

PROPOSIÇÃO DE WETLANDS COMO SOLUÇÃO BASEADA NA NATUREZA PARA SITUAÇÕES EMERGENCIAIS: O CASO DA VILA GÊNESIS, CAMPINAS

Karen Murakava
Vera Santana Luz

RESUMO

Perante a contradição entre o direito à habitação e o direito ao meio ambiente, são priorizadas formas de provimento imediato e emergencial de populações, como suprimento da demanda não atendida pelo estado quanto ao déficit de moradia e de saneamento, inclusive para proteção do sistema hídrico. Mediante a precariedade da infraestrutura sanitária em áreas periféricas urbanas, caracterizadas por fragilidades socioespaciais e ambientais, elegeu-se o estudo de caso de setor da Vila Gênese, Campinas, onde há uma comunidade ocupando área definida como de proteção ambiental, lindeira ao Ribeirão Anhumas. O artigo apresenta a investigação de tratamento de esgotos através de processo de fitorremediação por wetlands ou jardins filtrantes como Solução baseada na Natureza (SbN), buscando evitar a contaminação, com técnicas de fácil instalação e manutenção, com potencial de qualidade paisagística, no recorte territorial estabelecido, que padece pela precariedade das habitações e ausência de infraestruturas, vertendo o esgoto diretamente no córrego. A metodologia consiste na investigação de referências bibliográficas e documentais sobre o saneamento no Brasil e em São Paulo e de técnicas de fitorremediação por sistemas wetlands ou jardins filtrantes, para proceder a ensaios de instalação no estudo de caso, mediante levantamento cartográfico e aerofotogramétrico. Os estudos teóricos e os dados urbano-territoriais e marcos legais levantados apontaram para o déficit de saneamento de esgotos, cujo desdobramento corrobora na importância desses sistemas para atender a carência em comunidades caracterizadas por fragilidades socioespaciais e ambientais. Os resultados alcançados apresentam um ensaio de implantação de wetlands de sistema francês como processo de tratamento de efluentes descentralizado para o estudo de caso, cujo alcance aponta para a possibilidade de replicabilidade em situações semelhantes.

Palavras-chave: Soluções baseadas na Natureza (SbN); mitigação; fitorremediação de esgotos; fragilidade socioespacial e ambiental; Vila Gênese, Campinas.



PROPUESTA DE HUMEDALES COMO SOLUCIÓN BASADA EN LA NATURALEZA PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA: EL CASO DE VILA GÊNESIS, CAMPINAS

Karen Murakava
Vera Santana Luz

RESUMEN

Ante la contradicción entre el derecho a la vivienda y el derecho al medio ambiente, se priorizan formas de provisión inmediata y de emergencia de las poblaciones, tales como suplir la demanda no atendida por el Estado en cuanto al déficit de vivienda y saneamiento, incluso para la protección del sistema fluvial. Debido a la precariedad de la infraestructura sanitaria en áreas urbanas periféricas, caracterizadas por debilidades socioespaciales y ambientales, se eligió el estudio de caso del sector de Vila Génesis, Campinas, donde existe una comunidad que ocupa un área definida como de protección ambiental, bordeando el Arroyo Anhumas. El artículo presenta la investigación del tratamiento de aguas servidas mediante proceso de fitorremediación por humedales o jardines filtrantes como Solución basada en la Naturaleza (SbN), buscando evitar la contaminación, con técnicas de fácil instalación y mantenimiento, con potencial de calidad paisajística, en el corte territorial establecido, que sufre por la precariedad de las viviendas y la falta de infraestructura, vertiendo las aguas servidas directamente al arroyo. La metodología consiste en la investigación de referencias bibliográficas y documentales sobre saneamiento en Brasil y São Paulo y de técnicas de fitorremediación por humedales o jardines filtrantes, para realizar pruebas de instalación en el caso de estudio, a través de levantamiento cartográfico y fotogramétrico aéreo. Los estudios teóricos y los marcos jurídicos y datos urbano-territoriales relevados señalaron para el déficit de alcantarillado sanitario, cuyo despliegue corrobora la importancia de estos sistemas para atender la necesidad en comunidades caracterizadas por fragilidades socioespaciales y ambientales. Los resultados obtenidos presentan un ensayo de implementación del sistema de humedales francés como un proceso de tratamiento de efluentes descentralizado para el caso de estudio, cuyo alcance apunta a la posibilidad de replicabilidad en situaciones similares.

Palabras clave: Soluciones basadas en la naturaleza (SbN); mitigación; fitorremediación de aguas residuales; fragilidad socioespacial y ambiental; Vila Génesis, Campinas.

PROPOSAL OF WETLANDS AS A NATURE-BASED SOLUTION FOR EMERGENCY SITUATIONS: THE CASE OF VILA GÊNESIS, CAMPINAS

Karen Murakava
Vera Santana Luz

ABSTRACT

Faced with the contradiction between the right to housing and the right to the environment, forms of immediate and emergency provision of populations are prioritized, such as supplying the demand not met by the state regarding the housing and sanitation deficit, including the protection of the river system. Due to the precariousness of the sanitary infrastructure in urban peripheral areas, characterized by socio-spatial and environmental weaknesses, the case study of the Vila Genesis sector, Campinas, was chosen, where there is a community occupying an area defined as environmental protection, bordering the Anhumas Stream. The article presents the investigation of sewage treatment through the phytoremediation process by wetlands or filter gardens as a Nature-Based Solution (NbS), seeking to avoid contamination, with easy installation and maintenance techniques, with potential for landscape quality, in the territorial cut established, which suffers from the precariousness of housing and lack of infrastructure, pouring sewage directly into the stream. The methodology consists of the investigation of bibliographical and documentary references on sanitation in Brazil and São Paulo and of phytoremediation techniques by wetlands or filter gardens, to carry out installation tests in the case study, through cartographic and aerial photogrammetric survey. The theoretical studies and urban-territorial data and legal frameworks surveyed pointed to the deficit in sewage sanitation, whose unfolding corroborates the importance of these systems to meet the need in communities characterized by socio-spatial and environmental weaknesses. The results achieved present an implementation trial of French wetlands system as a decentralized effluent treatment process for the case study, whose scope points to the possibility of replicability in similar situations.

Keywords: *Nature-Based Solutions (NbS); mitigation; sewage phytoremediation; socio-spatial and environmental fragility; Vila Genesis, Campinas.*

INTRODUÇÃO

O presente estudo partiu da premissa da insuficiência de serviços de esgotamento sanitário no Brasil. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento referentes a 2019 (MDR, s. n.), apresentam o índice de atendimento total de esgotos no Brasil como de 54,1%, sendo somente 49,1% do esgoto gerado efetivamente tratado.. Mesmo com o estatuto legal consolidado predicando a universalização do saneamento de esgotos, os indicadores evidenciam que o atendimento da população está longe do atendimento legalmente estabelecido. Ressalta-se que há consideráveis diferenças regionais no país e, em situações urbanas, entre áreas da cidade, o que revela a urgência de suprimento para esta necessidade básica, sendo o sudeste a região com maior atendimento, correspondendo a 79,5% (MDR, 2020, p. 58).

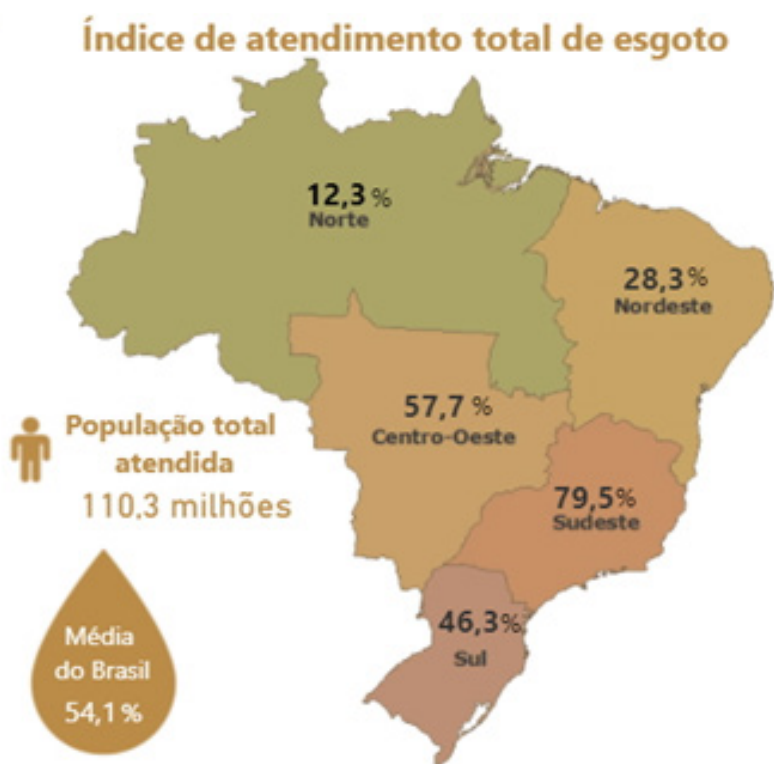
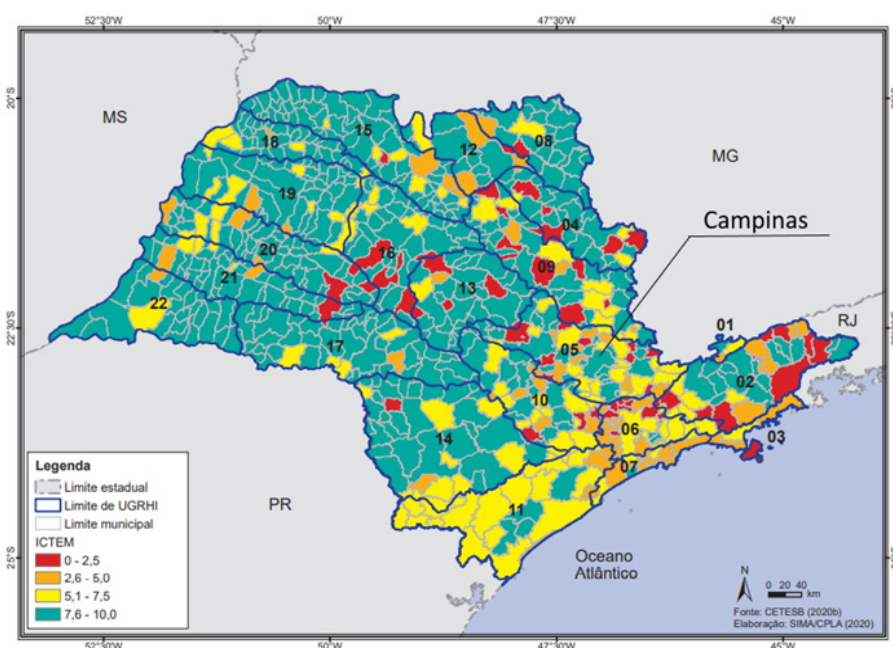


FIGURA 1. Mapa da distribuição regional de atendimento de saneamento de esgotos no Brasil em 2019. Fonte: MDR, s. n.

Em um recorte territorial referente ao Estado de São Paulo, este apresenta índices médios de coleta de esgotos acima de 70% (MDR, 2020, p. 68-69). Nota-se, no entanto, a grande desigualdade no atendimento a seus municípios. A Figura 2, abaixo, apresenta o mapa do estado especializando dados do ICTEM, relativos ao atendimento de serviços de coleta e tratamento de esgotos sanitários, onde é observável maior intensidade do déficit em manchas esparsas, concentrações nas áreas litorâneas e penetração em um eixo a norte para o interior, onde se inserem a Região Metropolitana de São Paulo e a Região Metropolitana de Campinas. ICTEM ou Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município é um indicador de avaliação da

qualidade de serviços de saneamento sanitário, por município, desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O indicador tem como base 5 elementos: população urbana atendida por rede de coleta de esgoto por rede ou sistemas isolados; tratamento e eficiência de remoção (% da população urbana com esgoto tratado); eficiência global de remoção (considera a remoção efetiva da carga orgânica gerada, considerando a legislação que preconiza a eficiência de 80%); a destinação adequada de lodos e resíduos do tratamento; se o efluente receptor da estação não se desenquadra à classe (conforme padrões de qualidade do corpo receptor). As ponderações resultam em 4 grupos, respectivamente crescentes quanto a indicadores favoráveis: de 0-2,5 (vermelho); de 2,6-5,0 (laranja); de 5,1-7,5 (amarelo) e de 7,6-10 (verde) (SIMA, 2020, p. 158-159).

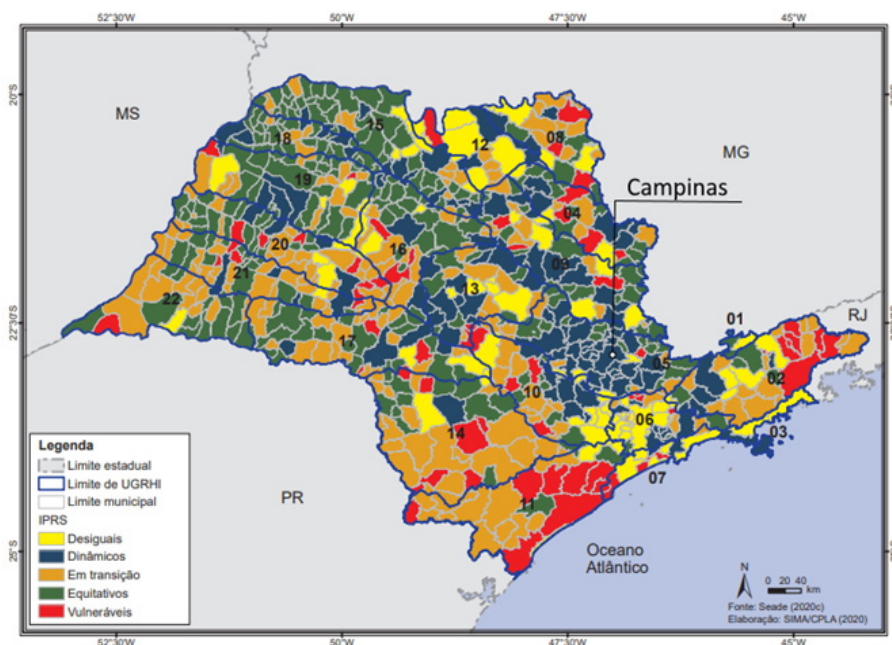
FIGURA 2. Distribuição do Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município (ICTEM) por município do Estado de São Paulo, com perímetro das UGRHI, referente a 2019. Destaca-se o município de Campinas. Fonte: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), 2020, p. 161, trabalhada pelas autoras.



A Figura 3, abaixo, apresenta o Índice Paulista de Responsabilidade Social, a partir de indicadores socioeconômicos. É possível verificar que esta apresenta uma predominância de indicadores favoráveis em um eixo noroeste-sudeste polarizado por municípios que se articulam por redes de transporte e demais sistemas técnicos, onde se inserem os municípios de Santos, São Paulo e Campinas, e em que ocorrem algumas manchas em setores do interior do estado. Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS) é um indicador socioeconômico complexo formado por dados, cruzando informações sobre riqueza, longevidade e escolaridade, por município. A composição relativa à riqueza envolve a ponderação do PIB per capita (25%), da remuneração dos empregados formais e benefícios previdenciários (25%), do consumo residencial de energia elétrica (25%) e do consumo de energia elétrica na agricultura, comércio e serviços (25%). Os elementos relativos à longevidade são compostos por: mortalidade perinatal (30%), mortalidade infantil (30%), mortalidade de pessoas de 15 a 39 anos (20%)

e mortalidade de pessoas de 60 a 69 anos (20%). Os componentes de escolaridade são: proporção de alunos da rede pública com nível adequado nas provas de Língua Portuguesa e Matemática - no 5º ano do ensino fundamental (31%), no 9º ano do ensino fundamental (31%), a taxa de atendimento escolar na faixa de 0 a 3 anos (19%) e a taxa de distorção idade-série no ensino médio (19%). Os municípios são classificados em 5 grupos: dinâmicos (riqueza alta/ longevidade e escolaridades média ou alta); desiguais (riqueza alta/ baixa longevidade e média/alta escolaridade ou baixa escolaridade e média/alta longevidade); equitativos (riqueza baixa e longevidade/escolaridade média ou baixa); em transição (riqueza baixa e baixa longevidade e média/alta escolaridade ou baixa escolaridade e média/alta longevidade) e vulneráveis (riqueza baixa e longevidade e escolaridade baixas); onde, portanto os indicadores são decrescentes (SÃO PAULO, SEADE, 2019, p. 2).

FIGURA 3. Mapa do Índice Paulista de Responsabilidade Social, por municípios, no Estado de São Paulo, relativo a 2018, com município de Campinas assinalado. Fonte: SIMA - Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2020, p. 95 a partir de dados da Fundação SEADE, trabalhada pelas autoras.



A partir da representação das Figuras 2 e 3, nota-se uma certa correspondência territorial evidenciando comparativamente que, em alguns casos, os indicadores socioeconômicos favoráveis estariam paradoxalmente associados, por inversão, aos desfavoráveis de saneamento de esgotos.

Campinas, como município do recorte de estudo, possui determinados indicadores contrastantes. De acordo com dados disponibilizados pela SIMA (2020), a cidade possui o melhor indicadores de saneamento, com ICTEM alto (7,6-10) o que é identificável na Figura 2, porém a maioria dos municípios da Região Metropolitana de Campinas apresenta ICTEM médio-alto (5,1-7,5). Segundo o Instituto Trata Brasil (s. n.), Campinas contemplava, em dados de 2018, 94,39% de esgotos coletados e 70,32% desses efluentes efetivamente tratados. Possui o indicador mais favorável de IPRS (Figura 3), inserida no grupo dinâmico, Desdobrando-se o IPRS, Campinas apresenta a dimensão riqueza alta, longevidade alta e escolaridade baixa (SIMA, 2020).

Gianoni (2020, p. 353) aponta o déficit habitacional em Campinas, em 2020, da ordem de 42 mil pessoas e 360 ocupações. O Plano Municipal de Habitação de Campinas (PMC, 2011) estimava o déficit habitacional em 2010 em 30.871 domicílios sendo 17.828 em assentamentos precários. A Figura 4 expõe setores de habitação precária no município de Campinas, a partir de dados de 2008, onde é possível notar o padrão predominante de precariedade periférica. A Figura 5 ilustra áreas com os respectivos Índices Paulistas de Responsabilidade Social do município (SÃO PAULO, SEADE, s. n.). Ao analisarmos comparativamente os dois mapas é possível apreender uma convergência entre lotes não regularizados e localidades de vulnerabilidade alta e muito alta, especialmente na região sudeste. O setor do estudo de caso corresponde ao Grupo 6 - vulnerabilidade muito alta, aglomerados subnormais - envolvido por manchas dos Grupos 1, 2 e 3. O Índice de Vulnerabilidade Social se organiza em 7 Grupos sendo: Grupo 1 (baixíssima vulnerabilidade); Grupo 2 (vulnerabilidade muito baixa); Grupo 3 (vulnerabilidade baixa); Grupo 4 (vulnerabilidade média - setores urbanos); Grupo 5 (Vulnerabilidade alta - setores urbanos); Grupo 6 (vulnerabilidade muito alta - aglomerados subnormais) e Grupo 7 (vulnerabilidade alta- setores rurais) (SEADE, s. n.).

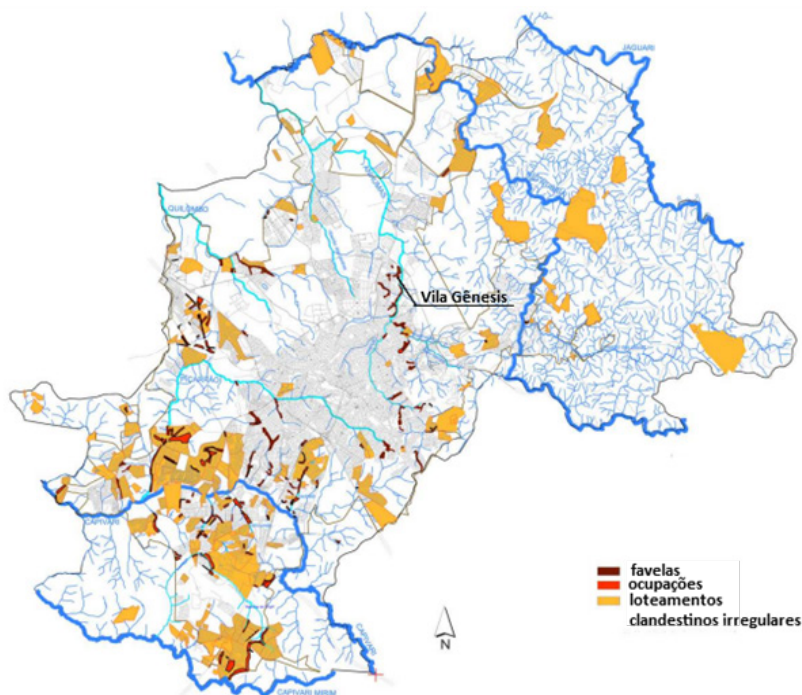
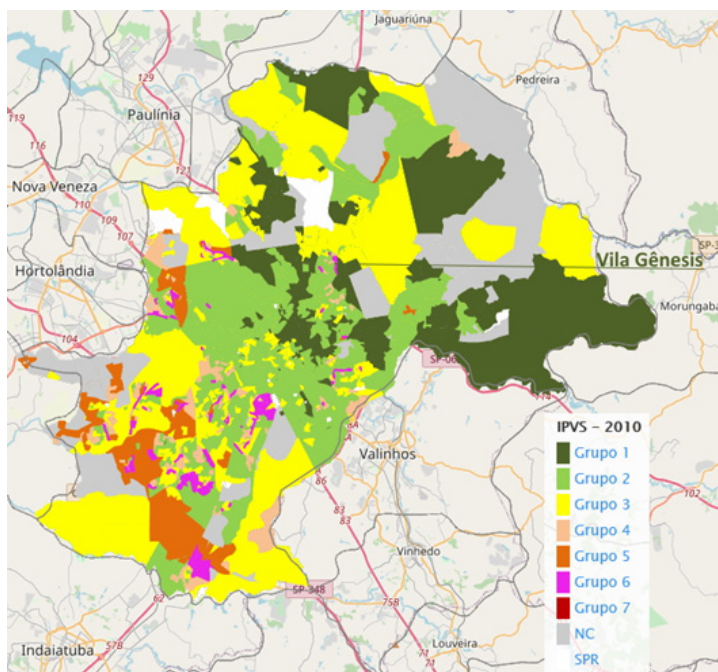


FIGURA 4. Favelas, ocupações e loteamentos irregulares no município de Campinas. Fonte: PMC, 2011, p. 34, a partir de dados de Campinas, 2008, trabalhada pelas autoras.

FIGURA 5. Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS). Município de Campinas, 2010.
 Fonte: SÃO PAULO, SEADE, s. n., trabalhado pelas autoras.



Contrastando com o estatuto legal desenvolvido para o saneamento de esgotos, é constatada a sofrível realidade. O quadro legal apresenta diretrizes nacionais de saneamento, pela Lei no. 11.445 (BRASIL, 2007), que estabelece a universalização, o acesso e a integridade dos serviços, o tratamento em conformidade com as necessidades da população, a utilização de técnicas buscando a efetividade ou peculiaridades locais e regionais, a análise de serviços em correspondência ao planejamento urbano e regional, a promoção de saúde pública e ambiental, a eficiência e sustentabilidade econômica, a utilização de técnicas de acordo com as tecnologias e com o orçamento dos usuários, a adaptação de técnicas efetivas e progressivas, e “a transparência das ações, o controle social; a segurança, qualidade e regularidade; a adoção de medidas de fomento à moderação do consumo de água, através da eficácia, segurança, qualidade, sustentabilidade ambiental e regularidade” (BRASIL, 2007). As diretrizes da Lei no. 11.445 (BRASIL, 2007), preveem a titularidade dos municípios para o planejamento e implantação do saneamento conforme as necessidades e preexistências para sua universalização. No entanto, não se especificam prazos para que os governos municipais cobrem de prestadoras de serviços para o atendimento: permite-se, portanto, que metas, regulação e qualidade de serviços sejam estipuladas pelas próprias empresas, contribuindo para a indeterminação do atendimento e universalização do saneamento. (FURIGO, 2020).

A atualização do marco legal de saneamento básico, pela Lei no. 14.026 (BRASIL, 2020), prevê a implementação de serviços de esgotamento para, pelo menos, 90% da população até 2033, bem como a redução de custos e a eficiência de tratamento. As novas diretrizes preveem a inserção de empresas privadas no mercado de prestação de serviços,

o aumento de concorrência e a quebra de contratos de preferência por empresas públicas. A definição será feita pelo governo municipal através da abertura de contrato e concessão por solicitação obrigatória de licitações. Essas medidas presumem maior participação da Agência Nacional de Águas (ANA), como agência reguladora para padrões na qualidade, eficiência e fiscalização de valores tarifários com intuito de evitar ônus excessivos. Segundo a Lei no. 14.026, BRASIL, 2020), prevê-se que as normas de regulação dos serviços públicos de saneamento instituídas pela ANA deverão:

[...] I - promover a prestação adequada dos serviços, com atendimento pleno aos usuários, observados os princípios de regularidade, da continuidade, da eficiência, da segurança, da atualidade, da generalidade, da cortesia, da modicidade tarifária, da utilização racional dos recursos hídricos e da universalização dos serviços;

II - estimular a livre concorrência, a competitividade, a eficiência e a sustentabilidade econômica na prestação dos serviços;

III - estimular a cooperação entre os entes federativos com vistas à prestação, à contratação e à regulação dos serviços de forma adequada e eficiente, a fim de buscar a universalização dos serviços e a modicidade tarifária;

IV - possibilitar a adoção de métodos, técnicas e processos adequados às peculiaridades locais e regionais;

V - incentivar a regionalização da prestação dos serviços, de modo a contribuir para a viabilidade técnica e econômico-financeira, a criação de ganhos de escala e de eficiência e a universalização dos serviços;

VI - estabelecer parâmetros e periodicidade mínimos para medição do cumprimento das metas de cobertura dos serviços e do atendimento aos indicadores de qualidade e aos padrões de potabilidade, observadas as peculiaridades contratuais e regionais;

VII - estabelecer critérios limitadores da sobreposição de custos administrativos ou gerenciais a serem pagos pelo usuário final, independentemente da configuração de subcontratações ou de subdelegações;

VIII - assegurar a prestação concomitante dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. (BRASIL, 2020, art. 4-A, § 3)

Teoricamente, o ingresso de empresas privadas possibilitaria a concorrência perante a precificação e qualidade dos serviços. Questiona-se, contudo, se o saneamento, como direito fundamental e não como mercadoria, seria promovido pelo setor privado com a mesma eficiência

e qualidade para localidades em que não representem lucro, ou seja, prioritariamente as regiões com precariedades ou fragilidades socioespaciais e ambientais. Iniciativas privadas supõem lucro e, portanto, o pagamento de encargos pelos serviços prestados aos usuários, estipulados pelas próprias empresas, mediante o estabelecimento de cláusulas e regulamentações de funcionamento.

Comparativamente às regiões urbanas centrais, no sistema centralizado hoje vigente, levar infraestruturas para regiões periféricas, compostas por vazios urbanos e ocupações habitacionais informais seria muito custoso para empresas e, em correspondência, para os usuários arcar com os valores dos serviços fornecidos. Este regime atualmente proposto tende a potencializar os serviços de saneamento como mercadoria: redução de custos, padronização de serviços e visando lucro. Desse modo tenderia a agravar problemas de desigualdade, vulnerabilidade social e ambiental, bem como gastos e queda no quadro de saúde da população (FURIGO et al. 2018).

De acordo com Furigo et al. (2018), o modelo capitalista perante o atual sistema centralizado tenderia à ampliação de infraestruturas, através da expansão de serviços para áreas regularizadas e que pudessem arcar com os custos de construção/prestação. Segundo os autores, somados a esse fator, a falta de destinação de verbas, o desinteresse do poder público em financiar obras de infraestrutura e regularização urbana, bem como a má elaboração de projetos técnicos e generalistas que não levam em conta as particularidades da malha urbana e a fisiologia territorial inviabilizam a universalização a curto/médio prazo mediante o paradoxo entre o avançado arcabouço legal e a gestão real.

Segundo diversos autores, na cidade informal as características de formação (sociais e físicas) são distintas do tecido urbano convencional, evidenciando a necessidade de medidas que possam prever a disposição heterogênea, abrangendo questões de urbanidade e função social, que devem ser consideradas na gestão de saneamento, caso contrário potencializam problemas de fragilidade socioespacial e ambiental, vulnerabilidade e desigualdade (FURIGO et al., 2018; COLOSSO; PAULA, 2020; LUZ, 2018; PENARIOL, 2020; ROCHA et al., 2020).

Segundo Furigo (2020), portanto, o enfrentamento do planejamento urbano necessita ser multisetorial, abrangendo conjuntamente a necessidade de superação do déficit habitacional, a reforma fundiária e urbana e o esgotamento sanitário, para o alcance da universalização, uma vez que na cidade informal a população sofre com problemas de ocupação de áreas de risco, ocupando áreas de proteção permanente ou de alta taxa de declividade, sem provimento adequado de infraestruturas e transporte público. Visto a exclusão do acesso à cidade, esta população recorre a formas precárias de vida, gerando riscos à saúde e contaminação ambiental (FURIGO, 2020).

No Brasil os serviços de saneamento de esgotos são realizados majoritariamente por sistemas centralizados, que exigem complexas construções auxiliares de coleta, transporte, estações elevatórias, coletores troncos e estações centrais de tratamento (ETEs) e emissários que dispõem os efluentes tratados em corpos hídricos. No processo convencional, o rápido tratamento é atingido devido ao uso de processos químicos. No entanto, essas grandes infraestruturas, apresentam alto custo de implantação e manutenção, dada sua escala e a necessidade de malhas de coleta, transporte e da demanda energética para seu funcionamento (TEIXEIRA, 2020). Conforme Teixeira (2020), estes sistemas são adequados em cidades centralizadas, onde o contingente populacional se concentra necessitando, portanto, de uma malha hidráulica também adensada. Segundo a autora, em cidades como Campinas, de constituição urbana espraiada, com regiões periférica e vazios urbanos, a estratificação socioterritorial reitera a fragilidade socioespacial de forma a excluir a população que não consegue pagar por essas custosas infraestruturas.

Em ocupações não regularizadas, a ausência de infraestrutura de esgotos é responsável pela queda no quadro de saúde da população e acarretando a contaminação hídrica e de solos. Tendo em vista esta realidade, a disposição de sistemas convencionais tem contraditoriamente inviabilizado a universalização do saneamento. Este estudo, portanto, prevê a utilização de técnicas de fitorremediação, como Soluções baseadas na Natureza, como infraestruturas alternativas de tratamento, para comunidades em situação emergencial, sem provimento de esgotamento sanitário.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada mediante seleção, investigação e análise crítica de referências bibliográficas, documentais, de trabalhos acadêmicos, de veículos midiáticos, bem como de empresas especializadas, para construção de um panorama sobre sistemas de fitorremediação em técnicas de jardins filtrantes ou wetlands, como solução alternativa ao modelo convencional, visando a eleição de uma técnica aplicável em situações emergenciais ou de carência de infraestrutura de esgotamento sanitário. Como estudo de caso elegeu-se um recorte territorial na Vila Gênese, em Campinas, São Paulo, dada sua condição de ocupação informal em área de proteção permanente, lindeira ao Ribeirão Anhumas. Predica-se que esta metodologia possa ser aplicável em circunstâncias semelhantes. Desse modo, o arcabouço teórico foi fundamental para eleição de um sistema adequado de fitorremediação, conforme as necessidades do recorte da área de estudo.

Para os ensaios de implantação, foram realizados levantamento e análise de dados cartográficos e aerofotográficos, investigação da situa-

ção territorial concernente ao estudo de caso, e seleção da área mais vulnerável para estabelecer a população atendida. A partir desta eleição foi definido o local de instalação apropriado e realizados cálculos para dimensionamento do sistema de tratamento. Para tanto, estabeleceu-se uma referência específica mediante a qual foram adotadas informações técnicas e construtivas que resultaram em desenhos de representação da solução proposta. Considera-se que esta metodologia, em situações reais, contemple a participação da comunidade envolvida bem como a realização de interfaces institucionais, o que está fora do âmbito do presente trabalho.

Para a reflexão teórica da pesquisa, foram investigados aspectos gerais sobre o panorama da universalização dos serviços de saneamento de esgotos no Brasil e no município de Campinas, buscando estabelecer relações comparativas com marcos legais existentes, em escala federal, estadual, municipal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Wetlands construídas são sistemas artificiais simulando os que existem na natureza, compostos por solos hidromórficos (parcialmente alagados) e plantas aquáticas. Nos sistemas construídos há o controle hidráulico de vazão de efluentes, de sua saturação, a determinação dos tipos de processos - aeróbico, anaeróbico ou anóxico - e a condutividade hidráulica (RUBIM, 2016). São utilizados meios suportes - brita e areia - onde ocorrem processos de filtração e processos bioquímicos. As plantas são importantes para a remoção de moléculas responsáveis por contaminação hídrica, como as nitrogenadas (N), fosforadas (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) metais pesados (hipermaculadoras) e para a queda de Demandas Química/Biológica de Oxigênio (DBO/DQO), incorporadas para desenvolvimento vegetativo (SILVA, n. d.; SALATI et al., 2009; VALENTE et al., 1997). Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e Demanda química de oxigênio (DQO) são indicadores para analisar a quantidade de poluentes orgânicos biodegradáveis, através do cálculo da quantidade de oxigênio dissolvido (OD) utilizada para oxidar e estabilizar a matéria orgânica. O DQO é realizado por via química e por isso possui em resultado mais rápido que a DBO, por oxidação por meio de agentes decompositores (POÇAS, 2015; VALENTE et al., 1997).

Wetlands tem sido soluções alternativas que vêm sendo implantadas como tecnologias de baixo impacto para soluções de problemas urbanos, pois apresentam diversas vantagens. A princípio, são empregados por questões econômicas e estruturais, pois apresentam pouca complexidade operacional, aplicabilidade imediata, baixo custo tanto de implantação quanto de manutenção e adaptabilidade aos locais de implantação. Estes sistemas podem receber tanto efluentes domésticos quanto industriais, com contaminantes de metais pesados, sem

quaisquer tratamentos químicos ou mecânicos, requerendo baixo custo energético. Podem ter aplicações que resultam em qualificação ambiental e recuperação ambiental. Os jardins filtrantes podem ter benefícios sociais, como pela participação de comunidades locais na construção e manutenção do sistema, gerando empregos e desfrute. Os sistemas de fitorremediação por wetlands apresentam reduzida produção de lodo que podem ser utilizados como fertilizantes, energia por biomassa e rações (SALATI et al., 2009, SILVA, 2018; PIO et al., 2013; PHYTORESTORE, 2018).

Em contrapartida, por serem soluções que envolvem processos naturais, necessitam tempo maior para a efetiva depuração, necessita manutenção da vegetação e monitoramento do sistema. Dependendo do tipo adotado, pode ocorrer proliferação de insetos ou problemas de colmatação, para o que é necessário o controle hídrico para evitar entupimentos e demandam uma maior área de construção se comparados aos sistemas convencionais (POÇAS, 2015; PHYTORESTORE, 2018). Colmatação é um processo que interfere na infiltração e drenagem ocasionado o entupimento do sistema, ao longo do processo de depuração de efluentes contaminados. Ocorre pelo acúmulo de matéria orgânica e afeta a condutividade hidráulica do sistema. Nas wetlands esse processo é atenuado pelo uso de macrófitas onde as raízes permitem a escavação de substratos e substratos com maior granulometria. (PHYTORESTORE, 2018; SILVA, 2018).

Existem diversos tipos de wetlands, conforme as necessidades de eficiência de tratamento, tipo de efluente de entrada, e área disponível para implantação. Sperling, e Sezerino (2018) os classificam como: de escoamento horizontal subsuperficial, de escoamento vertical e de escoamento vertical sistema francês. A empresa Rotatória do Brasil apresenta as possibilidades de wetlands de escoamento vertical (WTV) para tratamento após redução de sólidos; wetlands com aeração forçada (WTAr) para tratamento intensificado de efluentes pré-tratados; wetlands tipo Fito Filtro Francês (WTFF) para tratamento de esgoto bruto (efluentes e seus sólidos), wetlands de escoamento horizontal (WTH) para polimento de efluentes tratados e canteiros de mineralização de lodo (CML). A Figura 6, a seguir, apresenta um esquema destas tipologias:

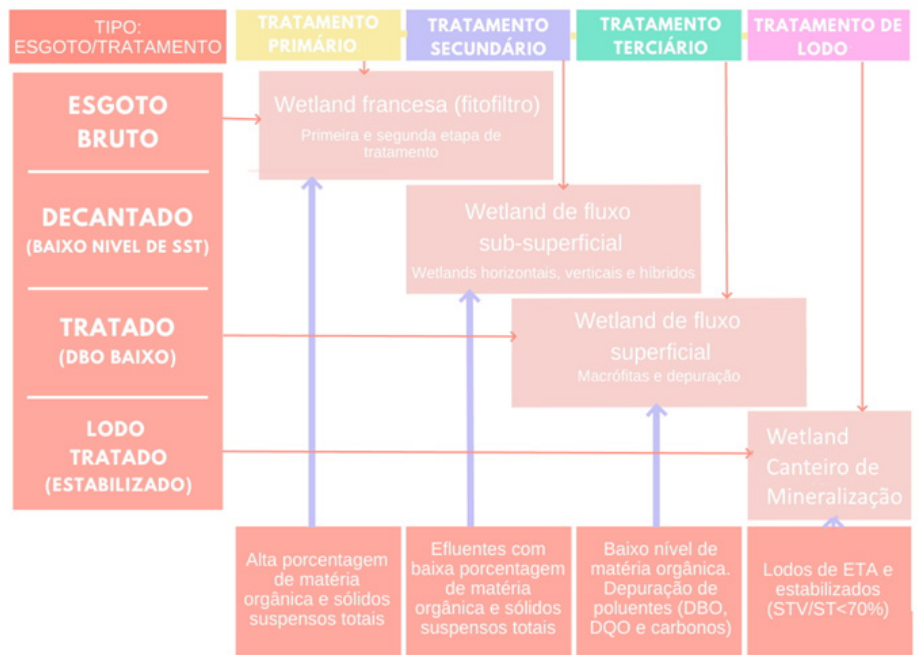


FIGURA 6. Diagrama de wetlands equivalentes ao tipo efluente a ser tratado. Fonte: As autoras, adaptado de Rotária do Brasil, s. n.

O método adotado para o estudo de caso foi o Sistema Fito Filtro ou Francês. (Pragmifiltro), por se tratar de wetlands de fluxo subsuperficial vertical descendente que recebem esgoto bruto, sem tratamento prévio em tanque séptico. Este sistema permite a emissão direta em corpos hídricos, devido a sua segunda etapa de tratamento (SEZERINO; PELISSARI, 2021; SPERLING, 2020a). Constitui-se em duas etapas. Na primeira etapa, o esgoto de entrada passa por um gradeamento onde os sólidos mais grosseiros são retirados e encaminhado para reservatórios, cujos efluentes são lançados em intervalos por bateladas - por sifão ou bombeamento com baixo consumo energético, onde o controle de vazão é realizado. (SPERLING et al., 2018).

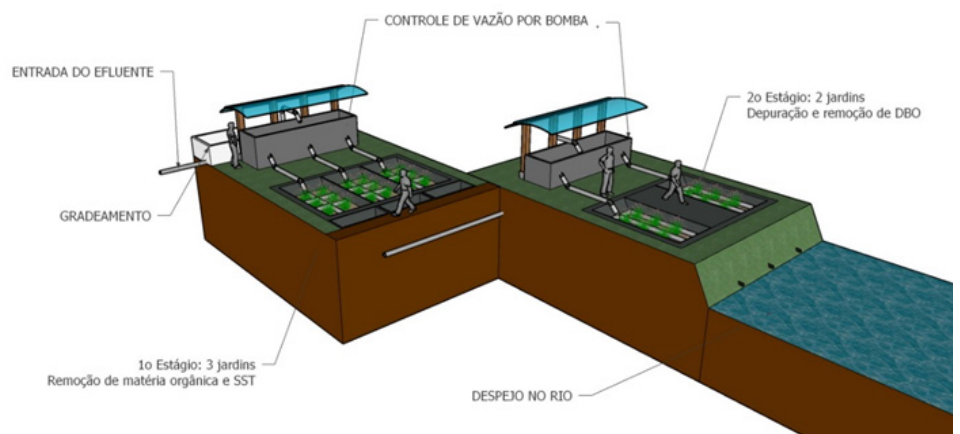


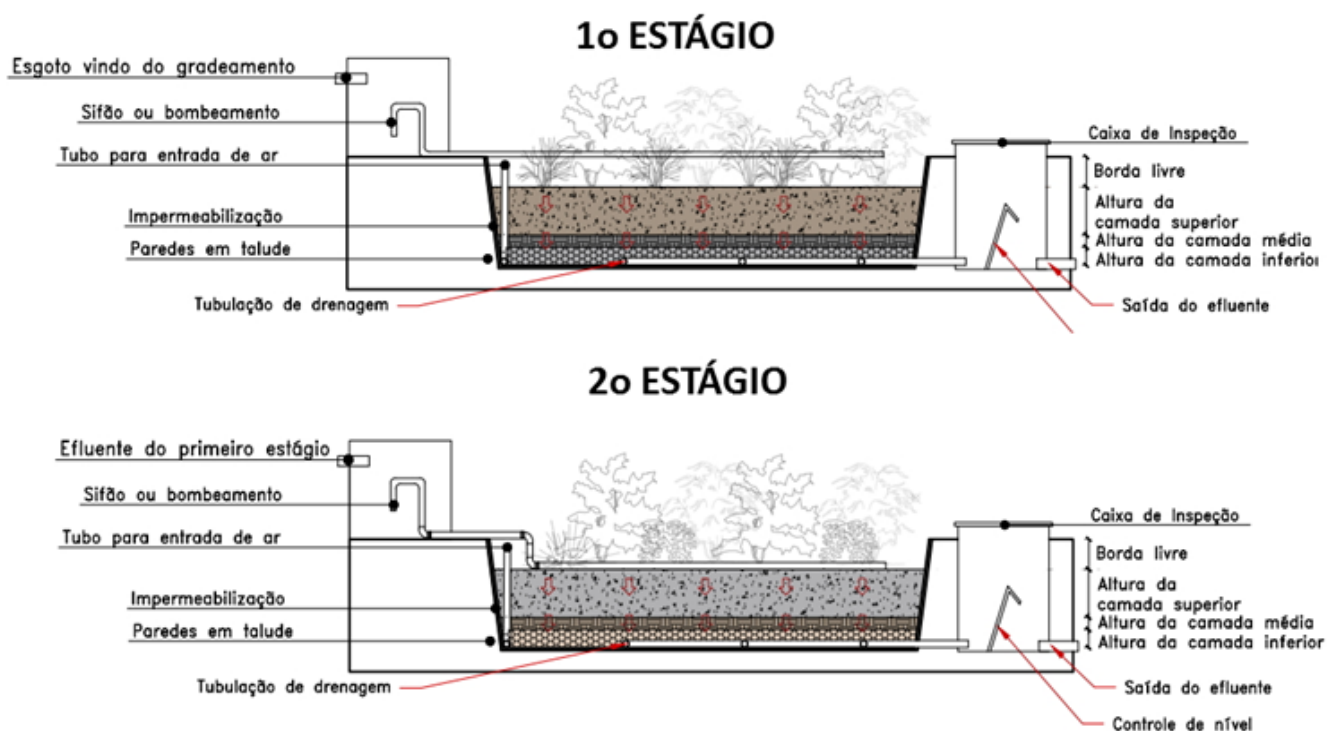
FIGURA 7. Esquema de wetland de Sistema Francês. Fonte: As autoras, com base em Arm Reed Beds, s. n

Através de condutores o efluente é vertido nos jardins compostos por camadas de brita e areia, responsáveis por filtrar e reter os Sólidos em Suspensão Totais (SST). Nesta fase são utilizados 3 meios: filtrante, transição e drenante (SEZERINO et al., 2021; SILVA, 2018). Os meios

filtrantes são escolhidos com granulometrias de acordo com as necessidades de tratamento. Os reservatórios devem conter uma altura de borda livre, para evitar transbordamento do sistema (SPERLING, 2020a). Em sistemas onde a granulometria é menor, os processos de filtração são mais eficientes, no entanto, necessitam de uma maior área construída ou maior tempo entre bateladas, bem como podem gerar maior colmatagem (SILVA, 2018).

Nesta etapa as wetlands são formadas por sistemas não saturados, em condições predominantemente aeróbicas, onde o efluente cobre parcialmente o jardim, evitando a proliferação de mosquitos. O meio é formado por oxigênio e água permitindo reações aeróbicas de oxirredução e nitrificação parcial da amônia (remoção de NTK= 60%), bem como a alta queda de DQO, cujo objetivo principal é a remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão bem como a nitrificação do nitrogênio amoniacal (SPERLING et al., 2018, p. 35). Nesse sentido as macrófitas são importantes pois não só permitem trocas gasosas e inserção do oxigênio no sistema, como também evitam a colmatagem, permitindo o acúmulo de SST em suas raízes e propiciando a formação de biofilme superficial que se mineraliza auxiliando na filtração. São responsáveis por agregar os poluentes (nitrogênio e fósforo) para o seu desenvolvimento vegetal. O efluente após o tratamento é recolhido canalizações e destinados aos reservatórios da segunda etapa de depuração.

FIGURA 8. Esquemas representativos em cortes das 2 etapas de wetland de Sistema Francês.
Fonte: As autoras com base em Sperling et al., 2018.



A primeira etapa consiste em 3 unidades em paralelo, cujo dimensionamento padrão consiste em 1,2 m² por habitante (SILVA, 2018). Nesta etapa, os jardins possuem alternância de 3,5 dias de alimentação e 7 dias de descanso, para evitar colmatação e permitir a mineralização adequada dos lodos. São previstos pelo menos 40% a mais de área construída visando programas voltados ao ingresso, de suporte (gradeamento e reservatório) apoio e manutenção (SPERLING et al., 2018).

Ainda na primeira etapa o lodo acumulado na superfície passa por secagem e mineralização, formando uma camada importante para o meio filtrante do sistema. A matéria orgânica acumula cerca de 1,5 a 3 cm por ano, sendo necessária a remoção do lodo já mineralizado a cada 10-20 anos, para manter a condutividade hidráulica do sistema, desempenho de tratamento e trocas gasosas com o meio (SPERLING et al., 2018). A manutenção para evitar entupimentos da bomba, da grade, e dos encanamentos, se dá duas vezes por semana e há necessidade de operador para manejar a alternância de alimentação e repouso das células e controle da vegetação (SPERLING, 2020a).

A segunda etapa do Sistema Francês é necessária para adequação à norma de lançamento em efluentes mediante polimento e remoção complementar de matéria orgânica e sólidos e suspensão. Os tanques podem ser parcialmente saturados ou saturados pelo efluente, permitindo que ocorram tanto reações aeróbicas quanto anóxicas. Permite principalmente a remoção de nitrogênio total (NT) por processo de nitrificação da amônia. Nesta etapa são requeridos dois jardins em paralelo, demandando 0,8 m² por habitante, com alternância entre alimentação e repouso intercaladas a cada 3,5 dias (SPERLING, 2020b; SILVA, 2018).

Sperling et al. (2018) se referem a estudos e implantação de protótipos que, em países de clima tropical ou subtropical, apresentam maior eficiência de tratamento devido ao desempenho bioquímico. As pesquisas desenvolvidas apontam para uma diminuição da área construída para a primeira etapa, sem necessidade de um segundo estágio, sem redução da efetividade de depuração, bem como a diminuição da quantidade de lodo acumulado (menos de 1cm por ano) através do aumento da quantidade de bateladas por dia e, portanto, com maior volume de dejetos tratados (SEZERINO et al., 2021). A Tabela 1, abaixo, apresenta dados construtivos, com base em estudos realizados (SPERLING et al., 2018, p. 40-52), comparativamente a dados realizados por um sistema adaptado ao clima tropical.

ITEM	SISTEMA FRANCÊS TRADICIONAL		SISTEMA ADAPTADO
	1º Estágio:	2º Estágio:	1º Estágio:
(1) Área (m ²)	1,2	0,8	0,8 - 0,6
(2) Unidades em paralelo	3	2	2
(3) Altura mín. da borda livre (m)	0,3	0,25	0,3
(4) Altura da camada superior do meio filtrante(m)	0,30 a 0,80	0,30 a 0,80	0,4
(5) Altura da camada média do meio filtrante(m)	0,10 a 0,20	0,10 a 0,20	0,15
(6) Altura da camada inferior de drenagem do meio filtrante(m)	0,20 a 0,30	0,20 a 0,30	0,15
(7) Leito Filtrante Superior (mm)	Brita 0: 4,8 a 9,5	Areia média ou grossa: 0,3 a 4,8	Brita #0 2,4-12,5 mm
(8) Leito Filtrante Intermediário (mm)	Brita 2: 19 a 25	Brita 0: 4,8 a 9,5	Brita #1 4,8-25 mm
(9) Leito Drenante Inferior (mm)	Brita 3: 25 a 50	Brita 2: 19 a 25	Brita #3 19-50 mm
(10) Vegetação	4 mudas/m ²	4 mudas/m ²	4 mudas/m ²
(11) Altura da camada de líquido sobre o leito durante o pulso de dosagem da batelada (cm)	2 a 5	2 a 5	2,5 a 5
(12) Número de bateladas por dia	6 e 24 (1 a 4h)	6 e 24 (entre 3-4h)	12 a 24 (1 a 2h)
(13) Alternância entre leitos (Irrigação/Descanso) (dias)	3,5/7 (Ciclo total 10,5 dias)	3,5/3,5 (Ciclo total 7 dias)	3,5/3,5 ou 7/7
(14) Taxa de aplicação hidráulica superficial (máx.no leito de operação) m ³ /m ² .d	0,40	0,40	0,45 a 0,75
(15) Taxa de aplicação hidráulica instantânea (m ³ /m ² .h)	0,6	0,36	0,14 a 0,36
(16) Taxa de aplicação orgânica na unidade em operação	300 gDQO/m ² .d	70 gDQO/m ² .d	350 gDQO/m ² .d
	150 g DBO/m ² .d	20g DBO/m ² .d	150 g DBO.m ² .d
	30 g NTK/.m ² .d	15 g NTK/m ² .d	30 g NTK/m ² .d
(17) Vazão instantânea de alimentação	8 L/m ² .min (0,5 m ³ /m ² .h)	-	8 L/m ² .min (0,5 m ³ /m ² .h)

TABELA 1. Dados para construção de uma wetland, comparando o sistema francês e o sistema adaptado ao clima tropical. Fontes: As autoras com base em: (1) (12) (14) (15) Sezerino et al., 2021; (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (13) (16) Sperling et al., 2018; Sezerino et al., 2021; (10) (11) Phytorestore, 2018; (17) (18) Sezerino et al., 2021; Sperling, 2020b.

A Tabela 2, a seguir, demonstra potenciais de remoção pelo sistema francês comparativamente ao sistema adaptado por Sperling et al. (2018, p. 51). As wetlands de Fito Filtro, diferentemente de outros jardins verticais, possuem potenciais de remoção de NTK ou nitrogênio Kjeldahl (nitrogênio amoniacal), evitando a proliferação de algas e diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido nos ambientes aquáticos. Além do NTK, nota-se a alta remoção de DBO, DQO, Nitrogênio amoniacal e SST.

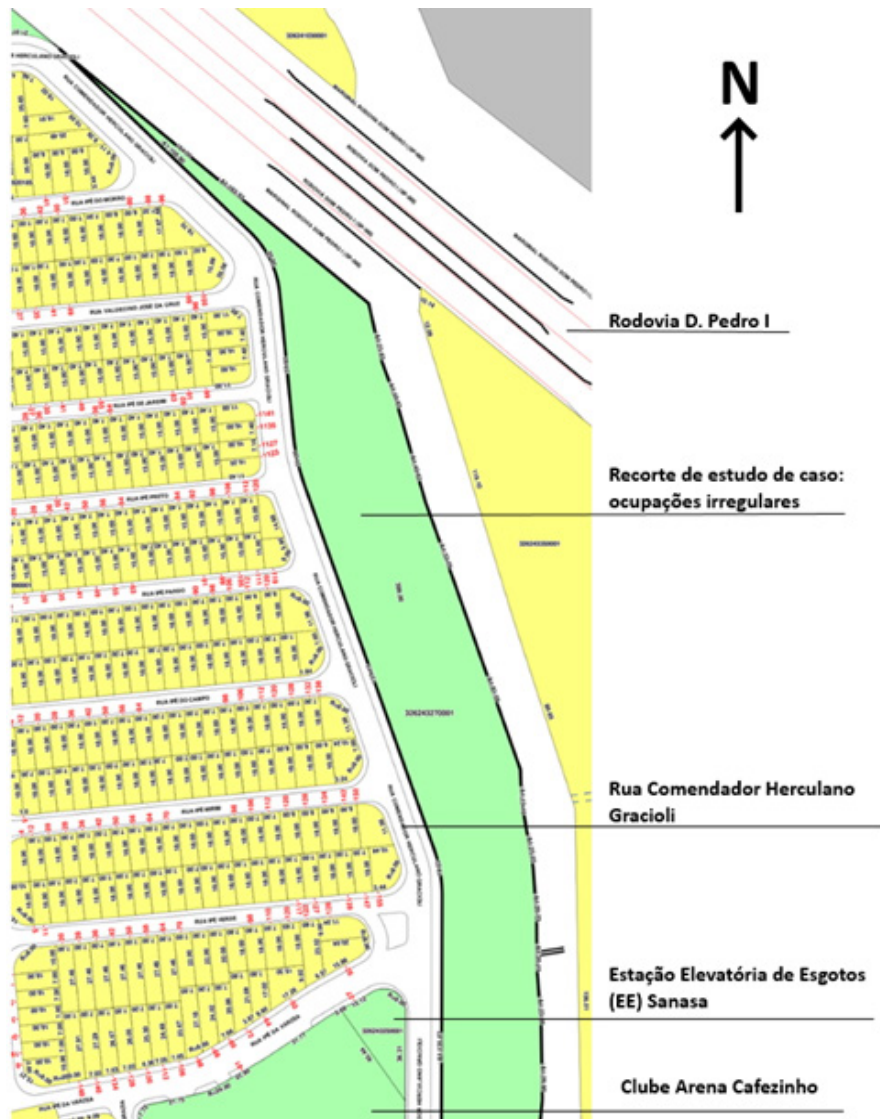
ITEM	SISTEMA FRANCÊS TRADICIONAL		SISTEMA ADAPTADO
	1° Estágio:	1°+2° Estágio:	1° Estágio:
DBO (1)	> 80 %	> 90 %	78%
DQO (2)	> 75 %	> 85 %	79%
NTK (3)	59%	84%	71%
SST (4)	> 80 %	> 90 %	81%
N amoniacal (5)	> 50 %	> 80 %	Sem dados
N total (6)	< 40 %	< 50 %	Sem dados
Fósforo total (7)	< 20 %	< 30 %	7%
Coliformes termotolerantes (8)	1 a 2 unidades log	1 a 2 unidades log	Sem dados
Ovos de Helmintos (9)	Sem dados	Sem dados	97%

TABELA 2. Dados de remoção, comparando o sistema francês (primeiro e segundo estágio) e o sistema adaptado ao clima tropical. Fonte: (1) (2) (3) (4) Sperling et al., 2018; Sezerino et al., 2021; (5) (6) (7) (8) Sperling et al., 2018; (9) Sperling, 2020b.

O local do estudo de caso localiza-se no bairro Vila Residencial Gênese, na zona leste de Campinas, que apresenta desigualdades contrastantes em seu entorno. A norte e leste do bairro, há um conjunto de condomínios de alta renda - Alphaville, Mont Blanc e Chácara São Rafael. Comparativamente, o entorno a sul é constituído por bairros recentemente regularizados ou em processo de regularização, de baixa renda e alta vulnerabilidade: Jardim Sapucaí, Vila Nogueira e Jardim São Quirino (COMPROMISSO CAMPINAS PELA EDUCAÇÃO, 2015).

Vila Gênese teve início em meados de 1989, com conformação de barracos ao sul da Estação de Tratamento de Esgoto Anhumas, situada nas margens do Ribeirão Anhumas. Foi considerado por muitos anos uma das principais áreas de risco de Campinas (CRISTIANE et al., 2019). Com o passar dos anos, devido a diversos problemas de salubridade e enchentes, essa população foi realocada para abrigos e habitações de interesse social, mas, por não se adaptarem aos novos locais, voltaram a ocupar as margens do Ribeirão Anhumas. O bairro, após diversas lutas, foi obtendo aos poucos regularização, certas infraestruturas e combate aos problemas de enchentes (SERRA et al., 2005).

FIGURA 9. Vila Gênese, Campinas: entorno imediato à área do estudo de caso. Fonte: Prefeitura Municipal de Campinas, s. n., trabalhado pelas autoras.



Atualmente o bairro ainda detém localidades não regularizadas e extensões de favelas, entre elas o recorte territorial de estudo de caso. A área relativa às ocupações informais é nomeada como Vila Moscou, uma extensão de aglomerados de 13km, que inicia próxima ao Núcleo Residencial Gênese e segue até área próxima à rua Dona Luiza de Gusmão, delimitada pelo Ribeirão Anhumas, a leste e pelo Bosque Chico Mendes a oeste. O recorte territorial objeto do estudo de caso se localiza na porção norte, limitado pela Rodovia D. Pedro I e, contraditoriamente, ao lado da Estação Elevatória de Esgotos Anhumas, sem possibilidade de regularização por se localizar em área de proteção permanente (APP). Pressupõe-se, portanto que, até ser remanejada, esta população não tenha acesso aos serviços de esgotamento sanitário.

Pauta-se pelo marco legal constitucional, da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988 (BRASIL, [1988], 2016) regulamentado pelo Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001) e o fato de que, embora ocupando ilegalmente a APP, os moradores encontram-se em situação emergencial, sem previsão realocação. Este trabalho considera que se

apresentaria um conflito entre dois direitos – o de habitação e o do meio ambiente. Tendo em vista essa realidade, como o provimento de habitação de interesse social é de responsabilidade pública, este trabalho propõe a infraestrutura de esgotamento sanitário por meio de técnicas de fitorremediação para suprimento imediato de forma a atender as necessidades urgentes da população e a proteção do Ribeirão.

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA PARA O ESTUDO DE CASO

Para ensaio de implantação de wetlands de Sistema Francês no local de estudo de caso, foi primeiramente realizada a delimitação da área de atendimento e o cálculo da população atendida. Foi verificada, para o recorte territorial, a média de moradores por residência, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, n. d.), como entre 3,89 e 5,62 e entre 3,51 e 3,88, nas áreas lindeiras (Figura 10). Foi adotado o valor de 5,62 habitantes por domicílio ocupado, considerando o mais desfavorável.

FIGURA 10. Média de moradores por domicílio ocupado na envoltória da área do estudo de caso, em dados de 2010. Fonte: IBGE, n. d. trabalhada pelas autoras.



A partir de dados de Gonçalves et al. (2020) foi adotado o valor de 11.000 m² como correspondentes à área de ocupação da população e 200 habitações para o estudo de caso. Portanto temos:

Área ocupada: 11.000 m² 200 habitações

5,62 moradores por residência

Total: 1.124 moradores a serem atendidos

Segundo Sperling et al. (2018) considerou-se a área superficial para o Sistema Francês como de 2m² por equivalente populacional atendido, somados mais 40% para área de manutenção, acesso e apoios.

Têm-se portanto o seguinte cálculo:

1.124 habitantes

2m² de área de wetlands por pessoa

Área útil wetlands: 2.248m²

40% de área para infraestrutura: 899,20,00m²

Área superficial total do sistema (opção 1): **3.147,20 m²**

Para conferir este cálculo preliminar, verificou-se o dimensionamento de eliminação de acordo com a Taxa de Aplicação Orgânica Superficial (gDBO/m². d) e com a Taxa de Aplicação Hidráulica Superficial (m³/m²/d), como preconizado por Sperling et al. (2018, p. 56-60). Estes parâmetros consideram a efetividade de remoção de poluentes pelo sistema. Observa-se que, no 1º Estágio há a remoção expressiva dos mesmos e no 2º Estágio procede-se ao polimento dos efluentes e remoção complementar. Assim temos:

A carga de DBO do esgoto bruto é calculada como:

Carga de DBO do esgoto bruto (g/d) = carga per capita (g/hab.d) x população total (hab.)

Considerando a carga per capita típica de esgotos domésticos brutos como 60 g/hab.dia (SILVA, s. n.), temos:

Carga de DBO do esgoto bruto= 60 x 1.124 pessoas

Carga de DBO do esgoto bruto= 67.440g/d

Considera-se:

Carga de DBO afluyente aos wetlands (g/d) = carga de DBO do esgoto bruto (g/d) x

[1 - (eficiência de remoção do tratamento prévio (%) /100)]

Portanto, tem-se:

1º Estágio:

Carga de DBO afluyente aos wetlands = 67.440 x [1-(0/100)]

Carga de DBO afluyente aos wetlands = 67.440g/d

E, para o 2º Estágio, a partir da Tabela 2, item (1), considerando a eficiência do 1º Estágio como 80%, tem-se:

Carga de DBO afluyente aos wetlands = 67.440 x [1-(80/100)]

Carga de DBO afluyente aos wetlands = 67.440 x 0,2

Carga de DBO afluyente aos wetlands = 13.448g/d

Considera-se a área superficial requerida como:

Área superficial requerida (m²) = carga de DBO afluente ao wetlands (gDBO/d) ÷ taxa de aplicação orgânica superficial (gDBO/m². d)

Considerando o item (16) da Tabela 1, tem-se:

1º Estágio:

$$\text{Área superficial requerida} = 67.440 \div 150$$

$$\text{Área superficial requerida} = 449,60\text{m}^2$$

Considerando 1 unidade em operação e 2 em descanso, soma-se como área total:

$$449,60 \times 3 = 1.348,8\text{m}^2$$

2º Estágio:

$$\text{Área superficial requerida} = 13.448 \div 20$$

$$\text{Área superficial requerida} = 672,4\text{m}^2$$

Considerando 1 unidade em operação e 1 em descanso, soma-se como área total:

$$672,40\text{m}^2 \times 2 = 1.344,80\text{m}^2$$

Área superficial total do sistema (opção 2):

$$1.348,8 + 1.344,8 + [0,4 \times (1.348,8 + 1.344,8)] = 2.693,60 + 1.077,44 = \mathbf{3.771,04\text{m}^2}$$

Para verificação pela Taxa de Aplicação Hidráulica Superficial, considera-se:

Área superficial requerida (m²) = vazão média afluente ao wetlands (m³/d) ÷ Taxa de aplicação hidráulica superficial resultante (m³/m². d). Assim, tem-se:

Considerando o item (14) da Tabela 2, e o valor médio de contribuição de esgotos por pessoa/residência padrão baixo, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, pela NBR 7229 (ABNT, 1993), como 101l/dia, tem-se:

$$\text{Vazão média afluente ao wetland} = 101 \text{ litros/dia/pessoa} = 0,101\text{m}^3/\text{d} \times 1.124 \text{ pessoas} = 113,52\text{m}^3/\text{d}$$

1º e 2º Estágio:

$$\text{Área superficial requerida} = 113,52\text{m}^3/\text{d} \div 0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2. \text{ d}$$

$$\text{Área superficial requerida} = 283,8\text{m}^2$$

Considerando 1 unidade em operação e as demais em descanso, tem-se:

$$\text{Área superficial requerida 1º Estágio (total)} = 283,8 \times 3 = 851,4\text{m}^2$$

$$\text{Área superficial requerida 2º Estágio (total)} = 283,8 \times 2 = 567,6\text{m}^2$$

Área superficial total do sistema (opção 3):

$$851,4 + 567,6 + [(0,4 \times (851,4 + 567,6))] = \mathbf{1.986,6\text{m}^2}$$

Adota-se, portanto, a condição menos favorável, a saber, o cálculo pela remoção de carga de DBO.

Como é apresentado abaixo, na Figura 11, a delimitação azul se refere ao perímetro das moradias atendidas. Salientou-se em amarelo onde foi construída uma horta comunitária, a partir do Projeto Salve o Anhumas, que buscou a reintegração da comunidade com a natureza e ações de educação ambiental, promovendo também a limpeza de resíduos sólidos com a separação de materiais recicláveis, criando a possibilidade de renda para a população (PROJETO ANHUMAS, s. n.). O perímetro vermelho apresenta a delimitação da área destinada à implantação das wetlands, elegida em uma área vaga, com ausência de vegetação onde atualmente há um depósito de resíduos sólidos que preconizou-se redirecionar para o setor do território lindeiro à Rodovia D. Pedro I, a norte da área do estudo de caso, assinalado em rosa.



FIGURA 11 Imagem de satélite com a delimitação da área do estudo de caso e setorização proposta.

Fonte: Google Earth, trabalhada pelas autoras.

A Figura 12, abaixo, apresenta a situação atual do local de implantação com os atuais barracos de trabalho improvisados de modo precário, a serem reconstruídos convenientemente.



FIGURA 12. Situação atual da área de implantação das wetlands à Rua Comendador Herculano Gracioli, cuja função de separação de resíduos sólidos foi remanejada. Fonte: Google Earth, s. n.

O sistema contempla 3.389 m² de área superficial, considerada adequada mediante ajuste de área de apoio, que passa a ter 695,40m², dado o fácil acesso à rua, conforme ampliada à Figura 13, delimitada em vermelho.

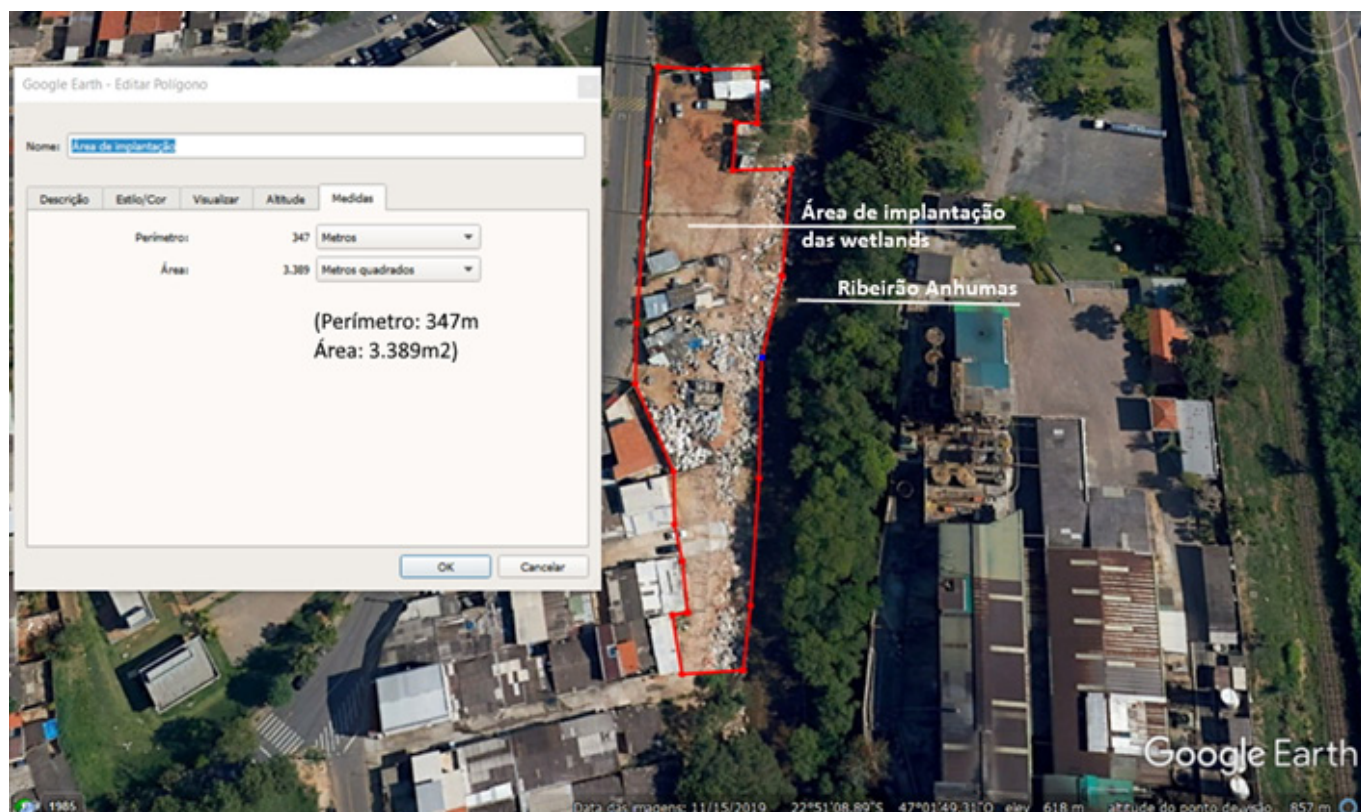


FIGURA 13 Imagem de satélite com a delimitação da área destinada à implantação das wetlands demonstrando área disponível. Fonte: Google Earth, trabalhada pelas autoras.

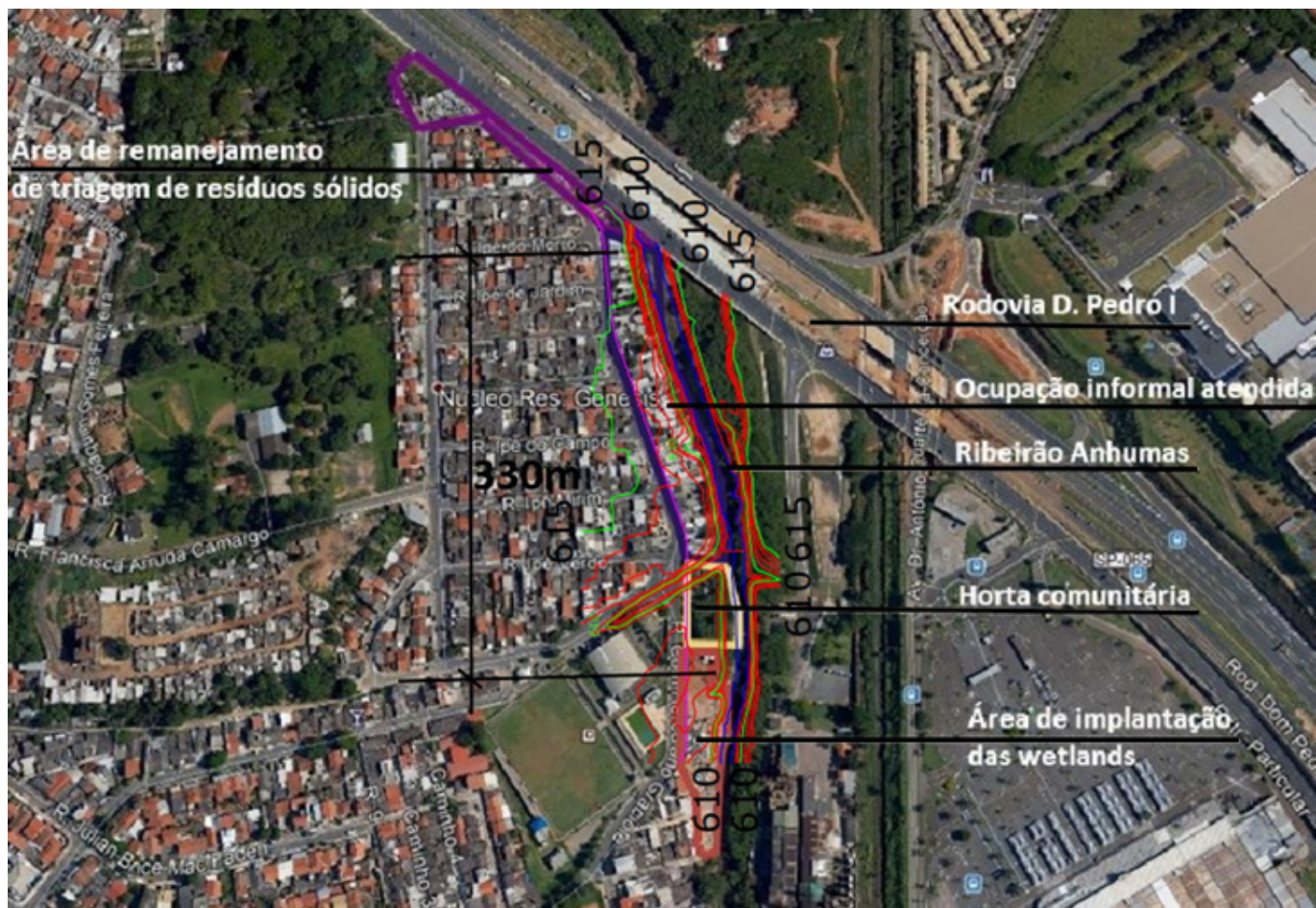


FIGURA 14. Imagem de satélite da área de estudo na Vila Gênesis com curvas de nível assinaladas de 1 em 1 m). Fonte: PMC, 2007, Google Earth, trabalhada pelas autoras.

A Figura 14, acima, apresenta uma imagem de satélite com as curvas de nível (de 1 em 1 metro) da área de estudo, onde se percebe a topografia do fundo de vale. Considerando a declividade de 1%, o encanamento terá, em relação ao ponto mais distante, o percurso em torno de 350m e, portanto, desnível no ponto de recepção do sistema, de 3,5m abaixo. A habitação mais distante está na cota de nível 615m e a recepção dos efluentes na área destinada à instalação das wetlands está na cota aproximadamente 611,5m, portanto perfeitamente adaptável para recepção por gravidade. O reservatório de recepção deverá ter em torno de 4,73 m³ de capacidade útil, considerando 24 bateladas por dia (Tabela 1) e vazão média diária de 113,52m³, para conter o volume de 1 dia, se necessário.

A Figura 15, a seguir, apresenta a implantação do sistema, com o perímetro dos reservatórios dos dois estágios, esquema de tubulações de alimentação, acesso e áreas de bombas e gradeamento, inspeções e passarela para todo o sistema visitável, com belvedere para o rio.

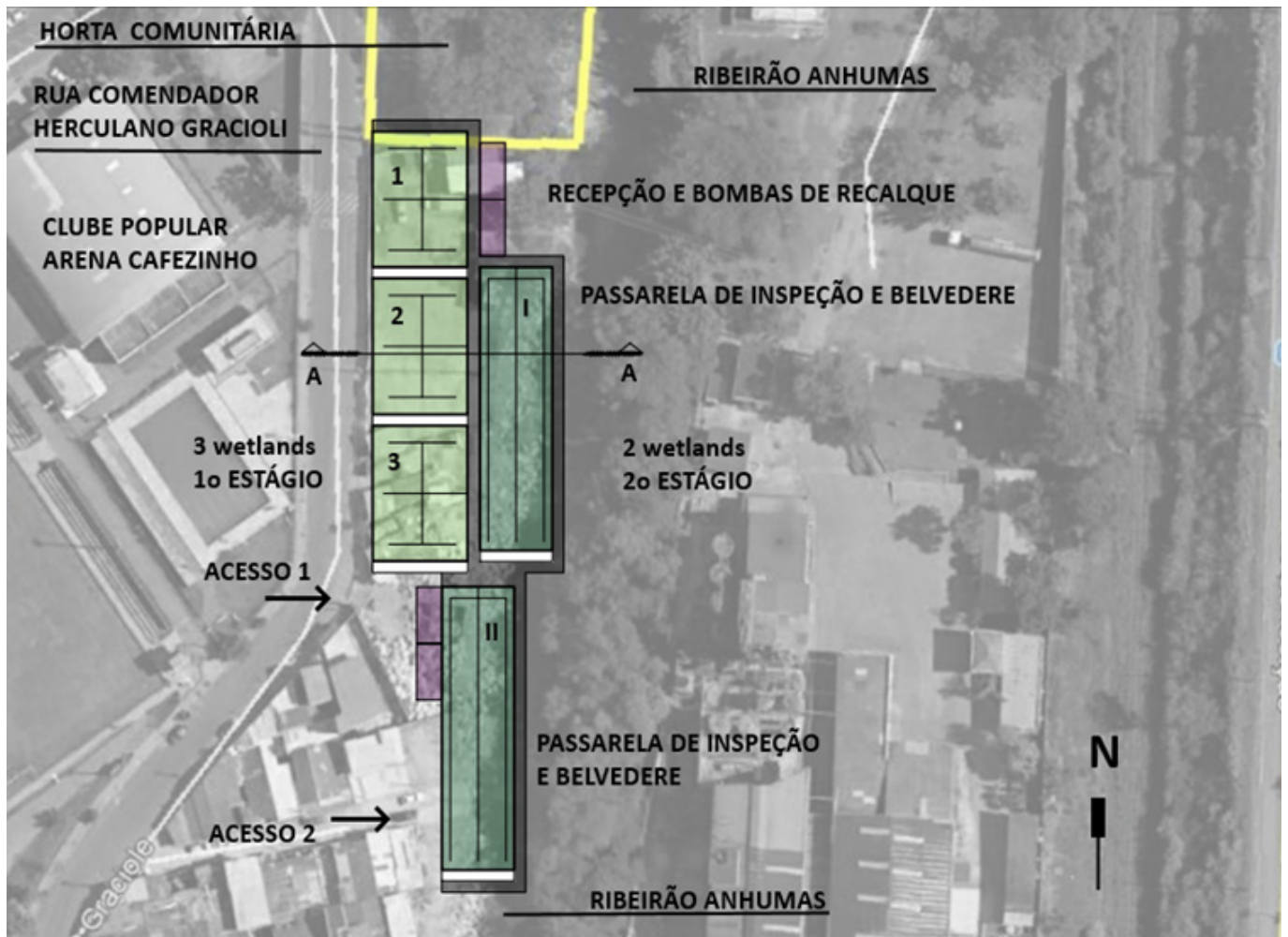


FIGURA 15. Implantação esquemática do Sistema Francês de wetlands sobre base de imagem de satélite. Fonte: Google Earth, trabalhada pelas autoras.

A Figura 16, abaixo, apresenta corte esquemático com descrição de alguns pormenores e medidas para a compreensão da construção do sistema de wetlands no local. Os reservatórios predispõem impermeabilização, estrutura conveniente, inspeções para cada estágio e bombas de recalque para bateladas. Situam-se à rua Comendador Herculano Gracioli, defronte ao clube popular Arena Cafezinho e a sul da horta comunitária completando o complexo de espaços coletivos urbanos.

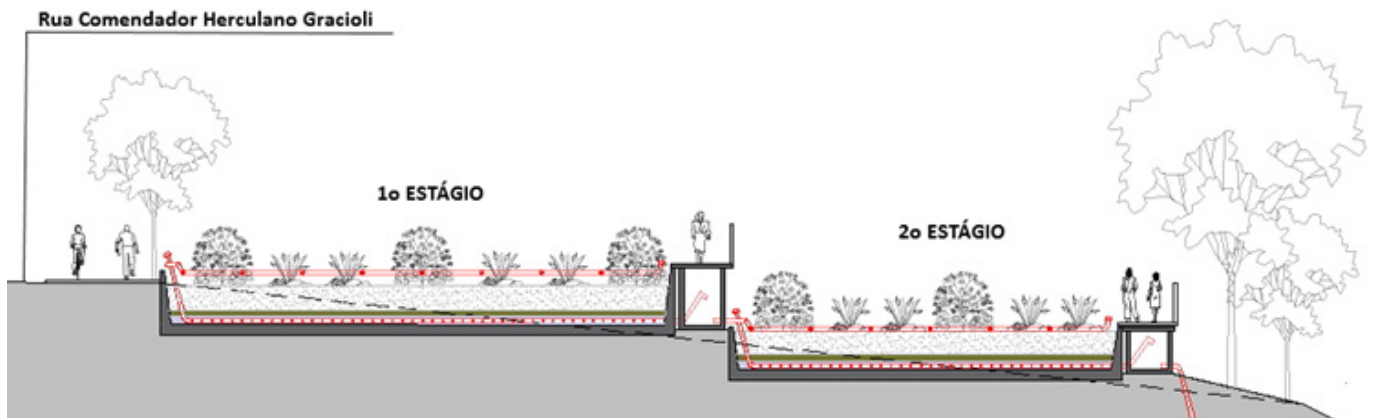


FIGURA 16 Corte esquemático das wetlands. Fonte: As autoras

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi proposto um sistema descentralizado de tratamento de esgotos domésticos por fitorremediação, mediante wetland de Sistema Francês, como Solução baseada na Natureza. O estudo de caso contempla uma ocupação irregular de habitações precárias em área de proteção permanente lindeira ao Ribeirão Anhumas, Campinas. Perante o conflito entre o direito à habitação e o direito ao meio ambiente e na falta de provimento do Estado, preconizou-se que seja possível, em situações de emergência, a instalação destes equipamentos, para salvaguarda das populações em situação de fragilidade socioespacial e ambiental e para a proteção do sistema hídrico, considerando-se o déficit habitacional e de esgotamento sanitário, distante do atendimento universal.

A metodologia compreendeu a eleição do sistema proposto devido à eficiência de tratamento, construção ágil, baixo custo e manutenção, operação simples e possibilidade de qualificação paisagística e apropriação social pela comunidade. Os cálculos confirmaram a possibilidade da instalação deste sistema no estudo de caso, como solução adequada perante o problema urgente de saneamento, com benefícios à preservação e qualificação da paisagem local que pode, em acréscimo, gerar processos participativos de educação socioambiental.

O estudo buscou, portanto, constituir um projeto piloto na Vila Gênese, Campinas que possibilite replicabilidade em situações semelhantes, extremamente reiteradas em metrópoles e cidades brasileiras, dada a insuficiência do provimento de infraestruturas de saneamento, cujo estatuto legal preconiza, contraditoriamente, sua universalização.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ARM REED BEDS. Phragmifiltre. Arm Technology. Disponível em: <<https://armreedbeds.co.uk/projects/phragmifiltre/>>. s. n. Acesso em: 15 fev. 2021.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos. 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos. 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no. 186/2008. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, [1988], 2016. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.

BRASIL. [Estatuto da Cidade]. Estatuto da Cidade. 3 ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70317/000070317.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2021.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. CASA CIVIL. SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. Lei no. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as

Leis nos. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei no. 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 20 abr. 2021.

BRASIL. Lei no. 14.026, de 15 de julho de 2002. Atualiza o marco legal de saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>>. Acesso em: 20 maio 2021.

COLOSSO, P.; PAULA, T. (Dir). Isabela Soares e Ricardo Moretti. Programa Meia Hora com o BrCidades, 37min56s., 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=duQ8Bl0OLac&t=18s>>. Acesso em: 24 out. 2020.

COMPROMISSO CAMPINAS PELA EDUCAÇÃO. Atlas revela abismo social entre bairros de Campinas, 2015. Disponível em: <<https://compromissocampinas.org.br/atlas-revela-abismo-social-entre-bairros-de-campinas/>>. Acesso em: 27 nov. 2020.

CRISTIANE, C.; LEMOS, I.; GUERRA, J. Ocupação irregular no Núcleo Residencial Gênese. 4m47s., 18 set. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=4qL8kJhgjeo>>. Acesso em: 04 maio 2022.

FURIGO, R. F. R. Universalização do saneamento básico no contexto dos assentamentos precários urbanos brasileiros. 2020. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2020.

FURIGO, R. F.; FERRARA, L. N.; R.; SAMORA, P. R.; MORETTI, R. S. Universalização do saneamento: possibilidades para superar o déficit dos assentamentos precários urbanos. In: III SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE URBANIZAÇÃO DE FAVELAS (URB-FAVELAS). Salvador, BH, 2018. Disponível em: <<http://lepur.com.br/wp-content/uploads/2018/11/FURIGO-ET-AL-URB-Favelas-2018.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

GIANONI, R. Déficit de moradias atinge 42 mil pessoas em Campinas. Digitais PUC Campinas, 2020. Disponível em: <<https://digitais.net.br/2020/10/deficit-de-moradias-atinge-42-mil-pessoas-em-campinas/>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

GONÇALVES, B. B.; PAINELLI, G. A.; NASSIF, J. O.; ALMEIDA, J. G. R.; SILVA, L. A., Souza, R.; IRALA, S. Vila Moscou. Etapa 1 - Levantamentos. 2020. Monografia (Especialização) — Curso de Especialização em Habitação de Interesse Social e ATHIS, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2020.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/>>. Acesso em: 03 maio 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse por Setores. Sinopse do Censo 2010. Média de moradores por domicílio ocupado. Campinas, SP. s. n. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>>. Acesso em: 14 jan. 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Campinas. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/campinas>>. s. n. Acesso em: 10 jul. 2021.

LUZ, V. S. Por uma autonomia concretizável: Proposição de técnicas de arquitetura e infraestrutura de pequeno e médio porte para comunidades em regiões de fragilidade socioespacial e ambiental. In: V ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO. ARQUITETURA E URBANISMO NO BRASIL ATUAL: CRISES, IMPASSES E DESAFIOS (V ENANPARQ), Salvador. Anais [...]. v.1, p. 1082-1104. Salvador: UFBA, 2018. Disponível em: <<https://www.enanparq2018.com/copia-resultados>>. Acesso em: 12 set. 2020.

MDR. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. SNS. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SANITÁRIAS. Esgotamento Sanitário - 2019. 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>>. Acesso em: 08 jul. 2021.

MDR. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. SNS. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SANITÁRIAS. 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

PENARIOL, J. (Ed.). Especialistas avaliam metas ambiciosas do novo marco legal do saneamento. TV Unesp, UNESP Notícias, Boletim. 45min21s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vaC28DnGGV0>>. Acesso em: 24 out. 2020.

PHYTORESTORE. Jardins filtrantes: as plantas como agentes de poluição. São Paulo, SP, 2018. Disponível em: <https://issuu.com/meribeiriomendes/docs/jardins_filtantes_phytorestorebr_2>. Acesso em: 14 abr. 2021.

PIO, M. C. S.; ANTONY, L. P.; SANTANA, G. P. Wetlands construídas (terras alagadas): conceitos, tipos e perspectivas de remoção de metais tóxicos de água contaminada: uma revisão. Scientia Amazonia, v. 2, n. 1, p. 28-40, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/301543348_Wetlands_Construidas_Terras_Alagadas_Conceitos_Tipos_e_perspectivas_para_remocao_de_metais_potencialmente_toxicos_de_agua_contaminada_Uma_revisao>. Acesso em: 14 maio 2021.

POÇAS, C. D. Utilização da tecnologia de wetlands para tratamento terciário: controle de nutrientes. 2015. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) — Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2015. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6139/tde-23112015-122556/publico/CristianeDiasPocas.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2021.

PMC. PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. COHAB. COMPANHIA DE HABITAÇÃO POPULAR DE CAMPINAS. Vila Parque Anhumas. Campinas: COHAB, 2007.

PMC. PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. SEHAB. SECRETARIA MUNICIPAL DE HABITAÇÃO. Plano Municipal de Habitação de Campinas. 2011. Disponível em: <<https://www.campinas.sp.gov.br/governo/habitacao/plano-habitacao.php>>. Acesso em: 11 dez. 2020.

PMC. PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. SEPLURB. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E URBANISMO. DUOS. DEPARTAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO. Nova lei de parcelamento, ocupação e uso do solo (LPOUS). s. n. Disponível em: <<https://zoneamento.campinas.sp.gov.br/>>. Acesso em: 14 out. 2021.

PROJETO ANHUMAS. Recuperação ambiental, participação e poder público: uma experiência em Campinas. s. n. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/projetoanhumas/destaca.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

ROCHA, R.; SÁ, J.; DUARTE, R. (Produtores). Marco regulatório de saneamento e a privatização da água. Programa Contrafluxo. 83min40s, 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IJc8XgPL6ME>>. Acesso em: 24 out. 2020.

ROTATÓRIA DO BRASIL. Wetland para o tratamento de efluentes: filtro plantado ou wetland construído. Wetlands. s. n. Disponível em: <<http://brasil.rotaria.net/produtos/wetland/>>. Acesso em: 29 dez. 2020.

RUBIM, C. Tratamento de efluentes com wetlands e jardins filtrantes construídos artificialmente. Revista TAE, v. 6, n. 34, p. 10-19, 2017. Disponível em: <<https://www.revistatae.com.br/Artigo/36/tratamento-de-efluentes-com-wetlands-e-jardins-filtrantes-construidos-artificialmente>>. Acesso em: 09 jul. 2021.

SÃO PAULO [Estado]. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. SEADE. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Índice Paulista de Vulnerabilidade Social - IPVS versão 2010, 2010. Disponível em: <<http://ipvs.seade.gov.br/view/index.php>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

SÃO PAULO [Estado]. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. SEADE. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS 2014-2018. Versão 2019, 2019. Disponível em: <http://www.iprs.seade.gov.br/downloads/pdf/iprs_release_site.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2021.

SÃO PAULO [Estado]. SIMA. SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE. CPA. COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL. WATANABE, S. K.,; FERREIRA, T. C. M. (Orgs.). Meio ambiente paulista: relatório de qualidade ambiental 2020. São Paulo: SIMA, 2020. Disponível em: <https://smastr20.blob.core.windows.net/publicacoes/RQA_2020_ONLINE_.pdf>. Acesso em: 14 out. 2020.

SALATI, E.; SALATI FILHO, E.; & SALATI, E. Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas. Piracicaba, SP: Instituto Terramax Consultoria e Projetos Ambientais, 2009. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/2011/12/sistema-wetlands.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2021.

SERRA, A. L. R., C.; SCARASSATTI, D. F.; PEDRO, F. G.; KATZ, J. P. Políticas de intervenção em áreas de risco no município de Campinas. Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidade de Barcelona, IX, v. 94, n. 75, 2005. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-75.htm>>. Acesso em: 07 maio 2021.

SEZERINO, P. H.; PELISSARI, C. (Orgs.) (2021). Wetlands construídos como ecotecnologia para tratamento de águas residuárias: experiências brasileiras. 1ed. Curitiba, PN: Brasil Publishing, 2021. Disponível em: <<https://gesad.paginas.ufsc.br/files/2021/02/E-book-WETLANDS-BRASIL-Experi%C3%Aancias-Brasileiras.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2021.

SILVA, R. G. Dimensionamento e construção de um wetland construído tipo francês para tratamento do efluente de um restaurante universitário. 2018. Trabalho de Conclusão

de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) — Departamento de Engenharia Ambiental, Curso Superior de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12129/1/LD_COEAM_2018_2_18.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.

SILVA, C. E. Sistemas de tratamento de esgotos sanitários. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Centro de Tecnologia (CT), Santa Maria, RGS. n. d. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A1.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2021.

SPERLING, M.; SEZERINO, P. H. Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. Grupo de Estudos em Sistemas Wetlands Construídos Aplicados ao Tratamento de Águas Residuárias, Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado (GESAD), 2018. Disponível em: <<https://gesad.paginas.ufsc.br/files/2019/05/Boletim-Wetlands-Brasil-Edição-Especial-Dimensionamento-de-Wetlands-Construídos-no-Brasil-von-Sperling-Sezerino-2018-3.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2021.

SPERLING, M. Wetlands verticais (Sistema Francês) para o tratamento de esgotos brutos. In: SEMANA DA ENGENHARIA AMBIENTAL, ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (EESC-USP). 88m36s, 2020a. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=p65XbrO2ZXA&t=1056s&ab_channel=SemanadaEngenhariaAmbienta-EESC-USP>. Acesso em: 22 maio 2021.

SPERLING, M. Wetlands com Marcos von Sperling. Trabalho apresentado em Alternativas tecnológicas no saneamento: wetlands verticais e fossa verde, Associação Cearense de Engenheiros Ambientais e Sanitaristas (ACEAS). 21m12s, 20 jun. 2020b. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vVBhJlGwC0c&t=1026s&ab_channel=ConversassobreSaneamentoetc>. Acesso em: 17 maio 2021.

TEIXEIRA, C. M. Alternativas de saneamento descentralizado para assentamentos precários urbanos (APU). Estudo de caso: Loteamento Parque das Laranjeiras- Mogi Mirim/SP. 2020. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2020.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no Ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. Eclética Química Journal, v. 22, n. 1, p. 49-66, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46701997000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 jun. 2021.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho se realizou a partir de Pesquisa financiada com Bolsa de Iniciação Científica concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PIBIC/CNPq).

Karen Murakava

Estudante na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Campinas e bolsista no Programa: PIBIC/CNPq - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

E-mail: karenmurakava@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0670-766X>.

Vera Santana Luz

Graduada pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Mackenzie (1978). Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2004). Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo desde 1986 e professora e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

E-mail: veraluz@puc-campinas.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6931-0574>.

Recebido em: 14/07/2021.

Aceito em: 28/06/2022.