantas de borracha e placas de ardósia recheadas com fibra de coco, sistema de irrigação por capilaridade a 60 cm 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 os vegetais.
9	Implantação de um Programa de educação ambiental com diversas atividades e oficinas, dentre as quais se destacam a demonstração do processo compostagem por meio de uma horta circular devidamente suspensa.
10	Estabelecimento de uma parceria público-privada entre a Editora Abril, Secretaria do Verde e do Meio Ambiente e CETESB e apoio da agência de cooperação alemã
11	Criação de um Museu de Sustentabilidade contando a história da revitalização da Praça
12	Criação de um <i>website</i> para divulgação da história do local e de eventos socioculturais
	The Ohlone College
13	Implantação de painéis solares fotovoltaicos para fornecimento de até 50% da energia do edifício,
14	Instalação de aquecimento e resfriamento geotermal
15	Sistemas de recaptura de ar atmosférico que economizam até 25% dos custos de refrigeração e aquecimento
16	Iluminação de alta eficiência
17	Instalação de isolamento feito de jeans reciclados, carpetes e móveis contendo no mínimo de 65% de materiais recicláveis no interior do prédio
18	Construção de áreas alagadas para escoamento da água da chuva e habitat para espécies em extinção
19	Irrigação de plantas nativas com pouca necessidade de água
20	Disposição do solo contaminado por pesticidas do <i>campus</i> para áreas a serem inutilizadas do próprio <i>site</i> após a remediação
21	Implantação de instalação de educação de nível superior para a comunidade
22	Envolvimento da comunidade para desenvolvimento do projeto
23	Criação de aulas sobre as questões ambientais abordadas no processo de reabilitação do local na grade curricular dos cursos e tours pelo <i>campus</i> , permitindo a interação com a comunidade e divulgação das lições aprendidas e resultados
24	Divulgação do caso no <i>site</i> Phoenix Awards

“Continua”

	Dutch Rail Yard (Holanda)
25	Instalação de sistema de energia solar (composto por coletores solares, 4 células solares e inversor solar) para aquecimento da água e produção de eletricidade necessária aos componentes elétricos e bombas;
26	Otimização da eficiência dos motores e das bombas;
27	Instalação de turbina eólica para geração de ar comprimido e extração de vapores subsuperficiais gerados durante o processo de remediação;
28	Otimização do tempo de tratamento pelo controle da quantidade de ar, aquecimento e nutrientes injetados no solo; e
29	Elaboração de avaliações de risco de diversos tipos de tecnologias de remediação in situ para determinação dos impactos ambientais e custos.
30	Redução do consumo de materiais como filtros e produtos químicos que seriam injetados no aquífero
31	Adaptação do projeto de remediação conforme os interesses e preocupações da comunidade resultando em uma melhoria da relação dos <i>stakeholders</i> com a comunidade
32	Planejamento para integração do sistema de energia solar e eólica à infraestrutura do terreno
33	Publicação na Revista HazMat Management
34	Publicação do estudo de caso no <i>site</i> do SURF USA
	Pharmacia & Upjohn Company LLC – Connecticut (Estados Unidos)
35	Avaliação quantitativa do dióxido de carbono (CO ₂) 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;
36	Instalação de cobertura de baixa permeabilidade para prevenir a infiltração da água da chuva e uma barreira hidráulica para impedir o fluxo de água subterrânea de rios;
37	Utilização de escória granulada de alto forno reciclada (produto obtido pela fusão e arrefecimento da escória de ferro) na construção da barreira hidráulica
38	Instalação de tratamento on <i>site</i> da água subterrânea contaminada por meio de processos biológicos, coagulação química, oxidação por luz ultravioleta e peróxido de hidrogênio. Após o tratamento a água era lançada no Rio Quinnipiac.
39	Reutilização do solo, sedimentos e detritos no local como preenchimento sob a cobertura para reduzir o volume de solo limpo importado de outros locais;
40	Otimização das operações do ISTR operações através de temperaturas de aquecimento flexíveis para alcançar um equilíbrio de entrada de energia (e emissões de CO ₂ associadas) e as taxas de remoção;
41	Instalação de sistema de energia solar para monitoramento da escala piloto de sistemas de tratamento térmico
42	Utilização das <i>Best Management Practices (BMP)</i> da <i>ASTM Standard Guide for Greener Cleanups</i> para documentar as melhores práticas ambientais, econômicas e sociais implementadas no <i>site</i> .
43	Utilização de toneladas recicladas de escória granulada de alto forno (produto obtido pela fusão e arrefecimento da escória de ferro) na construção da barreira hidráulica para redução do consumo de materiais
44	Compra de materiais e utilização de serviços e mão de obra dentro de um raio de 40 km do local para desenvolvimento do comércio regional
45	Restauração ecológica na área da Pharmacia & Upjohn LLC e nas áreas próximas ao rio Quinnipiac possibilitando a criação de novos habitats para diversas espécies de plantas e animais
46	Participação de associações das comunidades da região e instituições acadêmicas no desenvolvimento do projeto
47	Desenvolvimento de um programa 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
48	Realização de workshops com a comunidade, reuniões para decisão da incorporação de estratégias no projeto, e desenvolvimento de vídeos para auxiliar as partes interessadas no entendimento do projeto
49	Publicação do estudo de caso no <i>site</i> da EPA
	Antiga área industrial com fertilizantes (Frontier Fertilizer) – California (Estados Unidos)
50	Substituição de bombas por um sistema de tubulação por gravidade para descarte da água tratada na rede coletora de esgoto;
51	Otimização das bombas de extração de água subterrânea com controladores de frequência variável (CFVs) em todos os poços de extração com ajuste da velocidade do motor para diminuir o consumo de energia;

“Continua”

52	Instalação de sistema de painéis solares fotovoltaicos para compensar parte da energia consumida no sistema de bombeamento e tratamento
53	Participação no programa federal da EPA <i>Renewable Energy Certificate (REC)</i> como parceiro no <i>Green Power Partnership da EPA</i>
54	Instalação de tratamento térmico in situ – ISTT para remoção dos contaminantes no solo e reduzir a duração das operações de sistema de bombeamento e tratamento na água subterrânea. O tratamento térmico adotado consistiu no aquecimento por eletroresistividade (ERH);
55	Formação de uma equipe federal-estadual para estudar opções de reinjeção da água tratada, bem como questões relacionadas à infraestrutura da região.
56	Publicação do estudo de caso no <i>site</i> da EPA
	Operating Industries Inc. landfill – California (Estados Unidos)
57	Implantação de uma camada de evapotranspiração com vegetação nativa para minimizar a infiltração da água da chuva e o escape do biogás para a atmosfera. Durante a construção da camada, o solo foi colocado em camadas de tal forma que minimizasse a erosão, a deformação do solo e maximizasse a estabilidade em função de abalos sísmicos;
58	Instalação de seis microturbinas de 70 kW durante sete anos (2002 a 2010) para produzir eletricidade a partir do biogás coletado por 481 poços de extração de gás, ao invés de apenas queimar o biogás. As microturbinas foram desligadas quando a quantidade de biogás diminuiu e a operação não se tornou mais viável economicamente;
59	Instalação de sistema piloto de energia solar para fornecimento de energia para avaliar o potencial de geração de eletricidade e os impactos causados na estabilidade da cobertura do aterro
60	Otimização das operações de monitoramento do local com práticas sustentáveis.
61	Reutilização de materiais como resíduos de concreto e metálicos dispostos no local e gerados durante a instalação dos sistemas do aterro
62	Instalação de iluminação de alta eficiência no interior e exterior do prédio do escritório
63	Redução do número de visitas de campo devido ao uso da tecnologia eletrônica automatizada para coletar e transmitir dados (via Wi-Fi) dos poços de extração
64	Instalação de sistema de coleta de água da chuva utilizado para irrigação da camada de evapotranspiração e retrolavagem das linhas de extração do líquido percolado
65	Redirecionamento dos equipamentos para controle de emissão de VOCs no processo de limpeza do biogás para as microturbinas na planta de tratamento do biogás
66	Publicação do estudo de caso no <i>site</i> da EPA
	Artigo “Centro de Tratamento, Armazenamento e Disposição de Resíduos”
67	Planejamento prévio da investigação com consulta com o proprietário da área 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
68	Adoção de uma estratégia de trabalho dinâmica que permita uma tomada de decisão em tempo real por meio de resultados eletrônicos de análises laboratoriais, amostragem de solo por meio de um detector de fotoionização e lógica de decisão pré-estabelecida
69	Utilização da tecnologia Direct push para amostragem de solo para limitar a quantidade de estacas de solo que exigem caracterização e disposição
70	Contratação de empresa responsável pela perfuração das sondagens localizada próxima da região
71	Redução do número de remessas com as amostras a serem enviadas aos laboratórios, como redução do número de coolers
72	Instalação de emissários de águas superficiais para impedir que as águas pluviais transportem contaminantes para rios
73	Instalação de um sistema móvel de tratamento de água no local
74	Publicação no Periódico Groundwater, Monitoring and Remediation
75	Utilização de combustíveis limpos, como o diesel com baixo teor de enxofre nos equipamentos de construção e caminhões;
76	Utilização de “concreto verde”, proveniente de subprodutos de resíduos industriais, como cinzas da produção de concreto;
77	Elaboração de newsletters aos moradores da região e publicação de um artigo no jornal local contendo uma visão geral sobre a situação ambiental do local e um número de telefone de contato para eventuais dúvidas.

Fonte: MOTTA *et al*, 2007; MORINAGA, 2007; PRAÇA VICTOR CIVITA, 2015; THE PHOENIX AWARDS, 2015; OHLONE COLLEGE, 2015; SURF, 2015; USEPA, 2015b; PHARMACIA & UPJOHN COMPANY LLC SITE, 2015; PETRUZZI, 2011)

4.5 SELEÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

A fim de obter subsídios ao plano de gestão sustentável da área do *campus* da USP Leste, foram selecionadas práticas sustentáveis a partir das 166 práticas de gestão sustentável desenvolvidas pela *United Kingdom's Sustainable Remediation Forum - SURF-UK* e das 13 práticas de construção sustentável disponíveis na apostila do Curso de Capacitação Sustentabilidade na Administração Pública do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2013).

As práticas selecionadas foram aquelas identificadas nos casos de gestão sustentável de áreas contaminadas analisados. Assim, foi realizado um levantamento para identificação das práticas que poderiam ser aplicadas ao caso da área contaminada do *campus*, pelo fato destes casos conterem características semelhantes da USP Leste.

O Quadro 15 apresenta a quantidade de práticas identificadas em cada caso nas listagens de práticas de gestão e construção sustentável disponibilizadas pelo SURF-UK e pelo MMA.

Quadro 15 - Levantamento da quantidade de práticas identificadas em cada caso nas listagens de práticas de gestão e construção sustentável disponibilizadas pelo SURF-UK e pelo MMA

	Prática Sustentável	Praça Victor Civita	Ohlone College Newark	Dutch Rail Yard	Pharmacia & Upjohn Company Llc	Frontier Fertilizer	Operating Industries Inc. Landfill	Artigo Científico	Total
	Gestão								
1	Avaliar a pegada de carbono para as principais atividades de remediação e implementar um plano de redução das emissões de CO ₂				X				1
2	Utilizar combustíveis e aditivos mais limpos em equipamentos e veículos							X	1
3	Identificar sistemas de drenagem e implantar medidas para mitigar riscos de contaminação				X		X		2
4	Adotar medidas para evitar o acesso e dano a áreas protegidas	X							1
5	Minimizar transporte de veículos	X	X	X	X	X	X	X	7
6	Reduzir, reutilizar e reciclar quando possível. Planejar as atividades para reduzir o desperdício			X	X		X	X	4
7	Trabalhar com as comunidades locais para garantir que as características na região sejam preservadas			X					1
8	Controlar e mitigar barulho, vibrações, poeira, etc.			X					1
9	Implementar um plano com as questões e desenvolvimento do projeto para comunicação com as partes envolvidas				X				1
10	Utilizar ferramentas de comunicação, como newsletters ou <i>website</i>			X				X	2
11	Considerar a publicação de estudo de caso para destacar a inovação utilizada no projeto	X			X				2
12	Aperfeiçoar a cultura da comunidade através de arte local, centro de visitantes, posters, etc.	X	X					X	3
13	Identificar opções de reuso ou reciclagem para os materiais e equipamentos removidos do local						X		1
14	Considerar o recobrimento das áreas escavadas com materiais biodegradáveis ou espuma para reter as emissões de VOC						X		1

“Continua”

“Continuação”

15	Minimizar a quantidade de solo exposto				X		X		2
16	Realizar análise de risco e custo benefício das opções de remediação			X					1
17	Minimizar o volume de resíduos enviado a aterros	X	X	X	X	X	X		6
18	Minimizar o volume de efluentes lançados na rede coletora de esgotos							X	1
19	Utilizar fontes de energias renováveis (energia eólica e solar) para fornecimento de energia a equipamentos de remediação			X	X	X	X		4
20	Maximizar benefícios positivos para as comunidades locais	X	X	X	X	X	X		6
21	Desenvolver/Implementar um plano para incluir as partes interessadas na tomada de decisão	X	X	X	X				4
22	Considerar as opções de remediação das partes interessadas conforme os interesses e preocupações da comunidade			X		X			2
23	Combinar os trabalhos de remediação com os trabalhos de terraplanagem e outras atividades	X			X				2
24	Considerar a utilização da infraestrutura do local para os trabalhos de remediação, como escritórios	X					X		2
25	Adotar controles institucionais para assegurar o futuro uso da área	X							1
26	Considerar o lançamento da água tratada em rios ao invés na rede coletora de esgoto				X				1
27	Utilizar materiais e tecnologias para otimizar a performance dos sistemas de remediação			X	X	X	X		4
28	Utilizar sistema de captura de metano para geração de energia elétrica						X		1
29	Considerar o reaproveitamento do solo tratado para reuso no <i>site</i>		X		X				2
30	Divulgar as lições aprendidas e resultados a partir da experiência	X	X	X	X	X	X	X	7
31	Reconstruir o habitat na reutilização do <i>site</i>	X	X		X		X		4
32	Conduzir ensaios em escala laboratorial e teste piloto para estimar as quantidades de materiais necessários para a remediação				X	X	X		3

“Continua”

“Continuação”

33	Considerar o fluxo de gravidade ao invés do bombeamento para mover a água					X			1
34	Utilizar a tecnologia <i>direct push</i> para minimizar os resíduos derivados da investigação							X	1
35	Contratar mão de obra, fornecedores e serviços locais				X			X	2
36	Considerar o uso de um laboratório móvel e/ou técnicas de campo para reduzir o envio de amostras a laboratórios							X	1
37	Utilizar sistemas de transferência de dados eletrônicos entre as partes interessadas						X	X	2
38	Desenvolver/Implementar uma estratégia de investigação/amostragem para obter dados adequados aos objetivos propostos para a área				X			X	2
39	Desviar o escoamento de águas superficiais das áreas contaminadas							X	1
Construção									
40	Fornecer um ambiente acessível, de inclusão e seguro (boa iluminação, rampas para cadeiras de rodas, pavimentos sem obstáculos)	X							1
41	Implantar sistemas de captação de água de chuva para economia de água	X	X				X		3
42	Utilizar sistemas de drenagem sustentáveis	X	X		X		X		4
43	Minimizar o consumo de água	X					X		2
44	Utilizar produtos com materiais reciclados, renováveis ou biodegradáveis	X	X		X			X	4
45	Implantar sistemas de reuso de água	X	X				X		3
46	Utilizar lâmpadas econômicas, fluorescentes ou led		X				X		2
47	Instalar painéis solares voltáicos ou turbinas eólicas para atender a demanda de energia elétrica do local		X	X					2
48	Ampliar o pé direito de ambientes, retirar divisórias, implantar janelas e outras aberturas para possibilitar ventilação cruzada e minimizar o aquecimento de ambientes e a necessidade do uso de ar condicionado		X						1

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, verifica-se, por exemplo, que a prática de gestão nº 01 no Quadro 15, “Avaliar a pegada de carbono para as principais atividades de remediação e implementar um plano de redução das emissões de CO₂” foi selecionada, pois foi identificada como uma prática sustentável no caso da “*Pharmacia & Upjohn Company Llc*”, conforme prática nº 35 do Quadro 14. A prática de construção nº 41 do Quadro 15 “Implantar sistemas de captação de água de chuva para economia de água” foi selecionada, pois foi identificada como uma prática sustentável nos casos Praça Victor Civita, *Ohlone College Newark* e *Operating Industries Inc. Landfill*, conforme as práticas nº 06, 18, 64 do Quadro 14.

A coluna “Total” do Quadro 15 representa a quantidade total que as práticas sustentáveis foram identificadas nos casos selecionados. Logo, a prática de construção nº 41 do Quadro 15 foi identificada em 3 casos.

Verifica-se por meio do levantamento que apenas 2 práticas sustentáveis (destacadas em negrito) foram identificadas em todos os casos selecionados, quais sejam “Minimizar transporte de veículos” e “Divulgar as lições aprendidas e resultados a partir da experiência”, o que demonstra a tendência em reduzir o consumo de combustível e emissões atmosféricas e divulgar às partes interessadas (sociedade, consultorias, proprietários, investidores e governo) a eficácia, a viabilidade, os benefícios e as barreiras da incorporação das práticas sustentáveis de cada projeto.

Ressalta-se que este levantamento foi realizado com base na disponibilidade das informações de cada caso, não significando que as demais práticas não selecionadas da listagem do SURF-UK e do MMA não foram aplicadas nos casos.

O Quadro 16 apresenta as práticas sustentáveis selecionadas com relação à gestão da contaminação e à construção de edificações para subsidiar a elaboração ao plano de gestão sustentável da área do *campus* da USP Leste, com as respectivas dimensões ambiental, econômica e social relacionadas com cada prática com base na classificação do SURF-UK (CL:AIRE, 2014).

Quadro 16 - Práticas sustentáveis selecionadas para subsidiar a elaboração ao plano de gestão sustentável da área do *campus* da USP Leste

	Prática Sustentável	Dimensão		
		Ambiental	Econômica	Social
	Gestão			
1	Avaliar a pegada de carbono para as principais atividades de remediação e implementar um plano de redução das emissões de CO ₂	X		X
2	Utilizar combustíveis e aditivos mais limpos em equipamentos e veículos	X	X	X
3	Identificar sistemas de drenagem e implantar medidas para mitigar riscos de contaminação	X	X	X
4	Adotar medidas para evitar o acesso e dano a áreas protegidas	X	X	
5	Minimizar o transporte de veículos	X	X	X
6	Reduzir, reutilizar e reciclar quando possível. Planejar as atividades para reduzir o desperdício	X	X	
7	Trabalhar com as comunidades locais para garantir que as características na região sejam preservadas			X
8	Controlar e mitigar barulho, vibrações, poeira, etc.			X
9	Implementar um plano com as questões e desenvolvimento do projeto para comunicação com as partes envolvidas		X	X
10	Utilizar ferramentas de comunicação, como newsletters ou <i>website</i>			X
11	Considerar a publicação de estudo de caso para destacar a inovação utilizada no projeto			X
12	Aperfeiçoar a cultura da comunidade através de arte local, centro de visitantes, posters, etc.			X
13	Identificar opções de reuso ou reciclagem para os materiais e equipamentos removidos do local	X	X	
14	Considerar o recobrimento das áreas escavadas com materiais biodegradáveis ou espuma para reter as emissões de VOC	X	X	
15	Minimizar a quantidade de solo exposto	X		
16	Realizar análise de risco e custo benefício das opções de remediação			X
17	Minimizar o volume de resíduos enviado a aterros	X	X	X
18	Minimizar o volume de efluentes lançados na rede coletora de esgotos	X	X	X
19	Utilizar fontes de energias renováveis (energia eólica e solar) para fornecimento de energia a equipamentos de remediação	X	X	X
20	Maximizar benefícios positivos para as comunidades locais			X
21	Desenvolver/Implementar um plano para incluir as partes interessadas na tomada de decisão			X
22	Considerar as opções de remediação das partes interessadas conforme os interesses e preocupações da comunidade	X	X	X
23	Combinar os trabalhos de remediação com os trabalhos de terraplanagem e outras atividades	X	X	X
24	Considerar a utilização da infraestrutura do local para os trabalhos de remediação, como escritórios	X	X	

“Continua”

	Prática Sustentável	Dimensão		
		Ambiental	Econômica	Social
25	Adotar controles institucionais para assegurar o futuro uso da área		X	X
26	Considerar o lançamento da água tratada em rios ao invés na rede coletora de esgoto	X	X	
27	Utilizar materiais e tecnologias para otimizar a performance dos sistemas de remediação		X	X
28	Utilizar sistema de captura de metano para geração de energia elétrica	X	X	X
29	Considerar o reaproveitamento do solo tratado para reuso no <i>site</i>	X	X	X
30	Divulgar as lições aprendidas e resultados a partir da experiência			X
31	Reconstruir o habitat na reutilização do <i>site</i>	X		X
32	Conduzir ensaios em escala laboratorial e teste piloto para estimar as quantidades de materiais necessários para a remediação	X	X	
33	Considerar o fluxo de gravidade ao invés do bombeamento para mover a água	X	X	X
34	Utilizar a tecnologia direct push para minimizar os resíduos derivados da investigação	X	X	X
35	Contratar mão de obra, fornecedores e serviços locais	X	X	X
36	Considerar o uso de um laboratório móvel e/ou técnicas de campo para reduzir o envio de amostras a laboratórios	X	X	X
37	Utilizar sistemas de transferência de dados eletrônicos entre as partes interessadas	X	X	X
38	Desenvolver/Implementar uma estratégia de investigação/amostragem para obter dados adequados aos objetivos propostos para a área			X
39	Desviar o escoamento de águas superficiais das áreas contaminadas	X	X	
Construção				
40	Fornecer um ambiente acessível, de inclusão e seguro (boa iluminação, rampas para cadeiras de rodas, pavimentos sem obstáculos)			X
41	Implantar sistemas de captação de água de chuva	X	X	
42	Utilizar sistemas de drenagem sustentáveis	X		
43	Minimizar o consumo de água	X	X	X
44	Utilizar produtos com materiais reciclados, renováveis ou biodegradáveis	X		
45	Implantar sistemas de reuso de água*	X	X	
46	Utilizar lâmpadas econômicas, fluorescentes ou led*	X	X	
47	Instalar painéis solares voltáicos ou turbinas eólicas para atender a demanda de energia elétrica do local*	X	X	
48	Ampliar o pé direito de ambientes, retirar divisórias, implantar janelas e outras aberturas para possibilitar ventilação cruzada e minimizar o aquecimento de ambientes e a necessidade do uso de ar condicionado*	X	X	

*A classificação da dimensão destas 4 práticas relacionadas à construção foi baseada em avaliação da autora, por não haver dados nas fontes consultadas

Fonte: Elaborado pela autora

Destaca-se que as práticas selecionadas no Quadro 16 podem trazer ganhos sustentáveis por contemplarem as três dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômica e social). Assim, caso a prática “Utilizar combustíveis e aditivos mais limpos em equipamentos e veículos” seja adotada, potenciais benefícios ambientais, econômicos e sociais poderiam ser obtidos tais como redução de emissões de particulados, redução do consumo de combustíveis fósseis, minimização dos impactos na vizinhança (particulados e poluentes) e redução de custos.

4.6 SUSTENTABILIDADE NA USP

Conforme já destacado, uma das contribuições deste estudo é fornecer subsídios para o planejamento e desenvolvimento de projetos sustentáveis da USP. 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.

Ao longo da história, a atuação das Instituições de Ensino Superior está direcionada à disseminação do conhecimento para a transformação social, econômica, política e ambiental da sociedade. Nesse contexto, a temática da sustentabilidade também tem motivado a criação de uma cultura institucional que utilize as práticas de gestão de campi universitários como local de experimento e inovação para a mudança de paradigmas na relação social com o ambiente. Com base nos novos parâmetros do desenvolvimento sustentável, repensar modelos de gestão pública é crucial para a promoção da melhoria da qualidade de vida das pessoas (PHILIPPI *et al.*, 2012).

Em 2014 a Prefeitura do *campus* USP da Capital (PUSP-C) desenvolveu o Programa *Campus* Sustentável USP, cujos objetivos incluíam: planejar e desenvolver projetos sustentáveis USP; articular pesquisa, ensino, cultura e extensão para sustentabilidade; e criar ferramentas e instrumentos de gestão baseados nos princípios da sustentabilidade para buscar a melhoria e consolidação da qualidade de vida de seus usuários no *campus* e entorno; entre outros (LIMA *et al.*, 2015).

No ano de 2015, o Programa *Campus* Sustentável passou a ser parte integrante do Programa de Políticas Ambientais, sob coordenação da Superintendência de Gestão Ambiental (SGA) da USP. Por meio de uma portaria interna, foram definidos 12 (doze) Grupos de Trabalho que compõem o programa: 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.

Conforme informado no *website* da SGA (2016), “os GTs têm por atribuições promover estudos em conformidade com a legislação pertinente e às melhores práticas, assim como coletar informações e realizar consultas à comunidade universitária relacionadas ao tema

do grupo e, a partir de tais estudos, elaborar documentos que farão parte da Política Ambiental da USP, a ser instituída até Julho de 2017.”

Com base em documentação interna disponível pela SGA (2014), os objetivos de cada um dos GTs estão descritos no Quadro 17.

Quadro 17 - Objetivos dos GTs da SGA

GRUPO DE TRABALHO	Objetivos
MOBILIDADE	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver políticas de mobilidade que melhorem a vida dos usuários dos campi, e se tornem um modelo para a sociedade.
EDUCAÇÃO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir institucionalmente as noções de sustentabilidade socioambiental e de Educação Ambiental em todos os âmbitos da Universidade; • Promover a produção de conhecimentos, o planejamento e a gestão
SUSTENTABILIDADE NA ADM	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir os impactos ambientais das atividades administrativas da Universidade; • Racionalizar o consumo de bens e serviços, ampliando a utilização de tecnologias limpas e a reutilização
ENERGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Promover o estudo da questão energética da USP; • Promover o bem estar da população, através da adoção de padrões sustentáveis, seja pela formação de uma consciência pública, seja pelo desenvolvimento de programas que melhorem os processos produtivos e o reaproveitamento de energia; • Priorizar a aquisição de bens duráveis, de baixo impacto ambiental, preferencialmente reciclados ou recicláveis, e eficientes.
EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS	<ul style="list-style-type: none"> • Adotar ações que visem à sustentabilidade das edificações da Universidade, poupando recursos naturais vitais, como água e energia, além de recursos financeiros na manutenção, reforma, restauração ou ampliação das edificações existentes, bem como na que construção de novas edificações; • Promover projetos arquitetônicos que utilizem as condições naturais do local de forma a reduzir a demanda energética e de água, o uso de materiais reciclados ou recicláveis e na menor medida possível, minimizar a impermeabilização do solo, garantir a acessibilidade universal, bem como a funcionalidade e a segurança do trabalho; • Contemplar a saúde, a produtividade, o conforto ambiental e a qualidade do ar dos ocupantes.
USO E OCUPAÇÃO TERRITORIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Promover uma adequada gestão dos terrenos dos campi, de acordo com a legislação, além de um uso e ocupação que respeitem o equilíbrio ecológico; • Regularizar a situação fundiária da Universidade perante os órgãos competentes e nortear a gestão do território da USP de forma eficiente e responsável social, financeira e ambientalmente; • Prevenir, mitigar e recuperar os danos ambientais causados pelo uso do solo.

“Continua”

GRUPO DE TRABALHO	Objetivos
RESÍDUOS SÓLIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir impactos ambientais dos bens descartados das atividades humanas, incluindo os resíduos perigosos; • Priorizar a não geração, redução, reutilização, reciclagem e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; • Adotar padrões sustentáveis de consumo, incluindo produtos cuja cadeia de produção seja sustentável, e da educação ambiental.
FAUNA	<ul style="list-style-type: none"> • Conservar a fauna silvestre e nativa, controlando os riscos da interação humano-fauna e combatendo as espécies invasoras; • Garantir à saúde e ao meio ambiente equilibrado, o manejo da fauna, quando necessário, a prevenção e o controle de riscos e a formação de cidadãos conscientes.
REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE E GP	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar políticas para a prevenção e mitigação de gases poluentes e de efeito estufa, de forma a se adequar à legislação, como a Política Nacional de Mudança do Clima; • Compatibilizar as atividades da Universidade com a proteção do sistema climático e ambiental, bem como a saúde pública. • Incentivar a utilização de energias renováveis, a identificação das fontes de emissões de gases poluentes e de efeito estufa e a adoção de padrões de tecnologias limpas e consumo racional.
ÁREAS VERDES E RESERVAS ECOLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorar as Áreas Verdes e Reservas Ecológicas para promover a mudança da forma de interação humana com as coberturas vegetais da Universidade; • Estabelecer metas de sustentabilidade ambiental; • Conservar as áreas verdes existentes; • Incentivar a recuperação, à restauração e à renaturalização de áreas verdes existentes.
ÁGUAS E EFLUENTES	<ul style="list-style-type: none"> • Assegurar a disponibilidade de água em padrões de qualidade e quantidade adequados; • Melhorar a qualidade dos efluentes produzidos de forma a reduzir o impacto ambiental da Universidade; • Utilizar as melhores tecnologias disponíveis e incentivar o desenvolvimento de novas; • Construir uma estrutura de gestão compartilhada e integrada das águas da USP e proteger a saúde e o meio ambiente;
POLÍTICA AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar diretrizes para nortear e legitimar as ações socioambientais na Universidade de São Paulo, de forma a promover uma gestão ambiental mais eficiente e em acordo com os princípios da Universidade; • Estabelecer objetivos e metas decorrentes do diagnóstico para promover a educação ambiental na Universidade, proteger a saúde e o meio ambiente e adotar padrões sustentáveis; • Promover uma gestão ambiental integrada que melhore a qualidade de vida de seus usuários e da sociedade em geral.

Fonte: SGA, 2014

Com o intuito de verificar se as práticas estavam alinhadas com as diretrizes da universidade, as 48 práticas sustentáveis selecionadas foram classificadas quanto aos objetivos dos Grupos Técnicos da Superintendência de Gestão Ambiental – SGA da USP, conforme descrito no Quadro 18.

Quadro 18 - Classificação das 48 práticas sustentáveis selecionadas quanto aos objetivos dos GTs da SGA da USP

GRUPO DE TRABALHO	Práticas Sustentáveis Gerais
MOBILIDADE	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecer um ambiente acessível, de inclusão e seguro (boa iluminação, rampas para cadeiras de rodas, pavimentos sem obstáculos)
EDUCAÇÃO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar ferramentas de comunicação, como newsletters ou <i>website</i> • Aperfeiçoar a cultura da comunidade através de arte local, centro de visitantes, pôsteres, etc. • Considerar a publicação de estudo de caso para destacar a inovação utilizada no projeto • Divulgar as lições aprendidas e resultados a partir da experiência
SUSTENTABILIDADE NA ADM	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir, reutilizar e reciclar quando possível. Planejar as atividades para reduzir o desperdício • Instalar painéis solares voltáicos ou turbinas eólicas para atender a demanda de energia elétrica do local
ENERGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar a pegada de carbono para as principais atividades de remediação e implementar um plano de redução das emissões de CO₂ • Utilizar materiais e tecnologias para otimizar a performance dos sistemas de remediação • Conduzir ensaios em escala laboratorial e teste piloto para estimar as quantidades de materiais necessários para a remediação • Considerar o fluxo de gravidade ao invés do bombeamento para mover a água
EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar sistemas de captação de água de chuva • Utilizar sistemas de drenagem sustentáveis • Minimizar o consumo de água • Implantar sistemas de reuso de água • Utilizar produtos com materiais reciclados, renováveis ou biodegradáveis • Utilizar lâmpadas econômicas, fluorescentes ou led • Instalar painéis solares voltáicos ou turbinas eólicas para atender a demanda de energia elétrica do local • Ampliar o pé direito de ambientes, retirar divisórias, implantar janelas e outras aberturas para possibilitar ventilação cruzada e minimizar o aquecimento de ambientes e a necessidade do uso de ar condicionado
USO E OCUPAÇÃO TERRITORIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Adotar medidas para evitar o acesso e dano a áreas protegidas • Adotar controles institucionais para assegurar o futuro uso da área • Identificar sistemas de drenagem e implantar medidas para mitigar riscos de contaminação • Minimizar a quantidade de solo exposto • Desviar o escoamento de águas superficiais das áreas contaminadas • Considerar o recobrimento das áreas escavadas com materiais biodegradáveis ou espuma para reter as emissões de VOC • Considerar o reaproveitamento do solo tratado para reuso no <i>site</i>
RESÍDUOS SÓLIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar o volume de resíduos enviado a aterros • Identificar opções de reuso ou reciclagem para os materiais e equipamentos removidos do local • Considerar o reaproveitamento do solo tratado para reuso no <i>site</i>

“*Continua*”

GRUPO DE TRABALHO	Práticas Sustentáveis Gerais
RESÍDUOS SÓLIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir, reutilizar e reciclar quando possível. Planejar as atividades para reduzir o desperdício • Combinar os trabalhos de remediação com os trabalhos de terraplanagem e outras atividades • Considerar a utilização da infraestrutura do local para os trabalhos de remediação, como escritórios • Utilizar a tecnologia <i>direct push</i> para minimizar os resíduos derivados da investigação
FAUNA	<ul style="list-style-type: none"> • Reconstruir o habitat na reutilização do <i>site</i>
REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE E GP	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar a pegada de carbono para as principais atividades de remediação e implementar um plano de redução das emissões de CO₂ • Minimizar transporte de veículos • Utilizar fontes de energias renováveis (energia eólica e solar) para fornecimento de energia a equipamentos de remediação • Utilizar sistema de captura de metano para geração de energia elétrica • Instalar painéis solares voltáicos ou turbinas eólicas para atender a demanda de energia elétrica do local • Utilizar combustíveis e aditivos mais limpos em equipamentos e veículos • Considerar o uso de um laboratório móvel e/ou técnicas de campo para reduzir o envio de amostras a laboratórios • Utilizar sistemas de transferência de dados eletrônicos entre as partes interessadas
ÁREAS VERDES E RESERVAS ECOLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Reconstruir o habitat na reutilização do <i>site</i>
ÁGUAS EFLUENTES	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar sistemas de captação de água de chuva • Minimizar o consumo de água • Implantar sistemas de reuso de água • Minimizar o volume de efluentes lançados na rede coletora de esgotos • Considerar o lançamento da água tratada em rios ao invés na rede coletora de esgoto
POLÍTICA AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar um plano com as questões e desenvolvimento do projeto para comunicação com as partes envolvidas • Controlar e mitigar barulho, vibrações, poeira, etc. • Maximizar benefícios positivos para as comunidades locais • Considerar as opções de remediação das partes interessadas conforme os interesses e preocupações da comunidade • Trabalhar com as comunidades locais para garantir que as características na região sejam preservadas • Realizar análise de risco e custo benefício das opções de remediação • Desenvolver/Implementar um plano para incluir as partes interessadas na tomada de decisão • Desenvolver/Implementar uma estratégia de investigação/amostragem para obter dados adequados aos objetivos propostos para a área • Contratar mão de obra e serviços locais

Fonte: Elaborado pela autora

4.6.1 AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE APLICADAS NA USP LESTE

Conforme descrito anteriormente, a sustentabilidade está associada a três dimensões: ambiental, econômica e social. Nesse contexto, considera-se ações de sustentabilidade aplicadas na USP Leste como as iniciativas adotadas pela administração visando a integração dos princípios de sustentabilidade na gestão do local.

Em consulta à documentação interna da USP Leste, ao *website* da SEF (SEF, 2017) e em visita realizada dia 29/08/2016 pela autora da pesquisa, a USP Leste adota as seguintes ações de sustentabilidade relacionadas à gestão da contaminação e à construção de edificações:

1. Desde 2014 o sistema de ventilação do metano em conjunto com o monitoramento dos poços de gases atua de forma a impedir o acúmulo de gases sobre o piso e eliminar o risco de explosividade (Figura 31). Para viabilizar o uso seguro do local, optou-se pela implantação de um sistema de ventilação do gás em detrimento da remoção de todo o solo que contém matéria orgânica em decomposição.
2. Implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto – ETE com capacidade de tratamento de 100 m³/dia de esgoto proveniente da maioria dos prédios do *campus*. Pesquisas sobre o reuso da água tratada estão sendo desenvolvidas; porém devido à falta de investimentos da universidade em dispositivos para análises químicas e sistemas para reuso, a água tratada não é reutilizada no *campus*, sendo descartada na rede coletora de esgotos (Figura 32).
3. Implantação de sistema de captação de águas pluviais composto por bombas e um reservatório subterrâneo com capacidade de aproximadamente 600 m³, que é abastecido com a água da chuva captada de 3 prédios (Administração, Auditórios e I1). As águas pluviais são reaproveitadas nos banheiros (vasos sanitários e mictórios) e irrigação de jardins (Figura 33).
4. Criação de Grupo de Trabalho Técnico em 29/10/2013 composto por representantes da SEF, SGA, PUSP-C e EACH para acompanhamento das medidas necessárias para o cumprimento das exigências constantes na Licença Ambiental de Operação n 2118/2012 e da criação da Comissão Ambiental da EACH composto por representantes da SEF, SGA, PUSP-C, EACH, estudantes da EACH e CETESB para contribuição à proteção, saneamento, gestão e conhecimento ambiental da área da EACH.
5. Realização de dois eventos entre a administração da USP e os frequentadores da EACH para informar sobre as ações referentes à gestão da contaminação: Reunião do Superintendente do Espaço Físico Osvaldo Shigueru Nakao com a comunidade da EACH no dia 18/02/2014 e do Seminário “Contaminantes ambientais, Risco à Saúde e a Biorremediação: o caso do *campus* da EACH”, organizado pela EACH no dia 11/6/14 na época da interdição das atividades do *campus* da USP Leste. Este seminário foi realizado na Faculdade de Medicina da USP e teve por objetivo apresentar e discutir aspectos técnico/científicos relacionados à situação ambiental da EACH por meio de palestras e debate com especialistas de diferentes áreas de conhecimento.

6. As áreas identificadas como contaminadas AI-01 e AI-02 foram interditadas por cercas metálicas para proibição do acesso pelos frequentadores do *campus*. Entretanto, o solo permaneceu exposto, ação que poderia ter sido evitada por meio do solo para minimizar a quantidade de solo exposto e mitigar riscos de contaminação da água subterrânea (Figura 34).
7. Como medida de intervenção, a USP propôs a restrição do uso da água subterrânea. O perímetro da restrição será definido após a finalização das investigações ambientais.

Figura 31 - Sistema de ventilação de metano
Fonte: Foto da autora em 29/08/2016

Figura 32 - Estação de Tratamento de Esgoto localizada no campus da USP Leste
Fonte: Foto da autora em 29/08/2016

Figura 33 - Localização do tanque subterrâneo para armazenamento da água de chuva
Fonte: Foto da autora em 29/08/2016

Figura 34 - Área AI-02 interditada por cercas metálicas
Fonte: Foto da autora em 29/08/2016

Com relação aos objetivos dos GTs da SGA para a o *campus* da USP, verifica-se que as ações de sustentabilidade adotadas pela USP Leste se enquadram em 6 Grupos de Trabalhos, conforme pode ser visualizado no Quadro 19.

Quadro 19 - Levantamento das ações de sustentabilidade adotadas pela USP Leste com relação aos objetivos dos GTs da SGA

GRUPO DE TRABALHO	Objetivos	Ações aplicadas na USP Leste
EDUCAÇÃO AMBIENTAL	Incluir institucionalmente as noções de sustentabilidade socioambiental e de Educação Ambiental em todos os âmbitos da Universidade.	<ul style="list-style-type: none"> • Realização de dois eventos: Reunião do Superintendente do Espaço Físico Osvaldo Shigueru Nakao com a comunidade da EACH e o Seminário “Contaminantes ambientais, Risco à Saúde e a Biorremediação: o caso do <i>campus</i> da EACH”.
EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS	Adotar ações que visem à sustentabilidade das edificações da Universidade, poupando recursos naturais vitais, como água.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de captação de águas pluviais para reuso.
USO E OCUPAÇÃO TERRITORIAL	Promover uma adequada gestão dos terrenos dos campi, de acordo com a legislação, além de um uso e ocupação que respeitem o equilíbrio ecológico.	<ul style="list-style-type: none"> • Interdição das áreas contaminadas AI-01 e AI-02 por cercas metálicas; • Restrição do uso da água subterrânea.
RESÍDUOS SÓLIDOS	Priorizar a não geração, redução, reutilização, reciclagem e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de sistema de ventilação de metano para eliminar o risco de explosividade.
ÁGUAS E EFLUENTES	Assegurar a disponibilidade de água em padrões de qualidade e quantidade adequados.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de captação de águas pluviais proveniente de 3 prédios (Administração, Auditórios e I1) para reuso nos banheiros (vasos sanitários e mictórios) e irrigação de jardins.
	Melhorar a qualidade dos efluentes produzidos de forma a reduzir o impacto ambiental da Universidade.	<ul style="list-style-type: none"> • Estação de Tratamento de Esgoto – ETE para tratamento de 100 m³/dia de esgoto proveniente da maioria dos prédios do <i>campus</i>.
POLÍTICA AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE	Implementar um plano com as questões e desenvolvimento do projeto para comunicação com as partes envolvidas	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de Grupo de Trabalho Técnico para acompanhamento das medidas necessárias para o cumprimento da LO e criação da Comissão Ambiental da EACH para contribuição à proteção, saneamento, gestão e conhecimento ambiental da área da EACH.

Fonte: Elaborado pela autora

5 DISCUSSÃO DO PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL

5.1 ANÁLISE DAS AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE NA USP LESTE

A seguir segue uma análise das práticas estão sendo aplicadas na área contaminada selecionada da USP e dos motivos da não implementação de algumas práticas na área do *campus*.

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. Em virtude da extensa lista com 48 práticas sustentáveis, desenvolvida para esta pesquisa, verifica-se que a área do *campus* USP Leste adota apenas 5 práticas sustentáveis associadas à gestão da área contaminada e à construção de novas edificações.

Desde o início das atividades do *campus* da USP Leste, houve algumas falhas de gestão da universidade, como a falta de planejamento e deficiências no processo de gestão.

Apesar de a USP Leste ter adotado algumas ações consideradas sustentáveis, não se pode afirmar que o *campus* é sustentável, pois conforme já descrito anteriormente o termo sustentabilidade engloba ações integradas que geram benefícios ambientais, econômicos e sociais. No caso, o *campus* USP Leste adotou ações como sistema de captação de águas pluviais e implantação da ETE que geram principalmente benefícios ambientais. Estas ações poderiam já ter sido expandidas para todos os prédios, não somente em alguns prédios do *campus*.

Ressalta-se ainda que a reunião do Superintendente do Espaço Físico Osvaldo Shigueru Nakao com a comunidade da EACH e o Seminário “*Contaminantes ambientais, Risco à Saúde e a Biorremediação: o caso do campus da EACH*” foram realizados em fevereiro/2014 e junho/2014, respectivamente, meses após a interdição do *campus* ocorrida em janeiro/2014. Estes eventos são de extrema importância para comunicação com os frequentadores do *campus*; contudo foram realizados tardiamente, após o assunto já ter sido divulgado amplamente na mídia. A comunicação poderia ser mais efetiva entre a universidade com os alunos e funcionários desde o início da identificação da contaminação ambiental, a fim de gerar benefícios sociais como a valorização da transparência, do acesso à informação e do estímulo à participação de todos, por meio da realização de eventos, workshops mais frequentes, elaboração de newsletters e divulgação das ações locais em eventos como Comemoração do Dia Mundial do Meio Ambiente e aqueles relacionados à Sustentabilidade e Meio Ambiente.

Com numerosos documentos elaborados e serviços realizados desde 2005, destacam-se: emissão de relatórios de investigação ambiental e pareceres técnicos emitidos pelo órgão ambiental estadual; execução de sondagens; instalação de poços de monitoramento; e realização de inúmeras análises químicas de solo e água subterrânea.

A realização de estudos ambientais excessivos e desnecessários ou mal feitos, além da geração de gastos com mão de obra, contratação de serviços, emissão de documentos poderiam ter sido evitados caso tivesse sido elaborado um modelo conceitual bem definido para a área. Do mesmo modo, a exposição do trabalhador a riscos poderia ter sido evitada caso tivesse ocorrido um planejamento prévio da investigação com consulta à administração da universidade e à agência ambiental para assegurar que todas as lacunas de dados fossem abordadas.

Além disso, devido a problemas de gestão do órgão ambiental estadual, como a falta de estrutura de órgãos de fiscalização, falta de profissionais qualificados em gerenciamento de áreas contaminadas e do tamanho do Estado relativamente pequeno em comparação à quantidade de áreas contaminadas existentes no território, a demora na identificação de falhas na gestão de áreas contaminadas pode acarretar graves problemas dependendo da extensão da contaminação, como ocorrido no caso da USP Leste.

Apesar da aprovação para operação do *campus* pelo órgão ambiental, umas das exigências para manutenção da licença de operação era a instalação de um sistema de extração de gases para evitar o acúmulo de metano no subsolo. Somente após notificações da CETESB e interdição do *campus* por 6 meses é que o sistema de extração foi instalado.

Do ponto de vista de sustentabilidade, 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. Estes benefícios são justificados pelo fato de que a queima de combustíveis fósseis como carvão e gás natural também contribui como fontes da matriz elétrica brasileira (EPE, 2016).

Muitas das atividades realizadas foram baseadas em orientações da CETESB por meio de Pareceres Técnicos, em que muitas vezes foram emitidos após longos períodos de tempo após os estudos ambientais serem realizados. Ademais, a USP deveria ter contratado consultorias que prestassem serviços de acordo com a legislação vigente e os procedimentos de qualidade.

A partir do ano de 2015 foram realizadas as reuniões entre a USP e a CETESB com certa frequência para determinar os locais de amostragem adequados e definir as áreas a serem investigadas.

Outro agravante na gestão do *campus* USP Leste foi o aterramento de aproximadamente 100.000 m³ de solo de origem desconhecida e com presença de restos de materiais de construção civil em algumas áreas do *campus* sem aprovações ambientais no final de 2010. Além de expor os frequentadores do *campus* ao risco da exposição de substâncias perigosas, a universidade contribui para a criação de uma imagem negativa a administração do *campus*. A responsabilidade socioambiental é fundamental em uma universidade para garantir a segurança de funcionários e alunos e a preservação do meio ambiente.

Com cursos de graduação e pós-graduação na área de Gestão Ambiental, a USP Leste poderia investir em pesquisas e utilizar o conhecimento dos próprios pesquisadores para estudar soluções sustentáveis para a gestão da contaminação, como o desenvolvimento de análises quantitativas do dióxido de carbono (CO₂) das alternativas de remediação; desenvolvimento de sistemas pilotos de energias renováveis; análise do ciclo de vida do projeto de remediação e dos elementos a serem incorporados na construção de edificações.

Assim como no caso da *Ohlone College*, em que o próprio *campus* se tornou o objeto de estudo, a administração da USP poderia criar aulas sobre as questões ambientais abordadas no processo de reabilitação do local na grade curricular dos cursos e tours pelo *campus*, permitindo a interação com a comunidade e divulgação das lições aprendidas e resultados.

Outra medida que poderia ter sido adotada como prática sustentável é o reaproveitamento dos resíduos da demolição do prédio Laranjinha, a qual ocorreu em janeiro/2014 devido à presença de altas concentrações de gás metano que acumulavam no interior do edifício. Estes resíduos poderiam ter sido reciclados para reuso em futuras construções do *campus* ou da região, a fim de evitar o envio de materiais a aterros.

O principal intuito da localização da EACH estar situada na zona leste da cidade era ampliar o acesso da população ao ensino e pesquisa. No entanto, nota-se que o entorno da região continua desprovido de infraestrutura, haja vista a quantidade de comunidades carentes na região sem saneamento básico e algumas áreas contaminadas abandonadas ocupadas anteriormente pela Keralux S/A Revestimentos Cerâmicos e Bann Química, próximas ao *campus*. A função da universidade não é fornecer infraestrutura a região, mas como instituição de ensino poderia promover pesquisas e desenvolver programas e parceria público privadas a fim de criar oportunidades para revitalização do entorno. Assim como no caso da *Pharmacia UpJohn Company LLC*, que estava situada próxima a uma área de proteção ambiental, a USP Leste poderia criar novas áreas verdes e trilhas ecológicas na região, considerando os interesses e as necessidades das empresas e organizações da sociedade civil situadas próximas ao *campus*.

Outra forma de revitalizar o entorno da região seria através do desenvolvimento de 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 formas de tratamento para utilização da água subterrânea para fins não potáveis.

A restrição do uso da água subterrânea como medida de controle institucional foi estabelecida pela CETESB como forma de possibilitar a reutilização da área com restrição do uso para qualquer fim. Entretanto, como destacam Rebouças (2006) e Puga (2015) em estudos científicos, a gestão sustentável e integrada dos recursos hídricos no país é fundamental para a disponibilidade da água para todos, especialmente nos tempos de crise hídrica. Futuramente, a tendência é que a legislação e metodologia de gerenciamento de áreas contaminadas existentes no estado de São Paulo, as quais consideram a restrição do uso da água subterrânea para reutilização de uma área, poderão ser revistas de forma a atender as necessidades das futuras gerações.

Logo, a universidade poderia incentivar o desenvolvimento de estudos e alternativas de tratamento da água subterrânea para que as metas de remediação da água subterrânea sejam iguais ou inferiores aos limites de potabilidade, a fim de tornar a água subterrânea potável para qualquer uso.

A história da USP Leste mostra que desde o início das atividades do *campus*, a comunicação entre a administração da universidade, órgãos ambientais e comunidade local foi falha, levando a episódios como o aterramento de solo de origem desconhecida e a interdição do *campus*. Somente em 2013, foram criados um Grupo de Trabalho Técnico e uma Comissão Ambiental composto por representantes da SEF, SGA, PUSP-C, EACH, estudantes e CETESB para acompanhamento, análise e discussão das ações de gestão ambiental do *campus*. Apesar de a iniciativa promover o diálogo entre as partes interessadas, no *website* da EACH há registros de ata de reuniões destes grupos até agosto de 2014, não indicando a continuidade destes grupos. O diálogo entre todas as partes interessadas é fundamental para ampliar e reforçar articulações do *campus* com a comunidade e a cidade.

Como instituição, a USP não deve somente cumprir a legislação, mas sim desenvolver melhorias, ações e estudos pioneiros que beneficiem e melhorem a qualidade de vida tanto dos frequentadores da universidade como dos habitantes e trabalhadores do entorno próximo.

5.2 PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL

Com base na discussão da análise das ações de sustentabilidade da USP Leste e nas práticas sustentáveis dos casos estudados que poderiam ser implementadas na área do *campus* USP Leste, segue o Quadro 20 com a especificação de como as práticas poderiam ser implementadas, conforme as necessidades e diretrizes dos GTs da SGA. A especificação das práticas foi elaborada por meio do levantamento de todas as práticas implementadas nos casos bem sucedidos selecionados de gestão sustentável de áreas contaminadas e de algumas práticas recomendadas pela agência de proteção ambiental americana USEPA para Investigação de *Sites* (USEPA, 2016).

Quadro 20 - Especificação das práticas sustentáveis baseada no levantamento de todas as práticas implementadas nos casos selecionados de gestão sustentável de áreas contaminadas e de algumas práticas recomendadas pela USEPA, conforme necessidades e diretrizes dos GTs da USP

<p>GRUPO DE TRABALHO</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Práticas Sustentáveis Gerais</u> <ul style="list-style-type: none"> → Práticas Sustentáveis Específicas
<p>MOBILIDADE</p>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Fornecer um ambiente acessível, de inclusão e seguro</u> <ul style="list-style-type: none"> → Boa iluminação, rampas para cadeiras de rodas, pavimentos sem obstáculos
<p>EDUCAÇÃO AMBIENTAL</p>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Utilizar ferramentas de comunicação, como newsletters ou website</u> <ul style="list-style-type: none"> → Criação de um <i>website</i> para divulgação da história do local e das ações locais em 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.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Aperfeiçoar a cultura da comunidade através de arte local, centro de visitantes, pôsteres, etc.</u> <ul style="list-style-type: none"> → 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; e → Criação de aulas sobre as questões ambientais abordadas no processo de reabilitação do local a ser inseridas na grade curricular dos cursos e realização de tours pelo campus, a fim de permitir a interação com a comunidade.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Considerar a publicação de estudo de caso para destacar a inovação utilizada no projeto</u> <ul style="list-style-type: none"> → Publicação em periódicos para destacar a inovação utilizada no projeto.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Divulgar as lições aprendidas e resultados a partir da experiência</u> <ul style="list-style-type: none"> → Criação de um centro de visitantes, museu e/ou <i>website</i> e envio de publicação para <i>websites</i> como SURF para divulgação dos resultados e benefícios.
<p>SUSTENTABILIDADE NA ADM</p>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Reduzir, reutilizar e reciclar quando possível. Planejar as atividades para reduzir o desperdício</u> <ul style="list-style-type: none"> → Realização de um planejamento prévio da investigação 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.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Instalar painéis solares voltáicos ou turbinas eólicas para atender a demanda de energia elétrica do local</u> <ul style="list-style-type: none"> → Implantação de painéis solares fotovoltaicos para fornecimento da energia a todos os edifícios do campus.

“Continua”

ENERGIA

- Avaliar a pegada de carbono para as principais atividades de remediação e implementar um plano de redução das emissões de CO₂

- 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
- Implementação de um plano de redução das emissões de CO₂.

- Utilizar fontes de energias renováveis (energia eólica e solar) para fornecimento de energia a equipamentos de remediação

- Realização de estudos para alternativas de projeto considerando o fornecimento de energia elétrica a partir de energias renováveis ao sistema de ventilação para não acumular metano no interior dos prédios, a fim de minimizar custos de consumo com a energia elétrica, redução do consumo de recursos naturais e redução de emissão de poluentes;
- Instalação de sistema de energia solar ou eólica para aquecimento da água e produção de eletricidade necessária aos componentes elétricos e bombas e sistemas de bombeamento e tratamento; geração de ar comprimido e extração de vapores subsuperficiais gerados durante o processo de remediação;
- Realização de estudos para avaliação da viabilidade da produção de eletricidade a partir do biogás coletado por poços de extração de gás.

- Utilizar materiais e tecnologias para otimizar a performance dos sistemas de remediação

- 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);
- Otimização das operações de monitoramento do local com práticas sustentáveis.

- Conduzir ensaios em escala laboratorial e teste piloto para estimar as quantidades de materiais necessários para a remediação

- Realização da estimativa das 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

- 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

- Implantar sistemas de captação de água de chuva em novas edificações e expandir os sistemas já existentes para todos os prédios do campus da USP Leste.

“Continua”

EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Minimizar o consumo de água</u> <ul style="list-style-type: none"> → Plantio de mudas e gramíneas para irrigação com baixo consumo de água.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Implantar sistemas de reuso de água</u> <ul style="list-style-type: none"> → Instalação de <i>wetlands</i> (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 → Instalação de sistemas para irrigação de camada de evapotranspiração proveniente de sistemas de coleta de água de chuva caso o aterro seja recoberto.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Utilizar produtos com materiais reciclados, renováveis ou biodegradáveis</u> <ul style="list-style-type: none"> → Utilização de produtos como 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 na construção de edificações; carpetes e móveis contendo materiais recicláveis e isolamento feito de jeans reciclados no interior do prédio. Deve-se atentar à 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.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Utilizar lâmpadas econômicas, fluorescentes ou led</u> <ul style="list-style-type: none"> → Instalação de iluminação de alta eficiência no interior e exterior dos prédios do campus.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Instalar painéis solares voltáicos ou turbinas eólicas para atender a demanda de energia elétrica do local</u> <ul style="list-style-type: none"> → Implantação de painéis solares fotovoltaicos para fornecimento da energia a todos os edifícios do campus. → Planejamento da integração de sistemas de energia renovável utilizados na remediação à infraestrutura do terreno para atender a demanda de energia elétrica do local.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Ampliar o pé direito de ambientes, retirar divisórias, implantar janelas e outras aberturas para possibilitar ventilação cruzada e minimizar o aquecimento de ambientes e a necessidade do uso de ar condicionado</u> <ul style="list-style-type: none"> → Instalação de sistema de aquecimento e resfriamento geotermal e sistemas de recaptura de ar atmosférico para redução dos custos de refrigeração e aquecimento.
USO E OCUPAÇÃO TERRITORIAL
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Adotar medidas para evitar o acesso e dano a áreas protegidas</u> <ul style="list-style-type: none"> → Proibição do acesso ao público às áreas de proteção ambiental e áreas tombadas como interdição com sinalização adequada, tapumes e cercas metálicas.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Adotar controles institucionais para assegurar o futuro uso da área</u> <ul style="list-style-type: none"> → Adoção de medidas de controle institucional como a restrição do uso da água subterrânea para qualquer finalidade e restrição ao consumo de vegetação.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Identificar sistemas de drenagem e implantar medidas para mitigar riscos de contaminação</u> <ul style="list-style-type: none"> → Implantação de uma camada de evapotranspiração com vegetação nativa para minimizar a infiltração da água da chuva e o escape do biogás para a atmosfera.

“Continua”

USO E OCUPAÇÃO TERRITORIAL
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Desviar o escoamento de águas superficiais das áreas contaminadas</u> <ul style="list-style-type: none"> → Instalação de emissários de águas superficiais para impedir que as águas pluviais transportem contaminantes para rios. • <u>Considerar o recobrimento das áreas escavadas com materiais biodegradáveis ou espuma para reter as emissões de VOC</u> <ul style="list-style-type: none"> → Implantação de uma camada de evapotranspiração com vegetação nativa para minimizar a infiltração da água da chuva e o escape do biogás para a atmosfera.
RESÍDUOS SÓLIDOS
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Minimizar o volume de resíduos enviado a aterros</u> <ul style="list-style-type: none"> → 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. → Redução do o volume dos resíduos gerados durante os trabalhos de execução de sondagens e instalação de poços de monitoramento 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. • <u>Identificar opções de reuso ou reciclagem para os materiais e equipamentos removidos do local</u> <ul style="list-style-type: none"> → Reutilização de materiais como resíduos de concreto e metálicos dispostos no local e gerados durante os serviços de investigação e remediação. • <u>Considerar o reaproveitamento do solo tratado para reuso no site</u> <ul style="list-style-type: none"> → Reuso do 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, caso os estudos em andamento indicarem risco associado à contaminação do solo. • <u>Reduzir, reutilizar e reciclar quando possível. Planejar as atividades para reduzir o desperdício</u> <ul style="list-style-type: none"> → Utilização de materiais reciclados como escória granulada de alto forno (produto obtido pela fusão e arrefecimento da escória de ferro) na construção de sistemas de remediação, como a construção de uma barreira hidráulica. → 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 reduzir a quantidade de resíduos gerados durante o processo de investigação de um site. (USEPA) → 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 (USEPA). • <u>Combinar os trabalhos de remediação com os trabalhos de terraplanagem e outras atividades</u> <ul style="list-style-type: none"> → Recobrimento do solo contaminado por uma camada de solo limpo; → Construção de deques de madeira legalizada suspensos para impedir o contato direto dos visitantes; → Reutilização do solo, sedimentos e detritos no local como preenchimento para reduzir o volume de solo limpo importado de outros locais.

“Continua”

RESÍDUOS SÓLIDOS
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Utilizar a tecnologia direct push para minimizar os resíduos derivados da investigação</u> <ul style="list-style-type: none"> → Utilização da tecnologia <i>Direct push</i> 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.
FAUNA
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Reconstruir o habitat na reutilização do site</u> <ul style="list-style-type: none"> → Criação de áreas verdes e trilhas ecológicas; → Restauração ecológica no local e entorno possibilitando a criação de novos habitats para diversas espécies de plantas e animais.
REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE E GP
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Avaliar a pegada de carbono para as principais atividades de remediação e implementar um plano de redução das emissões de CO₂</u> <ul style="list-style-type: none"> → 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 → Seleção da alternativa de remediação com a menor pegada de carbono e implementação de um plano de redução das emissões de CO₂.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Minimizar transporte de veículos</u> <ul style="list-style-type: none"> → 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; e → Redução do número de coolers contendo as amostras a serem enviadas aos laboratórios.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Utilizar sistema de captura de metano para geração de energia elétrica</u> <ul style="list-style-type: none"> → Instalação de microturbinas para produzir eletricidade a partir do biogás coletado por poços de extração de gás.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Utilizar combustíveis e aditivos mais limpos em equipamentos e veículos</u> <ul style="list-style-type: none"> → Utilização de combustíveis mais limpos e filtros como, por exemplo, diesel com baixo teor de enxofre e filtros de controle de emissão de diesel em equipamentos e veículos.
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Considerar o uso de um laboratório móvel e/ou técnicas de campo para reduzir o envio de amostras a laboratórios</u> <ul style="list-style-type: none"> → Avaliação da viabilidade da utilização de um laboratório móvel; → Utilização de 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.

“Continua”

ÁREAS VERDES E RESERVAS ECOLÓGICAS
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Reconstruir o habitat na reutilização do site</u> <ul style="list-style-type: none"> → 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.
ÁGUAS E EFLUENTES
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Minimizar o consumo de água</u> <ul style="list-style-type: none"> → Desenvolvimento de estudos geológicos e hidrogeológicos para avaliar a dinâmica do aquífero e de alternativas de tratamento da água subterrânea a fim de tornar a água subterrânea potável para qualquer uso. • <u>Implantar sistemas de reuso de água</u> <ul style="list-style-type: none"> → Desenvolvimento de 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. • <u>Minimizar o volume de efluentes lançados na rede coletora de esgotos</u> <ul style="list-style-type: none"> → Instalação de um sistema móvel de tratamento de água no local para eliminar o transporte de líquidos para tratamento <i>off-site</i> e utilização de técnicas adequadas, como a filtração de carvão ativado antes da descarga para tratamento da água potencialmente contaminada da purga. • <u>Considerar o lançamento da água tratada em rios ao invés na rede coletora de esgoto</u> <ul style="list-style-type: none"> → Instalação de sistemas para o lançamento da água tratada <i>on site</i> em córregos e rios próximos à região.
POLÍTICA AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Implementar um plano com as questões e desenvolvimento do projeto para comunicação com as partes envolvidas</u> <ul style="list-style-type: none"> → Realização de workshops com a comunidade e desenvolvimento de vídeos para auxiliar as partes interessadas no entendimento do projeto. • <u>Controlar e mitigar barulho, vibrações, poeira, etc.</u> <ul style="list-style-type: none"> → Otimização da eficiência dos motores e das bombas dos sistemas de remediação • <u>Maximizar benefícios positivos para as comunidades locais</u> <ul style="list-style-type: none"> → 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; e → Implantação de educação de nível superior para a comunidade. • <u>Considerar as opções de remediação das partes interessadas conforme os interesses e preocupações da comunidade</u> <ul style="list-style-type: none"> → Formação de uma equipe para estudar opções de reinjeção da água tratada, bem como questões relacionadas à infraestrutura da região. • <u>Trabalhar com as comunidades locais para garantir que as características na região sejam preservadas</u> <ul style="list-style-type: none"> → Adaptação do projeto de reabilitação conforme os interesses e preocupações da comunidade resultando em uma melhoria da relação dos stakeholders com a comunidade.

“Continua”

POLÍTICA AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE	
	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Desenvolver/Implementar um plano para incluir as partes interessadas na tomada de decisão</u> <ul style="list-style-type: none"> → Realização de reuniões para decisão da incorporação de estratégias no desenvolvimento de um projeto de revitalização da USP Leste e do entorno com a participação de associações das comunidades da região e instituições acadêmicas; → Adaptação do projeto de revitalização conforme os interesses e preocupações da comunidade; e → 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.
	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Desenvolver/Implementar uma estratégia de investigação/amostragem para obter dados adequados aos objetivos propostos para a área</u> <ul style="list-style-type: none"> → Utilização das <i>Best Management Practices (BMP)</i> da <i>ASTM Standard Guide for Greener Cleanups</i> para documentar as melhores práticas ambientais, econômicas e sociais implementadas no <i>site</i>; e → Realização de 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.
	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Contratar mão de obra e serviços locais</u> <ul style="list-style-type: none"> → Compra de materiais e utilização de serviços e mão de obra dentro de um raio de 40 km do local para desenvolvimento do comércio regional; e → Contratação de empresa responsável pela perfuração das sondagens localizada próxima da região.

Fonte: Elaborado pela autora

O Plano de Intervenção da área do *campus* USP Leste apresentado pela universidade propõe a destinação de todo o solo identificado como contaminado para Aterro Classe I nas áreas AI-01, AI-02 e AI-03. Como o solo da área AI-01 não indicou risco, não há necessidade de remoção de solo deste local. No caso das áreas AI-02 e AI-03 as investigações ambientais ainda estão em andamento.

Caso os estudos indicarem risco associado à contaminação do solo para estes locais, uma alternativa que poderia ser considerada 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 seria uma opção menos viável economicamente (CETESB, 1999).

Adicionalmente, ferramentas para avaliação de sustentabilidade também poderiam ser utilizadas para avaliar quais as alternativas mais sustentáveis para a remediação destes locais, como realizado em diversos estudos (CAPPUYNS *et al.*, 2013; BEAMES *et al.*, 2014; CL:AIRE, 2013; LESAGE *et al.*, 2007; FEVRE-GAUTIER *et al.*, 2010).

De acordo com as recomendações da CETESB, as novas edificações 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. Além destas recomendações, as novas edificações poderiam ser construídas a partir de matérias reciclados ou reutilizados, provenientes de empresas locais.

A realização de medições diárias dos gases em todos os poços de monitoramento de gases instalados proposta pela USP foi alterada para a frequência semanal para as medições realizadas nos poços e quinzenal nas utilidades subterrâneas. A CETESB também considerou válida a apresentação de planilha eletrônica com os dados de monitoramento de gases nos poços de monitoramento; porém ainda solicita a apresentação de relatórios trimestrais contendo a análise da evolução das concentrações de gases. 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. Os relatórios poderiam ser compilados para reduzir a emissão de papel.

As coletas de amostras de solo poderiam ser realizados por meio da utilização da tecnologia *Direct Push* para reduzir a geração de resíduos. Ferramentas de investigação de alta resolução 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.

Com base na pesquisa e nos resultados obtidos dessa dissertação foi elaborado um guia informativo denominado “*Gestão Sustentável de áreas contaminadas*”, disponibilizado no APÊNDICE C, como produto do Mestrado Profissional.

Como instrumento de gestão, o guia informativo tem como objetivo 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 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.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo demonstrou que é possível a inserção da sustentabilidade no processo de gestão de áreas contaminadas por meio do planejamento de práticas sustentáveis associadas às necessidades e diretrizes da administração da USP, de tal forma que proteja a saúde humana e minimize os impactos ambientais adversos.

A revisão bibliográfica sobre remediação e construção sustentável juntamente com a análise dos casos bem sucedidos de gestão das áreas contaminadas com elementos sustentáveis forneceram subsídios para a elaboração de um plano de gestão sustentável de uma área contaminada do *campus* USP da Capital.

A partir da caracterização de quatro áreas contaminadas do *campus* USP da Capital, foi selecionada a área da USP Leste para estudo de caso, em função da necessidade de aplicação da remediação para gerenciamento do risco da área e a possibilidade de incluir elementos da construção sustentável no projeto de gestão.

Após análise do Plano de intervenção proposto para a área do *campus* e das ações adotadas no local, foi elaborado um plano com o intuito de buscar melhorias à gestão do *campus*, por meio da inserção da sustentabilidade na gestão da USP Leste. O Plano foi elaborado com a especificação de como práticas sustentáveis poderiam ser implementadas no local, conforme as necessidades e diretrizes da USP.

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).

Além do impacto positivo da região onde a USP Leste está inserida, a gestão sustentável do *campus* poderá gerar benefícios, tais como redução de custos a longo prazo relacionados à redução do consumo de energia e eletricidade pela implantação de sistemas de energia renováveis para fornecimento de energia elétrica aos sistemas de ventilação de metano.

Outrossim, a gestão sustentável da área contaminada selecionada fornecerá subsídios para o planejamento e desenvolvimento de outros projetos sustentáveis de outras áreas contaminadas da USP. Para que estes projetos sejam efetivos, a gestão da contaminação e o reuso do *site* devem ser considerados um processo único e interligado, não com atividades independentes. Também se devem considerar soluções que atendam as necessidades da comunidade, da economia local e/ou global e do meio ambiente.

Para as ações futuras em outras áreas contaminadas da USP, todas as partes interessadas devem estar envolvidas desde o início do processo de gestão a fim de compartilhar conhecimento e recursos e determinar como as ações adotadas para o melhor reuso prático do *site* podem agregar valor.

Este estudo poderá ser continuado por meio do desenvolvimento de pesquisas referentes a métricas e indicadores de sustentabilidade; e ferramentas qualitativas e quantitativas de avaliação das três dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômica ou social) em projetos de remediação adaptadas à realidade brasileira para auxiliar os gestores na tomada de decisão quanto às práticas, técnicas e ações sustentáveis a serem aplicadas na gestão das demais áreas contaminadas pertencentes à universidade.

Adicionalmente, a continuidade dos estudos científicos e a realização de discussões entre as partes interessadas são imprescindíveis para a elaboração de instrumentos e/ou políticas públicas que possam considerar a sustentabilidade no gerenciamento de áreas contaminadas do município de São Paulo e em outras cidades do país.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044: Gestão ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009b.

BARDOS, P.; KNIGHT, M.; HUMPHREY, S. Sustainable remediation. **Environmental Scientist**. Londres. v. 21, n. 3, p. 46-49, agosto. 2012

BARDOS, P.; BONE B.; BOYLE R.; EVANS F.; HARRIES N.; HOWARD T.; SMITH J. The rationale for simple approaches for sustainability assessment and management in contaminated land practice. **Science of The Total Environment**. v. 563–564, p. 755–768, setembro. 2016.

BEAMES, A.; BROEKX, S.; LOOKMAN, R.; TOUCHANT, K.; SEUNTJENS, P. Sustainability appraisal tools for soil and groundwater remediation: How is the choice of remediation alternative influenced by different sets of sustainability indicators and tool structures? **The Science of the Total Environment**. v. 470-471, p. 954(13), fevereiro. 2014.

BRANSKI, R. M.; ARELLANO R.; FRANCO, C.; LIMA, O. F. **Metodologia de estudo de caso aplicada à logística**. Disponível em: <http://www.lalt.fec.unicamp.br/scriba/files/como_produzir/portugues/ANPET%20-%20METODOLOGIA%20DE%20ESTUDO%20DE%20CASO%20-%20COM%20AUTORIA%20-%20VF%2023-10.pdf>. Acesso em: 4 de maio de 2015.

CAPPUYNS, V.; KESSEN, B. Evaluation of the environmental impact of Brownfield remediation options: comparison of two life cycle assessment-based evaluation tools, **Environmental Technology**, 33:21, p. 2447-2459, 2012.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. Disponível em <http://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/11/Capitulo_X.pdf>. Acesso em 03 de abril de 2017.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decisão de Diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005**. Dispõe sobre a aprovação dos

Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decisão de diretoria nº 010/2006/C, de 11 de fevereiro de 2006.** Procedimento para licenciamento ambiental de postos de combustíveis e sistemas retalhistas de combustíveis.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007.** Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas. Disponível em < <http://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/45/2015/07/DD-103-07-C-E-Procedimento-para-Gerenciamento-de-%C3%81reas-Contaminadas.pdf>>. Acesso em 03 de abril de 2015.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decisão de diretoria nº 263/2009/C, de 20 de outubro de 2009.** Dispõe sobre a aprovação do Roteiro para Execução de Investigação Detalhada e Elaboração de Plano de Intervenção em Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decisão de diretoria nº 045/2014/E/C/I, de 20 de fevereiro de 2014.** Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2014, em substituição aos Valores Orientadores de 2005 e dá outras providências.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas.** Disponível em: <<http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/relacao-de-areas-contaminadas/>>. Acesso em: 30 de julho de 2016.

CL:AIRE - Contaminated Land: Applications in Real Environments. **A Framework for Assessing the Sustainability of Soil and Groundwater Remediation.** 2010 - Londres. Disponível em: <www.claire.co.uk/surfuk>. Acesso em: 4 de setembro de 2015.

CL:AIRE - Contaminated Land: Applications in Real Environments. **Annex 1: the SURF-UK Indicator Set for Sustainable Remediation.** 2011 - Londres. Disponível em: <www.claire.co.uk/surfuk>. Acesso em: 4 de setembro de 2015.

CL:AIRE - Contaminated Land: Applications in Real Environments. **SuRF-UK Case Studies and Bulletins.** 2013 - Londres. Disponível em: <www.claire.co.uk/surfuk>. Acesso em: 4 de abril de 2017.

CL:AIRE - Contaminated Land: Applications in Real Environments. **Sustainable Management Practices for Management of Land Contamination.** 2014 - Londres. Disponível em: <www.claire.co.uk/surfuk>. Acesso em: 4 de setembro de 2015.

COMMON FORUM. **Declaração Conjunta NICOLE e COMMON FORUM.** Disponível em:

<http://www.commonforum.eu/Documents/DOC/PositionPapers/1177/Portugees_DDC_FLYER_05122014_v0.1.pdf>. Acesso em: 30 de julho de 2015.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009.** Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 273 de 29 de novembro de 2000.** Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição.

CUNHA, R. C. A. **Avaliação de risco em áreas contaminadas por fontes industriais desativadas: estudo de caso.** 1997. 152f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

DEFRA - Department for Environment, Food & Rural Affairs of United Kingdom - **Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions.** Setembro 2009. Disponível em: <<http://archive.defra.gov.uk/search/results.htm>>. Acesso em 30 de julho de 2015.

DTSC - DEPARTMENT OF TOXIC SUBSTANCES CONTROL OF CALIFORNIA. **Intern advisory for green remediation. 2009.** Disponível em: <http://www.dtsc.ca.gov/OMF/upload/GRT_Draft_-Advisory_-20091217_ac1.pdf>. Acesso em 15 de março de 2015.

DTSC - DEPARTMENT OF TOXIC SUBSTANCES CONTROL OF CALIFORNIA. **Green remediation.** Disponível em: < http://www.dtsc.ca.gov/OMF/Grn_Remediation.cfm>. Acesso em 30 de julho de 2015.

EA - ENVIRONMENT AGENCY. **Working at Construction and Demolition Sites: PPG6 Pollution Prevention Guidelines.** 2012. Disponível em: <<http://www.environment-agency.gov.uk/business/topics/pollution/39083.aspx>> Acesso em 15 de março de 2015.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional – Relatório Final.** Disponível em: < https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf> Acesso em 23 de setembro de 2016.

FEVRE-GAUTIER, A.; COLOMBANO, S.; SAADA, A.; BERANGER, S.; MERLY, C. **Sustainable remediation strategies: multicriteria analysis to select and compare**

remediation techniques in a sustainability perspective. ConSoil 2010: 11th International UFZ-Deltares/TNO Conference on Management of Soil, Groundwater and Sediment, Salzburg, Austria. 8 p., 2010.

FRANZ, M.; PAHLEN, G.; NATHANAIL, P.; OKUNIEK, N.; KOJ, A. Sustainable development and brownfield regeneration. What defines the quality of derelict land recycling? **Environmental Sciences**. v. 3, n. 2, p. 135-151, junho. 2006.

FRTR – Federal Remediation Technologies Roundtable. **Table of Contents**. Disponível em: <https://frtr.gov/matrix2/top_page.html>. Acesso em 26 de julho de 2016.

GARDGUIDE. **Chapter 8**. Disponível em: <http://www.gardguide.com/index.php?title=Chapter_8>. Acesso em 15 de março de 2015.

GBC BRASIL. **Green Building Council Brasil**. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>>. Acesso em 15 de março de 2015.

GBC BRASIL. **Green Building Council Brasil**. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/leed-new-construction.php?doc=CheckListLEEDNCv.3Portugues.pdf>>. Acesso em 15 de julho de 2016.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, C. B. USP Leste – A expansão da Universidade: do Oeste para Leste. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2005.

GÜNTER, M. R. W. Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana. **São Paulo em Perspectiva**, v.20, n.2, p.105-17, 2006.

HERNANDES, T. Z. **LEED-NC como sistema de avaliação da sustentabilidade: uma perspectiva nacional?** 2006. 134 p. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Tecnologia de Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

HUYSEGOMS, L.; CAPPUYNS, C. Critical review of decision support tools for sustainability assessment of site remediation options. **Journal of Environmental Management**, v. 19, p. 278-296, 2017.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia de Elaboração de Planos de Intervenção para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. Organizadores Sandra Lúcia de Moraes, Cláudia Echevengúá Teixeira,

Alexandre Magno de Sousa Maximiano. -- 1. ed.rev. -- São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: BNDES, 2014. - (Publicação IPT; 4374).

ITRC - INTERSTATE TECHNOLOGY REGULATORY COUNCIL. **Green and Sustainable Remediation: a Practical framework**. Novembro 2011. Disponível em: <<http://www.itrcweb.org/GuidanceDocuments/GSR-2.pdf>> Acesso em 15 de março de 2015.

LESAGE, P.; EKVALL, T.; DESCHÊNES, L. SAMSON, R. Environmental assessment of brownfield rehabilitation using two different life cycle inventory models. Part 2: Case Study. **International Journal Life Cycle Assessment**. v.12, p.497–513. 2007.

LIMA, E.; GUARNIERI, M.; NERI, E.; COSTA, D.; SUGAWARA, T.; TERVYDIS, C.; VILELA, D.; MAURO, M.; MELUCCI, A.; AMBRIZZI, T.; PHILIPPI, A. **Sustentabilidade em campi universitários: as contribuições da Prefeitura do *campus* USP da capital no desenvolvimento do programa *Campus* Sustentável USP (Universidade de São Paulo) – Brasil**. ELAUS 2015 II Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis. Porto Alegre RS. 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Curso de Capacitação Sustentabilidade na Administração Pública - Agosto/2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80063/Apostila%20-%20Curso%20A3P%20-%202013_.pdf> Acesso em: 20 de setembro de 2016.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/areas-contaminadas?tmpl=component&print=1>>. Acesso em: 4 de março de 2015.

MOERI, E. N. E; RODRIGUES, D. E NIETERS, A. **Remediação e revitalização de áreas contaminadas. Estudos de caso nacionais. Aspectos técnicos, legais e financeiros**. – Instituto EKOS Brasil, Editora SIGNUS. p. VII e VIII; p. 189 a 203. 2007.

MORINAGA, C. M. **Recuperação de áreas contaminadas: um novo desafio para projetos paisagísticos**. 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

MORINAGA, C. M. **Áreas contaminadas e a construção da paisagem pós-industrial na cidade de São Paulo**. 2013. 201 f. Tese (Doutorado – Área de Concentração: Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

MOTTA, M. T.; SILVA, F. A. N.; LOBATO, R.; RAMIRES, J. Z. S.; VITOR, J. D. S.; MONTEIRO, R.; TAKIYA, H.; MANETTI, C.; BRETTAS, L. E.; GLOEDEN, E.; NETO,

V. A.; MARKER, A. **Proposta de revitalização de *brownfield* na área do antigo incinerador Pinheiros**. In: Moeri, E.; Rodrigues, D.; Nieters, A. (Org.). *Áreas Contaminadas: Remediação e Revitalização*. Estudos de caso nacionais e internacionais. São Paulo: Signus Editora, 2007, v.3, p. 177-204.

NORTE ARQUITETURA E URBANISMO. **Glossário de Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://norte.arq.br/glossario-de-sustentabilidade/#E>>. Acesso em: 4 de março de 2015.

NOSSO FUTURO COMUM. **Relatório Brundtland**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1990.

OHLONE COLLEGE. Disponível em: <<http://www.ohlone.edu/org/collegeadvancement/districtnewsreleases/20082009/20080828greenestcollege.html>> Acesso em: 3 de setembro de 2015.

PETRUZZI, N. M. A Case Study on the Evaluation and Implementation of Green and Sustainable Remediation Principles and Practices During a RCRA Corrective Action Cleanup. **Ground Water Monitoring & Remediation**, v. 31, p. 63–71, 2011.

PHARMACIA & UPJOHN COMPANY LLC SITE. Disponível em: <www.upjohnnorthhaven.com/index.php> Acesso em: 3 de setembro de 2015.

PHILIPPI A.; SAMPAIO C. A. C.; FERNANDES V. **Gestão de Natureza Pública e Sustentabilidade**. Barueri SP. 2012.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. **Avaliação de Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos**. Disponível em: <http://hygeia.fsp.usp.br/siades/documentos/Publicacoes/artigo_6f.pdf>. Acesso em: 4 de março de 2015.

PRAÇA VICTOR CIVITA. Disponível em: <<http://pracavictorcivita.org.br/>> Acesso em: 4 de março de 2015.

PUGA, B. P.; ALY JUNIOR, O.; HIRATA, R C A; BERTOLO, R. **Valoração de serviços ecossistêmicos de águas subterrâneas: notas preliminares**. In: XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, 2015.

PUSPC – PREFEITURA DO CAMPUS USP DA CAPITAL. **Relatório Anual**. 2011. Disponível em: <http://www.puspc.usp.br/wp-content/uploads/relatorio_anual_2011.pdf> Acesso em: 30 de julho de 2015.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. SP: Escrituras Editora, 3^a. Ed., 2006.

SÁNCHEZ, L. E. **Revitalização de áreas contaminadas**. In: Moeri, E.; Coelho, R.; Marker, A.. (Org.). **Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas**. São Paulo: Signus Editora, 2004, v.1, p. 79-90.

SARNI, W. **Greening Brownfields: Remediation Through Sustainable Development**. United States. Mc Graw Hill, 2010.

SEF - SUPERINTENDÊNCIA DO ESPAÇO FÍSICO - USP. **USP Leste – Ações ambientais**. Disponível em: < <http://www.sef.usp.br/usp-leste/acoes-ambientais/>>. Acesso em: 30 de março de 2015.

SEF - SUPERINTENDÊNCIA DO ESPAÇO FÍSICO - USP. **USP Leste**. Disponível em: <<http://www.sef.usp.br/usp-leste/>>. Acesso em: 30 de março de 2017.

SGA - SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO AMBIENTAL - USP. **Primeira Fase da Política Ambiental**. 2014. Documento interno disponível eletronicamente pela SGA.

SGA - SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO AMBIENTAL - USP. **Grupos de Trabalho da SGA**. Disponível em: <<http://sites.usp.br/sga/grupos-de-trabalho-da-sga/>>. Acesso em: 30 de julho de 2016.

SMA - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Gestão ambiental (Cadernos de Educação Ambiental)** - São Paulo: SMA, 2011. 176p. Disponível em: < <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/publicacoes/2016/12/16-GestaoAmbiental.pdf>>. Acesso em: 30 de julho de 2015.

SCIULLI, B. E. Workshop: Tecnologias para a remediação de solo e água subterrânea. ERM Brasil Ltda. São Paulo, 10 e 11 março 2008.

SMITH, J.; KERRISON, G. Benchmarking of Decision-Support Tools Used for Tiered Sustainable Remediation Appraisal. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 224, pp.1-11, 2013.

SOARES, M. S. **Áreas Contaminadas e águas subterrâneas na unidade de gerenciamento de recursos hídricos do Alto Tietê**. 212 p. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

SONG, S. **O papel da análise de risco na remediação de áreas contaminadas.** In: Moeri, E.; Coelho, R.; Marker, A.. (Org.). *Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas*. São Paulo: Signus, 2004, p. 65-78.

SURF - THE SUSTAINABLE REMEDIATION FORUM. Integrating sustainable principles, practices, and metrics into remediation projects. **Remediation Journal**, v.19, pp 5 - 114, 2009.

SURF - THE SUSTAINABLE REMEDIATION FORUM. Metrics for integrating sustainable evaluations into remediation projects. **Remediation Journal**, v.21, pp 81 -87, 2011a.

SURF - THE SUSTAINABLE REMEDIATION FORUM. **Supplement to Framework for integrating sustainability into remediation projects.** 2011b. United States. Disponível em: <<http://www.sustainableremediation.org/library/guidance-tools-and-other-resources>>. Acesso em: 30 de julho de 2015.

SURF - THE SUSTAINABLE REMEDIATION FORUM. **Library - Case Studies.** Disponível em: < <http://www.sustainableremediation.org/library/case-studies/>>. Acesso em: 30 de julho de 2015.

TEXEIRA, C. E.; CUNHA, A. C. L. L.; ARDUIN, R. H.; RUIZ, M. S. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) Aplicada a Remediação de Áreas Contaminadas. **Revista de Gestão Social e Ambiental - RSA**. São Paulo, v. 6, n. 2, p. 3-18, maio/agosto, 2012.

THE PHOENIX AWARDS. **Phoenix Award Winners.** Disponível em: <<http://phoenixawards.org/dev6/index.html>>. Acesso em: 30 de julho de 2015.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Emergency and Remedial Response. **Risk Management Guidance for Superfund.** Volume I, Human Health Evaluation. 1989.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Green Remediation – Incorporating Sustainable Environmental Practices into Remediation of Contaminated Sites.** 2008. Disponível em: <http://www.brownfieldstsc.org/pdfs/green-remediation-primer.pdf>. Acesso em 15 de março de 2015.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Green Remediation Management Practices: Clean Fuel & Emission Technologies for Site Cleanup.** 2010. Disponível em: <http://www.clu-in.org/greenremediation/index.cfm>. Acesso em 15 de março de 2015.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Life Cycle Assessment**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/lca.html#define>>. Acesso em 30 de julho de 2015a.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Contaminated Site Clean-Up Information – Profiles of Green Remediation**. Disponível em: <<https://clu-in.org/greenremediation/profiles>>. Acesso em 30 de julho de 2015b.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Clean Energy**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/refs.html>>. Acesso em 30 de agosto de 2015c.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Green Remediation Best Management Practices: Site Investigation**. Disponível em: <<https://clu-in.org/greenremediation/>>. Acesso em 03 de outubro de 2016.

USGBC – U.S GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED**. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/leed/rating-systems/credit-categories#certification>>. Acesso em 30 de janeiro de 2015.

USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Disponível em: <www.usp.br>. Acesso em 30 de julho de 2015.

VERGARA, S.C. **Sugestão para estruturação de um projeto de pesquisa**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas; 1991. (Cadernos de Pesquisa, 2)

YIN, R. K. **Estudo de caso – planejamento e métodos**. (2 Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.

YIN, R.K. **Case study research, design and methods (applied social research methods)**. Thousand Oaks. California: Sage Publications, 2009.

ANEXO A

LEED para Novas Construções 2009 Registro Projeto Checklist

Nome do Projeto:
Endereço do Projeto:

Espaço Sustentável 26 Pontos

Y	Pré-requisito 1	Prevenção da poluição na atividade da Construção	Requisito
	Crédito 1	Seleção do Terreno	1
	Crédito 2	Densidade Urbana e Conexão com a Comunidade	5
	Crédito 3	Remediação de áreas contaminadas	1
	Crédito 4.1	Transporte Alternativo, Acesso ao Transporte público	6
	Crédito 4.2	Transporte Alternativo, Bicicletário e Vestiário para os ocupantes	1
	Crédito 4.3	Transporte Alternativo, Uso de Veículos de Baixa emissão	3
	Crédito 4.4	Transporte Alternativo, Área de estacionamento	2
	Crédito 5.1	Desenvolvimento do espaço, Proteção e restauração do Habitat	1
	Crédito 5.2	Desenvolvimento do espaço, Maximizar espaços abertos	1
	Crédito 6.1	Projeto para águas Pluviais, Controle da quantidade	1
	Crédito 6.2	Projeto para águas pluviais, Controle da qualidade	1
	Crédito 7.1	Redução da ilha de calor, Áreas Descobertas	1
	Crédito 7.2	Redução da ilha de calor, Áreas Cobertas	1
	Crédito 8	Redução da Poluição Luminosa	1

Uso Racional da Água 10 Pontos

Y	Pré-requisito 1	Redução no Uso da Água	Requisito
	Crédito 1	Uso eficiente de água no paisagismo	2 a 4
		Redução de 50%	2
		Uso de água não potável ou sem irrigação	4
	Crédito 2	Tecnologias Inovadoras para águas servidas	2
	Crédito 3	Redução do consumo de água	2 a 4
		Redução de 30%	2
		Redução de 35%	3
		Redução de 40%	4

Energia e Atmosfera 35 Pontos

Y	Pré-requisito 1	Comissionamento dos sistemas de energia	Requisito
Y	Pré-requisito 2	Performance Mínima de Energia	Requisito
Y	Pré-requisito 3	Gestão Fundamental de Gases Refrigerantes, Não uso de CFC's	Requisito
	Crédito 1	Otimização da performance energética	1 a 19
		12% Prédios novos ou 8% Prédios reformados	1
		14% Prédios novos ou 10% Prédios reformados	2
		16% Prédios novos ou 12% Prédios reformados	3
		18% Prédios novos ou 14% Prédios reformados	4
		20% Prédios novos ou 16% Prédios reformados	5
		22% Prédios novos ou 18% Prédios reformados	6
		24% Prédios novos ou 20% Prédios reformados	7
		26% Prédios novos ou 22% Prédios reformados	8
		28% Prédios novos ou 24% Prédios reformados	9
		30% Prédios novos ou 26% Prédios reformados	10
		32% Prédios novos ou 28% Prédios reformados	11
		34% Prédios novos ou 30% Prédios reformados	12
		36% Prédios novos ou 32% Prédios reformados	13
		38% Prédios novos ou 34% Prédios reformados	14
		40% Prédios novos ou 36% Prédios reformados	15
		42% Prédios novos ou 38% Prédios reformados	16
		44% Prédios novos ou 40% Prédios reformados	17
		46% Prédios novos ou 42% Prédios reformados	18
		48% Prédios novos ou 44% Prédios reformados	19
	Crédito 2	Geração local de energia renovável	1 a 7
		1% Energia Renovável	1
		3% Energia Renovável	2
		5% Energia Renovável	3
		7% Energia Renovável	4
		9% Energia Renovável	5
		11% Energia Renovável	6
		13% Energia Renovável	7
	Crédito 3	Melhoria no comissionamento	2
	Crédito 4	Melhoria na gestão de gases refrigerantes	2
	Crédito 5	Medições e Verificações	3
	Crédito 6	Energia Verde	2

Yes	?	No	Materiais e Recursos		14 Pontos
☒	☐	☐	Pré-requisito 1	Depósito e Coleta de materiais recicláveis	Requisito
☐	☐	☐	Crédito 1.1	Reuso do edifício , Manter Paredes, Pisos e Coberturas Existentes	1 a 3
				Reuso de 55%	1
				Reuso de 75%	2
				Reuso de 95%	3
☐	☐	☐	Crédito 1.2	Reuso do Edifício , Manter Elementos Interiores não estruturais	1
☐	☐	☐	Crédito 2	Gestão de Resíduos da Construção	1 a 2
				Destinar 50% para o reuso	1
				Destinar 75% para o reuso	2
☐	☐	☐	Crédito 3	Reuso de Materiais	1 a 2
				Reuso de 5%	1
				Reuso de 10%	2
☐	☐	☐	Crédito 4	Conteúdo Reciclado	1 a 2
				10% do Conteúdo	1
				20% do Conteúdo	2
☐	☐	☐	Crédito 5	Materiais Regionais	1 a 2
				10% dos Materiais Extraído, Processado e Manufaturado Regionalmente	1
				20% dos Materiais Extraído, Processado e Manufaturado Regionalmente	2
☐	☐	☐	Crédito 6	Materiais de Rápida Renovação	1
☐	☐	☐	Crédito 7	Madeira Certificada	1
Yes	?	No	Qualidade Ambiental Interna		15 Pontos
☒	☐	☐	Pré-requisito 1	Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interno	Requisito
☒	☐	☐	Pré-requisito 2	Controle da fumaça do cigarro	Requisito
☐	☐	☐	Crédito 1	Monitoração do Ar Externo	1
☐	☐	☐	Crédito 2	Aumento da Ventilação	1
☐	☐	☐	Crédito 3.1	Plano de Gestão de Qualidade do Ar , Durante a Construção	1
☐	☐	☐	Crédito 3.2	Plano de Gestão de Qualidade do Ar , Antes da ocupação	1
☐	☐	☐	Crédito 4.1	Materiais de Baixa Emissão , Adesivos e Selantes	1
☐	☐	☐	Crédito 4.2	Materiais de Baixa Emissão , Tintas e Vernizes	1
☐	☐	☐	Crédito 4.3	Materiais de Baixa Emissão , Carpetes e sistemas de piso	1
☐	☐	☐	Crédito 4.4	Materiais de Baixa Emissão , Madeiras Compostas e Produtos de Agrofibras	1
☐	☐	☐	Crédito 5	Controle interno de poluentes e produtos químicos	1
☐	☐	☐	Crédito 6.1	Controle de Sistemas , Iluminação	1
☐	☐	☐	Crédito 6.2	Controle de Sistemas , Conforto Térmico	1
☐	☐	☐	Crédito 7.1	Conforto Térmico , Projeto	1
☐	☐	☐	Crédito 7.2	Conforto Térmico , Verificação	1
☐	☐	☐	Crédito 8.1	Iluminação Natural e Paisagem , Luz do dia	1
☐	☐	☐	Crédito 8.2	Iluminação Natural e Paisagem , Vistas	1
Yes	?	No	Inovação e Processo do Projeto		6 Pontos
☐	☐	☐	Crédito 1	Inovação no Projeto : Insira o título	1 a 5
				Inovação ou Performance Exemplar	1
				Inovação ou Performance Exemplar	1
				Inovação ou Performance Exemplar	1
				Inovação	1
				Inovação	1
☐	☐	☐	Crédito 2	Profissional Acreditado LEED®	1
Yes	?	No	Créditos Regionais		4 Pontos
☐	☐	☐	Crédito 1	Prioridades Regionais	1 a 4
				Prioridades Ambientais Específicas da Região	1
				Prioridades Ambientais Específicas da Região	1
				Prioridades Ambientais Específicas da Região	1
				Prioridades Ambientais Específicas da Região	1
Yes	?	No	Total de Pontuação do Projeto (Estimativa de Certificação)		110 Pontos
Certificado: 40-49 pontos Prata: 50-59 pontos Ouro: 60-79 pontos Platinum: 80 pontos ou mais					

Fonte: GBC Brasil, 2016

ANEXO B

Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo

AUTO POSTO UNIVERSITÁRIOS LTDA.

AV AFRÂNIO PEIXOTO S/Nº - BUTANTÃ - SÃO PAULO

Atividade ☐ indústria ☐ comércio ☒ posto de combustível ☐ resíduo ☐ acidentes ☐ agricultura ☐ desconhecida

Coordenadas (m): fuso 23 DATUM Córrego Alegre UTM_E 324.775,00 UTM_N 7.393.080,00

Classificação em processo de remediação (ACRe)

☐ reutilização

Etapas do gerenciamento

- ☐ avaliação da ocorrência
☐ medidas para eliminação de vazamento
☒ investigação confirmatória
☒ investigação detalhada e plano de intervenção
☒ remediação com monitoramento da eficiência e eficácia
☐ monitoramento para encerramento

- ☐ avaliação preliminar
☐ investigação confirmatória
☐ investigação detalhada
☐ avaliação de risco/ gerenciamento do risco
☐ concepção da remediação
☐ projeto de remediação
☐ remediação com monitoramento da eficiência e eficácia
☐ monitoramento para encerramento

Fonte de contaminação

- ☒ armazenagem ☐ produção ☐ manutenção ☐ emissões atmosféricas ☐ tratamento de efluentes
☐ descarte disposição ☐ infiltração ☐ acidentes ☐ desconhecida

Meios impactados

Meio impactado	Propriedade	
	Dentro	Fora
solo superficial	☒	☐
subsolo	☒	☐
águas superficiais	☐	☐
águas subterrâneas	☒	☒
sedimentos	☐	☐
ar	☐	☐
biota	☐	☐

- ☒ existência de fase livre
☐ existência de POPs

Contaminantes

- ☐ metais ☐ fenóis
☐ outros inorgânicos ☐ biocidas
☐ solventes halogenados ☐ ftalatos
☒ solventes aromáticos ☐ dioxinas e furanos
☐ solventes aromáticos halogenados ☐ anilinas
☒ PAHs ☐ radionuclídeos
☐ PCBs ☐ microbiológicos
☐ metano ☐ TPH
☒ combustíveis automotivos ☐ outros
☐ outros vapores/gases

Medidas emergenciais

- ☐ isolamento da área (proibição de acesso à área)
☐ ventilação/exaustão de espaços confinados
☒ monitoramento do índice de explosividade
☒ monitoramento ambiental
☐ remoção de materiais (produtos, resíduos, etc.)
☐ fechamento/interdição de poços de abastecimento
☐ interdição edificações
☐ proibição de escavações
☐ proibição de consumo de alimento

Medidas de controle institucional

restrição	proposta na avaliação de risco ou no plano de intervenção	comunicada ao órgão responsável	implantada
uso de solo	☐	☐	☐
uso água subterrânea	☐	☐	☐
uso água superficial	☐	☐	☐
consumo alimentos	☐	☐	☐
uso de edificações	☐	☐	☐
trabalhadores de obras			

Medidas de remediação

- ☐ bombeamento e tratamento ☐ oxidação química ☐ barreira física
☒ extração de vapores do solo (SVE) ☐ redução química ☐ barreira hidráulica
☐ air sparging ☐ barreiras reativas ☐ biorremediação
☐ biosparging ☐ lavagem de solo ☐ fitorremediação
☐ bioventing ☐ remoção de solo/resíduo ☐ biopilha
☐ extração multifásica ☒ recuperação fase livre ☒ atenuação natural monitorada
☐ descolorinação reductiva ☐ encapsulamento geotécnico ☐ outras
☐ tratamento térmico in situ ☐ cobertura de resíduo/solo contaminado ☐ sem medida de remediação

Medidas de controle de engenharia

- ☐ adequação de projeto ☐ impermeabilização ☐ pavimentação ☐ outras

CETESB

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental
 dezembro/2014

Página 3676 de 5148

APÊNDICE A

Quadro 21 - Resumo dos relatórios ambientais realizados para a área do Auto Posto Universitários e documentação emitida pela CETESB

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Correspondência GRASP/SEMANS n° 004/96 - Investigação Ambiental	Janeiro/1996	Execução de teste de estanqueidade, instalação de 12 poços de monitoramento, coleta de 8 amostras de água subterrânea e leituras de explosividade.	Tanque de gasolina apresentou-se não estanque; presença de valores altos de explosividade nas galerias de esgoto.
Parecer Técnico CETESB n° 11/DDRS/96	Março/1996	Análise da Investigação Ambiental de Janeiro/96	A CETESB constatou a presença de uma pequena lâmina de combustível no PM-02. A CETESB recomendou a manutenção do monitoramento do índice de explosividade na galeria de esgoto e de fase livre de combustível em todos os poços de monitoramento.
Correspondências GRASP/SEMANS n° 056/96, n° 099/96 n° 153/96, n° 006/97, n° 021/97, n° 031/97, n° 052/97, n° 070/97, n° 089/97 e n° 116/97	Fevereiro/1996 – Junho/97	Monitoramento da água subterrânea e do índice de explosividade dos poços de monitoramento	Ausência de hidrocarbonetos em todos os poços e índice de explosividade zero em todas as galerias de serviço público. Índice de explosividade 100% em alguns PMs.
Parecer Técnico CETESB n° 37/DDAA/96 Parecer Técnico CETESB n° 53/DDAA/97	Julho/1996 Agosto/1997	Avaliação dos trabalhos de monitoramento	Constatação de índice de explosividade 100% nos poços PM-02 e PM-03 em inspeção realizada pela CETESB. Necessidade de apresentação da análise de benzeno, tolueno e xilenos nos PMs.
Correspondência GRASP/SEMANS n° 152/97, n° 180/97, n° 188/97	Agosto/97 – Outubro/97	Monitoramento da água subterrânea e do índice de explosividade dos poços de monitoramento	Índices de explosividade menores do que 100% em todos os PMs. Altas concentrações de benzeno, tolueno e xilenos detectadas nos PM-14 e PM-17.
Parecer Técnico CETESB n° 92/DDAA/97	Novembro 1997	Avaliação dos trabalhos de monitoramento	A CETESB recomendou a realização da delimitação da pluma de contaminação em fase dissolvida e de avaliação de risco.

“Continua”

“Continuação”

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Correspondência GRASP/SEMANSP nº 200/97, nº 212/97, nº 004/98, nº 027/98, nº 036/98, nº 039/98, nº 049/98, nº 068/98, nº 084/98, nº 122/98	Outubro/97 – Junho/98	Monitoramento da água subterrânea e do índice de explosividade dos poços de monitoramento	Índices de explosividade menores do que 100% em todos os PMs. Altas concentrações de benzeno, tolueno e xilenos detectadas nos PM-14 e PM-17.
Parecer Técnico CETESB nº 64/DPEI/98 Parecer Técnico CETESB nº 139/DPEI/98	Junho/1998 Novembro 1998	Avaliação dos trabalhos de monitoramento e trabalhos complementares	Constatação de índice de explosividade 100% nos poços PM-14 e PM-09 em inspeção realizada pela CETESB. A CETESB recomendou a realização de amostragem de solo e uma nova campanha para análise de BTEX para todos os poços e a continuidade da operação de bombeamento nos poços.
Correspondências GRASP/SEMANSP nº 251/98, nº 257/98	Dezembro 1998	Monitoramento da água subterrânea e do índice de explosividade dos poços de monitoramento. Instalação do Sistema de Extração de Vapores (SVE)	Decréscimo nas concentrações de hidrocarbonetos no PM-14. Ausência de fase livre e índice de explosividade zero em todos os PMs.
Parecer Técnico CETESB nº 20/DPEI/99 Parecer Técnico CETESB nº 55/DPEI/99	Março/1999 Maio/1999	Avaliação dos trabalhos de monitoramento e trabalhos complementares	A CETESB recomendou a continuidade do monitoramento da água subterrânea; coleta e análise BTEX no solo em 04 pontos, bem como medições do índice de explosividade nos PMs e na entrada e saída do SVE.
Correspondência GRASP/SEMANSP nº 121/99	Maio/1999	Execução de 3 sondagens, coleta de 3 amostras de solo e 5 amostras de água subterrânea para análise de BTEX. Monitoramento do índice de explosividade dos PMs.	Altas concentrações de benzeno, tolueno e xilenos detectadas no PM-14. Índice de explosividade zero em todos os PMs.
Avaliação de Risco	Outubro/2000	Execução de 7 sondagens, coleta de 14 amostras de solo e 16 amostras de água subterrânea para análise de BTEX, além do cálculo do risco.	Altas concentrações de BTEX nos PM-14, PM-15, PM-16 e PM-17. Risco carcinogênico para a inalação de vapores em ambientes fechados.

“Continua”

“Continuação”

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Parecer Técnico CETESB nº 096/ESCC/03	Agosto/2003	Avaliação dos resultados de monitoramento de 2001	A CETESB recomendou a realização de uma campanha de monitoramento e nova avaliação de risco.
Estudo de Avaliação de Risco	Maio/2004	Execução de 6 sondagens, instalação de 3 poços de monitoramento, coleta de 6 amostras de solo; 3 amostras de água subterrânea para análise de BTEX e PAH; e cálculo do risco utilizando metodologia <i>RBCA (Risk Based Corrective Action) pelo software RBCA Tool Kit for Chemical Releases</i> .	Ocorrência de fase livre de combustível no PM-15A e água subterrânea contaminada por BTEX e naftaleno no PM-15A e benzeno no PME-14. Ausência de risco para os cenários considerados.
Parecer Técnico CETESB nº 008/ESCC/06	Janeiro/2006	Análise do Estudo de Avaliação de Risco de Maio/2004	Em inspeção realizada pela CETESB foi constatada a presença de fase livre de 1 cm no PM-56 (Tanque – 07 gasolina). A CETESB recomendou incluir a região a jusante dos tanques 6 e 8 nos próximos monitoramentos e a adoção de medidas de controle institucional (restrição do uso da água subterrânea e utilização de EPIs pelos trabalhadores de obras e de escavação); remoção da fase livre e da execução de nova campanha de amostragem.
Avaliação de Risco	Maio/2006	Execução de 4 sondagens, instalação de 7 poços de monitoramento, coleta de 5 amostras de solo; 22 amostras de água subterrânea para análise de BTEX, PAH e ferro; e cálculo do risco conforme metodologia RBCA através do software <i>RBCA Tool Kit for Chemical Releases – Tier II</i> . Para o cenário contato dérmico com a água subterrânea foram utilizados os dados constantes na no Anexo VII da Decisão de Diretoria da CETESB nº 010/2006/C.	Ocorrência de fase livre de benzeno no PM-23. Contaminação por benzeno no solo (ST-01) e na água subterrânea (Poços PM-14, PM-16, PM-22 e PM-24). Risco carcinogênico e toxicológico para o cenário de ingestão de água subterrânea para os receptores considerados.
Instalação do Sistema de saneamento do solo e lençol freático e monitoramento do sistema de remediação	Agosto/2006 – Janeiro/2007	Instalação do sistema de extração multifásica em agosto/06 e sistema desmobilizado em janeiro/07	Não houve recuperação de combustíveis em função da não detecção de hidrocarbonetos em fase livre.

“Continua”

“Continuação”

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Monitoramento da água subterrânea	Setembro/2008 – Março/2012	Monitoramento da água subterrânea e medição de VOC nos PMs existentes	Contaminação por benzo(a)pireno na água subterrânea no PM-21 (Março/09); benzeno nos PM-22 e PM-23 (Setembro/09); tolueno e xilenos no PM-23 (Setembro/09); PM14 e PM-16 (Março/2012). Apenas a concentração de benzo(a)pireno ultrapassou o nível aceitável baseado no risco (NABR) estabelecido para o cenário de contato dérmico a partir da água subterrânea da ACBR (CETESB, 2006). As concentrações obtidas dos demais compostos permaneceram inferiores às metas de remediação calculadas na avaliação de risco de 2006 para o cenário de inalação de vapores em ambientes fechados.
Relatório de Instalação de Poços e Monitoramento Analítico	Dezembro 2013	Execução de 9 sondagens, instalação de 5 poços de monitoramento, coleta de 3 amostras de solo; 22 amostras de água subterrânea para análise de BTEX, PAH e TPH.	Contaminação na água subterrânea por benzeno nos PM-14, PM-22, PM-26, PM-28 e PM-30; etilbenzeno, xilenos e naftaleno no PM-28, porém todas as concentrações abaixo das metas de remediação calculadas em 2006.
Monitoramento da água subterrânea	Maio/2014	Coleta de 20 amostras de água subterrânea para análise de BTEX e PAH.	Contaminação na água subterrânea por benzeno nos PM-14, PM-28 e PM-30; etilbenzeno, xilenos e naftaleno no PM-28, porém todas as concentrações abaixo das metas de remediação calculadas em 2006.
Investigação Detalhada e Plano de Intervenção	Dezembro 2014	Execução de 5 sondagens, coleta de 5 amostras de solo; 20 amostras de água subterrânea para análise de BTEX, PAH e TPH. Comparação dos resultados obtidos com as concentrações máximas aceitáveis constantes na Decisão de Diretoria da CETESB nº 263/2009	Contaminação na água subterrânea por benzeno, etilbenzeno, xilenos e naftaleno nos PM-28 e PM-30, com risco tóxico e carcinogênico para trabalhadores comerciais e residentes hipotéticos para o cenário de ingestão de água subterrânea.

Fonte: Processos administrativos CETESB nº 45/00206/95, nº 01/00646/96, nº 45/00177/04, nº45/01300/07 e nº 45/00659/11

Quadro 22 - Resumo dos relatórios ambientais realizados para o Posto de Combustíveis localizado na PUSP-C e documentação emitida pela CETESB

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Investigação Confirmatória	Abril/2012	Execução de 4 sondagens e instalação de 4 poços de monitoramento; coleta de 4 amostras de solo e água subterrânea para análise de BTEX, PAH e metais; e remoção de 5 tanques subterrâneos.	Contaminação em fase dissolvida pelos compostos benzeno e xilenos nos poços PM-01, PM-02, PM-03 e PM-04; tolueno e etilbenzeno no poço PM-04.
Investigação Detalhada e Plano de Intervenção	Fevereiro/2014	Execução de 7 sondagens, instalação de 7 poços de monitoramento e 3 poços multiníveis, coleta de 7 amostras de solo e 6 amostras de água subterrânea para análise de BTEX, PAH e etanol.	Ocorrência de 20 cm de fase livre no PM-06, solo contaminado por benzeno e etilbenzeno na amostra do PM-06 e água subterrânea contaminada por benzeno nos poços PM-03 e PM-06
Avaliação de Risco	Fevereiro/2014	Comparação dos resultados obtidos com as concentrações máximas aceitáveis constantes na Decisão de Diretoria da CETESB nº 263/2009, que dispõe sobre um roteiro para Execução de Investigação Detalhada e Elaboração de Plano de Intervenção em Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis.	Risco toxicológico e carcinogênico para os cenários de ingestão de fase dissolvida a partir da lixiviação do solo, inalação de vapores em ambientes fechados, e ingestão de água subterrânea.
Parecer Técnico nº 45100699	Novembro/2014	Análise dos relatórios de desmobilização de tanques subterrâneos e de Investigação Detalhada e Avaliação de Risco	Plano de desativação foi considerado favorável, porém o cronograma com as medidas de intervenção deveria ser revisado, com a inclusão das previsões para remover a fase livre, atingir as metas de remediação e iniciar o monitoramento para encerramento do caso.
Resposta ao Parecer Técnico nº 45100699	Janeiro/2015	Reapresentação do cronograma	Previsão de 5 meses para remoção da fase livre, e de 30 meses para encerramento do caso após instalação do sistema de remediação.

Fonte: Processos administrativos CETESB nº 45/00505/12 e nº 45/11564/14

Quadro 23 - Resumo dos relatórios ambientais realizados para a área industrial localizada em Diadema.

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Avaliação de Passivo Ambiental	Abril/2009	Execução de 5 sondagens, coleta de 2 amostras do líquido contido em cada um dos tanques enterrados; e coleta de 1 amostra do sedimento decantado no fundo de cada tanque para análise de VOC, SVOC e metais.	Presença de compostos orgânicos no sedimento depositado no fundo dos tanques e no líquido contido nos tanques enterrados. Presença de metais no líquido contido nos tanques enterrados. Identificação de 3 tambores com produtos oleosos.
Investigação Ambiental Confirmatória e remoção de resíduos	Fevereiro/2012	Execução de 3 sondagens, instalação de 3 poços de monitoramento, coleta de 6 amostras de solo e 3 amostras de água subterrânea para análise de VOC, SVOC e metais.	Água subterrânea contaminada por metais (ferro, chumbo e alumínio) em todos os poços de monitoramento e pelos compostos clorofórmio e bromodiclorometano nos poços PM-01 e PM-02.
Complementação da Investigação Ambiental Confirmatória e remoção de resíduos	Junho/2012	Realização de 2ª campanha de amostragem de água subterrânea	Água subterrânea contaminada por metais (ferro, chumbo e alumínio) em todos os poços de monitoramento.

Fonte: Processos administrativos PUSP-C nº 96.1.30825.1.3, nº 2009.1.14035.1.4 e nº 2013.12113.1.0

Quadro 24 - Resumo dos relatórios ambientais realizados para a área do *campus* USP Leste e documentação emitida pela CETESB

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Relatório Ambiental Preliminar	2004	Caracterização da área para obtenção do licenciamento ambiental e verificar a viabilidade do empreendimento.	Presença de gás metano em uma sondagem da área. Recomendação de elaboração de estudos ambientais complementares concomitantemente a instalação e funcionamento do <i>campus</i> .
Investigação do solo e água subterrânea	CEMA 2004	Execução de 5 sondagens, instalação de 5 poços de monitoramento, coleta de 5 amostras de solo e 5 amostras de água subterrânea para análise de BTEX, PAH, pesticidas organoclorados e metais.	Contaminação na água subterrânea por metais (alumínio, antimônio, chumbo, cobalto, cromo, ferro, manganês e níquel) em 5 poços de monitoramento.
Licença Prévia (LP) nº 00736/04	Junho 2004	Concessão para o início da instalação e funcionamento das obras previstas para a USP Leste – Glebas I e II.	A Licença de Instalação ficou condicionada à apresentação de investigação ambiental confirmatória e outros documentos.
Licença de Instalação (LI) nº 00331/05	Abril 2005	Concessão para a construção da fundação dos edifícios I1, I2, I3 e Central de Serviços (atual I4).	
Licença de Operação (LO) nº 00172/05	Abril 2005	Concessão para operação das unidades já construídas do módulo inicial (atual Ciclo Básico), posto policial, guarita e Conselho Administrativo Técnico (CAT) com validade de 6 meses.	
Relatórios de Diagnóstico Ambiental	Outubro 2005	Conforme as exigências constantes nas LI e LO e em atendimento ao Termo de Ajustamento de Conduta, em 2005 foi realizado um estudo ambiental, cujas atividades incluíram monitoramento do índice de explosividade nas caixas de passagem, mapeamento de gases no solo em 954 pontos distribuídos nos edifícios construídos (I1, I3 e I4), execução de 45 sondagens, instalação de 25 PM, coleta de 21 amostras de solo e 45 amostras de água subterrânea para análise de metais, VOC, SVOC e parâmetros inorgânicos. Nos pontos em que houve medições de 10.000 ppm (limite de detecção do equipamento), foi realizada nova medição com a exclusão do gás metano.	Ocorrência de valores maiores que 10.000 ppm de VOC sem exclusão de metano em 105 pontos nos edifícios I1, I3 e I4 e leituras de até 1420 ppm com exclusão de metano, sugerindo que este gás é o principal responsável pelas anomalias observadas. Também foram obtidos valores de 100% do LIE em alguns pontos; contaminação no solo por benzo(b)fluoranteno na ST-05, metais (ferro total e vanádio) em 6 pontos; contaminação na água subterrânea por fluoranteno no PM-05; criseno, benzo(b)fluoranteno e benzo(a)fluoranteno no PM-09; fenol nos PM-01, PM-03, PM-04, PM-04A, PM-05, PM-10, PM-16 e PM-24; e metais (alumínio, bário, cobalto, ferro, manganês e níquel) em diversos poços.

“*Continua*”

“Continuação”

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
<p>Parecer Técnico CETESB nº 037/ESCA/05</p> <p>Parecer Técnico CETESB nº 077/ESCA/05</p> <p>Parecer Técnico CETESB nº 135/ESCA/05</p>	<p>Julho 2005</p>	<p>Análise dos estudos ambientais elaborados em 2005.</p>	<p>A CETESB avaliou que a contaminação por compostos orgânicos voláteis (Volatile compound organics - VOC) distribuída por toda a área está associada às áreas que receberam materiais oriundos de dragagem de sedimentos. Também ressalta que a ocorrência de compostos inorgânicos na água subterrânea se deve ao fato que as amostras não foram filtradas em campo, influenciando os resultados. Os compostos alumínio, ferro e manganês podem estar associados a grande disponibilidade destes elementos em solos tropicais. Com base nos resultados, foi solicitada a realização de delimitação das plumas de contaminação.</p> <p>Como os gases orgânicos encontram-se disseminados pela área, a CETESB solicitou a necessidade de implantação de sistemas de drenagem e exaustão e tratamento de gases, e realização de monitoramento de explosividade nas caixas de passagem.</p>
<p>Relatório IPT</p>	<p>Setembro 2006</p>	<p>Medição de gases e vapores no subsolo em 106 pontos e avaliação de projetos de sistemas de extração de gás.</p>	<p>Presença de valores de até 44% do LIE de metano em quase todos os pontos avaliados. As medições dos vapores orgânicos nas caixas de passagem foram nulas. O projeto de sistema de remoção de gases proposto pelo IPT inclui modificações no sistema drenante existente na área, de forma que o tapete de brita sob a laje do piso seja ventilado e os gases e vapores sejam coletados pelo fluxo de ar induzido e conduzidos à bomba de sucção externa.</p>
<p>Relatório IPT</p>	<p>Dezembro 2006</p>	<p>Coleta de 11 amostras compostas de solo na área da Gleba 1 para análise de VOC, SVOC, metais, PCBs, pesticidas organoclorados, e demais compostos inorgânicos.</p>	<p>Os resultados não indicaram contaminação no solo.</p>

“Continua”

“Continuação”

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Complementação do Relatório do IPT	Fevereiro 2007	Medições de vapores orgânicos nas caixas de passagem e coleta de 11 amostras compostas de solo nas áreas permeáveis para análise de VOC, SVOC, metais, PCBs, pesticidas organoclorados, e demais compostos inorgânicos.	Os resultados não indicaram contaminação no solo. As medições dos vapores orgânicos nas caixas de passagem foram nulas. Proposta de projeto de sistema de remoção de gases, com modificações no sistema drenante existente na área.
Avaliação de Risco à Saúde Humana	Março 2007	Cálculo do risco utilizando o <i>software RBCA da ASTM</i> para <i>Tier I</i> .	Ausência de riscos à saúde humana para as vias de exposição e receptores considerados.
Parecer Técnico nº 130/ESCA/07 Parecer Técnico nº 170/ESCA/08	Novembro 2007	Análise dos estudos ambientais elaborados em 2006 e 2007	A CETESB concluiu que as exigências do Parecer Técnico nº 135/ESCA/05 foram atendidas e recomendou a realização de complementações nas investigações do solo e da água subterrânea, revisão da avaliação de risco e implementação de sistema de remoção de gases e vapores na área das edificações existentes.
Complementação dos estudos IPT	2008	Elaboração de um sistema de extração de gases anteriormente planejado com modificações, por meio da ventilação e exaustão do contrapiso, com pontos de injeção de ar (passiva) e pontos de extração de ar (ativa) por meio de tubos estrategicamente posicionados, conduzindo a corrente de ar por uma chaminé de extração (“efeito chaminé”).	
Investigação Detalhada – IPT	Abril 2009	Análise da água subterrânea e do solo do local da piscina	Contaminação na água subterrânea por manganês e níquel; amostra composta proveniente da futura área da piscina foi classificada como resíduo não perigoso a ser destinado para Aterro Classe IIA – Resíduos não inertes; presença de metano em dois pontos.
Despacho nº 045/TACA/09 - Despacho nº 008/TACA/10	Dezembro 2009 – Janeiro 2010	Análise dos estudos ambientais de 2008 e 2009	A CETESB recomendou o recobrimento de uma camada de solo limpo e gramíneas nas áreas permeáveis do empreendimento, a não utilização do solo da escavação para implantação da piscina em outras partes do terreno e a implantação de sistema de extração de gases.

“Continua”

“Continuação”

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Investigações complementares no solo e na água subterrânea e medição de gases na área do <i>campus</i> pelo IPT.	2011	Instalação de 12 poços de monitoramento, coleta de 21 amostras de água subterrânea para análise de BTEX, PAH e etanol e coleta de amostras de vapor de subsolo. Elaboração de Avaliação de risco utilizando as Planilhas de Avaliação de Risco disponibilizadas pela CETESB e o software <i>RBCA Tool Kit for Chemical Releases</i> .	Contaminação no solo para os compostos 2,4,6-triclorofenol, pentaclorofenol, aldrin, e PCBs e na água subterrânea para os metais (alumínio, arsênio, bário, chumbo, cobalto, cromo total, ferro, total, manganês, molibdênio, níquel e selênio). A Avaliação de risco indicou a existência de risco para o cenário de ingestão de água subterrânea pelos trabalhadores de obras civis, funcionários e estudantes na área interna e externa do <i>campus</i> .
Relatórios Técnicos sobre a instalação do protótipo do sistema passivo de extração no edifício B3, propostos e projetados pelo IPT.	Fevereiro 2012	Monitoramento da eficácia do sistema de extração instalado pelo IPT nos prédios A1, A2 e A3 e conjunto laboratorial.	Instalação do sistema passivo de extração de gases no edifício B3 em janeiro/2012
Investigação Ambiental do Solo nas áreas AI-01 e AI-02	Fevereiro 2012	Caracterização do solo utilizado como aterro em duas áreas distintas na USP Leste, na porção centro sul entre os edifícios I1, I3, Módulo Inicial e Ginásio de Esportes (AI-1) e porção sudoeste-oeste não edificada do terreno (AI-2) por meio da execução de 42 sondagens, coleta de 42 amostras de solo para análise de todos os parâmetros químicos.	Contaminação no solo por metais alumínio e ferro em diversos pontos na área AI-1 e pelos compostos bis(2-etilhexil)ftalato na ST-25, e naftaleno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, cresóis, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fenol, benzo(k)fluoranteno, estireno, benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos totais na ST-30 na área AI-2.
Parecer Técnico nº 116/IPSS/12	Novembro 2012	Análise dos estudos ambientais de 2012.	A CETESB fez as seguintes solicitações: isolamento das áreas AI-01 e AI-02, até realização de complementação das investigações ambientais e remoção do solo impactado pelos compostos orgânicos na AI-02; manutenção do monitoramento diário dos gases nas áreas internas e externas de todos os prédios construídos; e instalação e operação de sistemas de extração de gases, com preferência aos sistemas passivos.

“Continua”

“Continuação”

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Licença de Operação (LO) nº 2118/2012	Novembro 2012	Operação da USP <i>campus</i> Leste para o prazo de 5 anos	Concessão da LO, com a ressalva de 18 exigências técnicas referentes ao gerenciamento ambiental da área, a serem cumpridas em prazos determinados. As exigências encontram-se descritas no Parecer Técnico no 116/IPSS/12.
Monitoramento de gases nas áreas externas e internas do <i>campus</i>	Outubro 2012 – Março 2013	Monitoramento diário de gases	Ausência de risco de inflamabilidade do gás metano no interior dos prédios da USP Leste e detecção de concentrações de metano dentro da faixa de explosividade (5 a 15%) no PM-01 (interior do edifício I-1) e em algumas medições nas proximidades dos limites externos da EACH.
Parecer Técnico nº 007/IPRS/13 Parecer Técnico nº 051/IPRS/13	Junho 2013	Avaliação das atividades adotadas para o gerenciamento ambiental da USP LESTE	A CETESB informou que as exigências técnicas não foram atendidas, dentre as quais se destacam: complementações da investigação detalhada; instalação de drenos de gases e sistema de extração de gases em todas as edificações construídas e realização de monitoramento de águas subterrâneas e superficiais.
Plano Inicial das Ações Futuras	Setembro 2013	Plano elaborado em atendimento às exigências expressas na LO nº 2118/2012 com as especificações das atividades a serem executadas referentes ao solo das áreas AI-1 e AI-2, instalação de poços multiníveis de monitoramento de gases sob a laje (<i>sub-slab</i>) no interior dos edifícios do <i>campus</i> .	
Parecer Técnico nº 157/IPRS/13 Parecer Técnico nº 168/IPRS/CA/13	Outubro 2013	Análise do Plano Inicial das Ações Futuras – 2013	O plano não foi considerado adequado, uma vez que as propostas de investigação detalhada não contemplaram todas as áreas do <i>campus</i> e os prazos para as ações ambientais estimados estavam longos para definição das soluções para o gerenciamento das contaminações e potenciais riscos de inflamabilidade. A CETESB ainda ressaltou que ações futuras e intervenções no solo ou na água subterrânea não poderiam ocorrer até que fossem realizadas investigações complementares no local.

“Continua”

“Continuação”

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Relatório de Investigação Detalhada, Avaliação de Risco à Saúde Humana e Plano de Intervenção na AI-01 e Investigação Detalhada de Gases	Fevereiro 2014	<p>Execução de 115 sondagens distribuídas em todos os edifícios; execução de 108 sondagens na AI-01; execução de 4 sondagens no ginásio; instalação de 115 poços multiníveis de monitoramento de gases; instalação de 32 poços de monitoramento; medições da concentração de metano e outros gases nos poços de monitoramento dos gases; coleta de 218 amostras de solo e 35 amostras de água subterrânea para análise de VOC, SVOC, PCB, metais, pesticidas organoclorados e demais parâmetros inorgânicos.</p> <p>Os 104 poços de monitoramento de gases nos edifícios foram instalados em duas profundidades diferentes, sendo uma imediatamente localizada abaixo do contra piso (0,30 m), identificadas pela letra A após o número do poço e denominados como <i>subslab</i>; e outra entre 0,80 m e 1,30 m, identificadas pela letra B após o número do poço. Os outros 11 poços foram instalados somente abaixo do contrapiso.</p>	Contaminação no solo por chumbo e PCBs, e na água subterrânea por metais (bário, cobalto e níquel). As medições de gases indicaram concentrações significativas de metano superiores ou dentro da faixa de explosividade nas edificações Bloco Inicial; Edifício I-1; Edifício I-4; Conjunto Laboratorial; Enfermaria; CAT; e Laranjinha – antigo refeitório. A Avaliação de Risco realizada indicou risco para o cenário ingestão de água subterrânea para eventuais moradores do local.
Relatórios de monitoramento de gases.	Setembro 2013 a Dezembro 2013	Medição de gases nos poços de monitoramento de gases e inflamabilidade nos ralos e grelhas dos edifícios.	Concentrações significativas de metano superiores ou dentro da faixa de explosividade nas edificações Bloco Inicial (PMG-01B, 03B, 06B e 09B); Edifício I-1 (PMG-11B); Edifício I-4 (PMG-66A, 66B e 69B); Conjunto Laboratorial (PMG-47B, 48B, 50B, 51B, 53B, 54B, 57B, 59A, 59B, 60B, 61B e 62-B); Enfermaria (PMG-74B); CAT (PMG-97B, 98B); e Laranjinha – antigo refeitório (PMG-99B, 100A, 100B, 101A, 101B).

“Continua”

“Continuação”

Documentação	Data	Atividades Realizadas	Resultados
Relatórios de monitoramento de gases.	Março 2014 a Junho 2014	Medição de gases nos poços de monitoramento de gases e inflamabilidade nos ralos e grelhas dos edifícios.	Leituras de inflamabilidade nulas nos ralos e grelhas dos edifícios. Concentrações significativas de metano superiores ou dentro da faixa de explosividade nas edificações Bloco Inicial (PMG-1B, 3B, 8B, 09A e 09B); Edifício I-1 (PMG-11B e 114B); Edifício I-4 (PMG-64B, e 66B); Conjunto Laboratorial (PMG-48B, 50B, 51B, 54B, 55B, 57B, 59B, 61B e 62-B); CAT (PMG-96B e 97B); e Ginásio (PMG-110B).
Parecer Técnico nº 002/2014/CAAR	Julho 2014	Análise do estudo ambiental elaborado em março/2014, e dos relatórios de monitoramento de gases de março/2014 a junho/2014 pela CETESB.	O risco associado aos gases presentes no subsolo não impõem um risco iminente à segurança dos usuários do <i>campus</i> da USP Leste, porém há necessidade de manutenção e aperfeiçoamento das medidas de intervenção para viabilizar a utilização do <i>campus</i> .
Relatório Complementar da Avaliação de Risco à Saúde Humana na AI-01	Novembro 2014	Execução de 05 sondagens imediatamente ao lado dos 05 locais que foram identificadas concentrações de PCBs acima do VI. Atualização da Avaliação de Risco.	Concentrações de PCBs inferiores aos valores de intervenção. Risco carcinogênico para a via ingestão de água subterrânea a partir da lixiviação do solo na área AI-01.
Relatórios de monitoramento de gases.	Setembro 2014 a Dezembro 2014	Medição de gases nos poços de monitoramento de gases e inflamabilidade nos ralos e grelhas dos edifícios.	Concentrações significativas de metano superiores ou dentro da faixa de explosividade nas edificações Bloco Inicial (PMG-1B, 2B, 3B, 6B, 8B, 09B); Edifício I-4 (PMG-64B e 66B); e Conjunto Laboratorial (PMG-48B, 49B, 50B, 51B, 53B, 54B, 55B, 57B, 59B, 60B e 62-B).
Relatórios de monitoramento de gases.	Janeiro 2015 a Junho 2015	Medição de gases nos poços de monitoramento de gases e inflamabilidade nos ralos e grelhas dos edifícios.	Concentrações significativas de metano superiores ou dentro da faixa de explosividade nas edificações Bloco Inicial (PMG-1B, 2B, 3B, 6B, 8B e 09B); Edifício I-1 (PMG-11B e 114B); Edifício I-3 (PMG-39B); Edifício I-4 (PMG-64B e 66B); Conjunto Laboratorial (PMG-48B, 49B, 50B, 51B, 54B, 55B, 57B, 59B, 60B, 61B e 62-B); e Ginásio (PMG-110B).

Fonte: Processos administrativos CETESB nº 30/00510/11 e nº 00142/13 e *website* da SEF (SEF, 2015)

APÊNDICE B

Quadro 25 - Descrição das tecnologias de remediação mais comuns para os compostos identificados na área da USP Leste

Tecnologias de remediação mais comuns, conforme a <i>Federal Remediation Technologies Roundtable</i> (FRTR)	Descrição
Solidificação/estabilização	Os contaminantes são fisicamente ligados ou presos dentro de uma massa estabilizada (solidificação), ou são induzidas reações químicas entre o agente de estabilização e contaminantes para reduzir a sua mobilidade (estabilização).
Escavação e disposição <i>off site</i>	O material contaminado é removido e transportado para fora da área contaminada até aterros apropriados para a disposição do material escavado. Pode haver necessidade de pré-tratamento do material.
Extração ácida	Resíduos contaminados do solo e extrato são misturados num extrator para dissolver os contaminantes. A solução extraída é colocada em um separador, onde os contaminantes e o extrato são separados para tratamento e posterior utilização.
Biodegradação	Estímulo da atividade dos microrganismos pela circulação de soluções aquosas nos solos contaminados para ativar a degradação biológica <i>in situ</i> de contaminantes orgânicos por meio da nutrientes e oxigênio.
Incineração	Utilização de altas temperaturas, entre 870-1.200°C para promover a combustão (na presença de oxigênio) de constituintes orgânicos em resíduos perigosos.
Desalogenação	Adição de reagentes nos solos contaminados com compostos orgânicos halogenados. O processo de desalogenação ocorre através da substituição de moléculas de halogênios ou pela decomposição e volatilização parcial dos contaminantes.
Extração de vapores do solo	Atua promovendo a circulação do ar através do subsolo e a remoção dos compostos volatilizados por esse processo. O processo inclui um sistema de tratamento dos efluentes gasosos.
Dessorção térmica	Os resíduos são aquecidos a 315 – 540°C para volatilizar a água e os contaminantes orgânicos. Um sistema de coleta de gases ou sistema de vácuo transporta água e os orgânicos volatilizados para um sistema de tratamento de gases.

“*Continua*”

“Continuação”

Tecnologias de remediação mais comuns, conforme a <i>Federal Remediation Technologies Roundtable</i> (FRTR)	Descrição
Bioventing	Fornecimento de oxigênio para solos contaminados não saturados pelo movimento forçado de ar (extração ou injeção) para aumentar a concentração de oxigênio e estimular a biodegradação.
Precipitação / Floculação	Este processo transforma os contaminantes dissolvidos em um sólido insolúvel, facilitando a remoção subsequente do contaminante na fase líquida por sedimentação ou filtração. O processo geralmente utiliza ajuste do pH, adição de um precipitante químico e floculação.
Filtração	A filtração isola as partículas sólidas pela passagem de um fluxo de um fluido através de um meio poroso. A força motriz é gravidade ou uma diferença de pressão ao longo do meio de filtração.
Troca de íons	A troca de íons remove os íons da fase aquosa pela troca de íons inócuos no meio de troca.
Adsorção de carbono em fase líquida (Bombeamento e tratamento)	A água subterrânea é bombeada através de uma série de colunas ou recipientes que contém carvão ativado nos quais os contaminantes orgânicos dissolvidos são adsorvidos.
Oxidação UV	Radiação ultravioleta (UV), ozônio e/ou peróxido de hidrogênio são utilizados para destruir os contaminantes orgânicos em um tanque de tratamento.

Fonte: FRTR, 2016; IPT 2014

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?

Práticas 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.

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 da demora na 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](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 deques 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