

**MESTRADO PROFISSIONAL
EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**CARACTERIZAÇÃO DOS
RESÍDUOS
PROVENIENTES DA
PRODUÇÃO DE ÓLEO DE
PALMA “AZEITE DE
DENDÊ” E SUA
DESTINAÇÃO FINAL NO
MUNICÍPIO DE
VALENÇA/BA**

José Airon Santana Fônseca Hora

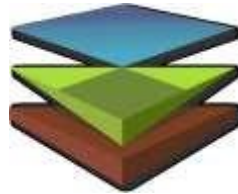
Serrinha - Bahia - Brasil - 2023



INSTITUTO FEDERAL

Baiano

Campus Serrinha

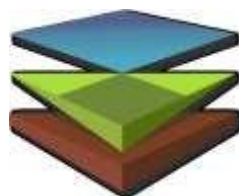


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
CAMPUS SERRINHA
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

JOSÉ AIRON SANTANA FONSECA HORA

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DA PRODUÇÃO
DE ÓLEO DE PALMA “AZEITE DE DENDÊ” E SUA DESTINAÇÃO FINAL
NO MUNICÍPIO DE VALENÇA/BA**

Serrinha, Bahia
2023



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
CAMPUS SERRINHA
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

JOSÉ AIRON SANTANA FONSECA HORA

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DA PRODUÇÃO
DE ÓLEO DE PALMA “AZEITE DE DENDÊ” E SUA DESTINAÇÃO FINAL
NO MUNICÍPIO DE VALENÇA/BA**

Dissertação de Mestrado apresentadas ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *campus* Serrinha, como requisito para obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais.

Orientadora: Dra. Patrícia Oliveira dos Santos

Coorientadora: Dra. Maria Iraíldes de Almeida Silva Matias

Serrinha, Bahia
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo: Fabiana A. Santos - CRB-5/1521
IF Baiano, Campus Serrinha.

H811c Hora, José Airon Santana Fonseca

Caracterização dos resíduos provenientes da produção de óleo de palma “azeite de dendê” e sua destinação final no município de Valença/ Ba . / José Airon Santana Fonseca Hora. -- Serrinha, Ba., 2023.

71p.

Il; Color.

Trabalho de Conclusão de Curso (dissertação de mestrado profissional em ciências ambientais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Serrinha Ba.

Orientadora: Dsc. Patrícia Oliveira dos Santos

Co orientador: Dsc. Maria Iraildes de Almeida Silva Matias

1. Impactos 2. POME 3. Solos. 4. Efluente. 5. Parâmetros. I. Título.

CDU: 628.4

JOSÉ AIRON SANTANA FONSECA HORA

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDO PROVENIENTES DA PRODUÇÃO DE
ÓLEO DE PALMA "AZEITE DE DENDÊ" E SUA DESTINAÇÃO FINAL NO MUNICÍPIO DE
VALENÇA/BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Mestrado Profissional em Ciências Ambientais do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus Serrinha* como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Mestre em Ciências Ambientais.

APROVADA EM 01/08/2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Iraldes de Almeida Silva Matias (IF BAIANO)

Presidente

Profa. Dra. Maria Auxiliadora Freitas dos Santos (IF BAIANO)

Membro Examinador externo

Prof. Dr. Romulo Magno Oliveira de Freitas (IFRN)

Membro Examinador

Documento assinado eletronicamente por:

- Maria Auxiliadora Freitas dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/09/2023 14:29:09.
- Rômulo Magno Oliveira de Freitas, Rômulo Magno Oliveira de Freitas - 2331 - PROFESSORES DO ENSINO PROFISSIONAL - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - Ifrn (10877412000168), em 18/09/2023 12:49:10.
- Maria Iraldes de Almeida Silva Matias, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/09/2023 12:45:29.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/09/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 489239

Código de Autenticação: 341c94ae62



CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DA PRODUÇÃO DE ÓLEO DE PALMA “AZEITE DE DENDÊ” E SUA DESTINAÇÃO FINAL NO MUNICÍPIO DE VALENÇA/BA

RESUMO

O beneficiamento do óleo de palma e óleo de palmiste resulta na geração de resíduos sólidos e líquido, apresentando uma problemática quanto a destinação final desses subprodutos e seus possíveis impactos. Buscando identificar os possíveis impactos causados a partir da geração desses resíduos e as destinações finais que lhes são dadas, a pesquisa teve o objetivo de realizar a caracterização dos resíduos gerados, a verificação da destinação final apresentada e a identificação dos possíveis impactos causados, sugerindo possibilidades de tratamento e/ou aproveitamento desses subprodutos. O presente trabalho está dividido em dois capítulos, sendo o capítulo I, a caracterização dos resíduos sólidos e efluentes gerados a partir do processamento do dendê e a destinação final dada, realizado através de revisão bibliográfica e observação sistemática de caráter exploratório. Já o capítulo II, trata de forma específica sobre a caracterização do efluente POME (Palm Oil Mill Effluent) e os impactos causados pelo seu descarte sem tratamento no solo, foi realizado através da coleta e análises laboratoriais de amostras do efluente e do solo, confrontando os resultados obtidos com parâmetros orientadores estabelecidos pela legislação vigente. Os resultados obtidos no capítulo II indicaram concentrações elevadas para chumbo, pH, DBO, óleos e graxas, e fósforo, superiores ao exigido pela legislação, porém, para as análises de solos, os resultados indicaram efeito positivo, conferindo uma melhora no aspecto fertilidade. Concluiu-se no capítulo I que os subprodutos são resíduos orgânicos e podem ser reinseridos a cadeia produtiva do azeite de dendê como adubo orgânico ou como fonte de energia de combustão (resíduos sólidos). No capítulo II, constatou-se que o descarte do efluente no solo apresentou um efeito positivo em sua qualidade, mas deve-se estabelecer um pré-tratamento para atender os valores dos parâmetros determinados pela legislação.

Palavras-Chave: Impactos, POME, solo, efluente, parâmetros.

CHARACTERIZATION OF SOLID AND LIQUID WASTE FROM THE PRODUCTION OF PALM OIL “DENDÊ OIL” AND ITS FINAL DESTINATION IN THE MUNICIPALITY OF VALENÇA/BA

ABSTRACT

The processing of palm oil and palm kernel oil results in the generation of solid and liquid waste, presenting a problem regarding the final destination of these by-products and their possible impacts. In order to identify the possible impacts caused by the generation of this waste and the final destinations given to it, the aim was to characterize the waste generated, verify its final destination and identify the possible impacts caused, suggesting possibilities for treating and/or using these by-products. This work is divided into two chapters. Chapter I characterizes the solid waste and effluents generated from oil palm processing and their final destination, carried out through a literature review and systematic observation of an exploratory nature. Chapter II deals specifically with the characterization of the POME effluent (Palm Oil Mill Effluent) and the impacts caused by its untreated disposal in the soil, which was carried out through the collection and laboratory analysis of samples of the effluent and the soil, comparing the results obtained with the guiding parameters established by current legislation. The results obtained in Chapter II indicated high concentrations of lead, pH, BOD, oils and grease, and phosphorus, higher than required by legislation, but for the soil analysis the results indicated a positive effect, giving an improvement in the fertility aspect. Chapter I concluded that the by-products are organic waste and can be reinserted into the palm oil production chain as organic fertilizer or as a source of combustion energy (solid waste). Chapter II showed that disposing of the effluent in the soil had a positive effect on its quality, but a pre-treatment must be established in order to meet the parameter values determined by legislation.

Keywords: Impacts, POME, soil, effluent, parameters.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	8
1 INTRODUÇÃO	10
2 METODOLOGIA	12
3 CADEIA PRODUTIVA DO DENDÊ NA BAHIA	13
3.1 BENEFICIAMENTO DO AZEITE DE DENDÊ.....	15
3.2 PRODUÇÃO DO ÓLEO DE PALMISTE	16
4 RESÍDUOS DA CULTURA DO DENDÊ.....	17
4.1 CACHO.....	18
4.2 FIBRAS E CASCAS DO COQUILHO.....	20
4.3 TORTA DE PALMISTE	21
4.4 EFLUENTE DO ÓLEO DE PALMA E PALMISTE	22
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
CAPÍTULO II	32
1 INTRODUÇÃO	34
2 METODOLOGIA	36
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	36
2.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
2.3 HISTÓRICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	38
2.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS, METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DO SOLO	39
2.5 METODOLOGIA DE COLETA DO SOLO	42
2.6 ANÁLISES LABORATORIAIS DO SOLO.....	45
2.7 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA, METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DO POME.....	47
2.8 METODOLOGIA DE COLETA DO POME.....	48
2.9 ANÁLISES LABORATORIAIS DO POME	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DO EFLUENTE POME	51
3.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE SOLO	55
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

CAPÍTULO I

RESÍDUOS SÓLIDOS E EFLUENTES GERADOS A PARTIR DO PROCESSAMENTO DO DENDÊ NO BAIXO SUL DA BAHIA

RESUMO

O óleo de palma, também conhecido como azeite de dendê, é um tipo de óleo vegetal que pode ser obtido a partir da árvore popularmente conhecida como dendezeiro. O dendezeiro (*Elaeis guineenses Jacq.*) é uma espécie vegetal originária da África, caracterizada como uma palmeira oleaginosa capaz de ter alta produtividade e alta rentabilidade. O processamento do azeite de dendê e óleo de palmiste geram diversos tipos de resíduos orgânicos provenientes do cacho ao fruto, de onde é extraído o azeite/óleo, cascas, torta de dendê, cachos vazios, fibras e também o efluente Palm Oil Mill Effluent (POME), que são subprodutos gerados e podem causar impacto ambiental para o meio ambiente quando não gerenciados ou descartados inadequadamente. O presente trabalho, uma revisão de literatura, está dividido com os tópicos, objetivos, metodologia, resultados e conclusão, e traz o estudo da geração dos resíduos sólidos e do efluente do óleo de palma, realizando revisão bibliográfica, observação sistemática de caráter exploratório e correlações com a legislação vigente. Buscou-se realizar a caracterização dos resíduos sólidos e efluente, identificando os possíveis impactos e sugerindo possibilidades de tratamento e/ou aproveitamento desses resíduos e efluente na cadeia produtiva do azeite de dendê. Concluiu-se que dentro da cadeia produtiva os resíduos sólidos são aproveitados como fontes de energia através da combustão ou como adubo orgânico nas áreas de dendezais, e o POME é descartado no solo, também como adubo orgânico, conferindo fertilidade ao mesmo, tornando o processamento do dendê um ciclo fechado.

Palavras-Chave: POME; Fertilidade; Adubo orgânico; Óleo de Palma; Óleo de Palmiste.

SOLID WASTE AND EFFLUENTS GENERATED FROM THE PROCESSING OF PALM OIL IN LOW SOUTH OF BAHIA

Abstract

Palm oil, also known as palm oil, is a type of vegetable oil that can be obtained from the tree popularly known as oil palm. Oil palm (*Elaeis guineenses Jacq.*) is a plant species native to Africa, characterized as an oilseed palm capable of high productivity and high profitability. The processing of palm oil and palm kernel oil generates several types of organic waste from the bunch to the fruit, from which the oil/oil, husks, palm cake, empty bunches, fibers and also the Palm Oil Mill Effluent (POME) effluent are extracted, which are by-products generated and can cause environmental impact on the environment when not managed or improperly disposed of. The present work, a literature review, is divided into topics, objectives, methodology, results and conclusion, and brings the study of the generation of solid waste and palm oil effluent, performing a literature review, systematic observation of an exploratory nature, laboratory analysis and correlations with the current legislation. It was sought to carry out the characterization of solid waste and effluent, identifying the possible impacts and suggesting possibilities of treatment and/or use of these residues and effluent in the palm oil production chain. It was concluded that within the production chain, solid waste is used as energy sources through combustion or as organic fertilizer in oil palm areas, and POME is discarded in the soil, also as organic fertilizer, conferring fertility to it, making oil palm processing a closed cycle.

Keywords: POME; Fertility; Organic fertilizer; Palm Oil; Palm kernel oil.

1 INTRODUÇÃO

O dendezeiro (*Elaeis guineenses* Jacq.) é uma espécie vegetal originária da costa ocidental da África e pertence à família das aceráceas. A palmeira é considerada uma oleaginosa de alta produtividade (Batista et al., 2013). Os primeiros dendezeiros foram plantados no litoral da Bahia, decorrente do tráfico negreiro, aproximadamente no século XVI. Desde então, o óleo de dendê passou a ser utilizado na culinária, disseminando o cultivo da oleaginosa, posteriormente em outras regiões do Brasil (Almeida et al., 2013).

Os frutos do dendezeiro apresentam como camadas: casca (epicarpo), polpa (mesocarpo) e a castanha (endocarpo) que envolve a amêndoa. Através do processamento dos frutos, obtém-se os dois principais produtos comercializados: o óleo de dendê ou de palma e o óleo de palmiste, o qual é extraído da semente também conhecida como coquilho (Bezerra et al., 2022).

O óleo de palma é requerido como matéria-prima para os segmentos da indústria alimentícia, farmacêutica e química. Apresenta uma coloração avermelhada por conter carotenoides (antioxidantes) (Santana et al., 2014). Já o óleo de palmiste possui grande valor comercial na indústria alimentícia, oleoquímica e cosmética, é composto por ácidos graxos essenciais e vitaminas, e pode ser empregado na fabricação de suplementos alimentares especializados com alto valor agregado (Gonçalves et al., 2015).

O Brasil possui grande potencial para o cultivo do dendezeiro e para a produção do óleo de dendê devido a grande área existente apta para a prática da dendeicultura, sendo aproximadamente 75 milhões de hectares de terras (CONAB, 2006). O estado do Pará é responsável por mais de 90% da produção nacional do óleo de palma, com aproximadamente 55.066 hectares plantados com dendezeiros (AGRIANUAL, 2006). Essa amplitude na plantação gera uma produtividade média de 3,32 toneladas de óleo por hectare anualmente (Veiga et al., 2001).

O Estado da Bahia, com uma notável diversidade de clima e solos propícios ao cultivo do dendê, se caracteriza como único estado da região nordeste, com condições climáticas ideais na faixa costeira, com alto potencial para o plantio do dendezeiro, abrigando uma área apta superior a 700 mil hectares, que se estendem desde o Recôncavo Baiano até os Tabuleiros do Sul do Estado (Silva, 2015).

A extração do óleo de palma pode ser realizada através de diferentes

tecnologias, possuindo escalas a nível industrial, semi-industrial e artesanal. A técnica artesanal consiste na utilização de equipamentos rudimentares, a exemplo do pilão de madeira; o nível semiartesanal mescla equipamentos rústicos e equipamentos manuais com engrenagens, como a prensa hidráulica manual; já o nível industrial consiste na utilização de equipamentos e maquinários mais sofisticados, em todas as etapas do processo, possibilitando maior rendimento do óleo (CYMERYS et al., 2005).

O processamento do dendê, possui grande importância socioeconômica na região do Baixo Sul da Bahia, pois o azeite extraído dos frutos do dendezeiro é fundamental para a cozinha local por ser integrante de pratos típicos como: o vatapá, acarajé, abará, caruru e moquecas em geral, se tornando parte integrante da culinária e da cultura popular baiana (Teixeira, 2020).

Porém, no processamento deste produto há geração de resíduos sólidos (cascas, torta de dendê, cachos vazios e fibras) e o efluente líquido conhecido como efluente do óleo de palma ou Palm Oil Mill Effluent (POME), popularmente chamado de “bamba”, que se caracteriza como alto potencial poluidor, pela grande quantidade gerada no processo produtivo, podendo ocasionar impactos ambientais, quando lançados sem tratamento diretamente no solo. Essa prática é utilizada por muitos produtores no Baixo Sul da Bahia com o objetivo de utilizar o efluente para fertilização dos dendezeiros (Iskandar et al., 2018). A produtividade por unidade de massa do óleo de palma (azeite de dendê) é, em média, de 20% e do óleo de palmiste de 1,5%. A geração de resíduos sólidos para esse rendimento é de até 42,5%, já o efluente gerado alcança até 50% (Queiroz et al., 2012).

De acordo com a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e as resoluções CONAMA nº 430 e nº 420, as indústrias são responsáveis pelo tratamento e disposição de seus resíduos e efluentes dentro de padrões mínimos de descarte, evitando a contaminação de solos e recursos hídricos. Faz-se necessário, portanto, o gerenciamento de resíduos sólidos direcionado à identificação, classificação, segregação, manuseio e destinação final ambientalmente adequada, bem como o estudo sobre a caracterização do POME (palm oil mill effluent), buscando conhecer a composição físico-química e microbiológica, e o valor quantitativo de cada substância presente, comparando-o com os parâmetros presentes na Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Associado a caracterização do POME, é fundamental a análise do solo receptor deste efluente, verificando sua

compatibilidade com as exigências contidas na Resolução CONAMA Nº 420/2009, que dispõe, de modo geral, sobre a qualidade do solo e o gerenciamento ambiental de áreas impactadas em decorrência de atividades antrópicas. Tornando possível a identificação do tipo de impacto (positivo ou negativo) do efluente quando lançado ao solo.

Desta forma, a realização desta pesquisa justifica-se por fornecer subsídios científicos para o gerenciamento de resíduos sólidos e do efluente do óleo de palma, assegurando o devido tratamento dos resíduos da atividade. O que por consequência garante a manutenção sustentável da produção do azeite de dendê, componente de suma importância cultural para a população do Baixo Sul da Bahia. Nesse contexto o presente trabalho, neste capítulo, objetiva realizar uma revisão de literatura sobre a geração e destinação dos resíduos provenientes da produção do azeite de dendê, além dos impactos da utilização ou descarte do POME realizado pelos Rodões e Beneficiadores do Dendê na Bahia.

2 METODOLOGIA

Este é um estudo de cunho bibliográfico, de caráter exploratório, nas dependências de uma indústria de azeite de dendê localizada no Baixo Sul da Bahia, e de observação sistemática acerca das etapas presentes no processamento do dendê.

Realizou-se uma pesquisa por trabalhos publicados com a temática voltada para o beneficiamento do azeite de dendê, histórico, contaminação de solos por macro e micronutrientes, e os possíveis impactos ambientais, além de, legislações vigentes, em bases científicas, como SCIELO e Google Acadêmico, e em sites institucionais governamentais. Dentre os trabalhos utilizados estão artigos, dissertações e folhetos. Os conteúdos explorados foram o processamento do dendê para obtenção do óleo de palma e de palmiste, os resíduos sólidos e efluentes gerados a partir desse processamento, a caracterização física e química destes materiais e as possíveis utilizações na cadeia produtiva ou em atividades externas a produção.

A observação sistemática, de acordo com Marconi & Lakatos (2012) consiste na coleta de dados para aquisição de informações referentes a aspectos da realidade a partir dos usos dos sentidos que examinam os fatos e fenômenos objetos de estudo. Materiais utilizados foram notebook, câmera fotográfica, bloco de notas e caneta.

3 CADEIA PRODUTIVA DO DENDÊ NA BAHIA

O Brasil possui uma área de 197.580 hectares destinados à colheita de dendê, segundo os dados da Produção Agrícola Municipal - PAM (IBGE, 2021). O estado do Pará é responsável por produzir cerca de 98% do total em território brasileiro, com 2.846.023 de toneladas de cachos de dendê, cultivados em uma área de 183.952 hectares. Este estado, ocupa a primeira posição no ranking nacional, com uma ampla discrepância em relação ao estado da Bahia.

O azeite baiano ocupa a segunda posição na produção nacional de óleo de dendê, com 39.411 toneladas da oleaginosa em 2021. O referido estado, com 39.411 toneladas, representa (2%) da produção, em uma área de 13.057 hectares de plantação. Além da Bahia e do Pará, outros estados brasileiros produtores são Roraima com um total 2.262 toneladas e Amazonas com 18 toneladas de azeite de dendê produzidos, segundo os dados da Produção Agrícola Municipal - PAM, do IBGE, 2021.

Na Bahia, os municípios da Costa do Dendê são os responsáveis pela produção de azeite de dendê no estado, sobretudo nos municípios inseridos no Território de Identidade do Baixo Sul. Valença se encontra como o segundo maior produtor baiano de dendê, concentrando 15,1% do total da quantidade produzida, com 5.950 toneladas do cacho de coco em 2021, atrás apenas de Jaguaripe, com uma produção de 14.029 toneladas, de acordo com os dados da PAM/IBGE 2021.

A formação histórica da região, assim como ocorrido no Brasil, com a chegada dos colonizadores a partir do século XV, se iniciou o processo de criação do sistema de Capitânicas Hereditárias, onde foram iniciados os processos de plantio. Os municípios do Baixo Sul tiveram uma origem comum, pois foram desmembrados da Capitania de São Jorge dos Ilhéus, além da proximidade geográfica, possuem entre si heranças comuns em seu processo de formação (Teixeira, 2020).

Ainda, de acordo com Teixeira (2020), “o conjunto de elementos e fatores relacionados às condições morfológicas e edafoclimáticas do meio proporcionou um cenário favorável à adaptação de diversas atividades agrícolas na região, sobretudo o cultivo de dendê”. Há no azeite produzido na Bahia atributos específicos do território que resultam da interação entre as comunidades produtoras e os componentes naturais do meio. Uma vez que, está inserido no contexto popular das comunidades do baixo sul, sobretudo, devido ao consumo tradicional do acarajé, o azeite de dendê

se configura como uma marca que identifica a sua procedência, fruto de um longo processo de territorialização que foi sendo construído ao longo dos séculos.

Segundo Reis et al. (2014), a produção baiana de azeite de dendê é um processo tradicional que tem início na plantação de pequenos e médios agricultores, passando pelo local de beneficiamento, escoamento, comercialização e seus múltiplos usos. O resultado é um azeite com vasta utilidade na culinária brasileira, cuja qualidade é diretamente influenciada por fatores geográficos que decorrem do seu território de origem, o que lhe confere um aspecto diferenciado com uma identidade própria, facilmente identificada na paisagem e nas diversas manifestações da cultura popular.

Portanto, há a necessidade da utilização de instrumentos legais como estratégia de desenvolvimento territorial capazes de estimular a produção e garantir a proteção contra falsificações, estimulando a autonomia e sustentabilidade social, econômica e ambiental do território. Uma vez que, embora haja na atualidade, indústrias de dendê na Bahia, a maior parte da organização produtiva do dendê no estado, sobretudo na Costa do Dendê, ainda é constituída por pequenos e médios produtores, voltada para atender as demandas do mercado interno (Reis et al., 2014).

Há uma longa tradição de extração de azeite e uma grande extensão territorial que apresenta aptidão para o cultivo de dendê, na região da Costa do Dendê, que por consequência, apresenta potencial para o desenvolvimento territorial, através do fortalecimento da organização produtiva do dendê. A Costa do Dendê, na Bahia, tornou-se conhecida devido a sua tradição “dendezeira”, com a produção de um tipo de azeite cujas especificidades foram bem adaptado no espaço baiano. Oficialmente, a Costa do Dendê foi criada pela Secretaria de Turismo da Bahia através do zoneamento turístico realizado em 1991 e engloba nove municípios baianos (Cairu, Camamu, Igrapiúna, Ituberá, Maraú, Nilo Peçanha, Presidente Tancredo Neves, Taperoá e Valença) (Teixeira, 2020).

Há uma concentração maior de dendê na área localizada entre os municípios do Baixo Sul, sobretudo no município de Valença, representando o núcleo da dendeicultura baiana. Devido à sua localização litorânea, essa área apresenta uma antiga ocupação humana que remonta ao período colonial, a qual vem provocando significativos impactos, sobretudo através do extrativismo, uma das principais fontes de renda da população dessa área (Novais et al., 2009).

3.1 BENEFICIAMENTO DO AZEITE DE DENDÊ

Observou-se através do acompanhamento sistemático do processo produtivo do azeite de dendê que os cachos com os frutos da palma, conhecido como dendê, são transportados das fazendas de cultivo das palmeiras/dendezeiros através de caminhões, que chegam a comportar de 5 a 20 toneladas da matéria prima, e são recepcionados na indústria de produção do óleo de palma em área que possui estrutura com cobertura e piso cimentado, descarregando a carga neste local. Caso os cachos com os frutos não tenham atingido a condição ideal de amadurecimento, estes são mantidos amontoados no local por até três dias para alcançar a condição apropriada para o processamento.

Em seguida, ocorre as etapas de esterilização e digestão, os cachos são colocados na caldeira, estrutura metálica com formato retangular, onde a mesma possui uma canalização que envia vapor para o seu interior. Os cachos são aquecidos à vapor, a fim de esterilizar o material, encolher parcialmente as amêndoas facilitando a separação de sua casca e quebrar a estrutura da polpa para facilitar a extração do óleo (digestão) na etapa da prensagem (Oliveira et al., 2017).

Os cachos são lançados em um equipamento, que possui uma espiral metálica em seu interior, ocasionando o debulhamento, que é o desprendimento dos frutos de seu cacho. Após a separação entre os frutos e o cacho, os cachos são encaminhados para uma área separada onde ficam armazenados até a sua destinação, e os frutos (dendê) são enviados para um digestor, onde se forma uma massa que é prensada. Da prensagem são extraídos o óleo de palma bruto e a torta de dendê. Nesse momento, há uma bifurcação na produção, o óleo bruto proveniente do fruto é encaminhado para o desaerador, enquanto a torta de dendê, contendo as cascas e coquilhos (amêndoas), dará início ao processo de extração do óleo de palmiste.

No desaerador ocorre filtração do óleo para remoção de resíduos de torta que possam estar ali e, em seguida, a clarificação. O produto final, azeite de dendê, é então armazenado em tanques a temperatura constante de 50°C, a fim de evitar a solidificação do óleo de palma até ser envazado e comercializado (Muller, 1980), (Andrade, 2006). Na figura abaixo é possível visualizar o fluxograma com as etapas do beneficiamento do azeite de dendê.



Figura 1 – Etapas do beneficiamento do dendê.

Fonte: Próprio Autor, 2023.

3. 2 PRODUÇÃO DO ÓLEO DE PALMISTE

A torta da prensagem é composta por cascas (parte fibrosa do fruto) e coquilhos (parte que envolve as amêndoas e também conhecidas como nozes). O processo de extração do óleo de palmiste ocorre após a etapa de separação entre coquilho e a casca, onde a torta é enviada para um equipamento onde é feito o peneiramento, que tem por objetivo esta separação, sendo cada um enviado para uma área diferente para dar sua devida destinação (Andrade, 2006).

A desfibração é um sistema de ventilação para separar as fibras presentes no coquilho (Hoffmann, 2016), em seguida, as nozes são polidas, em equipamento específico, para retirada de resquícios de resíduos de fibras, e são encaminhadas para a etapa onde ocorre a sua quebra e separação das amêndoas, matéria prima de coloração esbranquiçada, onde passa novamente pelo processo de digestão para o amolecimento da sua estrutura, laminadas formando uma pasta, e submetida a prensagem para a extração do óleo de palmiste. O resíduo sólido gerado nessa etapa é denominado torta de palmiste (Silva, 2011). O óleo de palmiste é considerado um óleo mais nobre, aplicado na indústria de cosméticos (Poku, 2002). Posteriormente,

as cascas dos coquilhos e suas fibras são armazenadas em um espaço destinado especificamente para este resíduo, até que seja dado sua destinação final.

O óleo de palma e o óleo de palmiste passam pelo processo de clarificação, que utiliza equipamentos para decantação e centrífuga, esta etapa proporciona a eliminação das impurezas restantes e diminui a umidade, potencializando a qualidade do produto. Deste último processo, é gerado o efluente do processamento do dendê POME (Palm Oil Mill Effluent), subproduto líquido que consiste de água, resíduos de óleo e sólidos em suspensão (Oliveira, et al., 2017). Na figura abaixo é possível visualizar o fluxograma com as etapas do processo produtivo do óleo de palmiste.

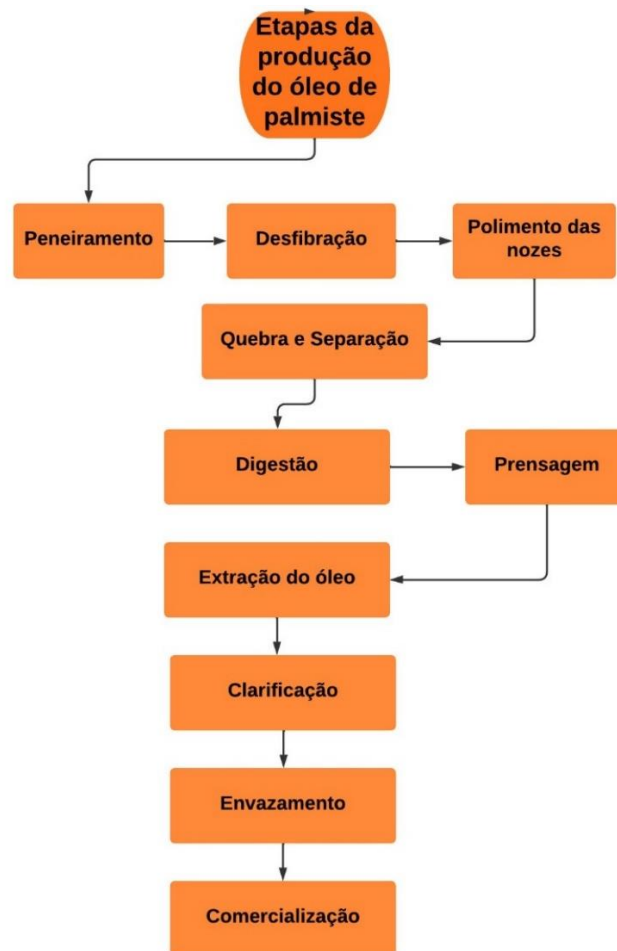


Figura 2 – Etapas do processo produtivo do óleo de palmiste.

Fonte: Próprio Autor, 2023.

4 RESÍDUOS DA CULTURA DO DENDÊ

O processamento do dendê passa por diversas etapas até que se tenha como

resultado seus dois produtos, o óleo de palma (azeite de dendê) e o óleo de palmiste. As etapas que compõe o processo produtivo são a coleta dos frutos, transporte, esterilização, debulhamento, digestão, prensagem, desaerador, decantação e clarificação, obtendo como “resíduos” a torta de palmiste que representa 3,5% da massa total, 22% de engaços (cachos), fibras da prensagem do mesocarpo que são 12%, cascas 5% e 50% do efluente líquido do óleo de palma, também denominado de Palm Oil Mill Effluent – POME, (Rosa, 2011).

De acordo com a Política Estadual de Resíduos Sólidos da Bahia (Lei 12.932 de Janeiro de 2014), a destinação final ambientalmente adequada de resíduos sólidos inclui a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final, bem como outras formas de destinação admitidas pelos órgãos competentes, observando normas operacionais específicas de modo a minimizar os impactos ambientais adversos e evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança. No processo de beneficiamento do dendê, os resíduos são o cacho vazio; as fibras e a casca do coquilha; a torta de palmiste, resíduo da prensagem da amêndoa e o efluente líquido (POME).

Inicialmente, aplica-se o conceito dos 3 R's, pela ordem: Reduzir, Reutilizar e Reciclar e, posteriormente, gerenciar os outros tipos de resíduos que não podem ser reaproveitados. Visto que, não à desperdícios no processo e é necessário manter o volume de produção, a redução não é um conceito aplicável, porém, alguns resíduos deste processo podem ser reutilizados e inseridos em sua própria cadeia produtiva como fonte de combustível através da queima e fonte de nutrientes como adubo orgânico, contribuindo para a otimização do processo produtivo.

A aplicação deste conceito perpassa em compreender os diferentes tipos de resíduos gerados no processo de fabricação dos óleos provenientes do dendê, bem como a sua utilização para incorporação no mesmo processo, economizando energia e recursos naturais.

4.1 CACHO

O cacho é a estrutura do dendezeiro que comporta os frutos do dendê. Possui formato ovóide, é matéria orgânica vegetal e o número de frutos produzidos em média, em espécies adultas, é de 1.500 frutos aproximadamente, representando até 70% do peso total do cacho, que pode chegar a aproximadamente até 50 quilos (Cunha et al., 2007).

Este resíduo, o cacho vazio, é gerado nas primeiras etapas do processo industrial do dendê, sendo produzido na fase do debulhamento, onde os frutos se desprendem do cacho deixando-os vazios. A Figura 3 mostra os cachos com os frutos e os cachos vazios após a debulhação.



Figura 3 – cachos com os frutos e os cachos vazios após a debulhação.

Fonte: Próprio autor (2022).

Verificou-se, através de observação *in loco* das etapas do processo de beneficiamento do azeite de dendê, que na linha de produção do dendê, no Baixo Sul da Bahia – Valença, os cachos são aproveitados de duas formas: utilização dos cachos vazios como adubo orgânico nas fazendas de dendezeiros, onde esses podem ser triturados para acelerar o processo de decomposição e fertilização do solo, ou simplesmente são descartados em sua forma natural sendo decompostos de forma lenta pela ação do tempo; ou são armazenados em área com cobertura móvel, ou sem cobertura, para serem expostos a radiação solar e sofrerem um processo de secagem e diminuição de seu volume pela perda de umidade. Os cachos secos são utilizados como combustível para alimentar a fornalha que produz o vapor ejetado na caldeira (etapas de esterilização e digestão).

4.2 FIBRAS E CASCAS DO COQUILHO

As fibras e as cascas do coquilho são o suporte fibroso do fruto do dendê, correspondendo de 22% a 25% da massa total dos cachos com o fruto fresco. (Furlan, 2006). A Figura 4 demonstra os resíduos das fibras e coquilhos que são gerados no processo produtivo.

Figura 1 – Fibras e Cascas do Coquilho



Figura 4 – resíduos das fibras e coquilhos gerados no processo produtivo.

Fonte: Próprio autor (2022).

São resíduos do processo para a obtenção de ambos os óleos, palma e palmiste, gerados na etapa da prensagem, desaerador, polimento e quebra do coquilho, e são reutilizados no processo produtivo das seguintes formas; os resíduos podem ser devolvidos as áreas dos dendezaís, diretamente lançados, como cobertura vegetal para fertilizar o solo, promovendo o aumento de nutrientes como potássio, nitrogênio e fósforo, fornecendo também cerca de 65% de água a mais para o solo (Gentil et al., 2012); a incineração destes resíduos para a produção de cinzas e posterior descarte no solo, também é uma alternativa ecologicamente viável, pois, as cinzas contribuem para o controle de acidez no solo por ser um adubo rico em potássio, processo conhecido como calagem (Oliveira, 2017).

O processo de incineração das fibras e dos coquilhos para a produção de

cinzas, ocorrem na fornalha da indústria de dendê, sendo utilizados como fonte extra de energia. Outra possibilidade é a compostagem, que pode ser utilizada para a produção de um adubo orgânico mais higiênico, devido a esterilização pelas altas temperaturas ao qual o composto é submetido no processo de fermentação do material. Este tipo de adubo possui potencial para ser utilizado em outras culturas da agricultura (Baron, 2018).

Segundo as observações realizadas, os beneficiadores do Dendê de Valença – Baixo Sul da Bahia, empregam o método de reaproveitamento desses resíduos como fonte de energia extra para as fornalhas e, posteriormente, lançam as cinzas nas fazendas de dendezeiros.

4.3 TORTA DE PALMISTE

A torta de palmiste é o subproduto resultante após a etapa de separação das amêndoas do coquilha, e há a extração do óleo de palmiste através do processo de prensagem. É composta por grande quantidade de fibras, contendo proteína bruta, óleo residual de palmiste, água e carboidratos, permitindo alta digestibilidade da matéria orgânica, sendo considerada rica em teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, zinco, ferro, manganês, molibdênio e selênio a níveis aceitáveis (Alimon & Wan Zahari, 2012).

O quantitativo de cada elemento varia de acordo com diversos aspectos como clima, solo, fase de colheita, maturação dos frutos e o método para obtenção do óleo, portanto, não é um resíduo de padrões constante (Oliveira et al., 2013). De modo geral, a sua composição é rica em nutrientes e pode ser aplicada na alimentação animal de ruminantes ou não ruminantes, e pode também ser utilizada como adubo orgânico para fertilização do solo (Barros & Fernandes, 2012). Portanto, a utilização da torta de palmiste na alimenta animal, mostra-se uma ótima alternativa como fonte de suplementação e contempla o fator de produção sustentável (Oliveira et al., 2013).

O resíduo sólido proveniente do processo para obtenção do óleo de palmiste, a torta de palmiste, possui rico teor de proteína bruta, óleo residual, alto teor de fibra e boa digestibilidade da matéria orgânica, sendo assim, adequada para o uso na alimentação animal (Rosa, 2011). Desta forma, é utilizado pelos beneficiadores do dendê na região de Valença na alimentação de pequenas criações de animais (suínos, bovinos e aves) na própria região, promovendo assim a reciclagem do subproduto,

reduzindo o passivo ambiental.

4.4 EFLUENTE DO ÓLEO DE PALMA E PALMISTE

O processamento do dendê para a produção de seus óleos gera, além dos resíduos sólidos, o efluente líquido denominado POME (Palm Oil Mill Effluente), popularmente conhecido na região do Baixo Sul na Bahia como “bambá”, tornando-se uma ameaça de contaminação ambiental para o solo e/ou recursos hídricos (Ferreira et al., 1998). De acordo com Furlan (2006) o efluente líquido POME representa 50% do valor total dos subprodutos gerados pelo beneficiamento do dendê, sendo o efluente natural e o centrifugado com níveis de nutrientes variados.

Os beneficiadores do dendê na região de Valença utilizam o método de decantação do efluente, a fim de promover a separação entre os sólidos, a água e os resquícios de óleo presente no POME. O efluente é lançado em tanques impermeabilizados, conhecidos como tanques sedimentadores, com cerâmica ou piso, onde ocorre a separação entre as fases, o óleo que se concentra na parte superior é coletado e, por ser de baixa qualidade, é comercializado para indústrias de sabão da região, a maior parte da água presente sofre a evaporação e o que permanece é o “bambá”.

Segundo Ferreira et al. (1998), existem dois tipos de efluentes líquidos como subprodutos do processamento, o efluente natural que é gerado pela água utilizada na etapa de esterilização dos cachos e clarificação (decantação) do óleo, onde há a presença de água e resquícios do fruto e do óleo, e o efluente centrifugado que é a fase semissólida, produto resultante da decantação do efluente natural, apresenta aspecto pastoso e é formado por restos de frutos, óleo e água, o chamado “bambá”.

O POME é um subproduto rico em nutrientes e possui uma composição química variada, sendo os principais o nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), além de outros elementos, tornando-o propício para a fertilização das plantações do dendezeiro ou outras culturas (Morais, et al. 2013).

De acordo com Ferreira & Botelho (2002), o POME com sua carga de nutrientes, quando adicionado ao solo em doses adequadas, favorece no aumento do teor de fósforo solúvel e redução de alumínio trocável em latossolo amarelo álico de textura média, melhorando as propriedades químicas e a fertilidade do solo. É importante identificar a composição química do subproduto, para que assim, o POME

seja utilizado de forma adequada de acordo com cada tipo de solo. Através do cálculo de equivalência de nutrientes em adubo químico, é possível estabelecer padrões para que os beneficiadores do dendê possam utilizar o efluente como adubo orgânico (Ferreira et al.1998). A Figura 5 demonstra exemplos de tanques sedimentadores utilizados para armazenamento e decantação do POME.

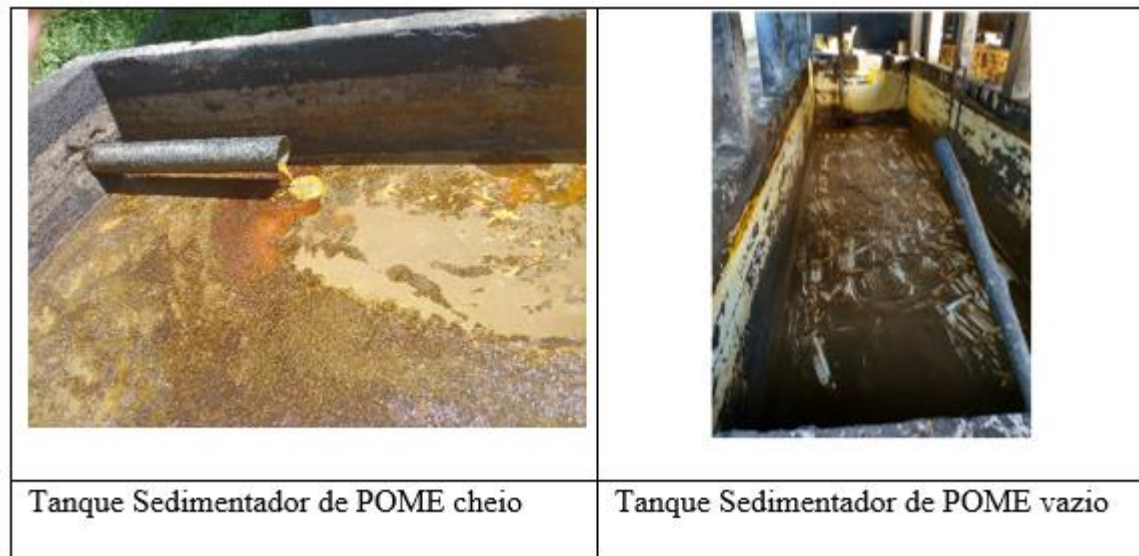


Figura 5 – tanques sedimentadores utilizados para armazenamento e decantação do POME.

Fonte: Próprio autor (2022).

Em suma, a diferenciação entre os dois tipos de efluentes, natural e centrifugado, está na etapa em que cada um é gerado e na composição química. O efluente natural é gerado na etapa inicial do processo, é composto em maior quantidade por água, formada pelo vapor da esterilização e higienização dos frutos. O efluente centrifugado é gerado na etapa final do processo produtivo. Os efluentes são colocados em tanques separados para que cada um tenha o processo de decantação dos materiais, sendo separado o óleo, água e resíduos orgânicos. Em ambos há a coleta do óleo residual para destinação de fábricas de sabão. O material orgânico é utilizado como adubo natural, porém, enquanto a água presente no efluente centrifugado sofre processo de evaporação, a água do efluente natural é destinada para o solo. As tabelas abaixo demonstram a diferenciação entre a composição química de cada efluente, verificando se há algum elemento que cause toxicidade, e a equivalência em adubo químico de cada um, desta forma, é possível identificar o quantitativo de nutrientes em cada tipo de efluente, e determinar uma possível

dosagem a ser utilizada na fertilização do solo para cada efluente.

A Tabela 1, mostra as informações sobre a composição química do POME no efluente natural e a Tabela 2 demonstra a equivalência em adubo químico.

Tabela 1 – Quantidade de nutrientes contidos no efluente natural

NUTRIENTES	Quantidade (g/m³)
Nitrogênio (N)	28,0
Fósforo (P)	13,5
Potássio	1.157,0
Cálcio (Ca)	365,0
Magnésio (Mg)	335,0
Enxofre (S)	166,0
Ferro (Fe)	59,0
Cobre (Cu)	1,0
Manganês (Mn)	2,3
Zinco (Zn)	1,3
Boro (B)	2,5
Alumínio (Al)	43,0
Sódio (Na)	970,0

Fonte: Ferreira et al.,1998.

Tabela 2 – Quantidade equivalente de adubos químicos contidos em um metro cúbico do efluente natural

Adubo	Quantidade (Kg/m³)
Cloreto de Potássio (60% K₂O)	2,3
Sulfato de Magnésio (16% MgO)	3,5
Enxofre (S)	1,3
Carbonato de Cálcio (50% CaO)	1,0
-----	----- g/m ³ -----
Uréia (45% N)	62,2
Superfosfato Triplo (45% P₂O₅)	68,7
Bórax (11% B)	22,7
Sulfato Ferroso (20% Fe)	295,0
Sulfato de Cobre (24% Cu)	4,2
Sulfato de Manganês (25% Mn)	9,2
Sulfato de Zinco (21% Zn)	6,2

Fonte: Ferreira et al., 1998.

Na Tabela 3, seguem informações sobre a composição química do POME no efluente natural centrifugado e a na Tabela 4 demonstra a equivalência em adubo químico.

Tabela 3 – Quantidade de nutriente contidos no efluente centrifugado

NUTRIENTES	Quantidade		
	Fase Sólida		Fase Líquida
	Kg/t de peso seco	Kg/t de peso fresco	Kg/m ³
Cloreto de Potássio (60% K₂O)	4,5	0,9	4,7
Calcário (50% CaO)	11,2	2,2	8,4
Sulfato de Magnésio (16% MgO)	10,4	2,1	37,5
	g/t de peso seco	g/t de peso fresco	166,0
Sulfato de Cobre (24% Cu)	86,7	17,3	20,8
Sulfato de Manganês (25% Mn)	58,4	11,7	112,0
Sulfato de Zinco (21% Zn)	31,4	6,3	31,4

Fonte: Ferreira et al.1998.

Tabela 4 – Quantidade equivalente de adubos químicos contidos em um metro cúbico ou uma tonelada do efluente centrifugado

Adubo/Calcário	Quantidade		
	Fase Sólida		Fase Líquida
	Kg/t de peso seco	Kg/t de peso fresco	Kg/m ³
Potássio (K)	2,2	0,4	2,3
Cálcio (Ca)	4,0	0,8	3,0
Magnésio (Mg)	1,0	0,2	3,6
	g/t de peso seco	g/t de peso fresco	166,0
Cobre (Cu)	20,8	4,2	5,0
Manganês (Mn)	14,6	2,9	28,0
Zinco (Zn)	6,6	1,3	6,6

Fonte: Ferreira et al.1998.

Os dados apresentados, evidenciam que o subproduto líquido POME (Palm Oil Mill Effluente) contém quantidades significativas de nutrientes e podem ser utilizados como fertilizantes no solo para as fazendas de dendezeiros e em outras culturas

(Ferreira et al., 1998). O efluente é uma fonte eficiente de potássio e demais nutrientes, como apontado nas tabelas, para a fertirrigação, capaz de suprir adequadamente as plantas com os nutrientes necessários para seu desenvolvimento pleno (Melo, 2022). Porém, é necessário a realização de novas pesquisas e estudos que comprovem enfaticamente que tal prática não causará, de fato, impactos ambientais negativos ao solo, pois, apesar do potencial nutritivo, é preciso a verificação de possíveis impactos nas comunidades microbianas e animais que vivem no solo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de dados observacionais e das pesquisas bibliográficas, verificou-se que os subprodutos provenientes do processamento do dendê são ricos em nutrientes e possuem variadas alternativas para o seu aproveitamento. Os resíduos, sólidos e efluente, são reinseridos no ciclo produtivo como fonte de energia para a obtenção do óleo de dendê e óleo de palmiste, ou na reciclagem, transformando-os em adubo orgânico.

A prática do reaproveitamento desses resíduos pode trazer benefícios para a agricultura, meio ambiente e economia, utilizando-os como adubo para a fertilização do solo, reduzindo o descarte inadequado e passivo ambiental, e utilizando os resíduos sólidos como fonte de energia, reduzindo o uso de outros combustíveis, desde que, o seu manejo seja adequado e se tenha a definição do quantitativo ideal para utilização desses recursos, visando a qualidade e preservação ambiental.

O POME passa por processo de decantação onde o resíduo final é composto majoritariamente por matéria orgânica, possuindo nutrientes variados e em grandes quantidades, indicando a possibilidade de uso como adubo orgânico.

O presente trabalho pontuou a caracterização dos resíduos e as práticas de manejo realizadas pelos beneficiadores do sistema produtivo do azeite de dendê e óleo de palmiste, indicando como práticas que podem reduzir o passivo ambiental e promover o desenvolvimento sustentável. Porém, faz-se necessário pesquisas e estudos mais profundos em relação ao seu impacto na microbiota e animais que habitam o solo e na sua própria fertilização, a fim de garantir que o seu uso não trará prejuízos ao meio ambiente sob essa temática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. (2006). **Instituto FNP**. Consultoria & Agroinformativos, 504 p.
- Alimon, A. R., Wan Zahari, M. (2012). Recent advances in the utilization of oil palm byproducts as animal feed. In: International Conference On Livestock Production And Veterinary Technology Proceedings. **Ciawi: ICARD**. Disponível em: < <http://umkeprints.umk.edu.my/1148/>>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.
- Almeida, D. T. D., Nunes, I. L., Conde, P. L., Rosa, R. P. S., Rogério, W. F., Machado, E. R. (2013). A quality assessment of crude palm oil marketed in Bahia, Brazil. **Grasas y Aceites International Journal of Fats and Oils**, vol. 64, n. 4, p. 387–394.
- Andrade, L. M. N.; Yosshitake, M. Aplicação do Custeio Seqüência em Empresas Agroindustriais: Estudo De Caso em Indústria Processadora de Dendê. (2006). **XIII Congresso Brasileiro de Custos** – Belo Horizonte - MG, Brasil.
- BAHIA, Projeto de Lei Nº 12932/2014. (2014). Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial da Bahia, Salvador**.
- Baron, V., Supriatna J., Sadasiban, R., Bonneau, X. (2018). Composting for a more sustainable oil palm plantation. **International Conference on Oil Palm and the Environment**.
- Barros, B. B., Fernandes, L. O. (2012). Torta de Dendê: Alimento alternativo para nutrição de ruminantes no Pará. **Caderno de pós graduação da Faculdades Associadas de Uberaba - FAZU**, Minas Gerais, v. 3.
- Batista, R. O., Carmo, B. B. T., Silva, K. B., Mesquita, F. O., Costa, M. S. (2013). Proposta de adequação ambiental de unidades artesanais e semiartesanais de extração de óleo de dendê no Baixo Sul da Bahia para produção de biodiesel. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande – Paraíba. v.9, n.3, p.01-07.
- Bezerra, N. M., Martins, H. S., Praxedes, G. M., Nobre, A. J. B. (2022). Análise da qualidade do processo de contenção de frutos verdes e podres na agroindústria

do dendê: Um estudo em uma agroindústria paraense. **Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**, Belém, v.11, n. 1.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. (2006). Dendeicultura da Bahia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 10 p.

Corley, H., Tinker, B. (2003). The palm oil. **Oxford: Blackwell Science**, 4. ed., 608 p.

Cunha, R. N V. et al. Procedimentos para produção de sementes comerciais de dendezeiro na Embrapa Amazônia Ocidental. (2007). Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental**, (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos; 54), 34 p.

Cymerys, M.; Fernandes, N. M. P.; Rigamonte, A., O.C. Buriti: Maurita flexuosa L. f. In: Shanley, P.; Medina, G. Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônica. (2005). **Centro para Pesquisa Florestal Internacional (CIFOR) e Instituto Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON)**, Belém, p. 181- 87.

Ferreira J. J., Crotti B. F., Gonçalves, S. B., Mendonça, S., Guedes, C. L. B. (2020). Avaliação do tratamento de efluente da extração do óleo de dendê e potencial de produção de biogas. **VI Encontro de Pesquisa e Inovação da Embrapa Agroenergia**, p 144-151.

Ferreira, W. A., Botelho, S. M. (2002). Efeito da aplicação do efluente da agroindústria do dendê sobre as características químicas de um latossolo amarelo álico, textura média. Embrapa Amazônia Oriental: **Boletim de pesquisa e desenvolvimento, Belém, Pará**, v.11, 26 p.

Ferreira, W. A., Botelho, S. M., Vilar, R. R. L. (1998). Composição química dos subprodutos da agroindústria do dendê. **Embrapa – CPATU: Palmas**.

Documentos 119, .18p, Belém, Pará.

- Furlan J. J. (2006). Dendê: manejo e uso dos subprodutos e dos resíduos. Belém. Embrapa - Amazônia Oriental. **Documentos, Pará**. ISSN 1517 –2201, 246 p.
- Furlan Júnior, J. Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. (2001). Belém, PA, **Embrapa Amazônia Oriental**, p. 41-66.
- Gentil, R. M., Serra, J. C. V., Castro, R. B. (2012). Resíduos sólidos orgânicos provenientes da extração de oleaginosas para biodiesel e seus potenciais de uso. Revista eletrônica do curso de Geografia campus Jataí. **Universidade Federal de Goiás**. Jataí, n. 18.
- Gonçalves, J.P., Costa, L.F.M., Santos, W.R.L., Lucas, F.C.A., Carneiro, J.S. (2015). Métodos de extração e análise química de óleos vegetais de palmeiras da Amazônia. **55º Congresso Brasileiro de Química**. Goiânia-Goiás.
- Hoffmann, S. (2016). Caracterização físico-química do caroço do dendê visando futuras aplicações. Dissertação de mestrado em Engenharia. **Universidade Federal do Pampa**, Alegrete.
- IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. PAM - Pesquisa Agrícola Municipal. (2021). Disponível em: <https://https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>. Acesso em: 20 de outubro de 2021.
- ICOPE, Embracing Sustainable Palm Oil: Solutions for Local Production and Global Change. **Résumé, Bali, Indonésie**, 2 p.
- Iskandar, M. J.; Baharum, A.; Anuar, F. H.; Othaman, R. Palm oil industry in South East Asia and the effluent treatment technology - A review. (2018). **Environmental Technology, Innovation**, v. 9, p. 169–185.
- Marconi, M. A., Lakatos, E. M. (2012). Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise interpretação de dados. **São Paulo; Atlas**, 7 ed., 277 p.
- Melo, C. C. F.; Amaral, D. S.; Drumond, L. C. D. (2022). Uso de POME (palm oil mill effluent) como fonte de potássio na fertirrigação de pastagem. II Congresso Brasileiro de Produção Animal e Vegetal: “Produção Animal e Vegetal:

- Inovações e Atualidades. **Editora: Agron Food Academy**, Vol. 2, Cap. 84, 951 p.
- Morais, J. P. S., Medeiros, E. P., Silva, J. A., Rosa, M. F., Filho, M. S. M., Alexandre, L. C., Cassales, A. R. & Santos, M. A. (2013). Valorização de Coprodutos da cadeia do dendê. **Embrapa Agroindústria Tropical**.
- Müller, A. A. A Cultura do dendê. Belém, Pará. (1980). **Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido** (EMBRAPA-CPATU. Miscelânea, 5), 24 p.
- Novais, J. R.R., Pires, M. M. P., Gomes, A. S., José, A. R. S. Caracterização da estrutura produtiva do dendê. Valença, Bahia, Brasil. (2009). **XXVII Congresso de la Asociación Latinoamericana de Sociología**. VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires. Asociación Latinoamericana de Sociología, Buenos Aires.
- Oliveira, M. V., Gonçalves, M. F., Martins, J. M. S., Mohallem, R. F. F., Ferreira, I. C. (2013). Torta de dendê na alimentação de ruminantes. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, Goiás, v. 9, n. 16; 2029 p.
- Oliveira, N. M. L. A., Dantas, S. C., Martins, S. B. S. & Alves, E. C. (2017). Reaproveitamento de resíduos da cadeia do biodiesel obtido a partir de óleo de palma (*elais guineensis*). **Bioenergia em revista: diálogos**, v.7, 103-121 p.
- Poku, K. (2002). Small-scale palm oil processing in Africa. Agricultural Services Bulletin 148, **Food and Agriculture Organisation of the UN, Rome**. Disponível em: < <https://www.fao.org/3/y4355e/y4355e00.htm> > em 08/10/2021.
- Queiroz, A.G., França, L. & Ponte, M. X. (2012). The life cycle assessment of biodiesel from palm oil (“dendê”) in the Amazon. **Biomass and Bioenergy**, v. 36, p. 50-59.
- Rebello, F. K., Costa, D. H. M. (2012). A experiência do Banco da Amazônia com projetos integrados de dendê na agricultura familiar. **Contexto Amazônico**, v. 5, n. 22, p.1- 8.
- Reis, L. L. M., Cunha, L. S. I., Couto, V. A. (2014). Dendê de Valença, Bahia: indicação de procedência. **Informe econômico**. Universidade Federal do Piauí - UFPI. Piauí, v. 32 n. 2.
- Rosa, M. F; Souza Filho, M S. M; Figueiredo, M. C. B; Morais, J. P. S; Santaella, S.T.,

- Leitão, R.C. Valorização de resíduos da agroindústria. (2011). *In: II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA*.
- Santana, M. C. C. B., Machado, B. A. S., Figueiredo, T. V. B. (2014). Dendê e seu potencial de uso: uma prospecção tecnológica, **Cadernos de Prospecção**, v. 6, n. 4.
- Silva, C. R. R. (2015). Obtenção, caracterização e viabilidade de utilização de um compósito com matriz de resina poliéster e resíduos originados da extração do óleo de dendê. **Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica**. Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Silva, E. G. (2011). Torta de dendê na alimentação de frangos de crescimento lento criados no sistema caipira. **Dissertação de mestrado em Ciência Animal Tropical**. Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.
- Teixeira, A. S. (2020). O azeite da Costa do Dendê: um produto do território. **Dissertação de mestrado em Geografia**. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- Teixeira, M. A. (2019) Energia e Emissões na Produção de Óleo de Palma / Dendê (*Elaeis guineensis*): geração e cogeração na indústria de Óleo de Palma. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. Guarapuava – PR, v.15, n.1 p. 257-278.
- Veiga, A.S., Furlan Junior, J., Kaltner, F. J. (2001). Situação atual e perspectivas futuras da dendeicultura nas principais regiões produtoras: a experiência do Brasil.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO E IMPACTOS DO DESCARTE DO EFLUENTE DO ÓLEO DE PALMA “AZEITE DE DENDÊ” NO SOLO

RESUMO

O dendezeiro (*Elaeis guineenses* Jacq.) é uma espécie de planta originária da África que possui desenvolvimento favorável em regiões tropicais, com climas tropicais e úmidos. Do fruto do dendezeiro, extrai-se o óleo de dendê/palma, que é utilizado na indústria alimentícia. No processo produtivo do óleo de palma é gerado o efluente POME (Palm Oil Mill Effluent) que representa até 50% dos subprodutos gerados no processo produtivo. O efluente apresenta grandes concentrações de, óleos e graxas, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), baixos valores de pH, macro e micronutrientes. O POME é descartado sem tratamento nos solos, podendo causar impacto ambiental negativo. A pesquisa foi realizada em uma indústria de beneficiamento de dendê e seus arredores, no município de Valença, Baixo Sul da Bahia, e objetivou caracterizar a composição do POME e avaliar os impactos ambientais no solo do descarte inadequado do efluente. Foram coletadas amostras do efluente para determinação da composição físico-químico e microbiológico, e de amostras de duas áreas dos solos receptores do POME e de uma área testemunha (não receptora) para macro, micronutrientes e pH. A partir dos resultados obtidos das análises, realizou-se a caracterização do POME e do solo, verificando sua compatibilidade com as exigências contidas na legislação pertinente, Resolução CONAMA Nº 420/2009, Resolução Nº 430/2011, Resolução Nº 503/2021. Os resultados para o efluente indicaram que para chumbo, pH, DBO, óleos e graxas e fósforo, o POME apresentou concentrações superiores aos valores máximos determinados pelas legislações. Para as análises de amostras de solos, os resultados indicaram efeito positivo, conferindo uma melhora no aspecto fertilidade, sendo capaz de reduzir a carga de alumínio e aumentar os fatores pH, concentração de potássio e saturação de Bases (V) no solo. Concluiu-se que o descarte do POME apresentou um efeito positivo na qualidade do solo, mas seu descarte está condicionado a um pré-tratamento do efluente para a adequação dos valores orientadores exigidos pela legislação.

Palavras-chave: POME; Micronutrientes; Análises; Fertilidade; Parâmetros.

CHARACTERIZATION AND IMPACTS OF THE DISPOSAL OF PALM OIL EFFLUENT "PALM OIL" ON THE SOIL

ABSTRACT

The oil palm (*Elaeis guineenses* Jacq.) is a plant species that originated in Africa and grows well in tropical regions with tropical and humid climates. Palm oil is extracted from the fruit of the oil palm tree, which is used in the food industry. In the palm oil production process, POME (Palm Oil Mill Effluent) is generated, which represents up to 50% of the by-products generated in the production process. The effluent has high concentrations of oils and greases, biochemical oxygen demand (BOD), low pH values, macro and micronutrients. POME is disposed of untreated in the soil and can have an environmental impact. The research aimed to characterize the composition of POME and assess the environmental impacts on the soil of improper disposal of the effluent. Samples of the effluent were taken to determine its physical-chemical and microbiological composition, and samples were taken from two areas of soil receiving POME and a control area (not receiving POME) for macro, micronutrients and pH. Based on the results obtained from the analyses, the POME and the soil were characterized, verifying their compatibility with the requirements contained in the relevant legislation, CONAMA Resolution No. 420/2009, Resolution No. 430/2011, Resolution No. 503/2021. The results for the effluent indicated that for lead, pH, BOD, oils and grease and phosphorus, the POME showed concentrations higher than the maximum values determined by the legislation. For the analysis of soil samples, the results indicated a positive effect, improving fertility, reducing the aluminum load and increasing pH, potassium concentration and base saturation (V) in the soil. It was concluded that the disposal of POME had a positive effect on soil quality, but its disposal is subject to pre-treatment of the effluent in order to comply with the guidelines required by legislation.

Keywords: POME; Micronutrients; Analysis; Fertility; Parameters.

1 INTRODUÇÃO

O dendezeiro (*Elaeis guineenses Jacq.*) é uma espécie de planta originária da África que possui desenvolvimento favorável em regiões tropicais, com climas tropicais e úmidos (Alves, 2011). Do fruto do dendezeiro, denominado de dendê, extrai-se dois tipos de óleo, o óleo de palmiste extraído da semente, também chamada de amêndoa, e o óleo de dendê/palma, popularmente chamado de azeite de dendê, extraído da polpa do fruto (Romera, 2020).

Os dois tipos de óleo são utilizados de forma distinta pelas indústrias, sendo que, o óleo de palma ou óleo de dendê, é utilizado na indústria alimentícia na fabricação de chocolates, sorvetes, biscoitos e utilizado na culinária tradicional baiana como parte de sua cultura, enquanto o óleo de palmiste é utilizado na indústria química para a fabricação de sabonetes, shampoo, condicionador, cosméticos e etc (Alves, 2007).

A palmeira do dendê foi introduzida no Brasil inicialmente, no Estado da Bahia, no fim do século XVI, período da escravatura e depois foi introduzida na região amazônica onde, atualmente, estão as maiores áreas cultivadas (Venturieri et al., 2009). O Pará é o estado com a maior produção de óleo oriundo dessa palmácea, representando mais de 90% da produção nacional (Alves, 2011). Os dois maiores países produtores de óleo de palma são a Indonésia (4,1 milhões de hectares) e a Malásia (3,6 milhões de hectares), ambos localizados no Sudeste Asiático (Koh et al., 2008. Apud FAO 2007).

De acordo com (Silva, 2016), “o óleo de palma ocupa o segundo lugar em produção mundial de óleos e ácido graxo, representando 18,49% do consumo mundial”. O baixo custo para o seu processamento e produção, comparado a outros óleos, a boa qualidade e possibilidade de utilização para diferentes produtos, torna-o bastante requisitado como matéria prima em diversos segmentos industriais (Silva, 2016).

Na região do Baixo Sul da Bahia, também conhecida como Costa do Dendê, o clima tropical úmido e as características edáficas do solo contribuíram para a expansão da dendeicultura, colaborando para o desenvolvimento da região fomentando a economia local (SEAGRI-BA, 2008 apud Fernandes, 2009). Quase que na totalidade da produção do azeite de dendê desta região advêm de dendezaís subespontâneos encontrados em abundância, que se desenvolvem em meio a mata

atlântica, sem intervenção técnica agrônômica (Semedo, 2006). A Costa do Dendê, na Bahia, tornou-se conhecida devido a sua tradição dendezeira, com a produção de um tipo de azeite destinado a culinária regional, que integra parte da cultura baiana através de seus pratos típicos como o acarajé e as moquecas (Teixeira, 2020).

O processo de extração dos dois tipos de óleos provenientes do fruto do dendê proporciona uma média de aproveitamento de 20% de óleo de palma (azeite de dendê) e 1,5% de óleo de palmiste, e gera como subproduto a torta de palmiste, engaços, fibras e cascas, que representam até 42,5% de resíduos, já o efluente líquido, denominado como POME (Palm Oil Mill Efluente), pode corresponder em até 50% dos subprodutos (Furlan, 2006).

O POME (Palm Oil Mill Efluente) é um resíduo líquido proveniente da extração e processamento do óleo de palma. Para cada tonelada de dendê processado, é gerado uma tonelada de efluente, o que representa, aproximadamente, cinco vezes a quantidade de óleo que é produzido (Camargo 2012). A composição do POME é de cerca de 0,6% de óleos e graxas, 4,5% de resíduos fragmentados do dendê (sólidos suspensos), bem como, compostos fenólicos, aminoácidos e nutrientes orgânicos, e 95% de água (Ahmed et al., 2014).

O efluente gerado no processo produtivo do azeite de dendê apresenta grandes concentrações de nitrogênio total e nitrogênio amoniacal, óleos e graxas, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e baixos valores de pH (Batista et al., 2013). Além disso, constata-se a presença de teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, enxofre, alumínio, cobre, boro, zinco e manganês, ou seja, nutrientes, contaminantes orgânicos e inorgânicos (Ferreira et al., 1998).

Esses resíduos líquidos possuem como destino final o lançamento, sem tratamento, em solos e/ou corpos d'água, podendo causar impacto ambiental negativo (Silva, 2019). De acordo com (Furlan, 2006), o POME pode ser utilizado como fertilizante orgânico nas plantações de dendezais devido a sua rica fonte de nutrientes.

Na microrregião de Cajaíba, distrito pertencente ao município de Valença, através de observação *in loco* constatou-se que o efluente, denominado como POME, é o único subproduto que não possui destinação ambientalmente adequada, sendo lançado diretamente no solo das propriedades, áreas de dendezeiros próximas aos empreendimentos de processamento do dendê, sem nenhum tipo de tratamento. Tal destinação para o POME pode resultar em consequências positivas ou negativas, em

relação aos possíveis impactos causados no solo.

Este estudo objetiva realizar a caracterização do POME (Palm Oil Mill Effluent), oriundo da produção de azeite de dendê, em seguida, a análise do solo receptor deste efluente, e a verificação de sua compatibilidade com as exigências contidas nas legislações ambientais vigentes. Tornando possível assim, a determinação do tipo de impacto, positivo ou negativo, do efluente ao ser lançado no solo e a possível viabilidade de sua utilização como fonte de nutrientes para o solo.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo trata-se de uma pesquisa investigativa/exploratória, referente ao lançamento do efluente gerado na produção de azeite de dendê no solo, realizando a coleta de dados e amostras *in loco*, análises laboratoriais das amostras e diagnóstico dos resultados obtidos, verificando desta forma os possíveis impactos ambientais ao solo da área de estudo.

Desta forma, o método aplicado foi o método quantitativo, que utiliza técnicas e conhecimentos provenientes das ciências físicas, estatísticas e matemáticas, objetivando identificar, aclarar e descrever detalhadamente possíveis vantagens e limitações de um determinado estudo (Zanella, 2006). A pesquisa bibliográfica foi utilizada como base para captação de dados e informações já publicadas por outros autores (Gil, 2007), norteando parte do estudo e evitando a duplicação de trabalhos já publicados nesta temática, conforme indicado por (Lakatos et al., 2003).

O trabalho utilizou-se de legislações ambientais vigentes como fonte de referência para comparação dos resultados e obtenção do diagnóstico. As legislações ambientais utilizadas foram a Resolução CONAMA Nº 420/2009, que dispõe, de modo geral, sobre a qualidade do solo e o gerenciamento ambiental de áreas impactadas em decorrência de atividades antrópicas, Resolução Nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e Resolução Nº 503/2021, que define critérios e procedimentos para o reuso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias.

2.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em uma área situada no distrito de Cajaíba, região pertencente ao município de Valença, onde está localizado o “rodão”, indústria de médio porte, de processamento de dendê e produção do azeite de dendê, denominado empresa de Azeite de Dendê Graciosa, e em áreas pertencentes a Fazenda Graciosa. O local do estudo situa-se na região denominada Costa do Dendê, criada através do zoneamento turístico em 1991 pela Secretaria de Turismo da Bahia, e engloba outros 9 municípios baianos.

A empresa Azeite de Dendê Graciosa que tem como razão social C. F. Óleos Vegetais Graciosa Ltda foi fundada no ano de 2012 e está cadastrada no segmento de Indústria Alimentícia, a empresa foi selecionada como alvo do estudo por realizar o processamento e beneficiamento dos dois tipos de óleos produzidos a partir do dendê (óleo de palmiste e óleo de palma), fácil acessibilidade para as áreas de coletas das amostras de solo e contato facilitado com o proprietário. A empresa, e a área de estudo, está localizada na Rodovia Ba 001, Km 11, Margem Esquerda, Nº S/N - Povoado De Maricoabo, distrito de Cajaíba, em Valença – BA.

A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo e expressa a delimitação da área do município de Valença e a localização da indústria de azeite de dendê Graciosa e a área de coleta das amostras de solo e do efluente.

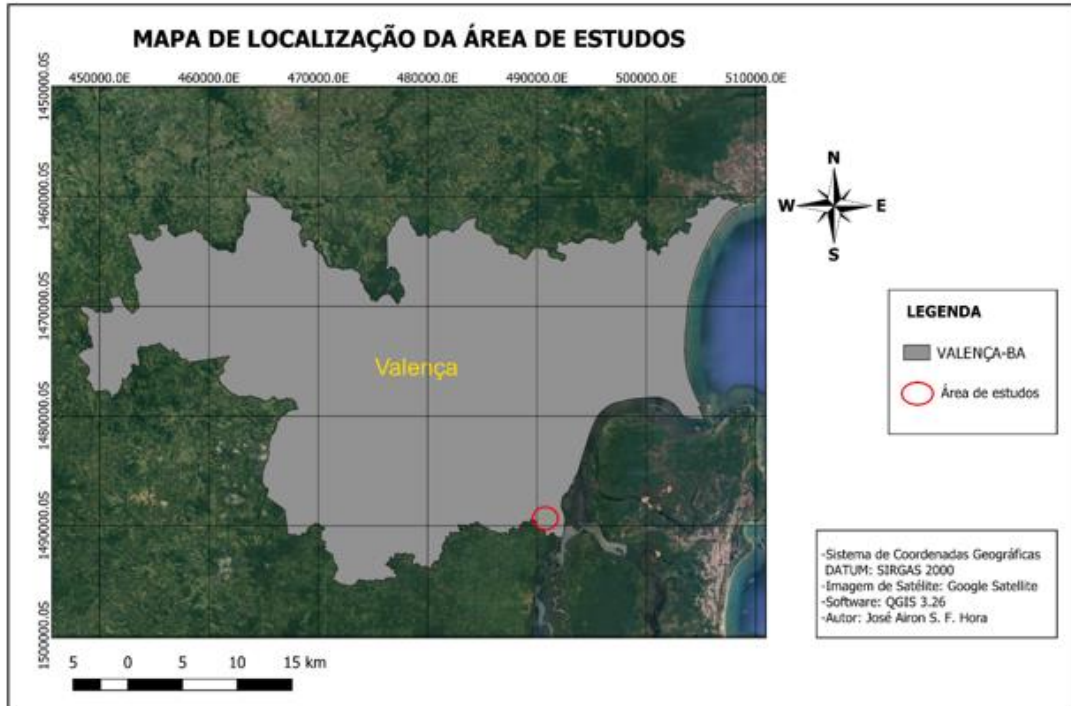


Figura 1 – delimitação do município de Valença e localização da indústria de azeite de dendê Graciosa.

Fonte: Próprio Autor (2023).

A área do estudo encontra-se em região litorânea e apresenta ocupação humana não adensada, com residências, sítios, roças e fazendas dispostas de forma distante entre si na vizinhança da propriedade.

2.3 HISTÓRICO DA ÁREA DE ESTUDO

A empresa de azeite de dendê Graciosa atua na área de produção do óleo de dendê a mais de 15 anos e possui uma produção média de, aproximadamente, seiscentos litros de azeite por mês, variando no volume de produção de acordo com a sazonalidade na requisição do produto, como informado pelo proprietário.

O subproduto derivado do processo produtivo, o efluente POME (Palm Oil Mill Effluent), representa um volume cinco vezes superior ao volume de azeite de dendê produzido, chegando a três mil litros de resíduos líquidos, que após serem acumulados em um reservatório, são transportados em um caminhão para serem descartados no solo em áreas de fazendas, onde há a presença significativa de dendezeiros. A investigação constatou que são múltiplos pontos de descarte do efluente, e para reduzir a carga do resíduo líquido no solo, realizam o lançamento de forma intercalada entre as áreas. É importante afirmar que algumas dessas áreas

recebem o lançamento do POME a pelo menos uma década, porém, é realizado de forma a dispersar o efluente ao longo da propriedade.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS, METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DO SOLO

As áreas onde foram realizadas as coletas de amostras do solo foram selecionadas considerando o tempo de ocorrência do último lançamento do POME entre elas. Foram selecionadas duas áreas (Área 1 e Área 2), onde ocorrem o lançamento do efluente, e uma Área testemunha, esta última, onde nunca ocorreu o lançamento do mesmo. Os pontos de coletas foram designados pelo proprietário do empreendimento, pessoa que possui conhecimento sobre as áreas e é responsável pela coordenação do descarte do POME.

A Figura 5 apresenta precisamente a localização das áreas onde foram coletadas as amostras de solo.

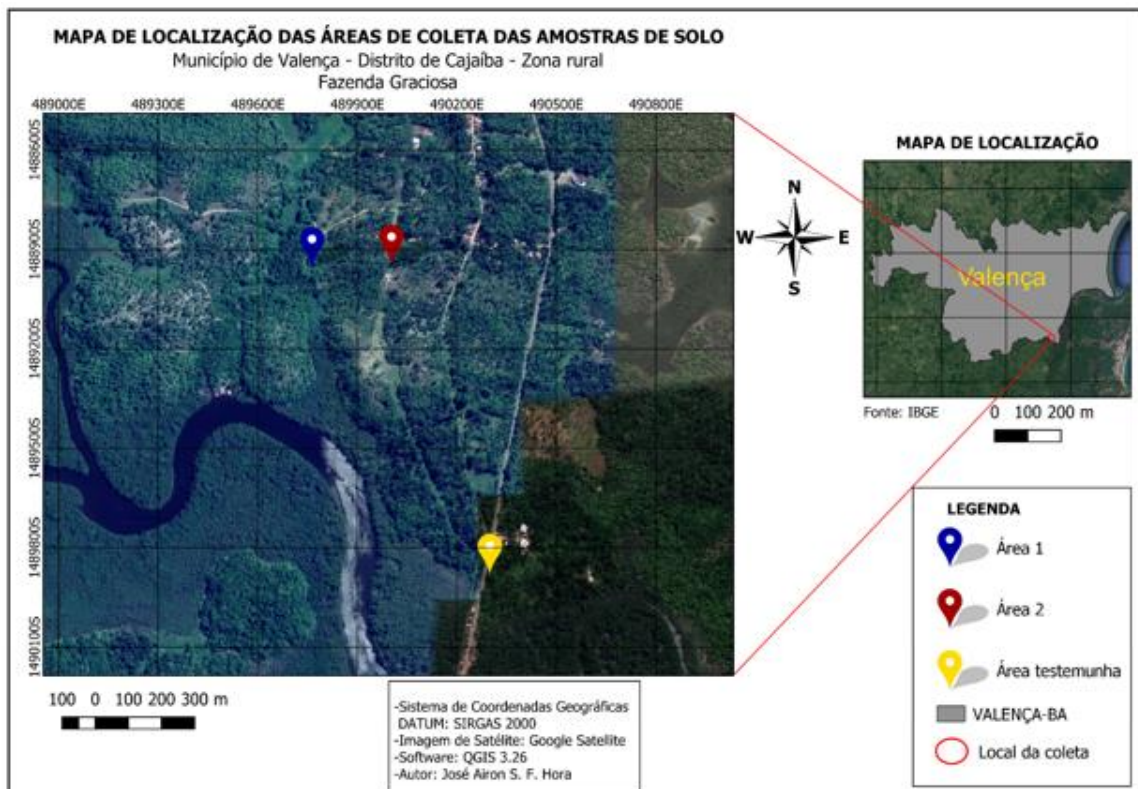


Figura 2 – Localização das áreas de coleta das amostras de solo.
Fonte: Próprio Autor (2023).

O primeiro local de coleta das amostras, ponto de coloração azul no mapa, denominado de **Área 1**, é um local cercado por vegetação de Mata Atlântica com a presença de diversos dendezeiros em seu entorno, onde há uma estreita estrada de terra e gramíneas, improvisada para a passagem do caminhão com os reservatórios onde é armazenado o efluente. A área possui pequenas inclinações, principalmente nas laterais da estrada, porém, o local exato da coleta apresentava um terreno semi-plano. De acordo com o proprietário da empresa, que acompanhou todas as etapas da coleta, o local havia recebido uma descarga do efluente há 25 dias, havendo a dispersão do material ao longo de 30 metros. A Figura 3 mostra o local onde foram coletadas as amostras de solo.



Figura 3 – Área 1 da coleta de amostras de solo.

Fonte: Próprio Autor (2023).

É possível perceber através das imagens a presença dos dendezeiros, em que uma pequena parcela das gramíneas morreu ao entrar em contato com o efluente.

O segundo local de coleta das amostras, ponto de cor vermelha no mapa e denominado **Área 2**, é uma área com leve declividade sendo considerada semi-plano, semelhante ao terreno da **Área 1**. A área possui muitos dendezeiros, mas a vegetação é menos densa, sendo constituída de gramíneas de estatura média (30 cm) e

vegetação rasteira, com a estrada afastada a dez metros. Neste ponto, o local havia recebido uma descarga do efluente há 54 dias, e o material foi disperso por um trajeto de 18 metros. A distância entre a Área 1 e a Área 2 é de, aproximadamente, 280 metros. A Figura 4 mostra as imagens da Área 2.

Figura 2 – Área 2 da coleta de amostras de solo



Figura 4 – Área 2 da coleta de amostras de solo.

Fonte: Próprio Autor (2023).

As imagens na Área 2 de coleta, também, demonstram a presença de dendezeiros e que o fenômeno de degradação das gramíneas se repete, porém, na imagem 4 verifica-se a recuperação da vegetação rasteira.

O terceiro local de coleta das amostras, ponto de coloração amarela no mapa, denominado de **Área Testemunha**, é um local próximo a indústria de azeite de dendê Graciosa, a área também possui dendezeiros, vegetação rasteira de gramíneas e jamais recebeu lançamento de POME. Essa área se chama testemunha pelo fato do solo manter suas características físico-químicas e biológicas naturais, servindo como referência para comparação entre os solos que recebem e os que não recebem o efluente POME. O local é plano e está afastado, aproximadamente, cerca de 1 Km da área onde ocorre o descarte do resíduo líquido onde foi realizada a coleta (Área 1 e

Área 2). A Figura 5 a seguir mostra as imagens que são da **Área Testemunha**, local onde foi realizado a coleta das amostras de solo.



Figura 5 – Área testemunha da coleta de amostras de solo.

Fonte: Próprio Autor (2023).

As imagens referentes a área de testemunha, onde foi feita a coleta de solos, exibem uma vegetação não densa, com gramíneas rasteiras ou sem a presença das mesmas. Desta forma, percebe-se a semelhança entre as áreas de coletas, sendo distintas no quesito receptoras do efluente POME ou não.

2.5 METODOLOGIA DE COLETA DO SOLO

A coleta das amostras do solo foi realizada utilizando como referência técnica o modelo apresentado no Manual de Procedimentos de Coleta de Amostras em Áreas Agrícolas para Análise da Qualidade Ambiental: solo, água e sedimentos, da EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Filizola et al., 2006) e o Manual Coleta de Solo para Análise, EMBRAPA-Amapá (Melém Júnior, 2012).

Para a escolha dos três locais de coleta do solo considerou-se as áreas que apresentam semelhança quanto a sua posição topográfica, tipo e textura de solo e vegetação, a fim de, evitar a divergência nos resultados por objeto que não é o foco do estudo. Sendo selecionado duas áreas que são receptoras do POME e uma que

não sofre o descarte do efluente.

Em cada área foram retiradas o total de 60 subamostras, 30 para a profundidade de 0-20cm e 30 para profundidade de 20-40cm, totalizando com as três áreas 180 amostras. Para fins estatísticos, foi estabelecido que o número de amostragens necessárias seriam três. Antes de coletar as amostras foi feita uma limpeza na área retirando-se galhos, folhas, capim e pedras. O procedimento em cada área contou com a primeira etapa de amostragem coletando 15 amostras introduzindo o trado no solo com a profundidade de 0-20cm, percorrendo a área em ziguezague, com uma distância de 3 metros entre os pontos coletados, armazenando o material coletado em um balde e realizando a mistura das amostras, onde foi retirado 400 gramas de amostra composta do solo que foi ensacado e etiquetado com a devida identificação. Em seguida, o procedimento foi repetido com outras 15 amostras com a mesma profundidade, porém, sendo coletadas em novos buracos e utilizando um balde limpo, obtendo assim duas amostragens para análises. A terceira amostragem foi obtida através da mistura do solo das duas amostragens já obtidas.

Para a amostragem do solo com profundidade de 20-40cm foi utilizado os mesmos buracos em que foi realizada a coleta de 0-20cm, para tal, o trado foi aprofundado até 40cm, logo após a coleta e as duas primeiras amostragens serem estabelecidas, a terceira foi obtida através da mistura entre as duas amostragens já realizadas. Ressalta-se que na coleta de cada amostragem, foi utilizado baldes e sacos limpos, e qualquer resíduo encontrado no trado era removido, evitando assim a contaminação das amostragens. Esse procedimento foi realizado nas três áreas de estudo (Área 1, Área 2 e Área testemunha), totalizando 18 amostragens.

A coleta de amostras com duas profundidades distintas busca analisar o acúmulo de nutrientes e substâncias presentes na superfície do solo e o seu quantitativo conforme ocorre a infiltração do efluente no solo. A Figura 6 apresenta a coleta das amostras de solo realizada nas áreas selecionadas para o estudo.



Figura 6 – Coleta de amostras de solo.

Fonte: Próprio Autor (2023).

No momento da coleta e amostragem, identificou-se que o solo estava muito úmido, o que inviabiliza as análises em laboratório, portanto, fez-se necessário colocá-lo para secagem em local limpo, coberto e ventilado, mantendo a devida identificação, para que, após seco fosse encaminhado para a etapa das análises. A Figura 7 demonstra a etapa de secagem do solo.

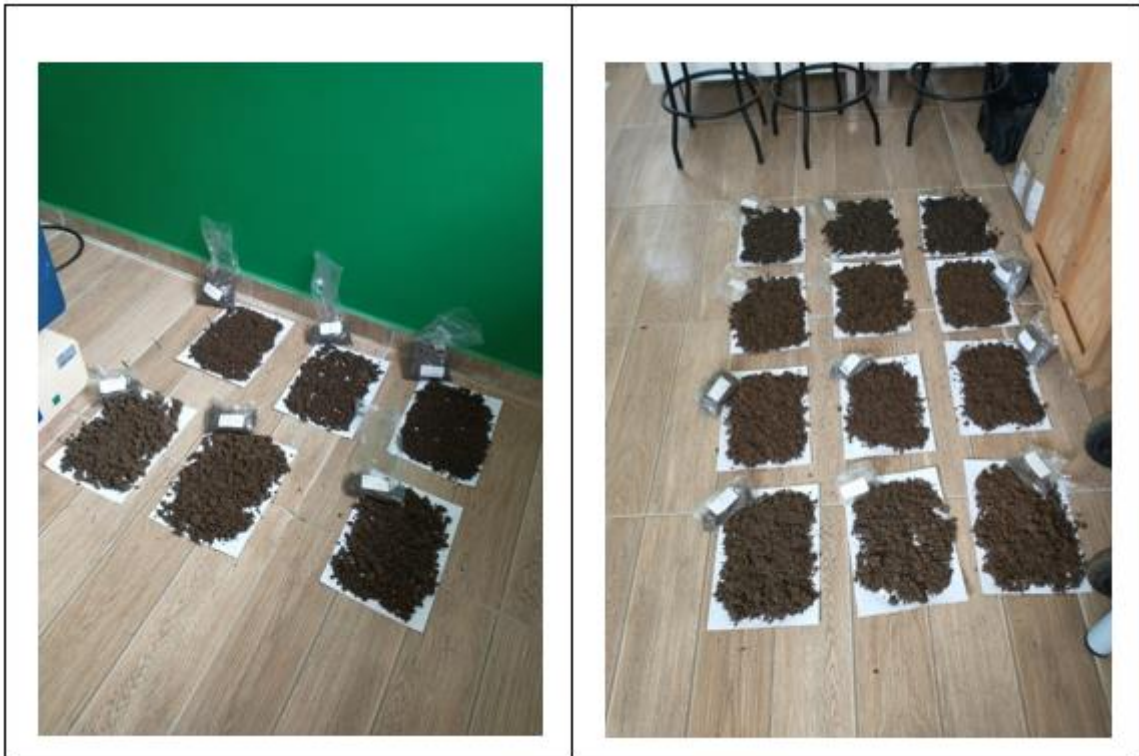


Figura 7 – Secagem do solo.

Fonte: Próprio Autor (2023).

2.6 ANÁLISES LABORATORIAIS DO SOLO

Na etapa das análises das amostras, foi determinado os parâmetros necessários para a verificação dos nutrientes e substâncias físico-químicas, sendo: análises químicas e físicas do solo para fins de avaliação da fertilidade, com os seguintes parâmetros e métodos aplicados:

Quadro 1 – Análise Química de solos para fins de avaliação da fertilidade

Análise Química de solos para fins de avaliação da fertilidade	
Parâmetros	Tipos de Análises
Fósforo (P)	Extrator Mehlich-1, com determinação por Espectrofotometria (mg/dm ³).
Potássio (K)	Extrator Mehlich-1, com determinação por fotometria (mg/dm ³).
Sódio (Na)	Extrator Mehlich-1, com determinação por fotometria (mg/dm ³).
Enxofre (S)	Extrator Ca(H ₂ PO ₄) ₂ 0,01mol/L, com determinação por espectrofotometria (mg/dm ³)
Cálcio (Ca)	Extrator KCl 1mol/L, com determinação por Espectrofotômetro de Absorção Atômica (cmolc/dm ³)

Magnésio (Mg)	Extrator KCl 1mol/L, com determinação por Espectrofotômetro de Absorção Atômica (cmolc/dm ³)
Alumínio (Al)	Extrator KCl 1mol/L com determinação por titulação (cmolc/dm ³)
Acidez Potencial (H+Al)	Determinação via pH SMP (cmolc/dm ³)
pH em H ₂ O	Relação 1:2,5
Matéria Orgânica (M.O)	Colorimetria (dag/dm ³)
Ferro (Fe)	Extrator Mehlich-1, com determinação por Espectrofotômetro de Absorção Atômica (mg/dm ³).
Zinco (Zn)	Extrator Mehlich-1, com determinação por Espectrofotômetro de Absorção Atômica (mg/dm ³).
Cobre (Cu)	Extrator Mehlich-1, com determinação por Espectrofotômetro de Absorção Atômica (mg/dm ³).
Manganês (Mn)	Extrator Mehlich-1, com determinação por Espectrofotômetro de Absorção Atômica (mg/dm ³).
Boro (B)	Extrator Água quente - BaCl ₂ .2H ₂ O 0,125%, com determinação por Espectrofotometria (mg/dm ³).
CTC a pH 7,0 (T)	
CTC efetiva (t)	
Saturação de alumínio (m)	
Saturação de bases (V)	
Saturação de Ca na CTC a pH 7,0	
Saturação de K na CTC a pH 7,0	
Saturação de Mg na CTC a pH 7,0	
Saturação de Na na CTC a pH 7,0 ou índice de saturação de sódio	
Relação entre Bases (Ca/Mg, Ca/K, Mg/K)	
Soma de Bases (SB)	

Fonte: Próprio Autor (2023).

Quadro 2 – Análise Física de solos para fins de avaliação da fertilidade – Granulometria e classe textural

Análise Física de solos para fins de avaliação da fertilidade – Granulometria e classe textural.	
Argila	Dispersão mecânica em solução dispersante de NaOH 1mol/L, e separação das frações por peneiramento e sedimentação; Quantificação por pesagem; Argila por densímetro, (g/kg).
Areia Grossa	
Areia Fina	
Areia Total	
Silte	
Classe Textural	Conforme Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Fonte: Próprio Autor (2023).

Para determinação dos parâmetros e métodos foi utilizado como referências os métodos analíticos para fins agrônômicos conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997; 1998 e 2009); Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solos de Minas Gerais – PROFERT/MG (1997); Instituto Agrônômico - IAC (Raij, Andrade & Quaggio, 2001); Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo ESALQ/USP (Malavolta, Vitti & Oliveira, 1997); (Mendonça & Matos, 2005).

Após as análises e os resultados serem obtidos, foi realizado o comparativo dos parâmetros utilizando referências bibliográficas de outros autores, com valores gerais de referência para interpretação da análise de solos voltada para fertilidade. Também foi realizado o comparativo com a Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Desta forma, verificou-se se os valores das substâncias analisadas estão em conformidade com a legislação vigente e se o efluente POME tem potencial de fertilização no solo.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, constatando diferenças significativas, ao teste de Tukey com 0,95% de significância utilizando o programa de análise estatística - SISVAR (Ferreira, 2019).

2.7 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA, METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DO POME

O efluente proveniente da produção de óleo de palma/dendê, POME - Palm Oil Mill Effluent, é acumulado e armazenado em um tanque, localizado dentro da própria empresa. A estrutura do tanque é construída em alvenaria e impermeabilizada, para evitar vazamentos do efluente na área da indústria, o local é coberto e o entorno possui piso de concreto. O ponto com a coordenada do local de coleta foi obtido através do aplicativo C7 GPS Campeiro, instalado em smartphone. A Figura 8 apresenta a localização onde o tanque está situado dentro da empresa.

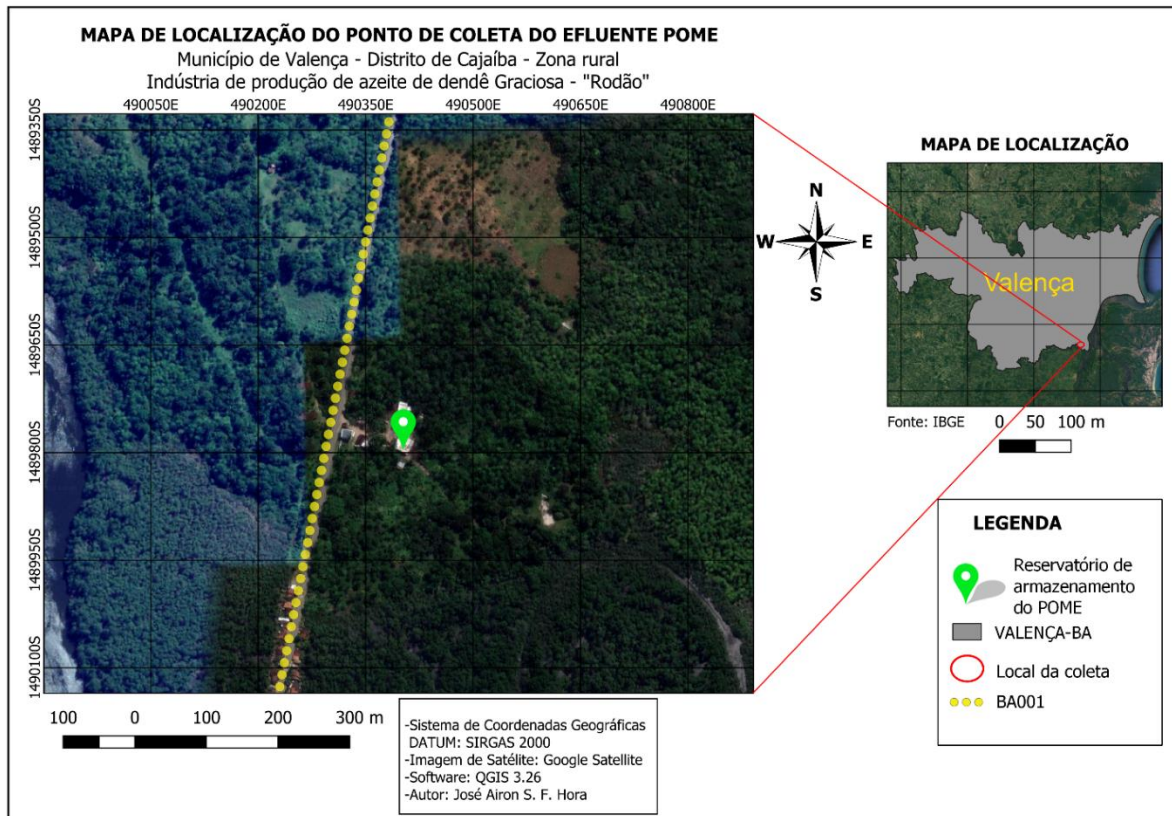


Figura 8 – Localização da área de coleta da amostra de POME.

Fonte: Próprio Autor (2023).

O mapa demonstra o local exato na área onde está situado o tanque com o efluente acumulado, a coleta da amostra e análise *in loco* de alguns parâmetros foi realizada nesse setor da empresa.

2.8 METODOLOGIA DE COLETA DO POME

A coleta da amostra do efluente foi realizada utilizando como referência técnica instruções apresentadas no guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. Sendo utilizada a amostragem simples, que é a coletada em uma única tomada de amostra.

O material utilizado para a realização da coleta foi; 2 baldes de 20 litros de polietileno rígido, recipientes de vidro e plástico, já etiquetados, esterilizados próprios para a coleta do material, uma caixa térmica de isopor, gelo e luvas. Abaixo, seguem

as especificações dos recipientes que foram utilizados na coleta da amostra do efluente.

Quadro 3 – Especificações dos Recipientes

Preservação e distribuição dos itens de ensaio		
Descrição resumida da preservação	Capacidade dos recipientes utilizados	Recipiente
Refrigeração para Sólidos Sedimentáveis	1.000mL	Plástico/Vidro
Refrigeração	250mL	Plástico
Ácido Sulfúrico (pH<2)	500mL	Plástico
Ácido Sulfúrico (pH<2) p/ Óleos e Graxas	2x120mL	Vidro
Tiosulfato de sódio + EDTA (anticoagulante) + Refrigeração, Coliformes fecais/totais	250 mL	Vidro
Ácido Nítrico (pH<2)	500mL	Plástico

Fonte: Próprio Autor (2023).

Utilizando os baldes de polietileno rígido, foi retirado do tanque de armazenamento uma parcela do efluente, de modo a facilitar a coleta com os recipientes de amostragem que são menores. Os frascos foram inseridos no balde, de forma inclinada, e abastecidos por completo, em seguida foram vedados com suas tampas e dispostos na caixa térmica de isopor com gelo, para manter as amostras refrigeradas e garantir a integridade de sua composição e a obtenção dos resultados corretos nas análises (Figura 9).

No local, foi realizado as análises de Temperatura (T), pH, Condutividade Elétrica (EC), Oxigênio Dissolvido (OD), Saturação do Oxigênio Dissolvido (SOD), Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) e a Salinidade (S) do efluente, utilizando uma sonda multiparâmetros Hanna HI9829.



Figura 9 – Utilização da sonda multiparâmetro e recipientes da amostragem.
Fonte: Próprio Autor (2023).

Na figura 9 é possível observar a utilização da sonda multiparâmetro Hanna HI9829, e os recipientes que foram utilizados para armazenamento das amostras do POME. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o laboratório em 5 horas, onde iniciou-se os procedimentos de análises.

2.9 ANÁLISES LABORATORIAIS DO POME

Os parâmetros determinados para a análise e caracterização do efluente POME foram determinados considerando o processo produtivo do azeite de dendê, com a legislação vigente CONAMA nº 420 e através de referência bibliográfica, sendo essa, Tratamento de efluentes líquidos: uma perspectiva para o desenvolvimento sustentável, Editora Ampila, 2020. Além do trabalho denominado Tratamento e controle dos Efluentes industriais (Giordano, 2003).

Quadro 4 – Utilização da sonda multiparâmetro e recipientes da amostragem

Parâmetros	Unidade	Método
Sólidos sedimentáveis	ml/L	EN 004 QGI (SMEWW 2540 F)
DBO	mg/L	EN 056 QGI (SMEWW 5210 B)
DQO	mg/L	EN 027 QGI (SMEWW 5220 D)
Óleos e graxas	mg/L	EN 168 QGI (SMEWW 5520 B)
Coliformes totais	UFC/100mL	EN 005 MIC (SMEWW 9222 A,B,C) - Membrana Filtrante

Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	EN 005 MIC (SMEWW 9222 A,B,D) - Membrana Filtrante
Nitrogênio total	mg/L	EN 158 QGI (Merck)
Fósforo total	mg/L	EN 013 QGI (SMEWW 4500-P E)
Cádmio (Cd) total	mg/L	EN 120 ESP(ASTM D 3557-02A)
Níquel (Ni) total	mg/L	EN 104 ESP (ASTM D 1886-14A)
Cromo (Cr) total	mg/L	EN 106 ESP (ASTM D 1687-12)
Chumbo (Pb) total	mg/L	EN 119 ESP(ASTM D3559 08 Mod.)
Bário (Ba) total	mg/L	EN 109 ESP (ASTM D 3651-16)
Arsênio (As) total	mg/L	EPA 3015A, 2007; PR-BLIII-130; SMWW 23ªEdição, Método 3120B

Fonte: Próprio Autor (2023).

O método utilizado para a realização das análises foi o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMEWW, em sua 23ª edição.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DO EFLUENTE POME

Na Tabela 1 encontram-se os resultados dos parâmetros de caracterização do POME.

Tabela 1 – Caracterização do efluente (POME)

PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADE	LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO	MÉTODO
Sólidos sedimentáveis	R	ml/L	0,1	EN 004 QGI (SMEWW 2540 F)
DBO	19700	mg/L	1,1	EN 056 QGI (SMEWW 5210 B)
DQO	141000	mg/L	31	EN 027 QGI (SMEWW 5220 D)
Óleos e graxas	3520	mg/L	1,0	EN 168 QGI (SMEWW 5520 B)
Coliformes totais	8,0x10 ⁵	UFC/100mL	1	EN 005 MIC (SMEWW 9222 A,B,C) - Membrana Filtrante
Coliformes termotolerantes	4,5x10 ²	UFC/100mL	1	EN 005 MIC (SMEWW 9222)

				A,B,D) - Membrana Filtrante
Nitrogênio total	1050	mg/L	0,17	EN 158 QGI (Merck)
Fósforo total	1680	mg/L	0,076	EN 013 QGI (SMEWW 4500-P E)
Cádmio (Cd) total	0,08	mg/L	0,02	EN 120 ESP (ASTM D 3557-02A)
Níquel (Ni) total	0,4	mg/L	0,2	EN 104 ESP (ASTM D 1886-14A)
Cromo (Cr) total	<0,07	mg/L	0,07	EN 106 ESP (ASTM D 1687-12)
Chumbo (Pb) total	2,1	mg/L	0,2	EN 119 ESP (ASTM D3559 08 Mod.)
Bário (Ba) total	<0,7	mg/L	0,7	EN 109 ESP (ASTM D 3651-16)
Arsênio (As) total	<0,01	mg/L	0,01	EPA 3015A, 2007; PR-BLIII-130; SMWW 23ª Edição, Método 3120B
Temperatura	29,4	°C		
Condutividade	10,75	dS m ⁻¹		
pH	4,02			
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,1	mg/L		
Saturação OD	1	mg/L		
Sólidos Totais	5,39	mg/L		
Salinidade	6,32			

Fonte: Próprio Autor (2023).

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 430/11, que estabelece condições e parâmetros para o lançamento de efluentes em corpos de água receptores, apesar de não se aplicar ao lançamento de efluentes no solo, prevê em seu artigo 2º, que a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Portanto, pelo fato desta norma determinar parâmetros para lançamento de efluentes em corpo hídrico subterrâneo, a mesma pode também ser utilizada como referência com relação aos parâmetros de lançamento de efluentes no solo. Para a comparação entre os valores obtidos nas análises da amostra e os valores máximos

indicados na resolução utilizou-se os parâmetros para pH (com valores entre 5 e 9), temperatura inferior a 40°C, Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO máximo de 120 mg/L, óleos e graxas de origem vegetal (até 50 mg/L), Cádmio (0,2 mg/L), Níquel (2,0 mg/L), Cromo (0,1 mg/L), Chumbo (0,5 mg/L), Bário (5,0 mg/L) e Arsênio (0,5 mg/L). Os valores obtidos nas análises laboratoriais da amostra apresentaram os resultados para pH (4,02), temperatura (29,4°C), DBO (19.700 mg/L), óleos e graxas de origem vegetal (3.520 mg/L), Cádmio (0,08 mg/L), Níquel (0,4 mg/L), Cromo (<0,07 mg/L), Chumbo (2,1 mg/L), Bário (<0,7 mg/L) e Arsênio (<0,01 mg/L).

Através da comparação dos resultados obtidos, percebe-se que para os parâmetros metais pesados, o chumbo foi o único elemento que não atendeu a resolução, apresentando um valor superior a quatro vezes mais do que o exigido pela legislação. O chumbo, quando absoldido em concentrações superiores a indicada na resolução, possui alto potencial de toxicidade, podendo afetar o sistema nervoso, renal, cardiovascular e de reprodução humana (Moreira, 2003). Todos os demais parâmetros inorgânicos (Cádmio, Níquel, Cromo, Bário e Arsênio) apresentaram valores a baixo do exigido pela Resolução N° 430/11, com destaque para o Arsênio que teve um valor cinquenta vezes inferior ao exigido na resolução.

Já para os demais parâmetros o único que atendeu a norma foi a temperatura do efluente, que foi de 29,4°C quando o limite máximo exigido é de 40°C, uma diferença de 10,6°C. O pH também não atendeu ao exigido por lei, que é de valores entre 5 e 9, apresentando um valor de pH 4,02 indicando que o efluente é um meio ácido. Os demais parâmetros revelaram valores exorbitantes acima do determinado pela resolução, com a DBO apresentando 19.700 mg/L, enquanto o máximo permitido é de 120 mg/L, um valor 164 vezes superior ao estabelecido pela resolução, a correlação entre os óleos e graxas de origem vegetal indicaram que a diferença entre o valor da amostra e o estabelecido pela resolução, superou em mais de 70 vezes o valor permitido.

Resolução CONAMA N° 503/21, que “define critérios e procedimentos para o reuso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias” e define a fertirrigação como técnica de adubação que utiliza efluentes para dispor nutrientes ao solo, permitindo inserir elemento químico de uso agrônômico, podendo ser orgânico ou inorgânico via água de irrigação.

Desse modo, utilizou-se desta resolução os parâmetros para pH (com valores

entre 5 e 9), óleos e graxas de origem vegetal (até 50 mg/L), coliformes termotolerantes *E. Coli* (até 10.000 UFC/100mL), Nitrogênio (15.000 mg/L) e Fósforo (41,0 a 79,9mg/L). Devido aos valores desta resolução, para pH e óleos e graxas, serem iguais aos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 430/09, sabe-se que ambos os parâmetros estão em desconformidade com a legislação citada. Em relação aos parâmetros para coliformes termotolerantes *Escherichia coli*, Nitrogênio e Fósforo, os valores obtidos nas análises foram; coliformes termotolerantes *E. coli* (450 UFC/100mL), Nitrogênio (1.050mg/L) e Fósforo (1.680mg/L). Observa-se que o parâmetro de coliformes termotolerantes *E. coli* está dentro do exigido pela Resolução CONAMA N° 503/21, com um valor inferior de 22 vezes ao limite máximo determinado. O fósforo apresentou valor acima do permitido, com resultado 21 vezes superior ao imposto pelo regramento. Por fim, o nitrogênio mostrou-se significativamente abaixo do valor exigido, atendendo inclusive, ao parágrafo único da resolução supracitada, onde diz que para os parâmetros de nitrogênio e fósforo os valores, não devem ultrapassar 80% do valor máximo constante na classificação Alto, que é de 15.000 mg/L, enquanto o valor de nitrogênio (1.050 mg/L) representa 7% do limite máximo exigido.

Os demais parâmetros que foram obtidos a partir das análises da amostra, Demanda Química de Oxigênio – DQO, Coliformes Totais, Condutividade, Oxigênio Dissolvido – OD, Saturação OD, Sólidos Totais e Salinidade, não possuem citação ou valores estipulados pelas resoluções do CONAMA N° 430/2011, de modo que, não foi possível sua abordagem para efeito comparativo nos preceitos da legislação vigente. Foi possível observar, também, que o resultado para os sólidos sedimentáveis foi inconclusivo, visto que, o resultado foi rejeitado devido à interferência da matriz que influenciou no desempenho do método, a amostra apresenta uma consistência elevada, não permitindo a análise de sólidos sedimentáveis pois, não é possível separar a fase sólida da fase líquida, do efluente.

A partir das análises dos resultados e sua discussão, pode-se concluir que, apesar do efluente POME estar dentro do limite máximo determinado pelas resoluções para os parâmetros cádmio, níquel, cromo, bário, arsênio, temperatura, coliformes termotolerantes *E. coli* e nitrogênio, o efluente é considerado inadequado para seu lançamento em corpos hídricos e no solo, uma vez que, o efluente não atende a todos os parâmetros estabelecidos pelas resoluções orientadoras que foram abordadas no presente trabalho, com os parâmetros para chumbo, pH, DBO, óleos e graxas e

fósforo, superiores aos valores máximos determinados pelas resoluções.

Estes parâmetros em desconformidade com as resoluções podem causar impactos negativos em recursos hídricos, ao solo e a saúde humana. Em relação ao parâmetro fósforo, pode provocar impactos negativos na qualidade das águas através do aumento da concentração deste nutriente, causando a eutrofização de corpos hídricos (Klein & Agne, 2012). Já para a DBO, os despejos de origem orgânica podem induzir ao esgotamento de oxigênio, interferindo no equilíbrio da vida aquática (Pereira, 2007). A presença de óleos e graxas em excesso pode interferir na disponibilidade de nutrientes no solo devido a ocorrência da imobilização dos mesmos durante sua decomposição (Rashid & Voroney, 2004). Com relação ao chumbo, a exposição crônica e seu efeito de bioacumulação, pode causar danos à saúde humana, prejudicando o sistema nervoso central e provocar deficiência dos músculos extensores, entre outros impactos (Passagli, 2011).

Portanto, indica-se que o efluente que não se enquadra dentro dos limites máximos de valores para parâmetros definidos nas resoluções abordadas, deve passar por tratamento ambientalmente adequado, a fim de, se enquadrar e atender as resoluções vigentes.

3.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE SOLO

Os resultados dos parâmetros obtidos nas análises das amostras de solo em laboratório são apresentados na Tabela 2 e Tabela 3 a seguir.

Tabela 2 – Resultados de parâmetros de macro, micronutrientes e pH do Solo

Parâmetros de macro, micronutrientes e pH do solo								
0-20 cm								
Área	S	P	Fe	Zn	Cu	Mn	B	pH H ₂ O
mg dm ⁻³								
Área Testemunha	5,0c	3,0a	287,0b	0,43b	1,90a	2,3a	0,17a	4,7
Área 1 (POME)	14,3a	3,3a	429,7a	0,50b	0,33b	2,0a	0,17a	5,3
Área 2 (POME)	8,3b	3,3a	443,7a	0,83a	0,33b	2,7a	0,15a	5,4
20-40 cm								
Área	S	P	Fe	Zn	Cu	Mn	B	pH H ₂ O

	mg dm ⁻³							
Área Testemunha	3,3b	2a	257,7b	0,23ab	1,37a	1a	0,13a	4,8
Área 1 (POME)	11,0a	2a	438,0a	0,20b	0,13b	1a	0,12a	4,77
Área 2 (POME)	6,0b	2a	386,0a	0,40a	0,13b	1a	0,11a	5,33

Fonte: Próprio Autor (2023).

Para fins comparativos e de discussão dos resultados obtidos a partir das análises de amostras do solo, os valores apresentados pelas análises foram contrastados com a Resolução CONAMA 420/2009, que estipula os valores com limite máximo de substâncias químicas para resguardar a qualidade do solo em consequência de atividades antrópicas. A determinação da classificação textural dos solos identificou a tipificação dos solos de cada área, apresentando o tipo de solo como Argissolo Amarelo, sendo a seguinte classificação textural para a camada de 0-20 cm; área testemunha (Franco Arenoso), área 1 (Franco Arenoso) e área 2 (Areia Franca).

As análises para zinco (Zn) determinaram que na profundidade de 0-20cm o menor valor foi na área testemunha (0,43 mg.dm⁻³) e o maior valor na Área 2 (0,83 mg.dm⁻³), o método estatístico apontou que entre essas duas amostras houve diferença significativa, enquanto a área 1, com (0,5 mg.dm⁻³) não houve diferença significativa com relação a área testemunha. A área 2 pode ter recebido lançamento em maior quantidade do efluente, justificando sua concentração elevada na camada mais superficial e a diferença significativa para a área testemunha. Já nas amostras com 20-40cm de profundidade, não existiu diferença significativa entre a área testemunha (0,23 mg.dm⁻³) e as duas áreas que receberam carga do efluente, área 1 (0,20 mg.dm⁻³) e área 2 (0,4 mg.dm⁻³). A redução da concentração na profundidade de 20-40 pode ter ocorrido pelo fenômeno de infiltração, dispersando e reduzindo a concentração de zinco. A Resolução CONAMA aponta que o limite máximo para zinco é de 450 mg.kg⁻¹, em setor agrícola, e considerando que as unidades de medidas são equivalentes, conclui-se que o zinco está em consonância em todas amostras das áreas analisadas, em ambas profundidades, com o limite determinado pela resolução.

No parâmetro Cobre (Cu) as amostras de solo apresentaram os seguintes valores na camada de solo de 0-20 cm; área testemunha (1,90 mg.dm⁻³), área 1 (0,33 mg.dm⁻³) e área 2 (0,33 mg.dm⁻³), a diferença entre os valores da área testemunha e

das duas áreas que receberam o efluente foram significativas, com a área testemunha apresentando um valor 5 vezes superior de concentração de cobre em relação as outras áreas. O mesmo resultado foi observado para a profundidade de 20-40cm, com a área testemunha obtendo o valor de $(1,37 \text{ mg.dm}^{-3})$, a área 1 $(0,13 \text{ mg.dm}^{-3})$ e a área 2 $(0,13 \text{ mg.dm}^{-3})$, havendo diferença significativa entre a área testemunha e as duas áreas, de descarte de POME ou seja, nas duas profundidades do solo em que as amostras foram coletadas, a área Testemunha (sem descarte de POME) apresentou valores de cobre superior aos das áreas de descarte do resíduos líquido.

Confrontando esses valores com o da resolução CONAMA 420/2009, que é de 200 mg.kg^{-1} , conclui-se que a concentração para o parâmetro cobre atende as especificações da resolução. Ressalta-se que para os parâmetros de cobre e zinco, o excesso pode causar toxidez as plantas, ocasionando uma redução severa de crescimento, podendo levar à morte da planta (Zampieri, 2010), o que não ocorre nessas áreas.

Analisando os resultados para os parâmetros mangânes (Mn) e boro (B), percebe-se que não houve diferença significativa para esses micronutrientes, independente da camada na qual o solo foi coletado para amostragem. Os resultados para o manganês na camada 0-20cm foram, área testemunha $(2,3 \text{ mg.dm}^{-3})$, área 1 $(2,0 \text{ mg.dm}^{-3})$ e área 2 $(2,7 \text{ mg.dm}^{-3})$, já na camada de 20-40 cm os resultados apontaram valores iguais em todas as áreas, sendo esses, área testemunha (1 mg.dm^{-3}) , área 1 (1 mg.dm^{-3}) e área 2 (1 mg.dm^{-3}) . Os valores dos resultados apresentados para o parâmetro boro, também não apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey, entre as concentrações encontradas no solo, sendo essas, profundidade 0-20cm, área testemunha $(0,17 \text{ mg.dm}^{-3})$, área 1 $(0,17 \text{ mg.dm}^{-3})$ e área 2 $(0,15 \text{ mg.dm}^{-3})$, para a profundidade do solo de 20-40 cm os resultados obtidos foram; área testemunha $(0,13 \text{ mg.dm}^{-3})$, área 1 $(0,12 \text{ mg.dm}^{-3})$ e área 2 $(0,11 \text{ mg.dm}^{-3})$. Por não haver diferença significativa para as concentrações desses dois parâmetros nos solos das diferentes áreas, é possível inferir que o lançamento do POME, no solo amostrado, não altera significativamente as concentrações de manganês e boro.

A resolução CONAMA Nº 420/2009 não apresenta valores com os limites máximos para concentração de manganês e boro, de modo que, o fator comparativo com a resolução é inviabilizado, porém, utilizou-se valores gerais de referência, para interpretação das análises dos dados que não possuem valores estipulados na resolução, baseados nos Manuais de Recomendação de Adubação dos Estados do

Espírito Santo (2001 a 2007), Minas Gerais (1999) e São Paulo (1996). A classificação determinada para o Boro foi subdividida da seguinte forma; Muito Baixo ($<0,15 \text{ mg.dm}^{-3}$), Baixo ($0,16 \text{ mg.dm}^{-3}$ a $0,35 \text{ mg.dm}^{-3}$), Médio ($0,36 \text{ mg.dm}^{-3}$ a $0,60 \text{ mg.dm}^{-3}$), Alto ($0,61 \text{ mg.dm}^{-3}$ a $0,9 \text{ mg.dm}^{-3}$) e Muito Alto ($>0,90 \text{ mg.dm}^{-3}$). Utilizando os valores atribuídos na classificação, constata-se que as amostras de solo para o Boro, na profundidade 0-20 cm, na área testemunha e na área 1, classifica-se como concentração baixa, e na área 2 como concentração muito baixa. Já para a profundidade 20-40 cm, todas as concentrações foram muito baixas.

A classificação determinada para o manganês foi; Muito Baixo ($<6 \text{ mg.dm}^{-3}$), Baixo (6 mg.dm^{-3} a 11 mg.dm^{-3}), Médio (12 mg.dm^{-3} a 130 mg.dm^{-3}), Alto ($>130 \text{ mg.dm}^{-3}$) e Muito Alto (não determinado). Confrontando os resultados obtidos para concentração de manganês com a classificação determinada constata-se que todos os valores das amostras apresentaram concentração do tipo Muito Baixo. Concentrações muito baixas de boro no solo podem ocasionar deficiência desse elemento para as plantas, por outro lado, no entanto, elevadas concentrações causam toxidez, quando muito alta, afetando os tecidos vegetais (Malavolta et al., 1997). Já as grandes concentrações de manganês podem ocasionar toxidade nos tecidos vegetais (Prado, 2021).

As análises para o parâmetro Enxofre (S) determinaram que na profundidade de 0-20cm houve significância dos resultados entre as amostras para as três áreas, com os seguintes valores; área testemunha ($5,0 \text{ mg.dm}^{-3}$), área 1 ($14,3 \text{ mg.dm}^{-3}$) e área 2 ($8,3 \text{ mg.dm}^{-3}$), indicando que nessa camada de solo, nas áreas onde houve o descarte do POME (área 1 e área 2) os valores foram superiores quando comparado a área testemunha. Na camada de solo de 20-40 cm a significância dos resultados ocorreu apenas entre a área testemunha e a área 1, sendo a concentração da área testemunha ($3,3 \text{ mg.dm}^{-3}$) e da área 1 (11 mg.dm^{-3}). É possível observar que conforme a profundidade do solo aumenta, os valores de S em suas respectivas áreas reduziram, permanecendo na superfície do solo (0-20 cm) os valores mais elevados da concentração de S. Todas as áreas que foram receptoras do efluente tiveram seus valores superiores aos da área testemunha.

De acordo com a classificação atribuída pelos valores de referência para o enxofre, Baixo ($<5 \text{ mg.dm}^{-3}$), Médio (5 mg.dm^{-3} a 10 mg.dm^{-3}) e Alto ($>10 \text{ mg.dm}^{-3}$), na camada 0-20 cm a área testemunha e área 2 são classificadas como valores de concentração médios, a área 1 é classificada como valor alto. Na profundidade 20-40

cm a área testemunha classifica-se como baixo, a área 1 como valor alto e, por fim, a área 2 como valor médio. A EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária afirma em seu site institucional que “os níveis críticos de S são 3 e 9 mg.dm^{-3} para solos com teor de argila menor ou igual a 40%, respectivamente nas profundidades 0 a 20 cm e 20 a 40 cm” (EMBRAPA, 2021). A classificação textural da camada de 0-20 cm dos solos analisados varia entre areia franco e franco arenoso, sendo que, ambos tipos de solo possuem alto índice de areia em relação ao teor de argila, com o franco arenoso apresentando menos do que 15% de argila (USP, 2015).

Para o parâmetro de Fósforo (P) os valores de concentração das amostras apontam que não houve valor de significância nas amostras entre nenhuma das áreas, para as duas profundidades analisadas, independente do lançamento do POME. Em relação a classificação através dos valores orientadores, Muito Baixo ($<3 \text{ mg.dm}^{-3}$), Baixo (3 mg.dm^{-3} a 5 mg.dm^{-3}), para a profundidade de 0-20 cm as três áreas são classificadas como valor de concentração do (P) Baixo e profundidade de 20-40 cm as três áreas classificaram-se como Muito Baixa.

O Ferro (Fe) apresentou valores de concentração na camada do solo de 0-20cm área testemunha (287 mg.dm^{-3}), área 1 ($429,7 \text{ mg.dm}^{-3}$) e área 2 ($443,7 \text{ mg.dm}^{-3}$), já na camada de 20-40 cm os valores foram, área testemunha (257 mg.dm^{-3}), área 1 (438 mg.dm^{-3}) e área 2 (386 mg.dm^{-3}), a partir desses resultados, verificou-se que houve variância significativa entre as áreas testemunha e as duas áreas que foi descartado o POME (Área 1 e Área 2), para as duas camadas de solo. A área testemunha apresentou valores inferiores aos das áreas 1 e 2, tanto na camada de solo de 0-20 cm, quanto na camada de solo de 20-40 cm. O (Fe) não apresenta valores de referência na Resolução Conama Nº 420, portanto, foi utilizado os valores orientadores que indicam para o ferro as referências de concentração, Muito Baixo ($<20 \text{ mg.dm}^{-3}$), Baixo (21 mg.dm^{-3} a 31 mg.dm^{-3}), Médio (31 mg.dm^{-3} a 200 mg.dm^{-3}), Alto ($>200 \text{ mg.dm}^{-3}$). Todos os resultados obtidos nas análises do solo para ferro (Fe) apresentaram valores na classificação Alto. Ressalta-se que nas áreas em que o efluente foi descartado, os valores da concentração de ferro foram, significativamente, superiores aos da área testemunha. A concentração de Fe no solo, para que se tenha toxicidade para as plantas, depende das características de cada espécie, nutrição e de sua idade (Jucoski, 2016) apud (Dobermann; Fairhurst, 2000).

Os resultados obtidos para os valores de pH para a profundidade do solo de 0-20 cm foram, na área testemunha (4,7), na área 1 (5,3) e na Área 2 (5,4),

demonstrando que nas áreas onde houve lançamento do resíduo líquido POME ocorreu uma pequena elevação de pH, tornando as amostras de solo menos ácidas. Já na profundidade do solo de 20-40 cm a área testemunha obteve pH de (4,8), a área 1 (4,77) e na área 2 (5,3), indicando que apenas a área 2, que recebeu contribuição do POME, teve seu pH elevado. O pH impacta de forma diferente para cada tipo de macro e micronutrientes, reduzindo ou aumentando sua concentração de acordo com o meio que o nutriente melhor reage, ácido, básico ou neutro (Camargo, 2006).

Na Tabela 3, seguem os parâmetros que são indicadores para a fertilidade do solo.

Tabela 3 – Resultado dos parâmetros de fertilidade do solo

Parâmetros de Fertilidade do solo										
0-20 cm										
Área	pH	Ca	Mg	K	Na	Al ³⁺	H + Al ³⁺	CTC pH7	V	M.O
cmolc kg-1									%	dag kg-1
Área Testemunha	4,7b	0,80a	0,33b	0,07b	0,08a	1,37a	7,0a	8,3a	14,6b	2,76a
Área 1 (POME)	5,3a	0,77a	0,67a	0,43a	0,11a	0,30b	3,8b	5,8b	32,3a	2,13b
Área 2 (POME)	5,4a	0,87a	0,33b	0,30a	0,10a	0,27b	3,1b	4,7c	32,6a	2,04b
20-40 cm										
Área	pH	Ca	Mg	K	Na	Al ³⁺	H + Al ³⁺	CTC pH7	V	M.O
cmolc kg-1									%	
Área Testemunha	4,8b	0,30b	0,2a	0,05b	0,07a	1,3a	6,77a	7,4a	7,0b	2,1a
Área 1 (POME)	4,7b	0,36b	0,2a	0,36a	0,08a	0,8b	4,27b	5,2b	15,3a	1,5b
Área 2 (POME)	5,3a	0,50a	0,2a	0,27a	0,10a	0,3c	2,37c	3,3c	24,3a	1,0c

Fonte: Próprio Autor (2023).

Na tabela 3, é possível observar que a área testemunha da profundidade 0-20 cm está com um pH ácido, com o valor de (4,7), e nas duas áreas de coleta das amostras de solo onde houve o lançamento do POME, o pH foi elevado para (5,3) na área 1 e (5,4) na área 2, indicando que ocorreu um efeito nos primeiros centímetros de solo, já em profundidade (camada de 20-40 cm) esse efeito de elevação do pH foi observado apenas na área 2 (5,3), sendo que na área testemunha a essa profundidade o valor do pH foi de (4,8). Constata-se que houve um efeito positivo na avaliação do pH, visto que, apesar das áreas em geral ainda permanecerem ácidas, é possível inferir essa elevação do pH ao lançamento do efluente, melhorando a condição do solo.

No parâmetro de Saturação de Bases (V), o POME contribuiu significativamente para o aumento da saturação de base (V) do solo, representando mais do dobro da porcentagem da área testemunha (14,6%), para as áreas 1 e 2, que apresentaram (32,3%) e (32,6%) respectivamente, para a camada do solo de profundidade 0-20cm. Na profundidade de 20-40cm, o comportamento se repetiu, com a área testemunha exibindo a saturação de base (V) com (7%), enquanto a área 1 obteve o dobro (15,3%) e a área 2 apresentou porcentagem superior ao triplo da área testemunha, com (24,3%). A análise estatística comprova tal observação, apontando que houve diferença significativa entre as áreas testemunha e as áreas 1 e 2 em ambas as profundidades analisadas. Tal resultado é favorável para a fertilidade pois, apesar das porcentagens não atingirem os valores mínimos de 51% da saturação de base (V), o que indicaria classificação média nos valores gerais de referência para análise de solos, as amostras obtiveram um aumento expressivo nos seus valores, indicando que o POME adicionou nutrientes ao solo. Os valores de referência classificam a Saturação por base (V) como Muito Baixo (< 26), Baixo (26 a 50), Médio (51 a 70) e Alto (71 a 90), portanto, na profundidade de 0-20cm a área testemunha se enquadra como Muito Baixo e as áreas 1 e 2 como Baixo, já na profundidade de 20-40cm todas as áreas se classificam como muito baixa.

O teor de alumínio (Al^{+3}) acima de $0,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$ já causa toxidez para as plantas (Ernani, 2008; Smyth e Cravo, 1992; Hashimoto et al., 2010, Apud Cunha, 2017). Na profundidade da camada de solo de 0-20cm a área testemunha apresenta o valor de alumínio em $1,37 \text{ cmolc kg}^{-1}$, nas áreas onde o POME foi descartado, área 1 e área 2, os valores foram de $0,30 \text{ cmolc kg}^{-1}$ e $0,27 \text{ cmolc kg}^{-1}$ respectivamente, indicando que possivelmente o responsável pela redução dos valores de alumínio foi

o POME, de forma que, os valores foram reduzidos a uma concentração que não causa mais toxidez para as plantas. Na camada de solo 20-40 cm, o feito se repetiu com a área 2, que obteve o valor de $0,3 \text{ cmolc kg}^{-1}$, na área testemunha os valores permaneceram altos, com nível de toxidade elevado para Al^{+3} , apesar da área 1 também se manter com índice de alumínio superior a $0,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$, ainda assim o valor ficou bem abaixo da área testemunho.

Para os parâmetros de cálcio e magnésio, não houve diferença significativa ao solo que foi descartado o POME relacionado a área testemunha, entretanto, existiu um incremento importante em potássio, com a área 1 e a área 2 contendo um valor de significância expressivo em relação a área testemunha na profundidade de 0-20cm, o mesmo se repetiu para a profundidade de 20-40 cm. O incremento em potássio e a redução em alumínio foram responsáveis por melhorar a saturação por base (V) do solo, indicando a melhoria da fertilidade, o aumento do potássio e a redução do alumínio.

O parâmetro CTC a pH 7 foi maior na área testemunha, em ambas camadas de profundidade do solo (0-20 cm e de 20-40 cm), isso se deve, provavelmente, devido a matéria orgânica do solo que também estava maior na área testemunha, sendo essa, uma área mais preservada, onde não ocorre a atividade de plantio, e sim de descanso, com acréscimo maior de matéria orgânica nessa área.

Na profundidade de 20-40 cm é normal que os teores de nutrientes para cálcio, magnésio e potássio sejam menores em profundidade, a retirada de nutrientes do solo por agentes naturais como a lixiviação, ocorre de forma natural. Destaca-se a diferença do período de lançamento do efluente entre as áreas 1 (25 dias) e área 2 (54 dias), como possível fator para os resultados divergentes entre as áreas dos parâmetros que foram analisados nas amostras de solos.

De modo geral, o lançamento do efluente POME nas duas áreas (área 1 e área 2) influenciou no aumento do teor de potássio, na redução do alumínio a níveis de desintoxicação do solo, aumento significativo na saturação de Bases (V) em relação a área testemunha, indicando melhoria na fertilidade do solo, aumento no pH do solo tornando-o menos ácido e contribuindo, também, para fertilidade e a redução do H^+ Al^{+3} .

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos pelas análises do efluente, relacionando-os as legislações supracitadas, verificou-se que o efluente POME não atende a todos os parâmetros estabelecidos pelas resoluções orientadoras que foram abordadas no presente trabalho, com os parâmetros para chumbo, pH, DBO, óleos e graxas e fósforo, superiores aos valores máximos determinados pelas legislações. Portanto, o lançamento do POME não tem respaldo legal para seu lançamento no solo ou em corpos hídricos, sendo necessário um pré-tratamento para adequação da concentração dos parâmetros.

O tratamento do POME pode ser realizado de forma conjunta, adequando o tratamento biológico para a remoção de alto teor de matéria orgânica, podendo adotar o método lodos ativados, que possui alta eficiência e exige área de implantação reduzida (Bento et al., 2005), associado ao tratamento de métodos para a remoção de óleos e graxas e metais tóxicos, à exemplo dos métodos por osmose reversa, troca iônica ou adsorção (Silva et al. 2008).

Já as amostras de solos das áreas receptoras do efluente relacionando-as a área testemunha, apresentaram resultados promissores para os parâmetros analisados, indicando um efeito positivo ao solo conferindo uma melhora no aspecto fertilidade, sendo capaz reduzir a carga de alumínio e aumentar os fatores pH, concentração de potássio e saturação de Bases (V) no solo.

Desta forma, o capítulo 2 do presente estudo, verificou que o efluente POME, ao invés de degradar o solo, trouxe um efeito positivo na qualidade do solo, para os parâmetros analisados nesta pesquisa, porém, para que seu descarte possa ser realizado de forma legal no solo e sua destinação possa ser utilizada como adubo orgânico, faz-se necessário realizar um pré-tratamento do efluente, adequando os valores de concentração de todos os parâmetros que não se enquadraram, aos valores orientadores estipulados pelas resoluções supracitadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, Y., Yaakob, Z., Akhtar, P., & Sopian, K. (2014). Productionn of biogas and performance evaluation of existing treatment processes in palm oil mill effluent (POME). **El Sevier**, p. 1260-1278.
- Alves, S. A. O. (2007). Resgate in vitro de híbridos interespecíficos de dendzeiros (*Elaeis guineensis* x *Elaeis oleífera*). **Dissertação (Mestrado em Botânica)** – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 63 p.
- Alves, S. A. O. (2011). Sustentabilidade da agroindústria de palma no Estado do Pará. **Tese (Doutorado em Ciências)** - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 162 p.
- APHA. Standard Methods for the examination of water and wastewater. **American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation**, 23th ed. Washington
- Batista, R. O. et al. Proposta de Adequação Ambiental de Unidades Artesanais e Semiartesanais de Extração de Óleo de Dendê no Baixo Sul da Bahia para Produção de Biodisel. (2013). **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.3, p. 01-07.
- Bento, Alessandra P. et al. Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo. (2020). **Eng. sanit. ambient.**, v. 10, n. 4, p. 329-338. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/esa/v10n4/a09v10n4.pdf>>. Acesso em: 20 de abril de 2020.
- BRASIL, **Resolução CONAMA Nº 503**, de 14 de dezembro de 2021 - Define critérios e procedimentos para o reúso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias.
- BRASIL, **Resolução CONAMA nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
- BRASIL, **Resolução CONAMA nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

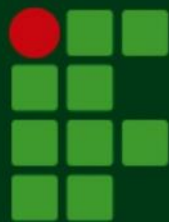
- Camargo, D. W. N. (2012). Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del meta. **Tecnura, Bogotá**, v. 16, n. 34, p. 142-156.
- Camargo, O. A. (2006). Reações e interações de micronutrientes no solo. Disponível em: http://www.infobibos.com.br/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm
Acessado em: 24/07/2023.
- Castro, C., Klepker, D., Sfredo, G. J., Oliveira, F. A., Oliveira Júnior, A. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Enxofre. (2021). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-da-fertilidade-do-solo/exigencias-minerais-e-adubacao/adubacao/enxofre>> Acessado em: 22/07/2023
- Castro, P. A. C. (2019). Extração de compostos fenólicos da torta do mesocarpo do dendê. Trabalho de conclusão de curso para bacharel em química industrial. **Universidade Federal do Pará** - Instituto de ciências exatas e naturais, faculdade de química, Belém, Pará.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. (2011). **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)**, São Paulo, 326 p.
- Cunha, G. O. M. (2017). Formas de alumínio em solos com altos teores trocáveis e toxidez na soja e no milho. **Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo** – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 162 p.
- Dadalto, G. G., Fullin, E. A. (Ed.). (2001). Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Sant: 4ª aproximação. Vitória, ES: SEEA; **Incaper**.
- Dobermann, A., Fairhurst, T. (2000). Rice: nutrient disorders and nutrient management. **Manila: International Rice Research Institute**. 191 p.
- EMBRAPA – CPPSE. Manual de Laboratório: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos (1998). São Carlos, 72 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Dendê: uma nova opção agrícola (1983). **Manaus: EMBRAPA/CNPDS**, 22 p.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise do solo. (1997). **Embrapa-CNPS: Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. 2 ed., rev. atual. Rio de Janeiro, 212 p.

- Fernandes, I.O. L. Avaliação energética e ambiental da produção de óleo de dendê para biodiesel na região do Baixo Sul, Bahia (2009). **Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente)** – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2009. Disponível em: <http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/200760018d.pdf>. Acesso em: 22 Julho de 2023.
- Ferreira, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. (2019). **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529–535.
- Ferreira, W. A., Botelho, S. M., Vilar, R. R. L. (1998). Composição química dos subprodutos da agroindústria do dendê. **Embrapa – CPATU**: Palmas. Documentos 119, Belém, Pará, 18 p.
- Filizola, H. F., Gomes, M. A. F., Souza, M. D. Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos. (2006). Jaguariúna: **EMBRAPA Meio Ambiente**, 169 p.
- Foy, C. D. Manganese and plants (1973). In: Manganese. Washington: **National Academy of Sciences**, p. 51-76.
- Furlan J. J. Dendê: manejo e uso dos subprodutos e dos resíduos. (2006). **Embrapa Amazônia Oriental** – Belém – PA.
- GIL, A. Como elaborar projetos de pesquisa. (2007). **Atlas: São Paulo**.
- Giordano, G. Tratamento e controle de efluentes industriais. *Revista ABES*, v. 4, ed. 76º, p. 1-84, 2004.
- Instituto Agrônômico - IAC. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. (1996). **Boletim Técnico, 100**, Campinas, 2 ed., p. 3-6.
- Jucoski, G. O., Cambraia, J., Ribeiro, C., Oliveira, J. A. (2016). Excesso de ferro sobre o crescimento e a composição mineral em *Eugenia uniflora* L.1. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 720-728.
- Klein, C., Agne, S. A. A. Fósforo: De nutriente à poluente! (2012). **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. V. 8, nº 8, p. 1713-1721.

- Koh, L. P., Wilcove, D. S. Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? (2008). Department of Ecology and Evolutionary Biology, **Princeton University**, Princeton, New Jersey, USA.
- Lakatos, E. M. Fundamentos de metodologia científica (2003). São Paulo: **Atlas**, 5 ed.
- Malavolta, E., Vitti, G. C., Oliveira, S. A. (1997). Avaliação do estado nutricional das planta: princípios e aplicações. **Piracicaba: Potafos**, 319 p.
- Melém Júnior, N. J., Batista, E. M. Coleta de solo para análise. (2012). **Embrapa – Amapá**, 2. Ed.
- Mendonça, E. D. S., Matos, E. D. S. Matéria Orgânica do solo: métodos de análises. (2005). Viçosa: **Universidade Federal de Viçosa**.
- Moreira, F. R., Moreira, J. C. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. (2003). **Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana (CESTEH)**, Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP), Fiocruz.
- Passagli, Marcos. Toxicologia Forense. (2011). São Paulo, **Millennium**, 3. ed., 318 p.
- Pavan, M. A., Bingham, F. T. Toxidez de metais em plantas: I Caracterização de toxidez de manganês em cafeeiros. (1981). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, p. 815-821.
- Pereira, P. A.; LIMA, O. A. Estrutura elétrica da contaminação hídrica provocada por fluidos provenientes dos depósitos de lixo urbano e de um curtume no município de Alagoinhas, Bahia. (2007). **Rev. Bras. Geof.**, São Paulo, v. 25, n. 1.
- Prado, R. M. Mineral nutrition of tropical plants. (2021). Berna: **Springer Nature**, 349 p.
- Prezotti, L. C., Gomes, J. A., Dadalto, G. G., Oliveira, J. A. (Ed.). Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo. (2007). SEEA; Incaper; **CEDAGRO**, Vitória, ES, 5 ed., p. 43-47.
- Raij, B. van; Andrade, J. C., Cantarella, H., Quaggio, J. A. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. (2001). Campinas, Instituto Agronômico, 285 p.
- Rashid, M. T.; Voroney, R. P., Land application of oily food waste and corn production on amended soils. (2004). **Agronomy journal**, v. 96, n. 4, p. 997-1004.
- Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., Alvarez, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. (1999). **Viçosa: CFSEMG**, 5 ed., 359 p.

- Romera, C. M. Partida do Processo de Digestão Anaeróbia Visando o Tratamento de Efluente da Indústria de Óleo de Palma. (2020). **Monografia (Graduação)** – Universidade de Brasília, Instituto de Química, Brasília.
- Semedo, I. O mercado de energia renovável: Viabilidade econômica do dendê na agricultura familiar do Baixo Sul da Bahia. (2006). **Dissertação (Mestrado em Ciências econômicas)** – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/8913/1/Isidoro%2520Semedo%2520seg.pdf>. Acesso em: 22 julho de 2023.
- Silva, C. R. R. Obtenção, caracterização e viabilidade de utilização de um compósito com matriz de resina poliéster e resíduos originados da extração do óleo de dendê. (2016). **Tese de doutorado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- Silva, M. S. Tem química no dendê? A cultura do dendê como temática para o Ensino de química. (2019). **Trabalho de Conclusão de Curso de graduação**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Amargosa – Bahia.
- Silva, V. L. M. M. et al. Estudo da Cinética de Adsorção de Hidrocarbonetos em bagaço de cana de açúcar. (2008). Campina Grande – PB, **Anais do 7º EBA**.
- Teixeira, A. S. O azeite da Costa do Dendê: um produto do território. (2020). **Dissertação de Mestrado** – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências.
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., Teixeira, W. G. Manual de métodos de análise de solo. (2017). **EMBRAPA**, Brasília – DF, 3 ed.
- USP – Universidade de São Paulo. Programa da Disciplina Física do Solo. (2015). **Apostila Cap. 1** - Arquitetura e Propriedades Físicas do Solo. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/917327/mod_resource/content/2/Apostila%20%20Arquitetura%20e%20Propriedades%20F%C3%ADscas%20do%20Solo.pdf. Acessado em 24/07/2023.
- Vasconcelos, R. C. Tratamento de efluentes líquidos [livro eletrônico]: uma perspectiva para o desenvolvimento sustentável. (2020). Campina Grande: **Editora Ampilla**, 47 p.
- Venturieri, A. et al. Relação entre ocorrência do amarelecimento fatal do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) e variáveis ambientais no Estado do Pará. (2009). **Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**, Natal-RN. Anais Natal: INPE, p. 523-530.

- Zampieri, M. C. T. Estudo sobre os efeitos do cobre e zinco no crescimento da plântula de *Aechmea blanchetiana* (Baker) L. B. Smith cultivada in vitro. Aplicação da análise por ativação com nêutrons. (2010). **Dissertação de mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**. Autarquia Associada a Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Zanella, L. C. H. Metodologia da pesquisa. (2006). **Universidade Federal de Santa Catarina**, Secretaria de Educação a Distância, Florianópolis – Santa Catarina, 144p.



**INSTITUTO
FEDERAL**

Baiano

Campus
Serrinha

