

II-545 - SANITIZAÇÃO DE LODOS DE ETES UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA OFF-GRID

Glauco Moises de Oliveira Lima⁽¹⁾

Engenheiro Civil pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Especialista em Engenharia da Qualidade pela Universidade Cândido Mendes (UCAM/RJ). Pós-Graduando MBA em Gestão de Pessoas e Liderança pela Faculdade Única.

Gustavo José Carneiro⁽²⁾

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Semiárido (UFERSA), graduado em Ciência e Tecnologia pela mesma universidade. Pós-Graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Cruzeiro do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Rua Augusto Luiz Coelho, 190, Sagrada Família – Araxá – Minas Gerais – CEP: 38183-248 - Brasil - Tel: +55 (38) 99957-1686 - e-mail: glauco.lima@copasa.com.br

RESUMO

A necessidade de sanitização de lodos de estações de tratamento de esgotos e seu reuso na agricultura é uma prioridade global que está alinhada com a Agenda 2030 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável. A sanitização de lodos de ETES é crucial para eliminar ou reduzir a presença de contaminantes, como microrganismos patogênicos e compostos orgânicos tóxicos, que representam um risco para a saúde humana e para o meio ambiente. Além disso, o reuso de lodos de ETES na agricultura pode ser uma estratégia eficaz para a promoção da segurança alimentar e para a redução da demanda por fertilizantes químicos, que são prejudiciais ao meio ambiente. A utilização de lodos de ETES tratados na agricultura pode também promover a economia circular, pois permite a recuperação de nutrientes e a geração de energia renovável a partir da produção de biogás. A Agenda 2030 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável estabelece objetivos globais para o desenvolvimento sustentável, incluindo a promoção da saúde, a proteção do meio ambiente e a erradicação da pobreza. A sanitização de lodos de ETES e seu reuso na agricultura contribuem diretamente para a realização desses objetivos e para a construção de um futuro mais sustentável e resiliente.

PALAVRAS-CHAVE: Reutilização de Materiais, Sanitização de Lodo de ETE's, Melhoria de Processos, Energias Renováveis.

INTRODUÇÃO

É notável a deterioração da qualidade das águas disponíveis para consumo humano, animal e industrial, e este é um cenário que vem crescendo progressivamente com a urbanização constante e aumento da produção de bens, serviços e consumos, além do incremento das atividades agroindustriais. Aliado a este fato, existe o lançamento de diversos tipos de resíduos nos corpos d'água, conduzindo a uma intensificação dos processos de poluição, que são extremamente prejudiciais à saúde dos ecossistemas e comprometem profundamente os recursos hídricos.

Tendo em vista o contexto, a ampliação de redes coletoras, incremento e inovação das práticas e sistemas de tratamento de efluentes tendem a se expandir. Um dos subprodutos do tratamento de esgotos domésticos ou industriais, é conhecido como lodo de esgoto ou Biossólido (quando tratado e corretamente processado). Este subproduto foi visto por muitos anos como um problema ambiental urbano, devido ao seu volume crescente, sendo gerado em todo o globo.

Opções para seu descarte variam desde a incineração, deposição oceânica e florestal, utilização agrícola como fertilizante (esta que tem sido considerada promissora). Segundo Barbosa & Tavares Filho (2006), quando o lodo é tratado e processado, obtêm características permissíveis para o uso agrícola de maneira ambientalmente segura. O Biossólido ou biofertilizante possui nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros, essenciais as plantas, além de serem ricos em matéria orgânica, atuam também no processo de condicionamento do solo, melhorando sua estrutura. Neste contexto a reciclagem e o reuso do lodo do tratamento de esgotos é bastante promissora, podendo substituir parcialmente o uso de adubos químicos (Coscione et al. 2010).

A utilização de lodo de esgoto como biofertilizante e condicionador de solos, permite ganhos ao produtor, através do aumento da produtividade das culturas e redução do uso de fertilizantes minerais, com ganhos para os geradores de lodo, pela efetivação de métodos adequados e mais econômicos de disposição final desse resíduo (Guedes et al., 2006).

Ainda que existam alguns riscos, é possível reconhecer diversos benefícios originários da aplicação do lodo de esgoto tais como a redução de custos, a conservação do ambiente e das características físicas e químicas do solo. O mesmo autor afirma que, por aproveitarem melhor a composição química do lodo de esgoto e desprezarem os riscos de contaminação com patógenos, algumas culturas são mais indicadas para receberem fertilização com este tipo de material. É o caso do milho e das gramíneas, além de atividades como reflorestamento, recuperação de áreas degradadas e fruticultura (Quintana et al., 2011).

Alguns trabalhos foram sendo desenvolvidos e demonstraram efeitos benéficos do lodo nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Como por exemplo, o trabalho desenvolvido por Garcia et al. (2009), ao avaliar as características químicas de um solo degradado após a aplicação de lodo de esgoto doméstico, observaram que aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto tratado com cal promoveram o aumento do pH nos teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, sódio, cálcio, CTC total e efetiva, soma de bases e diminuição dos valores de magnésio, alumínio e H+Al no solo.

Da mesma maneira, o lodo de esgoto influenciou as propriedades físicas do solo, quando comparado ao solo exposto (sem tratamento para recuperação) e o solo que recebeu tratamentos para recuperação, cultivado com eucalipto e braquiária. A densidade do solo, a porosidade total e a macro porosidade foram os melhores indicadores da recuperação do solo (Campos & Alves 2008).

Logo, o uso de lodo de esgoto demonstra eficiência para agricultura desde que utilizado adequadamente para o cultivo vegetal e recuperação de solo. Por isso, a resolução CONAMA 375/06 deverá ser seguida rigorosamente, além de contar com o apoio científico para os testes, diante das variações dos lodos que são gerados nas ETE's e assim, quando necessário, realizar a atualização desta norma, de acordo com a evolução dos tratamentos e disposição deste resíduo no solo a fim de evitar impactos ambientais. (RIGO, 2014).

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto proposto visa o reaproveitamento dos lodos gerados pela estação de tratamento de efluentes da cidade de Araxá-MG, utilizando tecnologia de secagem por irradiação térmica, alimentado por energia solar fotovoltaica offgrid, é previsto que o processo possibilitará a correta sanitização do lodo removendo os patógenos prejudiciais à saúde humana e dos ecossistemas, transformando o material em um Biossólido eficiente que poderá ser utilizando na recuperação de áreas degradadas, agricultura e em eventuais programas sociais que por meio da agricultura familiar contribuam para segurança alimentar do município.

De acordo com o último censo populacional do IBGE (2010) disponível, a população urbana de Araxá era de 93.672 habitantes, estimada em 109.403 habitantes para 2021. Todo o município é coberto por redes coletoras de esgoto doméstico, que são destinadas em sua maior parte para a Estação de Tratamento de Esgotos Central, que tratou uma vazão média de 87 l/s nos últimos 12 meses.

Como já mencionado anteriormente, o subproduto do tratamento de esgotos é, além de outros, o lodo que no mesmo período levantado atingiu uma média de 92.599,30 kg/mês. Diariamente na estação de tratamento de esgotos central de Araxá, o volume de lodo gerado é em média 3.239,50 kg/dia.

Figura 1 - Dados Operacionais ETE Araxá. Fonte: Autores

GERAÇÃO DE LODOS - ETE CENTRAL DE ARAXÁ			
Mês/Ano	Lodo (m³)	Lodo/Dia (Kg)	Lodo/Mês (kg)
novembro, 2020	140,65	4.688,3	140.650,0
dezembro, 2020	127,58	4.115,5	127.580,0
janeiro, 2021	184,93	5.965,5	184.930,0
fevereiro, 2021	205,53	7.340,4	205.530,0
março, 2021	89,94	2.901,3	89.940,0
abril, 2021	60,59	2.019,7	60.590,0
maio, 2021	93,38	3.012,3	93.380,0
junho, 2021	139,32	4.644,0	139.320,0
julho, 2021	196,55	6.340,3	196.550,0
agosto, 2021	49,76	1.605,2	49.760,0
setembro, 2021	51,27	1.709,0	51.270,0
outubro, 2021	21,6	696,8	21.600,0
novembro, 2021	48,45	1.615,0	48.450,0
dezembro, 2021	68,16	2.198,7	68.160,0
janeiro, 2022	35,87	1.157,1	35.870,0
fevereiro, 2022	51,04	1.822,9	51.040,0
Valores em 2020	268,2	268.230,0	268.230,0
Valores em 2021	1.209,5	1.209.480,0	1.209.480,0
Valores em 2022	86,9	86.910,0	86.910,0

Nos processos que se utilizam apenas da estabilização do lodo de esgoto, a diminuição de agentes patógenos possui uma variação significativa e na maior parte das vezes insuficiente para obtenção de um produto Classe A como

descrito na resolução CONAMA 498 de 2020. Contudo, o uso de processos térmicos consorciado com processo de estabilização do lodo poderá converter um Biossólido Classe B que segundo a resolução só pode ser utilizado em áreas degradadas em um biofertilizante de uso mais generalizado inclusive na produção de alimentos. Na higienização térmica do lodo a maior desvantagem é o consumo de energia. Entretanto com o desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento da energia solar a exploração de recursos térmicos poderá ocorrer de modo sustentável tornando aplicações que antes eram economicamente impossíveis, viáveis.

IMPACTO DO PROJETO

Além do impacto no aspecto financeiro, o objetivo do projeto é levantar e mensurar os ganhos ambientais que serão impactados, dados como transporte do material, disposição além de ganhos intangíveis que se referem a imagem da companhia e seu bom relacionamento com os órgãos concedentes e comunidade.

Atualmente a Copasa de Araxá possui um contrato para transporte e disposição dos sólidos das ETES para o aterro sanitário da cidade de Sabará, região metropolitana de Belo Horizonte, que fica a 403 km de distância de Estação de Tratamento de Efluentes de Araxá.

De acordo com dados de controle internos e do contrato, no ano de 2021 foram realizadas 48 viagens para transporte do material, através de caminhões com capacidade média de 25m³, gerando um custo no período de R\$ 259.747,92 (duzentos e cinquenta e nove mil, setecentos e quarenta e sete reais e noventa e dois centavos), além de percorrerem aproximadamente 38.993,64 km anualmente no trajeto.

Figura 2 - Dados de transporte de Lodos. Fonte: Autores

DADOS DE TRANSPORTE DE LODOS - ETE CENTRAL DE ARAXÁ				
mês/ano	Lodo (kg)	Viagens/mês	preço/mês	Km rodados/mês
novembro, 2020	140.650,0	6	R\$ 30.205,99	4.534,6
dezembro, 2020	127.580,0	5	R\$ 27.399,08	4.113,2
janeiro, 2021	184.930,0	7	R\$ 39.715,57	5.962,1
fevereiro, 2021	205.530,0	8	R\$ 44.139,62	6.626,3
março, 2021	89.940,0	4	R\$ 19.315,51	2.899,7
abril, 2021	60.590,0	2	R\$ 13.012,31	1.953,4
maio, 2021	93.380,0	4	R\$ 20.054,29	3.010,6
junho, 2021	139.320,0	6	R\$ 29.920,36	4.491,7
julho, 2021	196.550,0	8	R\$ 42.211,08	6.336,8
agosto, 2021	49.760,0	2	R\$ 10.686,46	1.604,3
setembro, 2021	51.270,0	2	R\$ 11.010,75	1.652,9
outubro, 2021	21.600,0	1	R\$ 4.638,82	696,4
novembro, 2021	48.450,0	2	R\$ 10.405,12	1.562,0
dezembro, 2021	68.160,0	3	R\$ 14.638,04	2.197,5
janeiro, 2022	35.870,0	1	R\$ 7.703,44	1.156,4
fevereiro, 2022	51.040,0	2	R\$ 10.961,35	1.645,5
Valores em 2020	268.230,0	11	R\$ 57.605,07	8.647,7
Valores em 2021	1.209.480,0	48	R\$ 259.747,92	38.993,6
Valores em 2022	86.910,0	3	R\$ 18.664,79	2.802,0

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), o rastro de gases de efeito estufa (GEE) que as atividades humanas vão deixando é conhecido como pegada de carbono. É um indicador ambiental que mede tanto as emissões diretas quanto indiretas de compostos como o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), os hidrofluorcarbonetos (HFCs), os perfluorados (PFCs), o hexafluoreto de enxofre (SF₆) e, sobretudo, o mais abundante e que mais contribui para o aquecimento global desde 1990: o dióxido de carbono (CO₂).

A Pegada Ecológica também mede a Pegada de carbono, a qual representa a área terrestre necessária para depósito das emissões de gás carbônico oriundas da queima de combustíveis fósseis. Atualmente, a Pegada de carbono responde por mais da metade da Pegada Ecológica total da humanidade. Trata-se da parte que mais cresce. Há uma centena de anos, a Pegada de carbono era uma fração muito pequena de toda a Pegada Ecológica. Desde 1970, nossa Pegada de carbono total mais do que triplicou.

A Pegada de carbono da humanidade é a principal causa das mudanças climáticas. Devido ao fato de que geramos emissões gás carbônico em ritmo muito mais rápido do que é possível absorver, existe um acúmulo de gás carbônico na atmosfera e no oceano.

Utilizando os dados já apresentados é possível calcular a pegada de carbono no transporte do material sólido da ETE Central de Araxá, são eles:

Figura 3 - Pegada de carbono. Fonte: Autores

PEGADA DE CARBONO GERADA NO TRANSPORTE			
mês/ano	Lodo (kg)	Km rodados/mês	Toneladas de CO ² /Mês
novembro, 2020	140.650,0	4.534,6	3.366,9
dezembro, 2020	127.580,0	4.113,2	3.054,0
janeiro, 2021	184.930,0	5.962,1	4.426,8
fevereiro, 2021	205.530,0	6.626,3	4.920,0
março, 2021	89.940,0	2.899,7	2.153,0
abril, 2021	60.590,0	1.953,4	1.450,4
maio, 2021	93.380,0	3.010,6	2.235,3
junho, 2021	139.320,0	4.491,7	3.335,0
julho, 2021	196.550,0	6.336,8	4.705,0
agosto, 2021	49.760,0	1.604,3	1.191,1
setembro, 2021	51.270,0	1.652,9	1.227,3
outubro, 2021	21.600,0	696,4	517,1
novembro, 2021	48.450,0	1.562,0	1.159,8
dezembro, 2021	68.160,0	2.197,5	1.631,6
janeiro, 2022	35.870,0	1.156,4	858,7
fevereiro, 2022	51.040,0	1.645,5	1.221,8
Valores em 2020	268.230,0	8.647,7	6.420,9
Valores em 2021	1.209.480,0	38.993,6	28.952,4
Valores em 2022	86.910,0	2.802,0	2.080,4

Visto o apresentado, somente no transporte do material foram geradas mais de 28 mil toneladas de CO² no ano de 2021 apenas para a estação de tratamento estudada, valor que pode ser eliminado com a destinação proposta pelo projeto. Além é claro, de uma economia de aproximadamente R\$ 336.017,79 no período estudado. A proposta do projeto vai além dos valores monetários ou mensurações de impactos ambientais relacionados a pegada de carbono, é necessário também analisar todos os aspectos sociais e intangíveis da iniciativa, a premissa do projeto no primeiro momento, visa o atendimento de programas socioambientais da companhia, através de programas já existentes.

A primeira frente de atuação desenvolvida pelo cliente é a de manutenção e recuperação de áreas degradadas através do preparo e plantio de mudas de vegetação nativa em solos empobrecidos, geralmente com intensa ação erosiva, contribuindo para a recuperação destas áreas, em muitos casos, áreas que fazem parte das matas ciliares ou entorno de bolsões de acumulação. Estas ações contemplam em seu raio de beneficiamento diversas fazendas contribuindo e impulsionando também a prática da agricultura familiar e o correto cuidado com o solo.

Outra frente de atuação do setor socioambiental alinhada ao projeto é a contribuição do setor para a segurança alimentar da comunidade local. Através do programa “horta na escola” acontecem oficinas práticas em escolas com o objetivo de incluir nas rotinas dos estudantes, em sua maior parte em situação de vulnerabilidade alimentar, o cultivo de hortaliças e leguminosas nas áreas das escolas através de hortas comunitárias, destinadas ao consumo dos próprios alunos envolvidos no cultivo. Atividade subsidiada e supervisionada pelos colaboradores do setor socioambiental e Copasa.

Estas são apenas duas frentes e um cliente potencial com capacidade para fornecer o subsídio intelectual e prático para o início de aplicação, estudos de viabilidade do projeto e futura prototipação, aliados a estes fatos existem outras possibilidades de aplicação, assim como outros clientes e programas sociais, foco atual dos esforços no programa, assim como a potencial expansão para clientes externos e mercado ao final do processo.

BUSINESS CASE

O modelo de mudança tem como contexto a Reutilização do subproduto do tratamento de esgotos domésticos, criando uma destinação mais eficiente a esse material que seria disposto em aterros sanitários.

O principal público atendido seriam os clientes internos, através de programas já existentes na companhia que utilizariam o produto para recuperar áreas de mananciais, reflorestamento e plantio de mudas, também a comunidade local, que através de parceiros externos como empresas estratégicas que compartilhem das ideias de desenvolvimento sustentável gerando valor para a comunidade local e o meio ambiente.

As estratégias utilizadas para a concepção do projeto se baseiam em utilização de tecnologias existentes no mercado e amplamente difundidas, como a energia solar fotovoltaica, secadores térmicos e unidades de tratamento de resíduos,

reduzindo custos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, outra frente é a integração do corpo técnico da própria companhia, reduzindo também a necessidade de contratações externas e envolvendo mais áreas na iniciativa, ainda, o envolvimento com entidades e empresas externas e voltados a comunidade local, que eventualmente subsidiariam procedimentos e poderiam ser potenciais formadores de opinião. Os Outputs essencialmente são a geração de, em média, 100 toneladas de Biossólido por ano.

A Curto Prazo os resultados se apresentam na redução da disposição do material orgânico em aterros sanitários, que apesar de ser correto é ineficiente e desperdiça um grande potencial. Atualmente todas as atividades já existentes de recuperação de áreas realizadas pelas equipes internas da companhia dependem de fertilizantes comercializados, a recuperação de áreas de mananciais traz segurança hídrica para toda a população, todas essas atividades ambientais já são executadas internamente, e com o auxílio do biofertilizante podem ser expandidas, a expectativa é que seja possível auxiliar na recuperação de 258.000 m² de área degradada na região. Com o biofertilizante poderíamos suprir a demandas interna, reduzindo custos, além é claro, como a já citada eliminação dos contratos de transporte para aterros.

A longo prazo, o ideário é obter um modelo estruturado que possa ser replicado para outras unidades de tratamento de esgotos. A redução de aproximadamente 23 toneladas emissões de carbono causadas pelo transporte do lodo, que hoje sai de Araxá e é levado por caminhões até Sabará, a 400 km de distância. Essa eliminação de viagens também eliminaria custos de aproximadamente 260 mil reais por ano e, por fim, a comercialização externa do excedente produzido.

A visão do impacto é utilizar de um subproduto hoje pouco explorado e com grande potencial, promovendo a prática sustentável, reduzindo custos e agregando valor para a companhia e comunidade, além de manter todo o processo de tratamento biológico livre de químicos, através da sanitização utilizando energia solar fotovoltaica, obtendo um material rico em nutrientes e sem o uso de processos químicos, como a caleação.

Impacto e Modelo de Mudança



Figura 4 - Impacto e modelo de mudança. Fonte: Autores

ALINHAMENTO COM O BUSINESS CASE

Com a implantação do protótipo e levando em consideração os gastos com transporte no ano de 2021 de R\$259.747,92 ou seja gasto de R\$21.645,66 mês, dado que o protótipo custará R\$72.500,00 e levando em consideração ainda 50% de gasto com transporte no primeiro ano ele se paga em 7 meses assim deixando de gastar R\$54.112,50 no primeiro ano; com a implantação da segunda etapa e sanitização térmica de 100% do lodo e ainda o gasto de 10% em transporte de Biossólido na localidade a segunda etapa se paga em 4 meses assim fazendo uma economia de R\$155.848,75 no segundo ano e de R\$233.773,12 no terceiro ano.

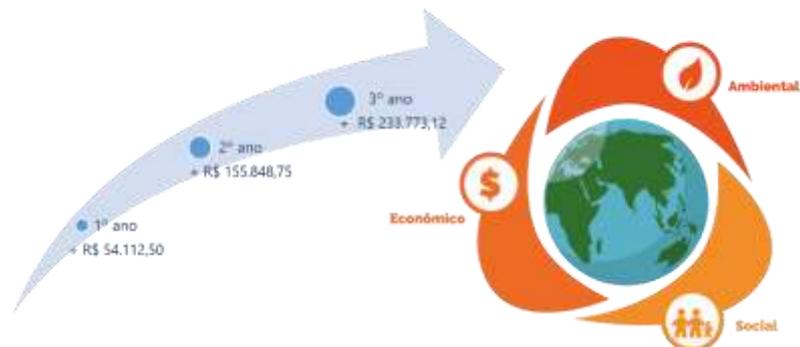


Figura 5 - Alinhamento com o Business Case. Fonte: Autores

O mundo hoje vislumbra a necessidade de negócios cada vez mais sustentáveis com menor impacto e agregando valor a sociedade e ao meio ambiente, assim esse projeto encaixa perfeitamente ao que se espera de uma empresa de saneamento do futuro, ao "Cuidar da Água e Gerar Valor para as Pessoas".

A produção de Biossólido não só reduzirá o gasto com transporte de lodo para aterro sanitário como fertilizará a terra de regiões degradadas, aumentando o fluxo de água dos mananciais, reduzir gasto com fertilizantes químicos no plantio de mudas nativas além de aumentar significativamente a vida útil do aterro sanitário que deixará de receber milhares de toneladas de lodo mês.

ABORDAGEM DA COPASA

A meta estabelecida direciona a companhia para a utilização de recursos renováveis e adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente adequados

O programa de eficiência operacional, que visa aprimorar a gestão da operação do sistema de abastecimento de água e esgoto, contribui para o desempenho da operação, promovem ações para o desenvolvimento sustentável e a geração de valor as partes que compõem o ambiente de negócios da Copasa.

Em 2021 foram treinados 700 colaboradores que avaliaram 10.696 unidades de 503 municípios, o que gerou 212 planos de ação, com a implementação de 1759 medidas para a melhoria das unidades.



Figura 6 - Priorização dos ODS. Fonte: Copasa/MG

MATERIAIS E MÉTODOS

Este artigo tem por objetivo avaliar o uso de um processo de sanitização térmica de lodo de esgoto proveniente de leitos de secagem de uma ETE convencional, utilizando energia solar off grid para alimentar resistências

elétricas (Estufa ou forno) dimensionadas para aquecer de modo controlado em função do tempo de exposição do lodo, avaliando a inativação dos patógenos *Escherichia coli*, coliformes totais e ovos viáveis de helmintos.



Figura 7 - Vista aérea ETE Araxá. Fonte: Autores

CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTOS

O lodo de esgoto utilizado neste estudo será proveniente do processo de tratamento final da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da cidade de Araxá-MG onde será obtido o lodo já em estado de desidratação nos leitos de secagem.

EQUIPAMENTOS

Para montagem do protótipo idealizou-se a construção de um galpão metálico de 70m² no valor de \$40.000,00 para alojar os equipamentos e o biofertilizante, a compra de uma estufa de 480L com resistência elétrica no valor de R\$10.200,00 para estabilizar e sanitizar o lodo, instalação de um sistema solar OFFGRID de R\$20.350,00 sobre o telhado do galpão para alimentar o projeto, e treinamento de dois funcionários para o manuseio de equipamentos de alta temperatura.

FUNIONAMENTO DO SISTEMA

Após a etapa de secagem em leito o lodo possui em média um teor de sólidos de 70% assim o mesmo será colocado em uma bandeja dentro da estufa onde permanecerá em temperatura constante e suficiente para inativar os patógenos por um tempo pré estabelecido pelos testes realizados. A planta somente funcionará no período diurno de maior incidência solar, pois ela será alimentada por placas solares off grid (desconectada da rede distribuidora e sem baterias) assim quando o lodo estiver sanitizado e convertido em biofertilizante o mesmo

será retirado da estufa e colocado em um local seco e abrigado para que seja feita uma coleta representativa e ateste sua sanitização e posteriormente será distribuído na região para consumo.



Figura 8 - Etapas da prototipagem. Fonte: Autores

TESTES E ETAPAS

A primeira etapa consiste em caracterizar a matéria prima a ser utilizada, ou seja, o Biossólido proveniente do leito de secagem, nesse aspecto será verificado junto aos laboratórios da COPASA seus dados físico-químicos como PH e (% em sólidos), patológicos como presença e concentração de Escherichia coli, coliformes totais e ovos viáveis de helmintos, assim como, eventuais outros materiais que definiriam a qualidade e usabilidade do potencial Biossólido.

Para esta primeira fase será utilizada uma estufa tipo Mufla. A escolha se deu devido a suas características e particularidades em relação a temperatura atingida para a finalidade desejada. Na segunda etapa consistirá em testes de temperatura versus tempo na estufa localizando a proporção ideal para a correta sanitização do biofertilizante, para cada lote sanitizado se realizará uma amostragem caracterizando a inativação dos patológicos em estudo. Na terceira etapa será o estudo da alimentação da estufa e demais equipamentos por energia solar fotovoltaica offgrid tornando o processo de sanitização viável e sustentável.

Na quarta e última etapa será verificado a eficiência do biofertilizante sanitizado em termos de nutrientes para as plantas verificando seu uso na recuperação de áreas degradadas, agricultura sustentável e em projetos socioambientais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a montagem do protótipo espera-se tratar termicamente todo o lodo proveniente dos leitos de secagem da unidade central de Tratamento de esgoto de Araxá convertendo-o em biofertilizante sanitizado e assim reduzindo drasticamente o gasto com transporte de lodo para os aterros sanitários onde era descartado, agora podendo ser consumido de modo mais produtivo na região em atividades de recuperação de áreas degradadas, agricultura familiar e projetos socioambientais. Após a validação do sistema com seus resultados e afirmação de custos de implantação e manutenção, será proposto sua aplicação em toda a COPASA onde for verificado a possibilidade de instalação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA, G. M. C. & TAVARES FILHO, J. 2006. USO agrícola do biossólido: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas. Ciências Agrárias, v. 27, n. 04, p. 565-580.
2. COSCIONE, A. R.; PIRES, A. M. & NOGUEIRA, T. 2010. Uso Agrícola de Lodo de Esgoto: Avaliação Após a Resolução No. 375 do CONAMA. São Paulo, ed. FEPAF, p. 407

3. BRASIL. Legislações ambientais. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Outros/Legassunto.htm>. Acesso em: abr. 2022.
4. CYSNE, M.; AMADOR, T. Direito do ambiente e redação normativa: teoria e prática nos países lusófonos. União mundial para a natureza (UICN). Alemanha: UICN, 2000. Disponível em: <<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/eplp-042.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2022.
5. PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos. Iniciando um processo de debate nacional. Brasília, DF: MMA/SRH, 2004
6. BORGES, Luís Antônio Coimbra; DE REZENDE, José Luiz Pereira; PEREIRA, José Aldo Alves. < b> Evolução da Legislação Ambiental no Brasil. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 2, n. 3, p. 447-466, 2009.
7. RIGO, Michelle M. et al. Destinação e reuso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil. Gaia Scientia, v. 8, n. 1, p. 174-186, 2014.
8. MORAES, S. R. R.; TUROLLA, F. A. 2004. Visão geral dos problemas e da política ambiental no Brasil.
9. Informações Econômicas, São Paulo, v.34, n.4.
10. RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. Juiz de Fora, MG, v. 13, 2010.
11. IBGE. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso em 09 de abril de 2022.
12. Lei nº 12.305 de Agosto de 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em 09 de abril de 2022.
13. Simoneti MF (2006). Inativação térmica de ovos de helmintos em água e biossólido digerido. 2006. 251p. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil.
14. Miranda AR (2010). Caracterização do lodo da estação de tratamento de esgotos da cidade de Chapecó (SC) visando à reciclagem agrícola. 2010. Monografia (Especialização em Ciências Ambientais) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó. Chapecó. Santa Catarina. Brasil.
15. Miki MK, Alem SP, Van Haandel AC (2006). Tratamento da fase sólida em estações de tratamento de esgotos –condicionamento, desaguamento mecanizado e secagem térmica do lodo. In: Biossólidos: Alternativas de Uso de Resíduos do Saneamento. Rio de Janeiro: ABES.
16. CAMPOS, F. S. & ALVES, M. C. 2008. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 32:1389-1397.
17. CAMPOS, J. R. 1999. Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES.
18. CONAMA – BRASIL: Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2012. Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 1126 p.
19. COSCIONE, A. R.; PIRES, A. M. & NOGUEIRA, T. 2010. Uso Agrícola de Lodo de Esgoto: Avaliação Após a Resolução No. 375 do CONAMA. São Paulo, ed. FEPAF, p. 407.
20. FEIGIN, A.; RAVINA, I. & SHALHEVET, J. 1991. Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag, 224p.
21. OMM: Organização Meteorológica Mundial. 2022, Disponível em: <<https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/pegada-carbono#:~:text=A%20pegada%20de%20carbono%20representa,e%20cotidianas%20do%20ser%20humano.>>> Acesso em, 15 de maio de 2022.