

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM PROJETO BIODIGESTORES REPLICAVEIS E SUSTENTAVEIS PARA CIDADE DOS MENINOS DUQUE DE CAXIAS – RJ

Chagas T.F.L.¹, Guimaraes D.R.², Pires G.D.³, Carlos E.G.⁴

^{1,2} *Aluno Engenharia Civil do Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ*

^{3,4} *Docentes Engenharia Civil do Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ*

209019573@aluno.unig.edu.br, 209005017@aluno.unig.edu.br; 0136072@professor.unig.edu.br;
0149013@professor.unig.edu.br

Resumo-Os efeitos das mudanças climáticas sentidas nos últimos anos, fizeram com que a sociedade cada vez mais, buscasse fontes de energia renováveis e soluções ecologicamente corretas. Exemplo disso foi o protocolo de Kyoto, onde países integrantes da Organização das Nações Unidas, comprometeram-se a reduzir a emissão de gases do efeito estufa. Com o aumento da preocupação global com a preservação dos recursos naturais e com a minimização do impacto no meio ambiente, a gestão dos resíduos de forma sustentável vem se destacando no cenário mundial. Assim, novas alternativas estão ganhando visibilidade, como por exemplo, os biodigestores, os quais oferecem uma maneira de tratamento de resíduos orgânicos. O presente trabalho pretende avaliar um Estudo de Viabilidade Técnica e econômica do projeto de instalação de biodigestor tubular na Cidade dos Meninos-Duque de Caxias, RJ.

Palavras-chave: biodigestor; biogás; biofertilizantes; saneamento.

Abstract- Abstract- The effects of climate change felt in recent years have led society to increasingly seek renewable energy sources and environmentally friendly solutions. An example of this was the Kyoto protocol, where member countries of the United Nations committed to reducing the emission of greenhouse gases. With increasing global concern about preserving natural resources and minimizing the impact on environment, waste management in a sustainable way has been gaining prominence on the world stage. Thus, new alternatives are gaining visibility, such as biodigesters, which offer a way of treating organic waste. The present work intends to evaluate a Technical and Economic Feasibility Study of the project to install a tubular biodigester in Cidade dos Meninos-Duque de Caxias, RJ.

Keywords: biodigester; biogas; biofertilizers; sanitation.

1 Introdução

Um dos grandes problemas ambientais da atualidade é o aumento contínuo da produção de resíduos orgânicos. Em muitos países, a gestão sustentável dos resíduos, bem como a sua redução, tornou-se grandes prioridades políticas, o que representa parte importante dos esforços comuns para reduzir a poluição e as emissões de gases de efeito estufa, e para mitigar as mudanças climáticas globais. Nesses países, a deposição descontrolada não é mais aceitável e até mesmo aterros

controlados, e incineração de resíduos orgânicos não são práticas consideradas ideais, sendo desejável a recuperação de energia e a reciclagem de nutrientes e de matéria orgânica (AL SEADI, 2018).

A digestão anaeróbia oferece algumas possibilidades interessantes e soluções para esses problemas globais como a produção de energia alternativa, manejo dos resíduos humanos, animais, urbanos e industriais com segurança, controle da poluição ambiental e produção de fertilizante natural para a agricultura. Outros benefícios da digestão anaeróbia incluem a diminuição de odores, a redução ou a eliminação de bactérias patogênicas dependendo da temperatura do tratamento (FAO, 2020; AL SEADI, 2018). Há um grande potencial para a tecnologia de digestão anaeróbia para produção de energia, que não é amplamente utilizada. Na maioria dos países industrializados, programas de biogás são muitas vezes impedidos por dificuldades operacionais, custos elevados de plantas e preços de energia ainda baixos. Na maioria dos países em desenvolvimento, a expansão dos programas de biogás foi restringida devido à falta de incentivos econômicos, de supervisão organizada e de ajuda financeira inicial; enquanto em outros países em desenvolvimento, um lento desenvolvimento tem sido observado, devido à falta de urgência, já que há outras formas de combustível de baixo custo não comerciais, tais como lenha (FAO, 2018).

O índice de atendimentos por coleta de esgotos sanitários para a cidade de Duque de Caxias é de 12,94%, de acordo com os Estudos Técnicos e Planejamento Regionalizado Metropolitano do Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário realizado pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), 2020. Este estudo projeta que a coleta será de 90% em 2054. Este esgoto *in natura* é direcionado para Baía de Guanabara, através dos rios Saracuruna, São João do Meriti, Iguaçu e Caboclo. Hoje é indiscutível a participação de todos os setores da sociedade na busca pela melhoria na qualidade de vida do ser humano, tendo sempre como foco, diminuir ou mitigar os impactos causados ao meio ambiente. É imprescindível que todos tenham acesso a saneamento básico, principalmente a destinação dos RSUs, uma vez que o despejo irregular desses sólidos e do esgoto sanitário na natureza é um dos principais problemas ambientais da atualidade. Sendo assim, tecnologias alternativas e sustentáveis de tratamento dos efluentes sanitário domiciliares são de suma importância para o alcance das regiões onde o atendimento público oficial não alcança. A falta de acesso a um tratamento de esgoto adequado muita das vezes inviabiliza o desenvolvimento econômico de regiões com alta vulnerabilidade social que não possuem tratamento de efluentes esta necessidade fez com que a sociedade cada vez mais, buscasse fontes de energia renováveis e soluções ambientais. e de extrema importância soluções alternativas para áreas rurais e vulneráveis em muitos países, a gestão sustentável dos resíduos, bem como a sua redução, tornou-se grandes prioridades políticas, o que representa parte importante dos esforços comuns para reduzir a poluição. A cidade dos meninos ocupa uma área de 19217070,88 m². A área é cercada por grandes aglomerados urbanos tendo como motivo do não adensamento a restrição de ocupação por parte do Ministério da saúde gases de efeito estufa, e para mitigar as mudanças climáticas globais Curso de Engenharia Civil – Campus Nova Iguaçu

Diversos são os tipos de soluções para os Sistemas de tratamento de Esgoto Von Sperling (1995) citado por Shahateet (2018), os sistemas de tratamento de esgoto podem ser divididos em duas grandes variantes: “Sistemas individuais ou sistemas estáticos” e “Sistemas coletivos ou sistemas dinâmicos”.



Figura 1 Tipos de soluções de Tratamento de esgoto VonSoerling (1995)

De modo geral, sistemas descentralizados são aqueles que coletam, tratam e fazem a disposição final ou reuso do esgoto em local próximo à sua geração, diferentemente do que ocorre nos sistemas centralizados tradicionais. Alguns autores classificam os sistemas em centralizados ou descentralizados de acordo com o número de habitantes atendidos, a carga orgânica do esgoto e/ou o volume diário gerado (LIBRALATO; GHIRARDINI; AVEZZÙ, 2011). Na literatura, há várias propostas de classificação e nomenclaturas para os sistemas descentralizados (ex: onsite, individual, cluster, satellite, semi-centralized), mas o que é consenso é que existe uma ampla gama de possibilidades que se enquadram entre os dois extremos do tratamento de esgotos: pequenos sistemas descentralizados (unifamiliares) e grandes sistemas centralizados (grandes estações de tratamento de esgoto). Bueno (2017) faz uma síntese da diversidade de sistemas descentralizados na FIGURA 2.

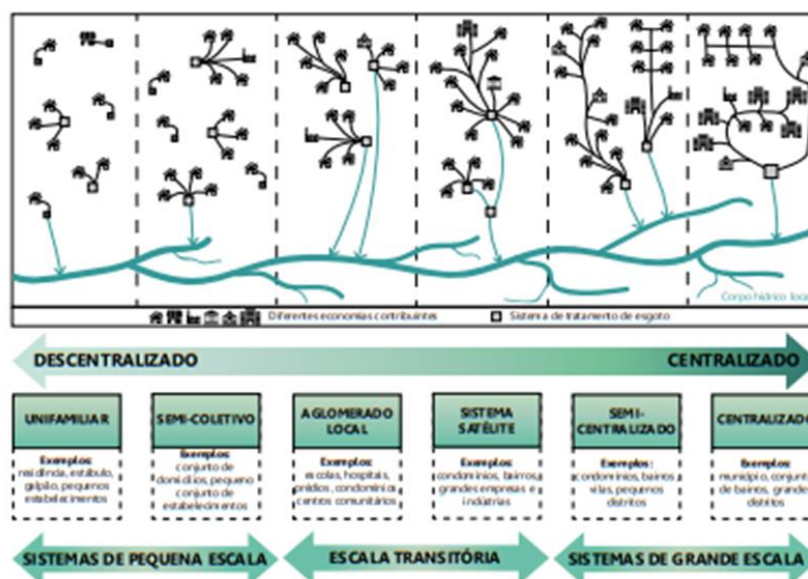


Figura 2. Gradiente de sistemas de tratamento de esgoto, conforme o seu nível de centralização ou descentralização
Fonte: Elaborado TONETTI(2018)

Tecnologias Alternativa para o tratamento de esgoto em comunidades isoladas

Segundo Tonetti (2018) os Sistemas descentralizados vêm ganhando cada vez mais atenção por apresentarem vários benefícios amplamente discutidos na literatura, tais como a demanda por menos recursos financeiros na implementação, a contribuição com a sustentabilidade local (METCALF & EDDY, 2003) e a oportunidade de reuso de água e nutrientes localmente (GIKAS; TCHOUBANOUGLOUS, 2008). Outras vantagens que esse tipo de sistema pode apresentar são sintetizadas em um quadro adaptado de Bueno (2017), que as divide em quatro áreas: social, econômica, ambiental e operacional (QUADRO 1).

ÁREA	VANTAGENS
SOCIAL	- Contribuem para a melhoria da saúde da população local - Podem gerar trabalho e renda - Podem ajudar a produzir alimentos, contribuindo com a segurança alimentar - São adaptáveis aos costumes e à cultura - Normalmente são bem aceitos pela população e entidades fiscalizadoras - Podem ajudar a compor o paisagismo local
ECONÔMICO	- Os sistemas mais simples têm baixo custo de instalação - Consomem pouca energia e insumos externos - Alguns subprodutos do sistema têm valor comercial e podem gerar renda (alimentos, biogás, plantas ornamentais) - Há economia em adubos quando se utiliza o esgoto tratado na agricultura
AMBIENTAL	- Sistemas unifamiliares podem ser compactos - Usam poucos insumos e energia na construção e operação - Reduzem a poluição do solo e corpos hídricos locais - Podem melhorar as condições ecológicas locais - Promovem o reúso de água e de nutrientes localmente
OPERACIONAL	- Dispensam a construção de rede coletora local e estações elevatórias - Têm boa flexibilidade operacional - Podem ser ampliados ao longo do tempo - Têm baixo consumo de materiais e energia - Em boa parte dos casos, não se cobra pelo tratamento - Não requerem mão-de-obra especializada - Podem tratar águas cinzas e de vaso sanitário separadamente - São pouco influenciados por desastres naturais

QUADRO 1. Principais vantagens do uso de sistemas descentralizados de tratamento de esgotos
TONETTI (2018)

Filtros Anaeróbios

Tecnologias Alternativa para o tratamento de esgoto em comunidades isoladas

Sistemas alagados Construídos -São também conhecidos como zonas de raízes normalmente possuem material particulado em seu interior

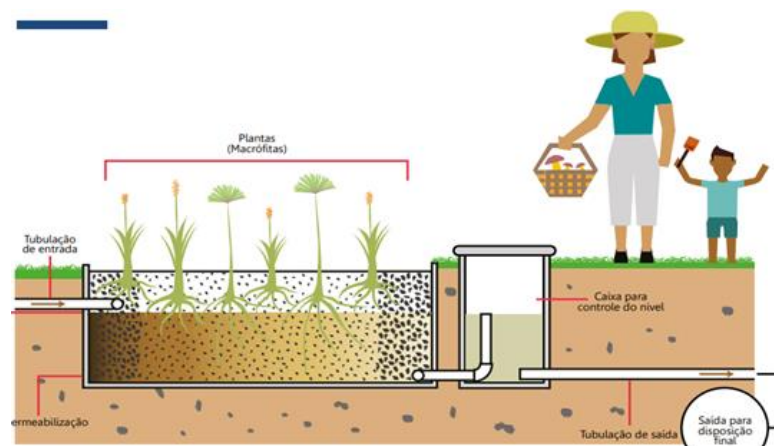


Figura 3 Sistemas alagados construídos

A Função de um filtro é separar elementos presentes em uma mistura uma câmara preenchida por material filtrante, onde há fixação dos micro-organismos que vão degradar matéria orgânica dissolvida, podendo existir fundo falso.

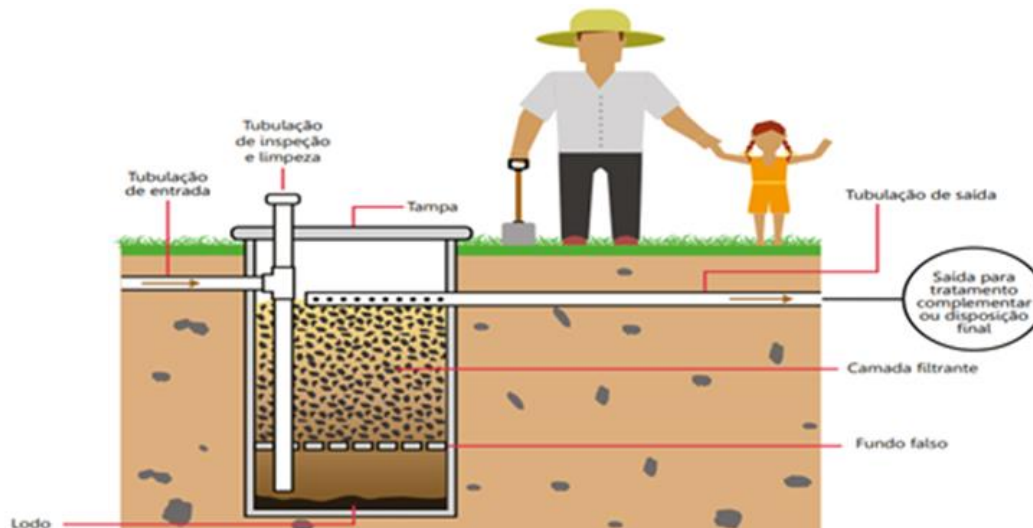


Figura 4 Filtro

2 Objetivos

Motivados pela necessidade da ONG Ecocidade na busca de propor uma solução alternativa para o saneamento da cidade dos meninos e consequentemente, a qualidade de vida dos moradores da região, o presente Projeto de Iniciação Científica tem como objetivos: Para objetivo Geral: Projetar um biodigestor visando o aproveitamento do biogás e para biofertilizante. No objetivo Específico realizou-se pesquisa para a obtenção dos dados populacionais e características da região visando: dimensionar um biodigestor adequado à Associação de Moradores da Cidade dos Menino -Duque de Caxias

3 Justificativas

Os Biodigestores são centrais de processamento de matéria orgânica, que aceleram sua decomposição em um sistema fechado sem a presença de oxigênio (anaeróbio) obtendo resíduos líquidos, que dependendo do processamento podem ser usados como biofertilizantes, e biogás que em motores adequados, podem sofrer combustão para a geração de energia térmica ou elétrica. A tecnologia ideal deve ser escolhida em função da matéria prima que se está utilizando, seja ela resíduo orgânico ou plantas energéticas. O produto principal (energia térmica, elétrica e/ou biofertilizante) deve priorizar o mercado que traz a maior lucratividade. Tais fatores fazem com que cada projeto de biodigestor seja extremamente característico da região onde se pretende implantar. Recomenda-se que um Modelo de Negócio ideal deve ser descrito em um Plano de Negócio para biodigestores que estude entre outras coisas a demanda específica do mercado local, os meios de financiamento do projeto, os tipos de substratos disponíveis assim como a possível variação de fornecimento destes durante um ano de operação, impacto em custos operacionais, custo local com energia e tecnologia necessária. Seu uso depende prioritariamente da necessidade do usuário ou empreendedor ligado imediatamente ao cenário onde será implantado. Os principais motivos para a implantação de biodigestores são:

- Tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos do setor do agronegócio como os resíduos da agricultura, frigoríficos, abatedouros, matadouros, ...
- Tratamento de resíduos Sólidos Orgânicos Urbanos de feiras municipais, triagem de resíduos urbanos, ...
- Geração de biofertilizantes para a agricultura
- Geração de energia térmica para fábricas;
- Geração de energia elétrica para indústria, comércio e domicílio.

De maneira ampla, os biodigestores são reservatórios fechados onde ocorrem processos anaeróbios. Bactérias, na ausência de ar, atuam na transformação da matéria orgânica (biomassa), passando de moléculas mais complexas para aquelas com estruturas mais simples. A digestão anaeróbia de excretas oferece várias vantagens como: conversão de resíduos orgânicos em gás metano, que é um gás de efeito estufa, e o qual pode ser usado diretamente como fonte energética (biogás); redução da missão de amônia; controle de odores e produção de biofertilizante. Indiretamente, podem-se citar os alguns benefícios como: alterações nas relações familiares e sociais nas camadas de baixa renda em função do fornecimento de energia de baixo custo e todas as benéficas consequências; menor dependência de combustíveis fósseis; geração de empregos (FUKAYAMA, 2017).

De acordo com ARRUDA *et al.* (2019), a decomposição bacteriana de matéria orgânica sob condições anaeróbicas é feita em três fases: hidrólise enzimática, fase ácida e fase metagênica (Figura 5).

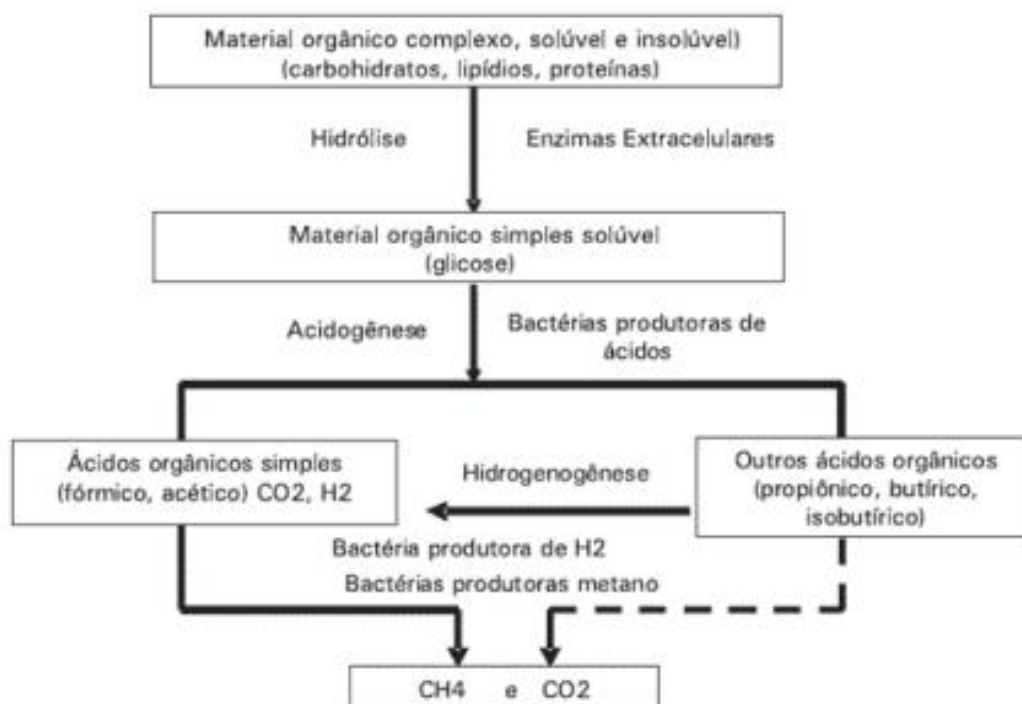


Figura 5- Etapas metabólicas do processo de digestão anaeróbia ARRUDA *et al.* (2019).

Na fase de hidrólise enzimática as bactérias liberam no meio as enzimas extracelulares que irão promover a hidrólise de partículas (quebra de partículas no meio aquoso), transformando moléculas grandes em outras menores e mais solúveis (BARREIRA, 2018)..

Na fase ácida (acidogênese e hidrogenogênese) as bactérias produtoras de hidrogênio transformam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos (ácido láctico e ácido butílico), etanol, hidrogênio, amônia e dióxido de carbono, entre outros.

Na fase metagênica as bactérias metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono transformando-os em metano (CH₄). Essa fase limita a velocidade da cadeia de reações, devido, principalmente, à formação de microbolhas de CH₄ e CO₂ em torno da bactéria metanogênica isolando-a do contato direto com a mistura, razão pela qual a agitação é prática recomendável. Como resultado da biodigestão anaeróbia de excrementos, têm-se a produção de biogás e um efluente clarificado e mais estabilizado química e microbiologicamente, que pode ser usado como biofertilizante (BARREIRA, 2018).

A energia da biomassa é a energia que se obtém durante a transformação de produtos de origem animal e vegetal para a produção de energia calorífica e elétrica. Na transformação de resíduos orgânicos é possível obter biocombustíveis, como o biogás, o bioálcool e o biodiesel. A formação de biomassa a partir de energia solar é realizada pelo processo denominado fotossíntese, pelas plantas. Através da fotossíntese, as plantas que contêm clorofila transformam o dióxido de carbono e a água em materiais orgânicos com alto teor energético, que por sua vez, servem de alimento para os outros seres vivos. A biomassa através destes processos armazena a curto prazo, a energia solar sob a forma de hidratos de carbono. A energia armazenada no processo fotossintético pode ser posteriormente transformada em calor, liberando novamente o dióxido de carbono e a água armazenados. Esse calor

pode ser usado para mover motores ou esquentar água para gerar vapor e mover uma turbina, gerando energia elétrica. (VENTURIN; SLOGO,2022)

Para a aprovação de um projeto, devem ser considerados critérios financeiros e econômicos. Tendo isso em mente, faz-se imprescindível a análise da viabilidade econômica de qualquer projeto a ser realizado. Para se analisar a viabilidade de um investimento de capital, é necessário a ter em mente os riscos da incerteza de cada projeto e o modo como esse capital foi levantado (MARQUEZAN; BRONDANI, 2006). A análise da viabilidade econômica de um projeto, consiste em realizar análises que fornecerão dados que, posteriormente, poderão ser utilizados como critérios de comparação e permitirão uma tomada de decisão mais coerente para o investidor (ALVES, 2017). Se tratando de biodigestores, deve ser levado em consideração a economia gerada pela utilização do biogás, na produção de energia elétrica ou na sua utilização para fins de aquecimento, na utilização do biofertilizante obtido no processo, ou na venda desse biofertilizante, economia gerada pela utilização dos créditos de carbono, e os custos de manutenção e mão de obra para o funcionamento do biodigestor. Para a análise da viabilidade econômica do biodigestor, serão empregadas ferramentas e metodologias da matemática financeira, como: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e Payback descontado. Tais ferramentas permitem analisar a viabilidade de um investimento, ou analisar entre dois investimentos, qual trará um maior ou mais rápido retorno financeiro (MARQUEZAN; BRONDANI, 2006)..

4 Estudo de Caso

O município de Duque de Caxias, onde se situa a Cidade dos Meninos, faz parte da região comumente chamada de Baixada Fluminense, que se caracteriza pela grande concentração de pobreza e de carência de infraestrutura urbana. A cidade apresenta uma série de problemas ambientais classificados pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - FEEMA como críticos: deficiência de infraestrutura sanitária, condições precárias de vida, favelização, degradação de áreas de preservação ambiental, áreas com deficiente cobertura arbórea ocasionando assoreamento de corpos de água, poluição do ar, solos e águas superficiais e subterrâneas, depósitos de resíduos sólidos irregulares, aterramento de corpos de água, vazamento e lançamento de óleo, etc. (Teixeira et al., 1998).

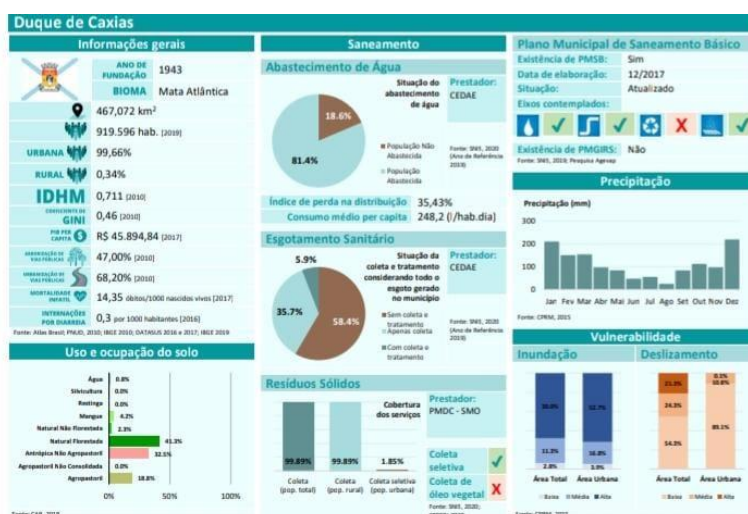


Figura 6 Perfil socioeconômico Município de Duque de Caxias Fonte Prefeitura de Duque de Caxias

A Cidade dos Meninos foi criada em 1946 como parte de uma das unidades da Fundação Abrigo Cristo Redentor e, inicialmente servia como albergue para meninas carentes. Posteriormente, a instituição passou a internar meninos carentes, passando a ser denominada “Cidade dos Meninos”. É dentro desta instituição de guarda e formação de menores que o Ministério da Saúde implanta no ano de 1947 o Instituto de Malariologia, ocupando 8 pavilhões. Em 1950, com a finalidade de erradicar as endemias inicia, em 1950, a produção de pesticidas. Além de HCH, a fábrica também formulava produtos à base de DDT e outros pesticidas. A fábrica fechou nos anos 60 e ao longo de 20 anos, pelo menos 360 toneladas se espalharam pela região. O resultado, obviamente, foi a contaminação geral. Como a substância leva décadas para se degradar, ainda está presente por lá. Hoje, resíduos de organoclorados estão no sangue de quase 75% dos moradores. (acpo.org.br) Enfim a Cidade dos Meninos, foi erguida nos anos 1940 pelo governo Getúlio Vargas e que hoje abriga cerca de 1,4 mil famílias, anteriormente foi um lugar de internato para crianças órfãs e retiradas das ruas, e no terreno moravam também as famílias dos funcionários, que ganharam casas ali. Nos anos 1950 pavilhões desocupados passaram a abrigar o Instituto de Malariologia e uma fábrica de inseticidas organoclorados, hoje proibidos no Brasil. Conhecido como pó de broca, pode causar câncer, má-formação fetal, abortos espontâneos e alterações no sistema nervoso.

A cidade dos meninos ocupa uma área de 19217070,88 m². A área é cercada por grandes aglomerados urbanos tendo como motivo do não adensamento a restrição de ocupação por parte do Ministério da saúde.



Figura 7 Vista aérea da Cidade dos meninos

As suas propriedades têm 100% características rurais Figura 8 com grandes lotes e baixa densidade urbana.



Figura 8 padrões de construção



Figura 9 Estradas vicinais CM

Dimensionamento do Biodigestor

Para o dimensionamento será considerado o número que pessoas por residência, o volume de descarga e o número de vezes que cada indivíduo utiliza o sanitário (defecar + urinar), ao longo dos 07 (sete) dias.

O cálculo da carga diária se dá da seguinte maneira:

Nº de indivíduos x (quantidade defecado + 5L água) + nos indivíduos x frequência que se urina x (volume de urina + 5L água) = carga diária x vezes na semana (1)
Conhecendo a carga diária e o tempo de retenção (o qual adotaremos 40 dias), se conhece o volume líquido do biodigestor.

$$\text{Volume líquido (VL)} = \text{equação 1} \times 40 \text{ dias} \quad (2)$$

Considerando o volume do gás como 25% do volume total, que significa um terço do volume líquido, temos:

$$\text{Volume de gás (VG)} = \text{volume líquido} / 3 \quad (3)$$

Finalmente o volume total será, portanto, a soma de VL e VG:

$$\text{Volume Total (VT)} = \text{VL} + \text{VG} \quad (4)$$

Para confecção do biodigestor será usado, para este projeto, polietileno tubular. Para a construção do biodigestor se prende o plástico em ambas as extremidades – para a entrada e a saída. O volume total dessa seção é equivalente ao volume de um cilindro (em metros cúbicos), calculado multiplicando $\pi \times r^2 \times L$ onde $\pi = 3,1416$, r o raio do tubo (em metros) e L , o comprimento do biodigestor (em metros).

Obtém-se então $\pi \times r^2$ para calcular o comprimento necessário para atingir o volume total. Sabendo o volume do digestor e as seções transversais dos plásticos disponíveis (de acordo com a largura do rolo), determina-se o comprimento necessário. Se o volume do digestor é $\pi \times r^2 \times L$, e sabem-se todos os parâmetros exceto o comprimento, da fórmula acima obtém-se:

$$L = \text{VT} / (\pi \times r^2) \quad (5)$$

Sabendo o volume total do biodigestor deve-se determinar as dimensões dele. As primeiras dimensões a se determinar são o comprimento e o raio do biodigestor tubular. Desta forma, monta-se uma tabela com todas as possibilidades de largura de rolo, e cujos resultados são colocados para o comprimento de cada largura de rolo e da relação comprimento/diâmetro (Tabela 1).

Largura do rolo (m)	Comprimento do biodigestor (L em metros)	Diâmetro do biodigestor (D em metros)	L/D
1,0	$\text{VT}/0,32 = A$	0,64	$A/0,64$
1,25	$\text{VT}/0,50 = B$	0,80	$B/0,80$
1,50	$\text{VT}/0,72 = C$	0,96	$C/0,96$
1,75	$\text{VT}/0,97 = D$	1,12	$D/1,12$
2,0	$\text{VT}/1,27 = E$	1,28	$C/1,28$

Tabela 1 – Cálculo para obtenção do comprimento e relação comprimento/diâmetro para diferentes larguras de rolo de plástico

De acordo com as larguras dos rolos, existem diferentes possibilidades para comprimento do biodigestor de forma a atingir o volume total desejado. Maiores larguras de rolos requerem menor comprimento para alcançar o volume desejado. Mas recomenda-se que os digestores não sejam demasiadamente curtos ou longos, devendo a relação L/D estar num intervalo de 5 a 10, sendo que uma ótima relação entre o diâmetro e o comprimento é de 7.

Material e métodos

Todo o dimensionamento dos elementos de projeto será baseado na NBR 7229/93 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, e NBR 13969/97 – Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação, da ABNT. Esses documentos balizam todos os cálculos necessários para determinar as vazões de projeto e posteriormente as dimensões dos dispositivos.

8 Resultados e produtos esperados

A Geração de energia (biogás), tratamento de efluentes e resíduos domésticos e agrícolas, produção de biofertilizante são os principais benefícios que se podem obter, justamente alguns dos aspectos mais necessários no mundo atual: obtenção de energia, promoção de saneamento ambiental e enriquecimento do solo.

O biodigestor modelo chinês foi desenvolvido voltado para as pequenas propriedades rurais. É um modelo de peça única, construído quase totalmente de alvenaria e enterrado no solo. Possui um menor custo de construção quando comparado a outros modelos, pois o gasômetro também é confeccionado em alvenaria. Este modelo é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria com teto abobadado destinado ao armazenamento do biogás. O teto deve ser impermeável e bem vedado para que não ocorram rachaduras em sua cúpula, com consequente perda de gás. Também é composto por uma caixa de entrada da biomassa e uma caixa de saída parcialmente subterrânea. O funcionamento do biodigestor modelo chinês é baseado no princípio da prensa hidráulica. Aumentos de pressão em seu interior resultantes do acúmulo do biogás resultarão em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão. Uma parte do biogás formado é liberada através da caixa de saída, diminuindo a pressão interna do biodigestor, diminuindo a efetividade do processo de produção do biogás. A biomassa fornecida deve conter no máximo 8% de sólidos totais para facilitar a fermentação e evitar entupimentos de canos.

O projeto de biodigestor em relação ao dimensionamento o biodigestor foi projetado para atender uma família em área rural com até 5 pessoas, com capacidade de retenção de hidráulica de 15 dias e volume útil de 7,6m³, conforme adaptação da metodologia encontrada em Portes (2005) e Silva (2015). O projeto foi realizado usando a ferramenta Autocad na escala 1:50, apresentando a planta baixa e o corte AA. e baseado em um modelo chinês onde se pretendeu visar de custo-eficiência de uma solução. Mão de Obra; Tijolo maciço(5X19X19); Cimento; Areia lavada; Pedra; Tinta; Registro para gás; Tubo Plástico para os queimadores(10mm); Tubo PVC para coletor até o biodigestor (200 mm); Tubo PVC para conexões do imóvel até o biodigestor (75 mm).

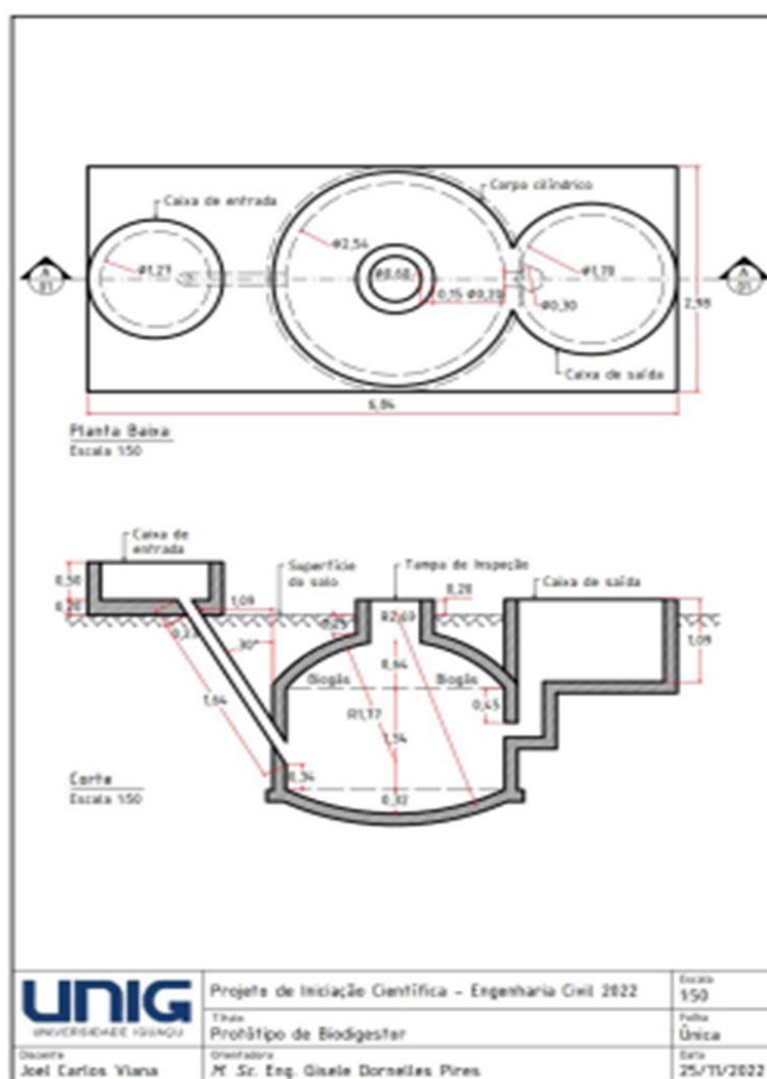


Figura 10 Planta do protótipo de biodigestor chinês Cidade dos Meninos (Vianna,2022)

O projeto de biodigestor será baseado em um modelo pretende-se realizar a Viabilidade econômica buscando uma avaliação de custo-eficiência de um projeto ou solução. Conhecida como análise de custo-benefício. ou a aceitação da solução (definição, seleção, aquisição, e fases do projeto).

Através dos resultados a serem demonstrados nesse trabalho, prevê-se que com a estimativa de valor é possível orçar a instalação do biodigestor para que possam ser obtidos após a construção do Biodigestor e possibilitar a captação de recursos para a implantação.

A viabilidade econômica de biodigestores depende de diversos fatores, os atores que influenciam a viabilidade econômica dos biodigestores são:

- **Custos de instalação:** Os custos de instalação do biodigestor incluem a aquisição do equipamento, a preparação do terreno, a instalação de tubulações e sistemas de captação e armazenamento de biogás e biofertilizante.
- **Custos operacionais:** Os custos operacionais incluem o consumo de energia elétrica para a agitação do material orgânico, a manutenção do biodigestor e a limpeza do equipamento.
- **Preço da energia elétrica:** O preço da energia elétrica pode afetar a viabilidade econômica do biodigestor, que pode ser vendida ou utilizada para reduzir os custos de energia elétrica da propriedade.

- Disponibilidade e custo dos resíduos orgânicos: A disponibilidade e o custo dos resíduos orgânicos podem afetar a viabilidade econômica do biodigestor, uma vez que o custo do transporte e armazenamento desses resíduos pode ser elevado.
- Incentivos fiscais e financeiros: Os incentivos fiscais e financeiros oferecidos pelo governo podem tornar o investimento em biodigestores mais atrativo, reduzindo os custos de aquisição do equipamento e de instalação do sistema. É importante que a viabilidade econômica do biodigestor seja avaliada de forma cuidadosa e realista, considerando todos os fatores envolvidos, para garantir que o investimento seja rentável e sustentável.

9 Conclusão

Há no mercado diversas soluções alternativa de saneamento Rural todos apresentam características e especificidades e para implantação tem de se levar em conta estudos ambientais o projeto tem um grande potencial para solução alternativa de saneamento na cidade dos Meninos Duque de Caxias onde deverá ser implantado com o apoio e a intermediação da ONG local Ecocidade junto a agencias fomentadoras. A viabilidade econômica do biodigestor dependerá de diversos fatores, como o custo dos equipamentos, o preço da energia elétrica, o custo de transporte e armazenamento do biofertilizante, a disponibilidade e o custo dos resíduos orgânicos, entre outros. É importante que a viabilidade econômica do biodigestor seja avaliada considerando todos os fatores envolvidos, para garantir que

10 Referências

- AL SEADI, T.; RUTZ, D.; PRASSL, H.; KÖTTNER, M., TOBIAS FINSTERWALDER, T.; VOLK, S.; JANSSEN, R. *Biogas: handbook. Esbjerg (Dinamarca), University of Southern Denmark, 2018.*
- ARRUDA, M. H.; AMARAL, L. P.; PIRES, O. P. J.; BARUFI, C. R.V. *Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. Rev. Científica Eletrônica de Agronomia: 1 (2). 2019.*
- BARREIRA, P. *Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo, Ícone, 2018. 106 p.*
- FAO – Food and Agriculture Organization. *Biogas processes for sustainable development. Roma (Itália), 2020.*
- GONÇALVES A.D. Santos D. M. OLIVEIRA G. S. P. Ferreira J. I. C. Gabriel L. C. *Dimensionamento e análise da viabilidade técnica e econômica de um biodigestor tubular*https://www.ifmg.edu.br/arcos/ensino-1/tai/20181_TAI3_Biodigestortubular.pdf
- FUKAYAMA, E. H. *Características Quantitativas e Qualitativas da Cama de Frango sob Diferentes Reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.*
- PAULA, A. N. de. *Biogás: o combustível do Futuro. Monografia (Especialização em Formas Alternativas de Energia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.*
- TONETTI, A. L., 1973- *Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções.* /Ana Lucia Brasil, Francisco José Peña y Lillo Madrid, et al. -- Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018. e-book, il. ISBN 978-85-85783-94-5<<https://www.fecfau.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2018/11/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Dom%3%a9sticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepdf-compressed.pdf>>