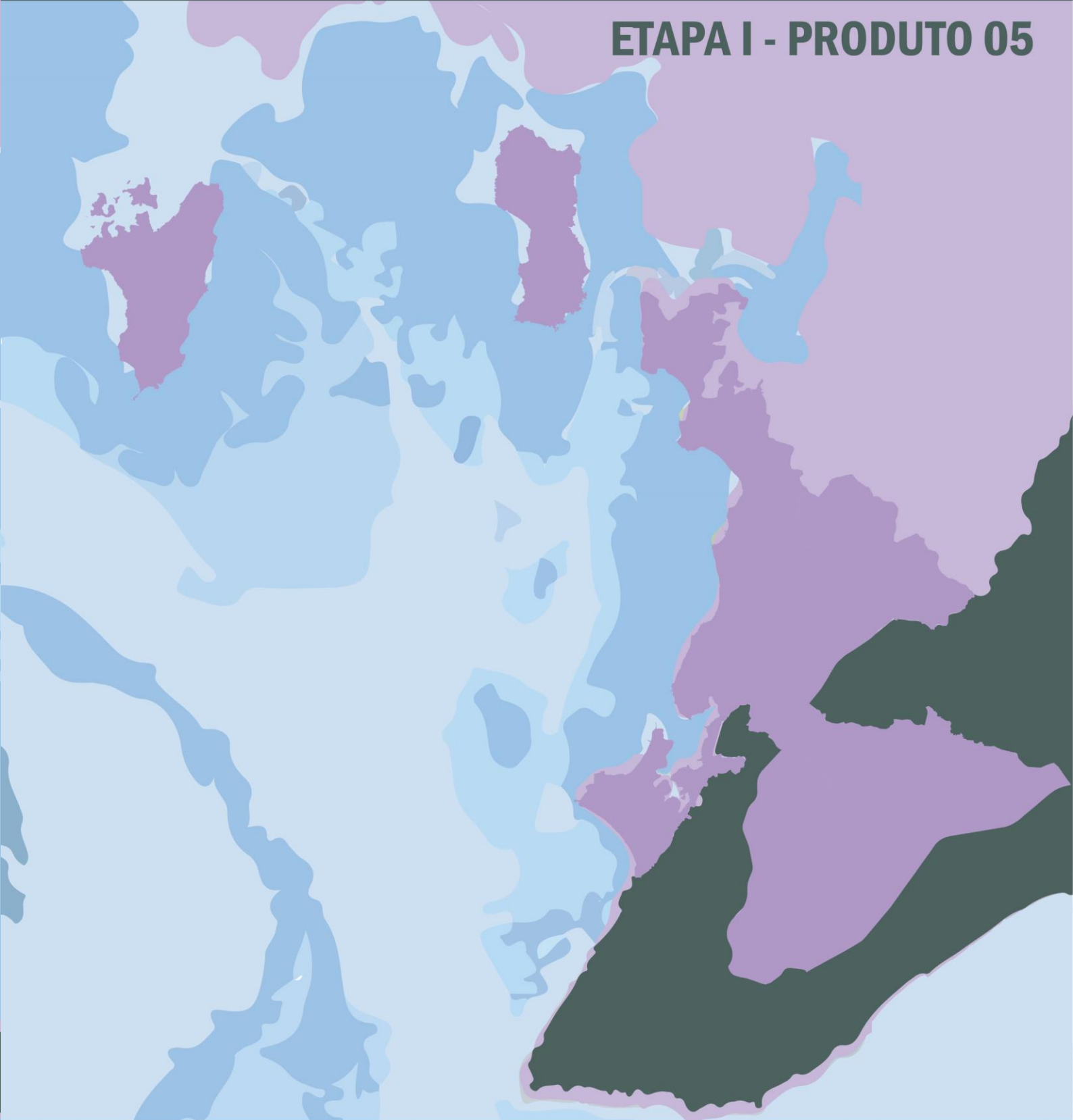


MAPEAMENTO DE BIOGASES E PROJETO DE DRENAGEM DA ÁREA DO ANTIGO ATERRO DE CANABRAVA

ETAPA I - PRODUTO 05



Agente Executor:



FMLF
FUNDAÇÃO MÁRIO LEAL FERREIRA

Consultoria:

FFA ARQUITETURA E URBANISMO LTDA



Contrato nº 02/2021

SPTA nº45/2024

**MAPEAMENTO DE BIOGASES E PROJETO DE
DRENAGEM DA ÁREA DO ANTIGO ATERRO DE
CANABRAVA – SALVADOR/BA**

**MAPEAMENTO DE BIOGASES E
PROJETO DE DRENAGEM
DA ÁREA DO ANTIGO
ATERRO DE CANABRAVA**

**Etapa I - Produto 05
PLANO DE FERTIRRIGAÇÃO**

**USO DO CHORUME DO ATERRO
CANABRAVA NA IRRIGAÇÃO DE
GRAMÍNEAS E ARBUSTOS**

EMISSÃO INICIAL: Julho/2024

Nº	DATA	DESCRIÇÃO	RESPONSÁVEL

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR

Bruno Soares Reis
Prefeito

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO

João Xavier Nunes Filho
Secretário

FUNDAÇÃO MÁRIO LEAL FERREIRA

Tânia Scofield Almeida
Presidente

Diretora de Planejamento e Informações - DIPLAN

Beatriz Loureiro Cerqueira Lima

EQUIPE RESPONSÁVEL PELA COORDENAÇÃO DO PROJETO

Fernando Sergio Barbosa Teixeira
Gerente de Planejamento e Informações

Sheila Maria Moreira de Souza
Arquiteta

EQUIPE TÉCNICA FFA ARQUITETURA E URBANISMO

Floriano Freaza Amoedo

Arquiteto e Urbanista Gerente de Projeto

Rodolfo Elias Madureira Filho

Arquiteto e Urbanista

Roberto F. da A. Souza

Engenheiro Civil

Helen Costa

Arquiteta Urbanista

Claudia Bispo Reis

Auxiliar Administrativo

Equipe Consultoria Especializada:

Francisco Fontes Lima

Engenheiro Civil - Ambiental/ Especialista em
Manejo e Exploração de Águas Subterrâneas

Lindauberto Rodrigues Coura

Engenheiro Civil/ Ambiental / Engenheiro de Segurança do Trabalho

Yuri Wladimiro Ferreira Vieira

Engenheiro Civil / Engenheiro de Segurança do Trabalho

Hércules Rodrigues Coura

Químico Industrial

APRESENTAÇÃO

A Prefeitura de Salvador, através da Fundação Mário Leal Ferreira - FMLF e da FFA Arquitetura e Urbanismo, empresa consultora contratada através da CONCORRÊNCIA PÚBLICA N.º 01/2021 - FMLF apresenta o **Produto 05 – PLANO DE FERTIRRIGAÇÃO**, conforme escopo do Contrato 02/2021, para a execução de serviços de engenharia referentes ao **MANEJO, CONTROLE E MONITORAMENTO DE EMANAÇÕES DE BIOGASES E ELABORAÇÃO DE PROJETO DE MANEJO, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS EFLUENTES LÍQUIDOS NA ÁREA DO ANTIGO ATERRO DE CANABRAVA NO BAIRRO DE CANABRAVA-SALVADOR/Ba**, sob a responsabilidade técnica da empresa FFA.

SUMÁRIO

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR.....	3
EQUIPE TÉCNICA FFA ARQUITETURA E URBANISMO	4
APRESENTAÇÃO	5
1. INTRODUÇÃO	7
2. REUSO DE EFLUENTE NA AGRICULTURA	10
2.1 O Sistema solo-Planta.....	11
2.2 Capacidade de Troca Iônica.....	11
2.3 Capacidade Tampão.....	11
2.4 Filtrabilidade.....	12
2.5 Microbiologia.....	12
2.6 Métodos de Irrigação.....	12
3. MANEJO E TRATAMENTO DO CHORUME	13
4. TRATAMENTO DO CHORUME	13
5. UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DO CHORUME	16
5.1 Diretrizes e Padrões para o Reuso	17
5.2 Solo	21
5.3 Demanda de Irrigação	22
5.4 Elevatória de Chorume Maturado	24
5.5 Dados Básicos do Sistema de Irrigação.....	26

1. INTRODUÇÃO

Conforme consta no edital de Concorrência Pública N.º01/2021 – FMLF, o Município do Salvador é constituído de áreas de relevante valor ecológico e sociocultural, formado de sítios naturais singulares de notável beleza cênica e diversidade biológica, ao tempo em que apresenta também, um forte desequilíbrio social, principalmente em contraste com outras áreas mais privilegiadas da cidade, o que é refletido em sua ocupação do solo e em sua infraestrutura básica.

Neste contexto este estudo será integralizado, conforme especificações e produtos a seguir:

- **Produto 01:** Apresenta o plano de trabalho e procedimentos metodológicos.
- **Produto 02:** Relatório preliminar de manejo, controle e monitoramento de emissões de Biogases, envolvendo levantamento de campo, avaliação dos estudos pretéritos, caracterização ambiental, aspectos legais e proposições preliminares. Definição de malha amostral e coleta de amostras, avaliação dos ensaios laboratoriais.
- **Produto 03:** Projeto de Drenagem Pluvial envolvendo as soluções a serem adotadas com descrição e metodologia, estudos, identificação, dimensionamentos e cálculo.
- **Produto 04:** Projeto de Sistemas de Manejo, Tratamento e Destino final de Chorume Exsudante envolvendo as soluções a serem adotadas com descrição e metodologia, avaliações, planejamento, ensaios, especificações, orientações, dimensionamentos e cálculo.
- **Produto 05:** Plano de Fertirrigação envolvendo as soluções a serem adotadas com descrição e metodologia, caracterizações, parametrização, ensaios, especificações, dimensionamentos e cálculo.
- **Produto 06:** Relatório Final compatibilizando todas as informações

O **Produto 05**, apresentado neste documento, contém o Plano de Fertirrigação com uso do chorume do aterro Canabrava na irrigação de gramíneas e arbustos, referente ao estudo de alternativas e determinação das soluções a serem adotadas com descrição e metodologia, avaliações, planejamento, ensaios, especificações, orientações, dimensionamentos e cálculo para a área do antigo Aterro de Canabrava.

A disposição de efluentes tratados no solo pode ser uma forma de disposição final ou de tratamento complementar, ou ambas. Parte das águas dos efluentes dispostos no solo incorpora-se às plantas e ao próprio solo, umedecendo-o. A parte excedente encaminha-se à recarga de lençol subterrâneo e à evapotranspiração ou escoar até um corpo d'água, em todos os casos sempre em melhor grau de pureza, devido à ação/tratamento do sistema solo-plantas.

Os sólidos, orgânicos e minerais, são retidos no solo pela ação física de filtração, quando também ocorrem fenômenos químicos e bioquímicos de transformação. Revitalizam a composição do solo, sendo benéficos às plantas que os absorvem, transformando-os em biomassa vegetal. Os microrganismos da camada superior do solo são ativos e, quando há cobertura vegetal, ocorre a participação das plantas em todos os processos.

Em suma, o sistema solo-microrganismo-planta pode estabilizar ainda mais os efluentes e, além de proteger os corpos d'água a jusante, fornece nutrientes para as plantas no seu processo de crescimento. A disposição de efluente tratado no solo é uma atividade essencialmente de reciclagem, inclusive para água, e viabiliza a utilização do potencial hídrico e dos nutrientes presentes nos efluentes líquidos, empregando a natureza como receptora de resíduos e geradora de riquezas. É um processo que pode ser considerado como de tratamento e reuso, ao mesmo tempo.

O presente estudo visa orientar a implantação de um sistema de irrigação de áreas verdes do Aterro Canabrava (ver **Figura 1.1**), para reuso do efluente tratado pela Estação de Tratamento de Efluentes.

O reuso, até a alguns anos tido como uma opção exótica, é hoje uma alternativa que não pode ser ignorada, notando-se distinção cada vez menor entre técnicas de tratamento de água versus técnicas de tratamento de esgotos. Realmente, o tratamento de água deve ser visto como um meio de purificar a água de qualquer grau de impureza para um grau de pureza que seja adequado ao uso pretendido, predominando, portanto, a importância de selecionar e combinar processos unitários que sejam adequados.

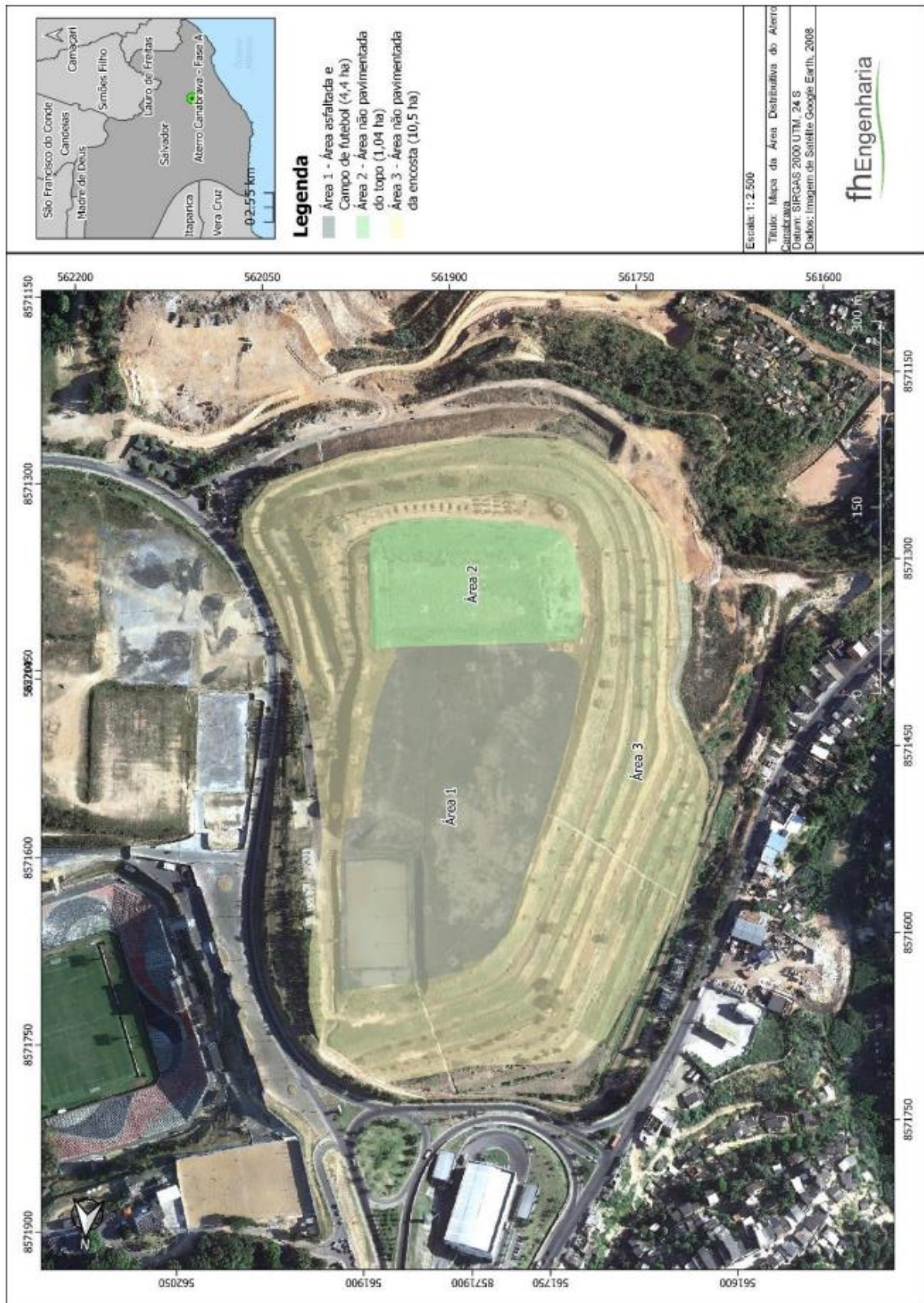


Figura 1.1 – Localização do Aterro Canabrava, com áreas 2 e 3 de Irrigação

2. REUSO DE EFLUENTE NA AGRICULTURA

De maneira geral, o reuso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (1973), tem-se:

- **Reuso indireto:** ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;
- **Reuso direto;** é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- **Reciclagem interna:** é o reuso da água internamente às instalações industriais, tendo objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Até fins do século XX, a forma de manejo mais praticada e bem-sucedida foi o tratamento e disposição de efluentes resultantes da atividade urbana em corpo receptor adequado. Hoje em dia, a aplicação de esgotos e efluentes no solo é vista como uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, em regiões áridas e semiáridas, sendo os maiores benefícios dessa tecnologia os aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública. Durante a última década do século XX até os dias atuais, o uso de esgotos para irrigação ou recuperação de solos tem aumentado significativamente, em virtude de fatores como:

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de água para irrigação em algumas regiões;
- Custo elevado de fertilizantes (no esgoto tem N e P);
- Segurança de que os riscos para a saúde pública e os impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções e as técnicas adequadas são efetivamente utilizadas;
- Custos elevados dos sistemas de tratamento necessários para possibilitar a descarga de efluentes em corpos receptores;
- Início da aceitação sociocultural da prática de reuso agrícola;
- Reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

Dependendo da disponibilidade de área, a disposição no solo dos efluentes é uma opção adequada à realidade de grande parte do território brasileiro. O aumento da extensão de terras áridas e a escassez de fertilizantes, em âmbito mundial, apontam para o aproveitamento dos nutrientes contidos nos esgotos, em vez de sua simples rejeição.

2.1 O Sistema Solo-Planta

A exemplo do que acontece nos processos naturais de autodepuração dos corpos de água, o esgoto tratado, ao ser lançado no solo, têm sua carga poluidora diminuída por processos físicos, químicos e biológicos. Para compreendê-los, é preciso ter presente que o solo é mais do que um simples meio físico formado por substâncias minerais e orgânicas que, juntamente com a vegetação superior, a energia solar e a água, asseguram a continuidade de um dos ciclos mais importantes da natureza, que é a transformação da matéria orgânica em energia renovável.

O solo é um meio físico formado por substâncias minerais e orgânicas, cujas formas, predominantemente granulares, conferem-lhe propriedades características, como a porosidade, a permeabilidade, a textura e outras que o tornam o habitat natural de um grande número de seres vivos microscópicos, vegetais e animais. Pelo menos quatro propriedades do solo são extremamente importantes para sua utilização como local de disposição de efluentes de estações de tratamento: capacidade de troca iônica, capacidade tampão, filtrabilidade e microbiologia.

2.2 Capacidade de Troca Iônica

Representa a quantidade total de cátions e ânions absorvidos por unidade de peso do solo. Solos úmidos possuem capacidade de troca de cátions entre moderada e grande, mas capacidade limitada para troca de ânions. É importante salientar que a capacidade que um solo possui de reter os íons metálicos trazidos pelos esgotos e impedi-los de atingir as águas superficiais e/ou subterrâneas, bem como os tecidos vegetais, depende, em grande parte, de sua capacidade de troca iônica.

2.3 Capacidade Tampão

Provém de diversos fatores; solos carbonatados tamponados para pH, igual ou maior que 7, inibem a solubilidade dos metais pesados.

2.4 Filtrabilidade

Característica relacionada à eficiência de o solo funcionar como um filtro físico de partículas em suspensão. A filtrabilidade de organismos patogênicos presentes nos esgotos é um fator importante para o sucesso da utilização de sua disposição em áreas agrícolas. Solos permeáveis, de textura intermediária, possuem conteúdo coloidal suficiente para reter partículas, constituindo os melhores filtros.

2.5 Microbiologia

A disposição de efluentes tratados no solo promove transformações microbiológicas nesse meio. Tais transformações ocorrem com a participação de microrganismos que transformam alguns compostos que contêm os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, como o nitrogênio, o fósforo, o enxofre e o carbono. Cada tipo de solo pode sofrer de diversas formas as influências dessas propriedades. A resultante das interações sinérgica delas definirá o comportamento desse solo na depuração do esgoto. Métodos da disposição de esgotos no solo.

Visando a seu posterior reuso, os esgotos tratados podem ser aplicados no solo por um dos seguintes processos: irrigação, filtração-percolação e escoamento à superfície.

2.6 Métodos de Irrigação

A irrigação com efluentes tratados pode ser definida como descarga controlada sobre o solo, com a finalidade de suportar o crescimento de plantações. Assim, os efluentes são aplicados em solos cobertos por vegetação, com o objetivo de auxiliar a agricultura ou a silvicultura.

O uso da irrigação, como técnica de tratamento e disposição de efluentes, foi desenvolvido inicialmente para esgotos domiciliares e para uma quantidade variada de indústrias. Nesse processo, os esgotos são submetidos a fenômenos diferentes.

1. Infiltração até atingir o lençol subterrâneo, usualmente constituindo a maior parcela;
2. Incorporação pela vegetação e parcial lançamento à atmosfera pela transpiração e pela evapotranspiração;

3. Incorporação ao solo, por reações químicas ou na forma de umidade, podendo ser transitória ou permanente;
4. Evaporação direta para a atmosfera;
5. Dependendo fundamentalmente da infiltração, os métodos de irrigação são aplicáveis preferencialmente em solos que apresentam uma camada superficial suficientemente espessa acima do lençol subterrâneo.

As taxas de aplicação e a frequência das regas devem ser tais que possibilitem, ciclicamente, as condições de umidade e secagem necessárias à adequada aeração do solo. Além disso, a fim de preservar o papel das plantas, é igualmente necessário que o teor de umidade do solo e as concentrações dos elementos químicos não superem aquelas que a vegetação tem condições de suportar.

3. MANEJO E TRATAMENTO DO CHORUME

Como opção de **tratamento** o chorume do aterro Canabrava seria pré-tratado em uma *Câmara de Sedimentação* para remoção de areia e silte em seguida seria conduzido para tratamento num **tanque de dessorção de amônia** onde seria adicionado um alcalinizante para elevação do pH para faixa de 8,5 a 9,0 para promover a remoção de amônia em tanque de aeração / dessorção. Será considerada, a favor da segurança e considerando ser interessante afastar o fator toxicidade, pode-se considerar remoção de 80% a 90% no chorume através de dessorção (stripping) para atingir de 20 mg/l a 30mg/l.

De forma alternativa e melhor em termos ambientais deve ser considerada a **utilização do chorume atual de fertirrigação** em áreas verdes, já que o mesmo tem nitrogênio e fosforo na sua composição.

4. TRATAMENTO DO CHORUME

A metodologia utilizada na realização dos ensaios físico-químicos iniciais foi a técnica de remoção de amônia pela elevação do pH e arraste com ar, conhecida como "*ammonia Stripping*". Essa técnica consiste na agitação e consequente exposição da mistura entre o gás e a água ao ar, na qual o nitrogênio amoniacal está na forma ionizada até quando o pH for 7,0 e predominantemente na forma de gás amônia quando o pH estiver na faixa de 8,5 a 9,0. Estando o chorume normalmente

entre 7,5 e 8,0 a dessorção da amônia viabiliza-se em tempos de residência maiores que 12 h.

Os resultados analíticos antes e depois de ensaio de Stripping realizados em bancada pela FH Engenharia com a amostra representativa do chorume do aterro da Limpec em Camaçari indicados no **Quadro 4.1** demonstram nos ensaios ser viável alcançar eficiência de remoção de Nitrogênio Amoniacal maiores que 80% (de 82,4% a 85,9 % Nitrogênio total Kjeldahl após 12 horas de aeração). Não ocorreram nos ensaios mudanças significativas na Carga orgânica, com apenas 5,06 % de remoção de DBO e 2,86 % de DQO.

Quadro 4.1 - Ensaio do Processo de Stripping.

Parâmetros	Unidade	Resultados analíticos		% de remoção
		antes Stripping	após Stripping	
pH	-	8,67	9,0	-
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1660	277	85,86
Nitrogênio total Kjeldahl	mg/L	2140	376	82,42
DBO	mg/L	316	300	5,06
DQO	mg/L	3590	3490	2,86

A aplicação de dessorção ou stripping de amônia simplificada é viável para o caso do chorume do aterro CANABRAVA, pois é facilitada pelo pH normalmente acima de 7 e condições ambientais favoráveis com temperaturas médias estáveis próximas a 25°C (chorume de 26,7 a 34,2°C). A pequena contribuição de chorume possibilita a adoção de período de residência longo suficiente para promover a efetiva remoção da amônia e assim gerar um efluente adequado para disposição em corpo hídrico. Não cabe no caso a alternativa de Torres especiais de Stripping para remoção de amônia a nível mais elevado, aplicáveis na área de indústrias que contribuem para a formação de nitrogênio na forma amoniacal em seus efluentes, a exemplo da indústria sucroalcooleira (elevada concentração de amônia na vinhaça) indústria química, petroquímica e usinas siderúrgicas não são aplicáveis ao chorume pelo seu alto custo e exigência de controle de operação sofisticado. Preconiza-se a implantação de um tanque de arejamento com longo tempo de permanência para dessorção prévia de amônia antes das unidades de tratamento biológico.

O tanque de Dessorção de Amônia e acondicionamento será equipado com equipamento de aeração superficial que promoverá a mistura e aeração dos efluentes por aspersão para garantir a dessorção do nitrogênio amoniacal.

O tanque de arejamento para dessorção de amônia foi dimensionado para abrigar o equipamento de menor potência disponível permitirá um período médio de residência de aproximadamente 15 h com as seguintes dimensões úteis:

Largura útil: 9,0 m (atende o diâmetro do véu de aeração de 3,0 m);

Comprimento: 9,0 m;

Profundidade útil: 2,2 m (máx. 2,3 m);

Bordo livre: 0,40 m;

Volume útil: 178,2 m³ (para h = 2,2 m);

Área útil: 81,0 m².

Forma: quadrangular com cantos suaves

Considerando uma introdução de energia maior de 50 W/m³ seriam instalados 2 aeradores superficiais com motores submersos, sendo recomendado aerador flutuante de superfície de 7,5 CV (5,6 kW) modelo HA 7,5A da Helibombas ou equipamento de mesma composição e qualidade equivalentes. Para resultados eficientes de dessorção o aerador precisa necessariamente promover jatos para cima no ar e “splash” na superfície d’água, não sendo aplicáveis equipamentos de outro tipo de montagem.

Para cumprir estas funções o tanque dessorção de amônia contará com os seguintes recursos e dispositivos:

- **Desarenador/ Caixa de Areia** para Remoção de Sólidos Grosseiros o efluente oriundo do aterro será recebido em desarenador para remoção de partículas de areia e silte, objetivando evitar a acumulação de materiais sólidos não biodegradáveis capazes de formar depósitos no tanque Dessorção de Amônia.
- **Dessorção de Amônia** – o próprio longo período de residência e a renovação de superfície realizada pela mistura promovida pela aeração por aerador de superfície com potência a ser definida, provavelmente em torno de 15CV, garantirá a efetiva dessorção dos compostos nitrogenados.

- **Controle do pH** – o controle do pH na faixa de 8,5 a 9,0 será realizado por dosagem NaOH antes do sistema biológico de tratamento. O pH deve sempre estar nessa faixa para favorecer amonificação dos compostos nitrogenados e a dessorção da amônia.

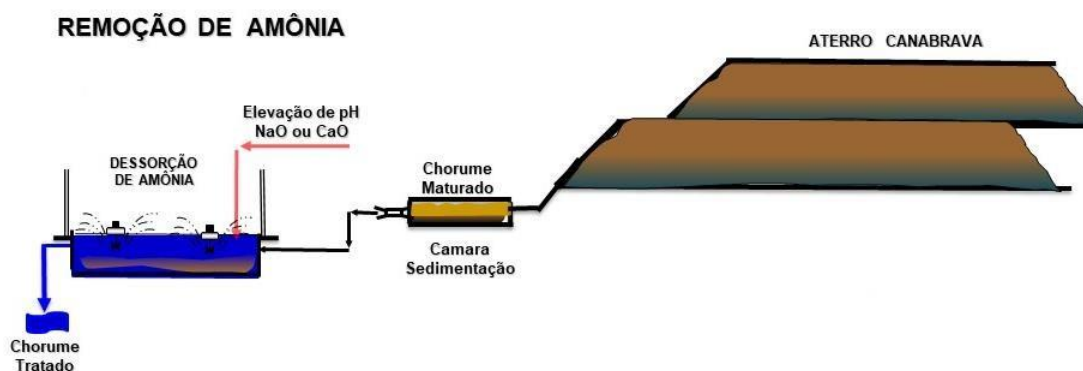


Figura 4.1 – Remoção de Amônia

5. UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DO CHORUME

A vazão de chorume atual é significativa e permite a utilização do mesmo em programa de fertirrigação a ser desenvolvido progressivamente, iniciando nos viveiros e horto previstos pela prefeitura na área do aterro e em seguida em outras áreas verdes próximas, na medida em que se venha a controlar a erosão nas encostas do aterro Canabrava Fase A.

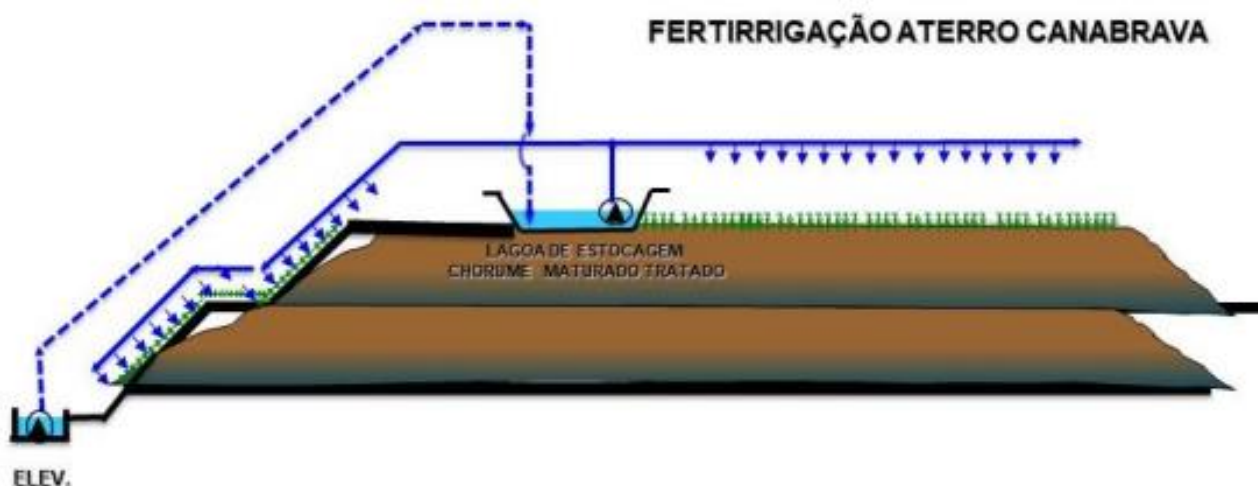


Figura 5.1 – Utilização Agrícola

5.1 Diretrizes e Padrões para o Reuso

O efluente sanitário (chorume) do Aterro Canabrava apresenta qualidade adequada para a reutilização em áreas verdes de acordo com a **Resolução CONERH nº 75, de 29 de Julho de 2010**, do estado da Bahia *que estabelece os procedimentos para disciplinar a prática de reuso direto de efluentes (águas não potável) na modalidade agrícola e/ou florestal*. Em síntese a resolução estabelece níveis desejáveis ou limites de salinidade no efluente a ser reutilizado para irrigação e controle sanitário.

A salinidade ou quantidade de sais dissolvidos no chorume avaliado através da determinação da Condutividade e dos Sólidos Dissolvidos Totais-SDT, estabelecendo então, um plano de irrigação ambientalmente adequado. Em termos de teor salino o efluente Canabrava, apresenta características de “água salobra” de 2093µS/cm utilizáveis para irrigação, conforme a Resolução CONAMA 357/2005.

Os limites de valores das características microbiológicas, físicas e químicas recomendadas pela **Resolução CONERH nº 75 de 29 de Julho de 2010** para a reutilização desse efluente, segundo a normatização supracitada estão apresentados no **Quadro 5.1**. Destaca-se abaixo trecho do Artigo 4º com os níveis/limites de condutividade elétrica adequadas para reuso par fins agrícolas e/ou florestais.

Quadro 5.1: Características para reuso do efluente

RAS	Condutividade Elétrica dSm ⁻¹	
	Mínima	Máxima
0 – 3	0,2	3,0
3 – 6	0,3	
6 – 12	0,5	
12 – 20	1,3	
20 – 40	2,9	
RAS: razão de adsorção de sódio		
Formula utilizada para o cálculo da Razão de adsorção Sódio (RAS): Sódio (Na) <i>a</i> = 228mg/l, Cálcio (Ca) =219 mg/l e Magnésio (Mg) = 78 mg/l	Razão de Adsorção Sódio $RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$	
Calculando o valor do RAS temos: 18,70		

Algumas diretrizes internacionais definem de forma específica a qualidade desejável da água reciclável, a exemplo do **Quadro 5.2 – Classes de Salinidade para Águas de Irrigação**, da EPA Australiana, pois a irrigação com águas de teor salino excessivo pode acarretar problemas de salinidade e sodicidade, podendo causar efeitos sobre solos e plantas. A caracterização do chorume do Aterro Canabrava apresenta atualmente (2024) uma condutividade de **2093µS/cm**, o que segundo essa Norma, apresenta características de alta Salinidade, mas ainda adequada para irrigação de graminhas e vegetação arbustiva / arbórea selecionada.

Quadro 5.2 – Classes de salinidade para Águas de Irrigação

Classe	Descrição	S. (‰)	CE (µS/cm)	Utilização
I	Baixa Salinidade	0 – 0,175	0 – 270	Pode ser utilizada pela maioria das plantações, exceto em solos de baixa permeabilidade.
II	Média Salinidade	0,175 – 0,5	270 – 780	
III	Alta Salinidade	0,5 – 1,5	780 – 2340	Pode ser utilizada com gerenciamento o controle da salinidade e definição da vegetação. Para águas no limite superior desse grupo, deve-se considerar restrições para áreas mal drenadas.
IV	Muito Alta Salinidade	1,5 – 3,5	2340 – 5470	Pode ser utilizada desde que os solos sejam ser permeáveis e com drenagem adequada. A vegetação deve ser tolerante.
V	Extremamente Alta	>3,5	>5470	Não apropriada para irrigação, exceto em solo de alta permeabilidade e muito boa drenagem, sob acompanhamento rigoroso e vegetação com alta tolerância aos sais ou, ocasionalmente, em caso de emergência.

Fonte: EPA Australiana

Algumas precauções devem ser tomadas, como a correta escolha de equipamento de irrigação, desenvolvimento de sinalização disseminada indicando o tipo de água que está sendo utilizada.

O **Quadro 5.3** alinha concentrações de substâncias com limites estabelecidos na Resolução CONERH nº 75 (Artigo 4º), e as concentrações determinadas no efluente sanitário do Aterro Canabrava e demonstra que os objetivos básicos de tratamento prévio dos efluentes a serem usados em irrigação em áreas irrigadas serão atendidos:

- Proteção da saúde dos trabalhadores irrigantes
- Controle de vetores de doenças durante o armazenamento do efluente tratado a reciclar;
- Controle de potenciais danos aos cultivos e solos irrigados.

O **Quadro 5.3** apresenta as possibilidades de utilização de efluentes do Aterro Canabrava e os controles necessários de forma matricial, segundo diretrizes da legislação Australiana. Destacou-se com tarja os usos plausíveis no caso em questão. Como pode ser observados todos os parâmetros analisados apresentaram seus valores abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONERH nº 75/2010, *que estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal. Apresentou-se também seus valores abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/09 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.*

Quadro 5.3 – Substâncias legisladas/concentrações efluente Aterro Sanitário Canabrava – Abril 2024

Parâmetro	Und.	Resultado Efluente / Chorume Drenagem p/ Rua	Resolução	
			CONERH Nº 75/10	Conama nº430/11
			Limite Máximo	
Metais				
Alumínio (Al)	mg/L	0,104	5	-
Arsênio (As)	mg/L	0,00118	0,1	0,5
Bário (Ba)	mg/L	0,381	-	5
Boro (B)	mg/L	0,932	0,5	5
Cádmio (Cd)	mg/L	< 0,00050	0,01	0,2
Chumbo (Pb)	mg/L	< 0,0050	5	0,5
Cromo (Cr)	mg/L	< 0,0050	0,1	-
Estanho (Sn)	mg/L	< 0,0050	-	4
Mercúrio (Hg)	mg/L	< 0,000050	0,002	0,01

Níquel (Ni)	mg/L	< 0,0050	0,2	2
Prata (Ag)	mg/L	< 0,00250	-	0,1
Selênio (Se)	mg/L	0,00134	0,02	0,3
Zinco (Zn)	mg/L	0,0131	2	5
Cobalto (Co)	mg/L	0,00503	0,05	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,00668	0,2	-
Ferro (Fe)	mg/L	2,2	5	-
Potássio (K)	mg/L	178	-	-
Manganês (Mn)	mg/L	1,8	0,2	-
Sódio (Na)	mg/L	228	70	-
Vanádio (V)	mg/L	< 0,00500	0,1	-
Berílio (Be)	mg/L	< 0,00200	0,1	-
Cálcio (Ca)	mg/L	219	-	-
Magnésio (Mg)	mg/L	78	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0,0315	-	-
Compostos Nitrogenados				
Nitrato como N	mg/L	10,35	-	-
Nitrito como N	mg/L	9,66	-	-
NKT - Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	85,88	-	-
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	70	-	20
Amônia (como NH ₃)	mg/L	85	-	-
Compostos Inorgânicos				
Sulfeto	mg/L	0,03	-	1,0
Cloreto	mg/L	232,39	350	-
Sulfato	mg/L	< 10,00	-	-
Fluoreto	mg/L	0,49	1	10
Compostos Orgânicos				
Surfactantes	mg/L	< 1,00	-	-
Parâmetro Físico-Químico				
Óleos e Graxas Mineral	mg/L	< 5	-	20
Alcalinidade devido a Carbonato	mg/L	< 6,00	-	-
Alcalinidade devido a Hidróxido	mg/L	< 6,00	-	-

Alcalinidade devido a Bicarbonato	mg/L	1320	-	-
Alcalinidade Total	mgCaCO ₃ /L	1320	-	-
DQO - Demanda Química de Oxigênio	mg/L	78	-	-
Parâmetros Físicos				
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	< 0,10	-	< 1,0
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	< 10,00	-	-
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	32	-	-
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	30	-	-
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	1410	-	-
Parâmetros Biológicos				
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio	mgO ₂ /L	28,31	-	120 ou 60% de remoção
Carbono Orgânico Total (TOC)	mg/L	< 40	-	-
Compostos Aromáticos				
Fenol Total	mg/L	< 0,0020	-	0,2
Íons				
Cianeto Total	mg/L	< 0,0010	-	1,0
Cianeto Livre	mg/L	0,0051	-	-
Cromo Hexavalente	mg/L	< 0,010	-	0,1

Nota: Ver Laudos laboratoriais no Anexo. II

5.2 Solo

O material de cobertura utilizado na Fase A do aterro de Canabrava – topo e encostas- corresponde solo um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) com textura argilosa. A textura e os dados médios físicos do solo foram estimados a partir de tabelas de pedologia compatíveis e dados típicos de permeabilidade e estão ordenados nos **Quadros 5.4, 5.5 e 5.6**.

Quadro 5.4 – Valores típicos do coeficiente de permeabilidade

Permeabilidade		Tipo de solo	k (cm/s)
Solos permeáveis	Alta	Pedregulhos	$> 10^{-3}$
	Alta	Areias	10^{-3} a 10^{-5}
	Baixa	Siltes e argilas	10^{-5} a 10^{-7}
Solos impermeáveis	Muito baixa	Argila	10^{-7} a 10^{-9}
	Baixíssima	Argila	$< 10^{-9}$

Quadro 5.5 – Tipo e textura do solo

Profundidade (cm)	Classificação Textural
0 - 30	Argilo arenosa
30 - 60	Argilo arenosa
Classificação	Podzólico Vermelho Amarelo

Quadro 5.6 – Dados físico-hídricos

Profundidade	Cond. Hidráulica.	dap	Umidade (%)		Água Disp.
(cm)	(mm x h ⁻¹)	(g x cm ⁻³)	(1/10 atm)	(15 atm)	(%)
0 - 30	2,4	1,62	10,6	5,23	5,37
30 - 60	1,3	1,68	9,8	4,3	5,5

O CRA - Capacidade Real de Água no solo representa o valor consumido pela planta e que é necessário para ser irrigado para a manutenção da cultura, sendo estimado para a manutenção da área verde do Aterro Canabrava com capim e gramíneas na faixa de **2,5 a 3,0 mm/m** comum na RMS e Recôncavo, com correspondentes vazões necessárias para irrigação da área de topo e encostas do Aterro Canabrava Fase A:

$$\text{Vazão por ha} = 0,0025 \text{ a } 0,0030 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2$$

$$\text{Vazão} = \mathbf{25,0 \text{ a } 30,0 \text{ m}^3/\text{ha.d}}$$

5.3 Demanda de Irrigação

O conhecimento sobre o cultivo permitirá estabelecer para os locais parâmetros fisiológicos específicos na medida em que a utilização prevista no horto e nas encostas do Aterro Fase A se estabeleçam. No caso da área em questão, será progressivamente irrigada uma área verde atualmente com cobertura de gramínea nas encostas e no horto além de gramíneas também vegetação arbustiva e arbórea.

No caso de tipos diferentes e sistemas de irrigação, cada um pode possuir uma eficiência e percentual de área molhada característico de cada metodologia.

Considerou-se que sistema de irrigação por aspersão na superfície do solo possui uma Eficiência Média - E_f - de 55% e percentual de área molhada de 100%, ou seja, coeficiente de sombreamento (K_s) igual a 1.

Procurou-se estabelecer um coeficiente que corrigisse a Evapotranspiração de referência que é estabelecida para gramíneas, corrigida por um *coeficiente de cultura* (K_c). Esse coeficiente de ajuste representa o quociente, $K_c = E_{tc} / E_{to}$, e varia com a e estágio de desenvolvimento da cultura.

Neste caso será adotado um K_c ajustado à necessidade da taxa de aplicação de água do solo do local, estabelecendo uma lâmina baixa e fixa pela necessidade de evitar encharcamentos e erosão. Para esta finalidade o valor de $K_c=1$ a ser adotado para o projeto em questão atende a necessidade. Será projetado um sistema de bombeamento para trabalhar até *12 horas diárias*, irrigando ao final do desenvolvimento uma área de 11,54 ha, correspondente aos 1,04 ha correspondente a área de topo desnuda que também abrigará o horto previsto e 10,5 ha correspondente às encostas que poderão sequencialmente ser irrigadas.

A *fonte de recurso hídrico* a ser utilizada será o chorume maturado com volume médio gerado anual da ordem de 150,25 m³/d, considerando ainda a maior vazão média de 287,9 m³/d modelada para o mês de maio e menor de 73,0 m³/d modelada para o mês de dezembro. Levando em conta a vazão média modelada, propõe-se a implantação de uma estação de bombeamento com capacidade de 12,0 m³/h para transferir em cerca de 12 h o chorume maturado captado na drenagem horizontal no ponto de convergência do lixiviados do aterro situado na área da antiga estação de condicionamento de chorume, nas coordenadas Geográficas 24L/UTM 561657/8571610, em frente à loja do supermercado Atakarejo para uma bacia de acumulação a ser implantada na área desnuda do topo do aterro.

A quantidade de chorume gerado é significativa e permite a utilização do mesmo em programa de fertirrigação a ser desenvolvido progressivamente, iniciando nos viveiros e horto previstos pela prefeitura na área do aterro e em seguida em outras áreas verdes próximas na medida em que se venha a controlar a erosão nas encostas do aterro Canabrava Fase A.

De acordo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), esse caso de Reuso enquadra-se na classificação reservada à irrigação para silvicultura de plantas ornamentais, paisagismo, campos de esportes, parques e também para enchimento de lagos ornamentais, etc. De qualquer forma o destino final está de acordo com a **NBR-13.969/97** - ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS e segue considerações acerca de aspectos relativos ao reuso de água, tais como: técnicas de reuso local; sistema de reservação e de distribuição; manual de operação e treinamento dos responsáveis; planejamento do sistema de reuso; volume do efluente a ser reutilizado e grau de tratamento necessário.

Sendo assim o projeto e a destinação final do efluente não põem em risco a saúde pública nem o ambiente a ser utilizado, pois este fim se aplica a um chorume maturado ao longo de 30 anos efluente tratado, equivalente a um esgoto tratado que será utilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, aplicável a usos tais como, irrigação dos jardins, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens, etc.

5.4 Elevatória de Chorume Maturado

Uma Estação Elevatória será instalada no final da tubulação de drenagem horizontal no ponto de convergência do lixiviados do aterro situado na área da antiga estação de condicionamento de chorume, com a função de recalcar o chorume maturado até uma bacia de reservação a ser implantada em área desnuda no topo do Aterro Fase A. Propõe-se uma estrutura simples formada por bomba submersível instalada em reservatório enterrado de pelo menos 25 m³, podendo ser usado algum existente que venha a ser identificado na antiga estação e emissário em tubos de PVC 110 mm ou PEAD 100 mm. Essa linha adutora deverá permitir o carregamento dos caminhões tanque ou reboques para a fertirrigação em outras áreas predeterminadas.

Foram adotados os seguintes critérios para o dimensionamento do conjunto elevatório:

- *Número de conjuntos motobomba*: 1 conjunto submersível multiestágio, recomendando-se um reserva em almoxarifado.
- *Capacidade de bombeamento*: como condição básica foi considerado que o conjunto elevatório deverá ser capaz de bombear em 12 horas o chorume maturado gerado disponível = 12,0 m³/h = 3,33 l/s.
- *Tubulação de adução*: em PVC PBA no diâmetro de 110 mm e extensão L de 250 m.

Para a determinação da altura manométrica (Hm) de projeto devem ser consideradas além da altura geométrica (Hg) as perdas de carga (Hf) de acordo com a expressão:

$$H_m = H_g + H_f$$

Para determinação das **perdas de carga** decorrentes do atrito nas tubulações foi utilizado a fórmula de Hazen-Williams de acordo com seguinte expressão:

$$(1) \quad V = 0,355.C.D^{0,63}.J^{0,54}$$

Onde:

V = velocidade, m/s

D = diâmetro da tubulação, m

J = perda de carga unitária, m/m

C = coeficiente que depende do material, no caso de tubos plásticos (polímeros) = 140 (adimensional)

Resultando:

$$Q = 12,0 \text{ m}^3/\text{h} = 3,33 \text{ l/s} \quad \} \quad J = 0,0023 \text{ m/m}$$

$$\varnothing \text{ DN } 100\text{mm}; C=140 \quad \} \quad J.L = 345,2\text{m} \times 0,0023 = 0,80 \text{ m}$$

A altura geométrica terá o valor de 43,0m correspondente ao desnível entre o ponto de tomada da bomba submersível na *base do aterro* e o ponto mais alto na alimentação da bacia de reservação a ser implantada em área desnuda no topo do Aterro Fase A no *Reservatório Elevado*, distante 250 m.

As perdas de cargas decorrerão do atrito na tubulação de 250 m que liga os dois pontos de bombeamento e em peças e conexões (4 curvas 45°, 3 curvas 90° 2 registros 1 TE e 1 válvula de retenção) situadas nesse percurso. Essas peças e conexões equivalem a perdas localizadas expressas em metros de tubulações compondo com isso o comprimento total de 250,0 m + 95,20 m = **345,20 m**.

As perdas de carga serão de acordo com a fórmula de Hazen-Williams para um coeficiente de atrito de $C = 140$, correspondente a PVC da ordem de $(345,20 \text{ m} \times 0,0023 \text{ m/m}) \approx 0,80 \text{ m}$. A altura manométrica resultante será de:

$$H_g = 43,0 \text{ m} + 0,80 \text{ m} = 43,80 \text{ m.c.a.}$$

A bomba estará, portanto, submetida às seguintes condições:

$$Q = 12,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_m = 43,80 \text{ m.c.a.}$$

Sugere-se a aquisição de duas bombas submersa EBARA, modelo 4BPLi11-10 de 4,5HP ou equipamento equivalente de outro bom fabricante. Apenas uma bomba será instalada, recomendando-se o armazenamento de bomba reserva do mesmo tipo em almoxarifado.

5.5 Dados Básicos do Sistema de Irrigação

Será progressivamente irrigada uma área verde com cobertura de gramínea nas encostas e no horto além de gramíneas também vegetação arbustiva e arbórea. Conta-se com uma área total disponível de 11,54 ha, sendo 1,04 ha de área plana situada no topo do aterro, além de 10,5 ha nos taludes das encostas do aterro, a serem atendidos por um sistema de irrigação por aspersão, objeto deste projeto de uso do chorume maturado.

O método de irrigação por aspersão, que será utilizado, prevê o transporte de efluentes em tubulações pressurizadas e aplicação no solo sob forma de gotas, por aspersores, assim possibilitando a sua aplicação em solos cobertos por qualquer tipo de vegetação. Ver **Figura 5.1**.

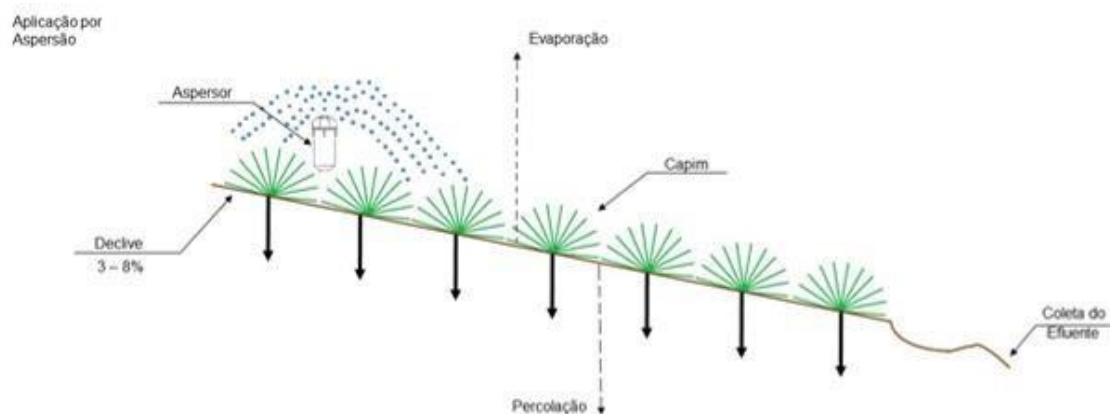


Figura 5.1 – Sistema de irrigação por aspersão

O sistema é adequado a área de topografia irregular e de grandes declividades do terreno de encosta, além dos riscos de erosão. No ponto de vista agrícola, este método é o mais eficiente, porque obtém uma maior uniformidade de distribuição da massa líquida no terreno.

Para fertirrigação da área verde do Aterro Canabrava com capim e gramíneas será considerada a faixa de 2,5 a 3,0 mm/m comum na RMS e Recôncavo, com correspondentes vazões necessárias para irrigação da área de topo e encostas do Aterro Canabrava Fase A de 25,0 a 30,0 m³/ha.d requerendo de **5 a 6 ha**.

O projeto quando plenamente desenvolvido poderá abranger a área total disponível de 11,54 ha, situada favoravelmente a favor da segurança 2 vezes maior do que aquela suficiente e com isso controlar muito bem eventuais efeitos adversos de aumento da salinidade no solo irrigado.

- Espécie de Cultura e o Espaçamento Recomendado
Capim e gramínea de 1,5 m x 2,0 m.
- Tipo de Solo
Latossolo Vermelho amarelo, textura argilosa de baixa permeabilidade.
- Topografia do Terreno
Relevo ondulado.
- Lâmina Referencial (em mm)
2,5 a 3,0 mm/dia (equivalente a 25 a 30 m³/ha.d)
- Horas de Funcionamento
Máximo de 6 horas por aplicação, totalizando 2 aplicações e 12 horas/dia.
- Desnível Intermediário entre Bomba de Recalque e o Terreno a Irrigar
A área da bacia de estocagem do chorume maturado e onde estará instalada a bomba de captação e recalque
- Quantidade e Qualidade do Efluente
Chorume maturado equivalente a esgoto sanitário tratado de boa qualidade no volume diário de 150,0 m³, podendo chegar até 50% a mais que isso em variações mensais.