

## **SANIHUB DWATS – Software Livre para Projeto de Sistemas Descentralizados de Tratamento de Esgotos Sanitários – Aplicação na Localidade de Santana, Ilha de Maré, Bahia, Brasil**

### **Luciano Matos Queiroz<sup>(1)</sup>**

Doutor em Engenharia Civil, área de concentração: Saneamento Básico, pela Escola Politécnica da USP (2009). Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia desde 2009.

### **Vivien Luciane Viaro<sup>(2)</sup>**

Doutora em Engenharia Civil, com ênfase em Saneamento e Ambiente, pela UNICAMP (2007). Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia desde 2014.

### **Renato Lima Novais<sup>(3)</sup>**

Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Bahia (2013). Professor do Departamento de Computação do Instituto Federal da Bahia desde 2008.

### **Manoel Gomes de Mendonça Neto<sup>(4)</sup>**

Doutor em Ciência da Computação pela Universidade de Maryland, EUA (1997). Professor Associado do Instituto de Computação da Universidade Federal da Bahia desde 2009.

### **Ivan Correia de Oliveira Paiva Júnior**

Engenheiro Civil. Sócio Administrador da IPJ Engenharia Ltda., Consultor do BID e Banco Mundial.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Prof. Aristides Novis, 02, Escola Politécnica da UFBA - Federação - Salvador - Bahia - CEP: 40210-630 - Brasil - Tel: +55 (71) 3283-9796 - e-mail: lmqueiroz@ufba.br.

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta o *software* livre e de acesso gratuito SaniHUB DWATS desenvolvido por meio de uma parceria celebrada entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Universidade Federal da Bahia para projetos de sistemas descentralizados de tratamento de esgotos sanitários. Além disso, mostra a integração do SaniHUB DWATS com o *software* SaniHUB RedBasica e a aplicação dessas ferramentas computacionais no projeto de um sistema de esgotamento sanitário da localidade de Santana, situada na Ilha de Maré, no estado da Bahia, Brasil. A aplicação integrada dos *softwares* permitiu elencar a melhor concepção do sistema de esgotamento para atender a localidade respeitando os aspectos técnicos como densidade populacional elevada, as características da ocupação desordenada e informal, além da topografia acidentada. Quanto ao tratamento dos esgotos sanitários gerados na comunidade insular, a combinação de tanques de sedimentação e reatores anaeróbios compartimentados pode permitir o alcance de eficiências de remoção de 81 e 88%, respectivamente. Esses valores são próximos daqueles reportados da aplicação por meio de tecnologias consagradas de tratamento de esgotos sanitários como reatores UASB e filtros percoladores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Software livre, Esgotamento Sanitário, Comunidades Isoladas

## **INTRODUÇÃO**

A agenda 2030 assinada pelos estados-membros da ONU no ano de 2015 estabeleceu 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Brasil, 2021). A promoção do saneamento básico como direito humano fundamental está contemplada no ODS número 6. Segundo informações da UNESCO (2017), mais de 80% das águas residuárias são despejadas sem tratamento adequado, o que torna mais desafiadora o cumprimento da meta da Organização das Nações Unidas, por meio dos ODS associados às temáticas de saneamento, que visa alcançar até 2030 a redução à metade a proporção de águas residuais não tratadas. Parte desse desafio se deve à falta de infraestrutura; de capacidade técnica e institucional e de financiamento. Suplantar os desafios para prestação dos serviços de saneamento básico requer a concepção de sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgotos sanitários capazes de garantir a sustentabilidade econômica, operacional e ambiental.

Nas áreas urbanas, visando ganhos de escala, sistemas de esgotamento sanitário centralizados, nos quais, através de uma rede extensa, os esgotos são coletados e transportados para estações de tratamento de grande porte, têm

sido a configuração técnica mais utilizada para essa componente do saneamento básico. Entretanto, em áreas muito distantes desses sistemas centralizados, essa economia de escala desaparece, exigindo maior investimento, que muitas vezes não se encontra disponível. Assim, quando não se adota outra solução técnica, essas regiões incorporam meios de disposição de suas águas residuárias inadequadamente, potencializando riscos socioambientais e configurando ameaça constante à saúde humana.

No Brasil, o termo comunidades isoladas é empregado para designar os núcleos habitacionais distribuídos em territórios de difícil acesso, caracterizados pela deficiência das políticas públicas de saneamento, ausência de participação social e limitações financeiras. Pode-se afirmar que em boa parte da América Latina e Caribe, essas localidades são desprovidas de rede de esgotamento sanitário, o que resulta na inexistência de manejo adequado dos esgotos. Portanto, o desenvolvimento de soluções para coleta, tratamento e destino final dos esgotos sanitários deve considerar as peculiaridades de cada território. Essa condição demanda uma abordagem diferenciada da empregada nos sistemas centralizados das regiões metropolitanas, tendo em vista a busca por tecnologias sustentáveis sob o ponto de vista econômico, social e ambiental (Tonetti et al., 2018).

Segundo Tonetti et al. (2018), no âmbito das comunidades isoladas várias soluções e tecnologias têm sido desenvolvidas no mundo para o manejo dos esgotos sanitários e recuperação dos seus produtos e subprodutos. Analisando especificamente a situação das áreas insulares e geograficamente isoladas, a recuperação de água e nutrientes consiste em uma possível solução para o estresse hídrico nesses locais.

Ragazzi et al. (2016) desenvolveram um arranjo tecnológico alternativo de baixo custo para o atendimento do distrito de El Mirador, localizado na ilha de Santa Cruz no arquipélago de Galápagos, Equador. A composição de um processo constituído pela associação entre tanques Imhoff e wetlands construídos (fitorremediação) e desinfecção final por infiltração-percolação apresentou eficiências satisfatórias na remoção dos poluentes, atendendo aos requisitos da legislação equatoriana. Chueiri e Fortunato (2021), alertam por meio de um estudo das praias de Abraão e Aventureiro, localizadas na Ilha Grande, em Angra dos Reis no estado do Rio de Janeiro, para a necessidade de um plano de gestão costeira dos afluentes domésticos. Para esses autores, os ecossistemas e as atividades econômicas têm sido afetados pela poluição decorrente do manejo inadequado dos esgotos sanitários, principalmente, durante o verão quando o fluxo de pessoas é consideravelmente maior.

Por outro lado, considerando a realidade e a limitação dos recursos na maioria dos países em desenvolvimento, o uso de *softwares* livres e gratuitos para elaboração de projetos de engenharia é fundamental para ajudar a suplantando as dificuldades de atendimento adequado na prestação de serviços essenciais como saneamento básico e infraestrutura de transporte, por exemplo. O uso dessas ferramentas favorece a incorporação de melhorias e novas funcionalidades pela comunidade de usuários e permite que os projetistas forneçam não somente os desenhos dos produtos, mas, também, o próprio modelo desenvolvido, proporcionando ao prestador de serviço, ou aquele que receba o modelo, a possibilidade de realização de ajustes e complementos no projeto em etapa posterior. No caso dos *softwares* livres e de acesso gratuito desenvolvidos na plataforma SaniBID, integrada ao ambiente QGIS®, acrescenta-se a possibilidade de ampla disseminação do conhecimento para profissionais e estudantes interessados na área de esgotamento sanitário (Monforte et al., 2019).

## **OBJETIVO**

Considerando o contexto apresentado, o objetivo deste trabalho é apresentar o *software* livre e de acesso gratuito SaniBID HUB DWATS e a sua integração com o *software* SaniBID RedBasica e a aplicação dessas ferramentas computacionais no projeto de um sistema de esgotamento sanitário da localidade insular de Santana, situada na Ilha de Maré, no estado da Bahia, Brasil. buscou-se: (1) Caracterizar a ocupação do espaço, os aspectos topográficos, urbanísticos, habitacionais, sociais, econômicos da localidade; (2) avaliar a viabilidade técnica da construção dos modelos convencional e condominial de rede de coleta dos esgotos sanitários por meio da aplicação do *software* SaniBID RedBasica; (3) dimensionar as unidades componentes de uma estação de tratamento dos esgotos sanitários adequado à vocação turística da localidade por meio do uso do *software* SaniBID HUB DWATS.

## **DESCRIÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO**

A ilha de Maré é uma das 54 ilhas localizadas na Baía de Todos os Santos (BTS), integrante do Distrito Ilhas, do município de Salvador, Bahia, instituído pela Lei 9278/2017. Possui 4.236 habitantes, distribuídos em 1.124,82 hectares de terras que delimitam um perímetro de 17.368,20 metros (Rêgo, 2018). Dentre os povoados existentes na Ilha de Maré, selecionou-se Santana para a concepção do projeto de esgotamento sanitário. Situada

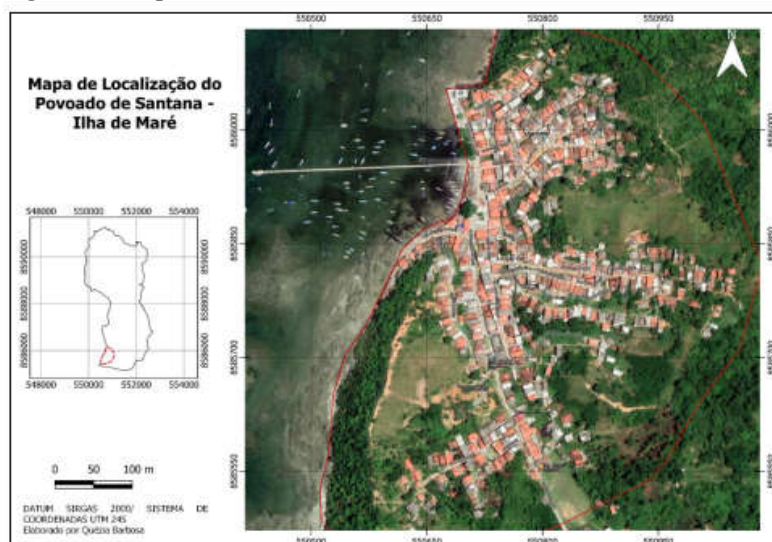
na parte sul da costa oeste da ilha, consiste na localidade com maior densidade demográfica (35,86 hab./hectare), abrangendo uma área de aproximadamente 25,43 hectares (Figura 1) (IBGE, 2010). A região concentra unidades de saúde, educação, lazer, turismo, serviços, comércio e templos religiosos, destacando-se dos demais vilarejos (Escudero, 2011). Esses fatores, referentes à ocupação e dinâmica da população local, embasaram a escolha da área do estudo.

A geomorfologia da ilha é caracterizada por formas de relevo acidentadas, com áreas planas ao longo do litoral, elevações nas regiões centrais e uma costa formada por uma sequência de reentrâncias e saliências. Apresenta áreas de manguezais, localizadas situadas na porção norte e recifes de corais distribuídos em sua extensão litorânea, principalmente, na região ao sul. Sobre o bioma da mata atlântica, pode-se afirmar que restou apenas uma vegetação remanescente e secundária, predominando espécies de menor porte (rasteira) e áreas de cultivos agrícola como: banana, cana-de-açúcar, cana brava, coco e dendê. A plantação desses gêneros, juntamente com a pesca artesanal, coleta manual de mariscos, artesanato e o turismo consistem nas atividades econômicas desenvolvidas no território de ilha de Maré (Escudero, 2011).

A economia da Ilha de Maré é caracterizada pela predominância de atividades dos setores primário (pesca e coleta manual de mariscos) e terciário (comércio e serviços). Além disso, parte da renda das famílias de Ilha de Maré é proveniente de aposentadorias por idade e das políticas de distribuição de renda do governo federal, como o Programa Bolsa Família. Analisando, especificamente, o povoado de Santana, observa-se uma tendência um pouco diferente, com mais da metade da população ocupada atuando no setor de serviços (51,6%); 17,7% no setor de comércio; 13,8% no setor da construção civil e somente 4,7% no setor agropecuário. Dentre o total dos ocupados, 11,72% não possuem rendimento algum e 44,16% têm rendimento de até um salário mínimo.

As obras de infraestrutura não acompanharam o processo de urbanização da ilha de Maré, portanto, existe uma evidente carência de acesso da população local aos serviços de saneamento, transporte, comunicação, educação, saúde e moradia. Segundo o Sistema de Informação Municipal de Salvador (2010), dos 1.228 domicílios permanentes em ilha de Maré, 1.140 são abastecidos pela rede de água, o que corresponde a um percentual de 92,4%. Devido a inexistência de serviços de esgotamento sanitário, a maior parte da população despeja as águas servidas em valas ou diretamente no oceano. Essa fonte de poluição é responsável pela contaminação dos aquíferos subterrâneos e do ambiente marinho, afetando as principais atividades econômicas do local, como a pesca e a coleta de mariscos (Rêgo, 2018).

**Figura 1 – Mapa de Localização do Povoado de Santana, Ilha de Maré, Salvador, Bahia, Brasil**



Fonte: Elaboração Própria, 2023.

## **METODOLOGIA**

A análise da topografia do terreno foi realizada com o auxílio do software QGIS®, Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto desenvolvido pela *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), na versão

3.16. Inicialmente definiu-se o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) do projeto, com base no fuso de Coordenadas Planas (UTM) da cidade de Salvador, denominado Zona 24 S. Adotouse, Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas SIRGAS2000, de uso oficial no país. O Projeto de Mapeamento Cartográfico de Salvador, desenvolvido pela Secretaria Municipal da Fazenda (SEFAZ) no período de agosto de 2016 a fevereiro de 2017, gerou os Modelos Digitais do Terreno (MDT) com escala de 1:1000 e resolução espacial de 0.50 m através de técnicas de aerolevantamento fotogramétrico e perfilamento à laser (Salvador, 2017).

Utilizaram-se quatro folhas articuladas de MDT que compreendiam a área de Santana, a saber: 106.364, 106.443, 115.132 e 115.211. Os arquivos, no formato “.fit”, foram adicionados como camadas raster e mesclados por meio do uso da ferramenta “Miscelânea”. Visando delimitar a área de estudo, criou-se uma “Nova camada shapefile” com geometria poligonal, no sistema de coordenadas de referência adotado. A partir dessa feição adicionada e do MDT mesclado, recortou-se a área de interesse por meio do uso do comando “Recortar raster pela camada de máscara”. Com base nos dados altimétricos do MDT da área de interesse foram gerados os mapas hipsométrico e topográfico. O primeiro foi obtido com a aplicação de um gradiente específico de cores para representação do relevo, no qual as cores frias correspondiam às baixas altitudes e cores quentes às elevadas. O segundo resultou da extração das curvas de nível com equidistância de um metro, para isso utilizou-se a ferramenta “Contorno”. A representação das mesmas foi aprimorada por meio do algoritmo “Line smoothing” do Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado (SAGA), tendo como finalidade produzir linhas suaves e mais próximas da realidade.

Elaborou-se a projeção do crescimento populacional levando-se em consideração os dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o horizonte de projeto e os aspectos relacionados à ocupação do solo, características das habitações e à topografia local. A população total foi estimada com base nas populações residente e flutuante. Baseado nos levantamentos demográficos dos censos de 2000 e 2010, obteve-se a população total em domicílios particulares permanentes do setor n. 292740805100004, correspondente à localidade de Santana, Ilha de Maré, Bahia, Brasil.

O cenário atual da distribuição dos núcleos residenciais foi analisado com o auxílio do complemento HCMGIS® na interface do QGIS®. Assim, inseriu-se por meio da função “BaseMap®”, na opção “Google Satellite Hybrid®”, imagens da área de interesse, as quais foram utilizadas como base para delimitação dos domicílios, cujas feições foram adicionadas em uma nova camada shapefile com geometria poligonal. As ruas foram inseridas a partir dos arquivos contendo a divisão político-administrativa do município de Salvador realizada pelo IBGE. Dessa maneira, foi possível identificar as áreas de adensamento populacional, obter a quantidade de domicílios e a densidade habitacional.

Conforme as recomendações da NBR 9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário (ABNT,1986), as opções de traçado da rede coletora foram concebidas a partir das informações planialtimétricas da área de estudo. A camada vetorial de curvas de nível com equidistância de um metro foi combinada com as delimitações das ruas e domicílios no software QGIS®, possibilitando uma visão da declividade natural do terreno, distribuição das moradias e possíveis pontos de disposição final do efluente. Considerando os tipos de sistemas separadores de esgotamento sanitário, idealizaram-se duas propostas de rede coletora. Com o auxílio do complemento SaniBID®, instalado no QGIS® a partir do arquivo zip “SaniBID RedBasica-master”, foram elaborados os traçados convencional e condominial. Visando a otimização dos custos de construção e manutenção da rede, buscaram-se traçados com profundidades reduzidas, cujo sentido de escoamento fosse determinado pela topografia do terreno, ou seja, o transporte dos esgotos deve ser promovido por meio da ação da gravidade. Na perspectiva do modelo convencional de esgotamento sanitário, a rede coletora foi projetada considerando-se a presença dos condutores na maioria das vias públicas e a ligação individual das residências aos mesmos.

Na segunda alternativa, a rede condominial, os domicílios foram divididos em vinte e quatro condomínios, os quais foram interligados à rede básica situada somente nos pontos baixos das ruas, tangenciando os lotes. No interior de cada quarteirão, os ramais podem assumir três configurações distintas: passeio, jardim ou fundo de lote, sendo a última mais adequada para o caso em estudo.

Para ambos os traçados, foram inseridas caixas de inspeção (CIs) e poços de visita (PVs) em pontos específicos, caracterizados por mudanças de direção e de declividade do terreno, início e reunião de coletores. Os trechos compreendidos entre as singularidades foram limitados respeitando-se o distanciamento máximo de 100 m, com o objetivo de facilitar as manobras de limpeza e desobstrução. A nomenclatura dos coletores seguiu a convenção padrão prevista nas normas técnicas brasileiras, com numeração sequencial e crescente de montante para jusante.



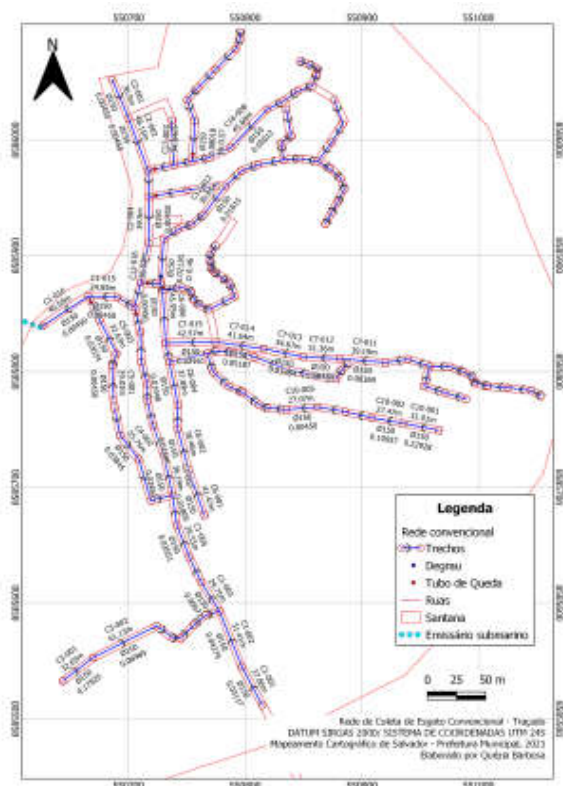
O coletor principal de maior extensão recebeu a identificação C1 e o seu primeiro trecho 001. Os demais coletores receberam numerações maiores.

Para o tratamento dos esgotos sanitários gerados na localidade de Santana, projetaram-se dois reatores anaeróbios compartimentados (RAC) que operam em paralelo com cada unidade precedida por um tanque de sedimentação (TS) por meio do uso do software livre e de acesso gratuito SaniBID HUB DWATS. Os arranjos foram dimensionados com capacidade para receber metade da vazão de contribuição da área de estudo e foram dispostos no trecho anterior ao ponto de disposição final do efluente, visando otimizar a logística de retirada, transporte e possibilidade de valorização do lodo biológico gerado nas unidades. Todos os cálculos de dimensionamento, desenhos de engenharia e detalhes foram desenvolvidos com auxílio do software livre e de acesso gratuito SaniBID HUB DWATS, instalado por meio de um arquivo zip na interface do QGIS®. Essa ferramenta foi desenvolvida por pesquisadores da Universidade Federal da Bahia, levando em consideração as etapas de cálculos e equações propostas por Sasse (1998).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

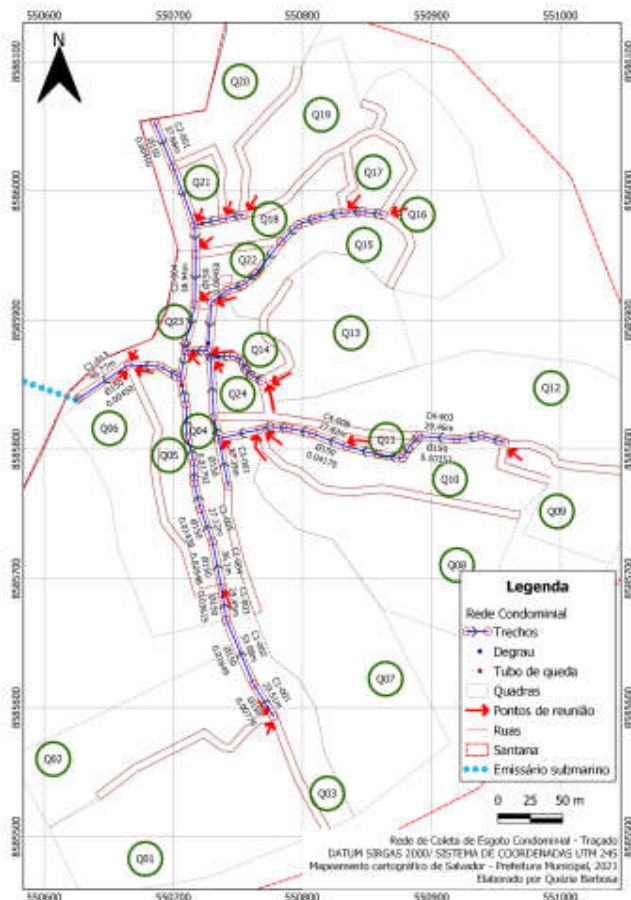
A ocupação da área do povoado de Santana iniciou-se no perímetro da costa litorânea em direção ao povoado de Itamoabo. Nesse eixo principal de adensamento populacional as habitações situavam-se em sua maioria nos pontos baixos. As áreas, até então desocupadas, expandiram-se de forma desordenada pelas encostas originando três grandes loteamentos principais: um ao norte; outro, na parte central e o último, ao sul do povoado. A população considerada para esse projeto foi igual a 2.000 habitantes, incluindo a população fluante nos meses de verão. Portanto, o traçado obtido para a rede de coleta de esgotos no modelo convencional, caracterizado por ligações individuais dos domicílios à rede coletora, apresentou uma extensão considerável abrangendo todas as ruas da área de estudo (Figura 2). Por outro lado, no modelo condominial, destaca-se a representação das quadras nos pontos de reunião de cada lote, os quais correspondem às menores altitudes e definiram o traçado da rede de coleta de esgotos (Figura 3). Essa opção resultou em traçados com extensões consideravelmente menores, visto que a rede somente tangencia esses pontos.

**Figura 2 – Rede de coleta de esgotos sanitários da localidade de Santana (Traçado Convencional) usando o software livre SANIHUB RedBasica**



Fonte: Elaboração Própria, 2023.

**Figura 3 – Rede de coleta de esgotos sanitários da localidade de Santana (Rede Condominial) usando o software livre SaniHUB RedBasica**



Fonte: Elaboração Própria, 2023.

O modelo convencional de rede de coleta de esgotos sanitários consiste na opção mais amplamente difundida no Brasil, tendo como principal característica a ligação individual de cada unidade habitacional à rede. Essa característica resulta em traçados com maiores extensões e profundidades, tornando os custos relativos à infraestrutura de escavação, escoramento de valas, assentamento das tubulações, pavimentação, maquinário e mão de obra mais onerosos. Para ambos os traçados, as profundidades dos trechos situaram-se abaixo do limite máximo adotado no projeto, dispensando a instalação de estações de bombeamento dos esgotos. Entretanto, no modelo convencional alguns trechos apresentaram profundidades superiores, iguais a 2,94 m, quando comparados com o traçado condominial.

A Lei 14.026 de 15 de julho de 2020 que atualizou o marco legal do saneamento básico no Brasil restringiu a utilização da rede condominial de coleta de esgotos aos locais onde “há dificuldades de execução de redes ou ligações prediais no sistema convencional de esgotamento” (Brasil, 2020). Por outro lado, Monforte et al. (2019) afirmam que:

Exceção notável ao conservadorismo que tem prevalecido no setor de saneamento por mais de cem anos foi o surgimento do sistema condominial no início da década de 80 no Brasil. Seus menores custos de investimento, sua capacidade de se adaptar a tecidos urbanos complexos e o fato de trazer um modelo de intervenção social de caráter comunitário muito efetivo na conquista da adesão ao sistema de esgoto e que se ajusta bem às áreas urbanas, o fazem a solução ideal para enfrentar o desafio do saneamento (MONFORTE et al., 2019, p. 6).

Não obstante o aspecto restritivo da legislação vigente, merece destaque que o A extensão do traçado convencional e, por conseguinte, a quantidade de trechos e inspeções (Pvs e CIs) superam o dobro dos valores

referentes ao sistema condominial. Para a concepção e implantação de uma rede de tipologia condominial para coleta de esgotos sanitários a participação da população é imprescindível, uma vez que se parte do princípio que os indivíduos associados aos condomínios realizaram a manutenção nos ramais. Segundo Souza et al. (2019) essas características permitem alcançar custos de construção 30 a 65% inferior aos custos de implantação de redes convencionais. Outro importante aspecto, tratando-se de comunidades insulares e socialmente vulneráveis como o povoado de Santana em ilha de Maré, Bahia, é que a participação dos usuários, converte os condomínios em unidades sociais de mobilização permanente e espaço democrático para decisões coletivas cujo resultado imediato é o empoderamento da comunidade. Destaca-se que a sustentabilidade técnica e econômica do sistema de esgotamento sanitário depende imprescindivelmente dessa participação popular esclarecida com apoio constante de técnicos especializados vinculados ao poder público municipal ou a empresa prestadora de serviços de saneamento da região. Portanto, respeitados esses princípios, pode-se afirmar que a opção pela implementação da rede condominial na localidade de Santana em Ilha de Maré é a melhor opção de concepção. A Tabela 1 mostra um resumo comparativo entre os aspectos construtivos relativos aos traçados da rede de coleta de esgotos do povoado de Santana.

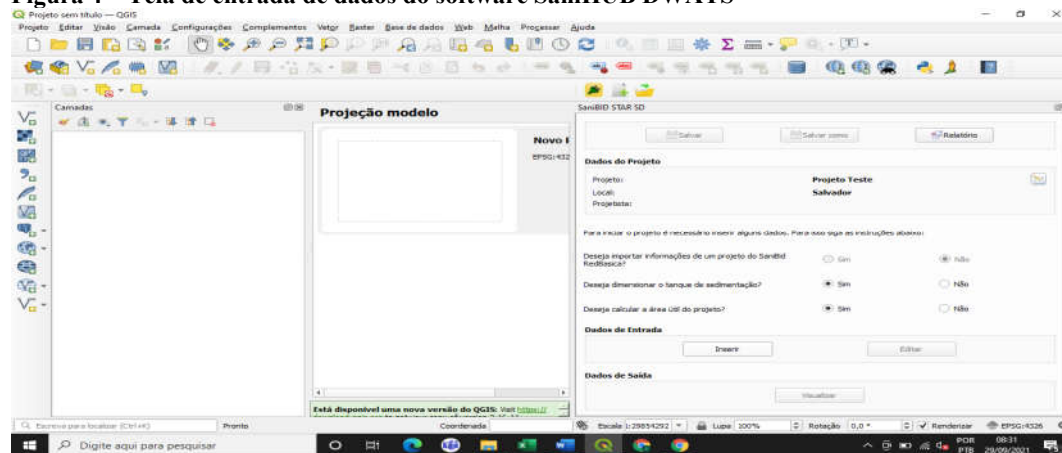
**Tabela 1 - Resultados de dimensionamento das redes de coleta de esgotos usando o software SANIHUB RedBasica – modelos convencional e condominial**

	Sistema Convencional	Sistema Condominial
Extensão da rede (m)	2 936,11	1 213,13
Extensão da rede por habitante (m/hab.)	1,5	0,6
Profundidade mínima (m)	1,05	1,05
Profundidade máxima (m)	2,94	2,06
Quantidade de trechos (und.)	141	54
Quantidade de elementos de inspeção (und.)	142	55

Fonte: Elaboração própria, 2023.

O dimensionamento das unidades componentes da estação de tratamento de esgotos foi realizado por meio da aplicação do software SaniHUB DWATS. Essa ferramenta permite a importação automática das informações quantitativas sobre a produção de esgotos de uma bacia de esgotamento sanitário (população atendida, consumo per capita de água, coeficiente de retorno água/esgoto, coeficiente de máxima vazão diária, coeficiente de máxima vazão horária) suprimindo a necessidade de inserção manual de alguns dados de entrada (Figura 4).

**Figura 4 – Tela de entrada de dados do software SaniHUB DWATS**



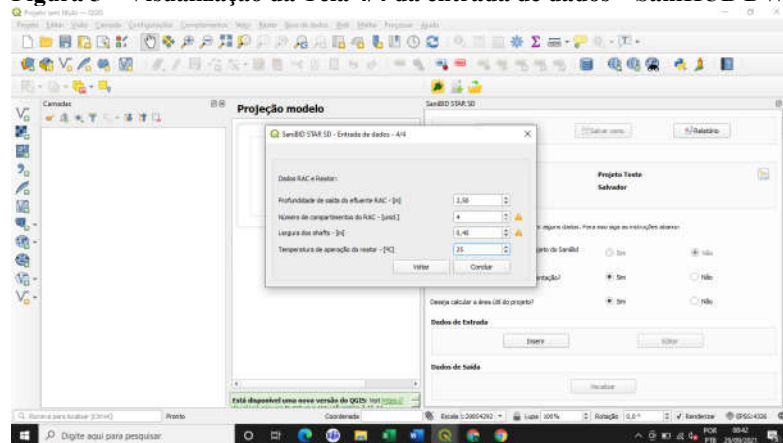
Fonte: Elaboração própria, 2023.

Tratando-se do arranjo de tratamento de esgotos sanitários composto pela associação de tanques de sedimentação e reatores anaeróbios compartimentados (RAC), o usuário do SaniHUB DWATS deve informar alguns parâmetros de entrada para realização dos cálculos de dimensionamento, a saber: temperatura mínima para digestão do lodo, concentração de DQO entrada e a concentração de DBO entrada, tempo de detenção hidráulico (Recomenda-se  $6 < TDH < 12$  horas), intervalo de tempo para remoção do lodo (Recomenda-se que essa retirada

não seja realizada num intervalo menor que 12 meses), largura do tanque de sedimentação e a profundidade do tanque de sedimentação. Para os dois últimos parâmetros que possuem relação com as dimensões físicas das unidades componentes da estação de tratamento as recomendações são: a largura deve ser de no mínimo 0,8 m, bem como, deve-se assegurar que seja observada uma relação comprimento: largura, de no mínimo 2:1, e no máximo, 4:1 e recomenda-se que a profundidade do tanque esteja compreendida num intervalo entre 1,2 m e 2,8 m.

O projetista deve informar, também, características de operação e dimensionamento dos compartimentos do reator anaeróbio compartimentado, tais como: profundidade de saída do efluente do RAC (recomenda-se que seja a mesma profundidade adotada para a entrada no tanque de sedimentação); número de compartimentos do RAC (o reator consiste em, no mínimo, 4 câmaras em série, mas experiências práticas apontam que a eficiência do tratamento não é mais influenciada quando esse número excede 6 câmaras); a largura dos shafts que consiste na medida entre a parede de entrada do fluxo no compartimento e a chicana (recomenda-se que essa largura seja superior a 0,25 m e inferior a um terço (1/3) do comprimento dos compartimentos do RAC) e, por fim, a temperatura de operação do reator. Todas essas informações são inseridas por meio de campos específicos em ambiente que preserva a usabilidade focada na garantia da preservação da informação e conforto do usuário (ver Figura 5).

**Figura 5 – Visualização da Tela 4/4 da entrada de dados – SaniHUB DWATS**



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Ao término dessa etapa, é possível conferir os dados de entrada e caso o usuário detecte alguma inconsistência, pode editar os dados de entrada inseridos. Levando-se em consideração o potencial turístico da localidade de Santana, Ilha de Maré, as premissas a serem atendidas consistiam na possibilidade de construção das unidades abaixo do nível do solo, com requisitos menores de profundidade, baixa produção de sólidos, intervalo razoável de retirada do lodo, eficiência na remoção de matéria orgânica e possibilidade de reaproveitamento dos subprodutos. Os reatores anaeróbios compartimentados (RAC) contemplam esses critérios e foram associados às unidades de tratamento primário, com o objetivo de remoção inicial de parte dos sólidos sedimentáveis. As dimensões da câmara dos tanques de sedimentação calculadas por meio do uso do SaniHUB DWATS para a localidade de Santana, Ilha de Maré, estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2 - Resultados de dimensionamento dos tanques de sedimentação instalados a montante dos RAC na localidade de Santana, Ilha de Maré**

Largura útil (m)	L1	5,0
Comprimento útil (m)	C1	13,0
Profundidade útil (m)	H1	2,5
Volume (m <sup>3</sup> )	-	161,3

Fonte: Elaboração própria, 2023.

A ferramenta computacional informou que, considerando as eficiências de remoção de matéria orgânica medida como DQO e DBO nos tanques de sedimentação, as concentrações de matéria orgânica afluentes aos RAC foram, respectivamente, iguais a 480 g/m<sup>3</sup> e 236 g/m<sup>3</sup>. A taxa de acúmulo de lodo obtida por meio da ferramenta



SaniHUB DWATS foi de 0,0037 m<sup>3</sup>/g DQO<sub>removida</sub>. Os sólidos retidos nessas unidades devem ser removidos periodicamente no intervalo de tempo de 18 meses a fim de não comprometer a eficiência do sistema. Os resultados dos cálculos de dimensionamento dos RAC usando o software SaniHUB DWATS estão mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3 - Dimensões dos Reatores Anaeróbios Compartimentados (RAC) projetados para atender o povoado de Santana, ilha de Maré, Bahia, Brasil**

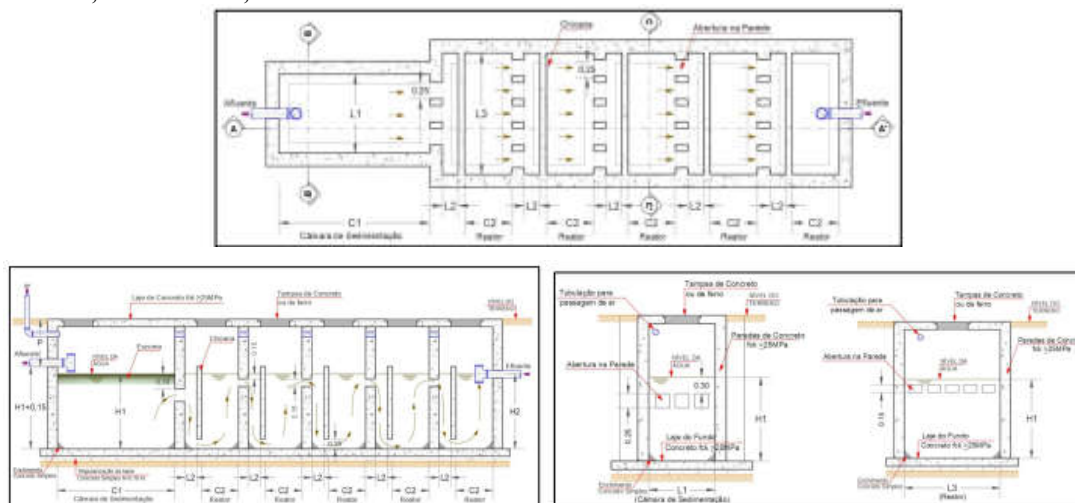
Largura útil (m)	1,3	5,0
Comprimento útil de cada compartimento (m)	C2	1,3
Profundidade útil (m)	H2	2,5
Volume (m <sup>3</sup> )	-	103,1

Fonte: Elaboração própria, 2023.

Considerando as premissas propostas por Sasse (1998) e aplicadas nos cálculos da plataforma SaniHUB DWATS, as concentrações obtidas de DQO e DBO na saída do tratamento secundário por meio do uso de reatores anaeróbios compartimentados foram iguais a 115,7 g/m<sup>3</sup> e 36,2 g/m<sup>3</sup>. Considerando o arranjo tecnológico proposto para atendimento da localidade de Santana, Ilha de Maré, estimam-se as eficiências de remoção de DQO e DBO iguais a 81% e 88%, respectivamente. Portanto, devido à simplicidade construtiva e operacional e ao baixo requerimento de área, a associação dos tanques sépticos com reatores anaeróbios compartimentados pode ser considerado um arranjo tecnológico de tratamento descentralizado de esgotos sanitários adequado para o atendimento do povoado de Santana na ilha de Maré, Bahia, Brasil.

O software SaniHUB DWATS forneceu, também, os anteprojetos dos reatores que compõem a estação de tratamento de esgotos dessa localidade. Na Figura 6, pode-se visualizar os desenhos de engenharia oriundos dos cálculos de dimensionamento do sistema projetado para atender a localidade de Santana, Ilha de Maré, por meio do uso da ferramenta computacional.

**Figura 6 – Planta e cortes dos reatores componentes da ETE projetada para atender a localidade de Santana, Ilha de Maré, utilizando a ferramenta SaniHUB DWATS**

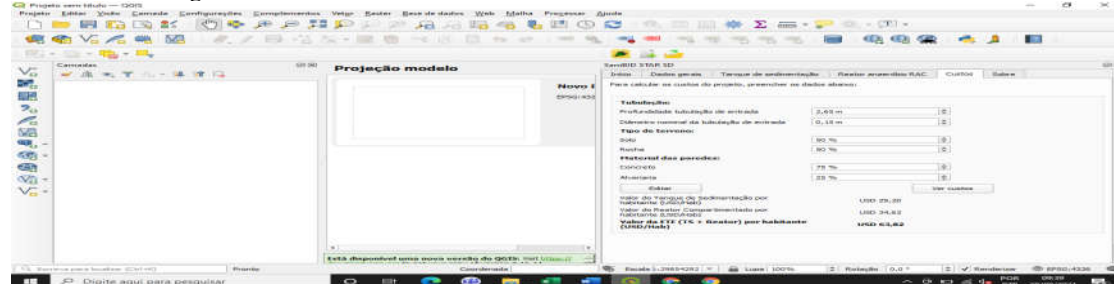


Fonte: Elaboração própria, 2023.

O software SaniHUB DWATS permite, ainda, o cálculo dos custos envolvidos no processo de construção da estação de tratamento de águas residuárias. Para obter essa informação, o usuário deve clicar em uma aba lateral denominada “Custos” e fornecer as seguintes informações: profundidade da tubulação de entrada (recomenda-se que a mesma seja superior a adotada para as unidades de tratamento); o diâmetro nominal da tubulação de entrada, a distribuição percentual entre o tipo de terreno (solo e rocha) e o material constituinte das paredes das unidades. A distribuição percentual entre o tipo de material que será utilizado para as paredes da ETE (concreto e alvenaria) deve ser feita pelo usuário. Ao finalizar a etapa de entrada de dados, a opção “Ver Custos” deve ser acionada e, automaticamente, os custos serão calculados e apresentados em USD/hab., considerando a escolha do usuário de dimensionar ou não o tanque de sedimentação: a montante do RAC (Figura 7). Essa funcionalidade

não foi utilizada no projeto da ETE para atender a localidade de Santana, Ilha de Maré, pois não havia informações suficientes sobre a qualidade do solo do local.

**Figura 7 - Visualização da Tela de saída das informações sobre custos de implantação das unidades de tratamento de esgotos sanitários– SaniHUB DWATS**



Fonte: Elaboração própria, 2023

A opção de disposição final do efluente pelos mecanismos de infiltração do solo não foi considerada em função do elevado nível do lençol freático na região e dos riscos de contaminação das fontes subterrâneas utilizadas como soluções individuais de abastecimento. Diante do limite com a Baía de Todos os Santos, à oeste da costa da Ilha de Maré, o lançamento do efluente final no oceano apresenta-se como uma alternativa viável para o povoado de Santana. Entretanto, recomenda-se a realização de estudos de dispersão visando uma solução que minimize a geração de impactos ambientais negativos.

## CONCLUSÕES

O estudo de concepção de uma alternativa de coleta e tratamento de esgotos para atendimento da localidade de Santana, Ilha de Maré, Salvador, Bahia, integrando as ferramentas computacionais SaniHUB RedBasica e SaniHUB DWATS permitiu concluir que:

- A integração das duas plataformas SaniHUB para projetos de sistemas de esgotamento sanitário mostrou-se de fácil execução, interface amigável e excelente usabilidade permitindo a obtenção de desenhos de engenharia compatíveis com a etapa de elaboração de projeto básico de infraestrutura de esgotamento sanitário.
- O uso da ferramenta SaniHUB RedBasica permitiu realizar estudo comparativo de concepção entre a implantação de uma rede de coleta de esgotos no modelo convencional e uma alternativa utilizando rede de esgotos condominial.
- A densidade populacional, as características da ocupação desordenada e a topografia acidentada foram fatores causais limitantes de área disponível para implantação de um sistema de esgotamento sanitário convencional na localidade.
- O sistema de coleta dos esgotos condominial demonstrou-se mais atrativo de ponto de vista técnico, com capacidade de atendimento dos domicílios de todas as quadras da localidade estimadas para final de plano.
- A associação em série de tanques sépticos e reatores anaeróbios compartimentados apresentou as seguintes dimensões: largura útil de 5,0 m, comprimento útil total de 22,3 m e profundidade de 2,5m, abrangendo uma área de 112,7 m<sup>2</sup>. Isso permite a construção do sistema abaixo do nível do solo, tendo em vista as limitações de áreas livres e os possíveis impactos à paisagem turística do local.
- Espera-se uma eficiência global de remoção de DQO e DBO de 81 e 88%, respectivamente. Esses valores são próximos aos obtidos nos sistemas convencionais que empregam tecnologias mais sofisticadas, a exemplo dos reatores UASB e filtros biológicos percoladores.
- A disposição final no oceano apresentou-se como uma possível alternativa de destino do efluente tratado. Diante das eficiências de remoção de DQO e DBO nas unidades anteriores e do elevado potencial de autodepuração do oceano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9649. Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
2. BRASIL. Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm)>. Acesso em: 10 ago. 2021.
3. BRASIL. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: Agenda 2030, 2021. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>>. Acesso em: 26 maio 2021.
4. CHUEIRI, D.M.A., FORTUNATO, R.A. *Turismo e esgoto domésticos na Ilha Grande (RJ): uma análise exploratória nas praias de Abraão e Aventureiro*. Revista Brasileira de Ecoturismo, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 55-73, 2021.
5. ESCUDERO, S. V. *Urbanização (In) sustentável em Ilha de Maré: Estudo de Caso da vila de Santana*. Seminários Espaços Costeiros, v. 1, 2011.
6. IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse por setores. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>. Acesso em: 29 mar.2021.
7. \_\_\_\_\_. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE. Mapa de Solos da Folha SD.24 – Salvador, 2018. Disponível em: <<https://visualizador.inde.gov.br/VisualizaCamada/1441>>. Acesso em: 29 set.2021.
8. MONFORTE, S. P., NAZARETH, P., PAIVA JUNIOR, I. C. O., NAZARETH, L. P. Guia Rápido para uso do SaniBID. Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (AECID). Disponível em <https://publications.iadb.org/pt/guia-rapido-para-uso-do-sanibid-software-livre-para-o-projeto-de-redes-de-esgoto>. Acesso em 12 ago. 2021.
9. RÊGO, J. C. V. Ilha de Maré vista de dentro: um olhar a partir da comunidade de Bananeiras/Salvador, BA. 2018. 327 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal da Bahia (UFBA), Bahia, 2018.
10. RAGAZZI, M., CATELLANI, R., RADA, E. C., TORRETTA, V., VALENZUELA, X. S. *Management of urban wastewater on one of the Galápagos islands*. Sustainability, v. 8, n. 3, p. 208-226, 2016.
11. SALVADOR. Lei n. 9278 de 20 de setembro de 2017. Dispõe sobre a delimitação e denominação dos bairros do Município de Salvador, Capital do Estado da Bahia, na forma que indica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.sucom.ba.gov.br/category/legislacoes/leis/>>. Acesso em: 05 abr. 2021.
12. SALVADOR, Prefeitura Municipal. Mapeamento Cartográfico de Salvador, 2017. Disponível em: <[http://mapeamento.salvador.ba.gov.br/geo/desktop/index.html#on=layer/default;scalebar\\_meters/scalebar\\_m;orto2016/Ortoimagem\\_Salvador\\_2016\\_2017&loc=76.43702828517625;-4278080;-1445884](http://mapeamento.salvador.ba.gov.br/geo/desktop/index.html#on=layer/default;scalebar_meters/scalebar_m;orto2016/Ortoimagem_Salvador_2016_2017&loc=76.43702828517625;-4278080;-1445884)>. Acesso em: 15 abr. 2021.
13. SASSE, L. DEWATS - *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Deli: Bremen Overseas Research and Development Association, 1998.
14. Sistema de Informação Municipal de Salvador (SIM), 2010. Prefeitura de Salvador. Disponível em: <<http://www.sim.salvador.ba.gov.br/indicadores/>>. Acesso em: 10 abr.2021.
15. Sistema de Informação Municipal de Salvador (SIM), 2011. Prefeitura de Salvador. Disponível em: <<http://www.sim.salvador.ba.gov.br/indicadores/index.php>>. Acesso em: 30 set.2021.
16. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SINIS, 2017. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planilha>>. Acesso em: 06 nov. 2021.

17. TONETTI, A. L., BRASIL, A., MADRID, F., FIGUEIREDO, I., SCHNEIDER, J., CRUZ, L., DUARTE, N. G., FERNANDES, P. M., COASACA, R. L., GARCIA, R. S., MAGALHÃES, T. M. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas: Biblioteca/Unicamp, 2018.
18. UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017: Águas residuais: o recurso inexplorado, resumo executivo. UNESCO World Water Assessment Programme, 12 p. 2017. Disponível em:< [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552\\_por.locale=em](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_por.locale=em)>  
Acesso em: maio de 2021

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores expressam seus agradecimentos à Divisão de Água e Saneamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento pelo apoio material para realização desse trabalho.