



**Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"**

**ALEX JUSSIANI DOS SANTOS**

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORIUNDOS DA INDÚSTRIA DE SUÇO DE  
LARANJA PARA A PRODUÇÃO DE ADUBO ORGÂNICO.**

**Assis/SP  
2020**



**Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"**

**ALEX JUSSIANI DOS SANTOS**

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORIUNDOS DA INDÚSTRIA DE SUCO DE  
LARANJA PARA A PRODUÇÃO DE ADUBO ORGÂNICO.**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Química do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

**Orientando: Alex Jussiani dos Santos**

**Orientador: Me. Alexandre Vinicius Guedes Mazalli**

**Assis/SP  
2020**

#### FICHA CATALOGRÁFICA

S237u SANTOS, Alex Jussiani dos

Utilização de resíduos oriundos da indústria de suco de laranja para a produção de adubo orgânico /Alex Jussiani dos Santos. – Assis, 2020.

52p.

Trabalho de conclusão do curso (Química Industrial). – Fundação Educacional do Município de Assis-FEMA

Orientador: Me. Alexandre Vinicius Guedes Mazalli

1.Fertilizantes 2.Resíduos de laranja 3.Adubo orgânico

CDD631.87

# UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORIUNDOS DA INDÚSTRIA DE SUCO DE LARANJA PARA A PRODUÇÃO DE ADUBO ORGÂNICO.

ALEX JUSSIANI DOS SANTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

**Orientador:** \_\_\_\_\_ Me. ALEXANDRE VINICIUS GUEDES MAZALLI

**Examinador:** \_\_\_\_\_ Me. MARCELO SILVA FERREIRA

Assis/SP  
2020

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais Roberto e Claudete, as minhas irmãs Aline e Adriane.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por eu acordar com vida a cada dia e me dar saúde necessária para a realização desta empreitada de vida universitária. Agradeço a minha família por me apoiarem todos esses anos, minhas irmãs Aline e Adriane e, em especial aos meus pais, meu pai Roberto com o jeito quieto dele, muitas vezes silencioso, mas sei que sempre me apoiou em minhas decisões, minha mãe Maria Claudete pelo contrário com seu muito falar e muito cobrar, muitas das vezes me irritando e estressando no dia a dia, mas sei que eles sempre querem o melhor para minha vida, por isso eu só tenho a agradecer a Deus pela família maravilhosa que me deste, e pelo amor fornecido por ela, porque entre as brigas e discussões o amor prevalece.

Agradeço a todos os professores do curso de química, alguns mais próximos outros menos, mas todos muito importantes para mim, porque todos eles deixaram um marco em minha vida, me ensinando não só o conteúdo programático, como também a ser uma pessoa melhor, em especial agradeço à meu professor orientador Alexandre Vinícius Guedes Mazalli, por ser um ótimo professor e, além disso muitas das vezes um amigo, que mostra as oportunidades pela frente e sempre incentivando a buscarmos algo a mais em nossas vidas. Fico muito grato pela FEMA por ter escolhido como coordenadora do curso de química a professora Mary Leiva de Faria, pois não tenho palavras para descrever o quão importante ela é na minha vida, como professora, coordenadora e acima de tudo a pessoa que ela é, muitas das vezes me cobrando, me empurrando a prosseguir, mas sempre incentivando.

Agradeço aos amigos que fiz nessa empreitada universitária, amigos esses que considero como irmãos e irmãs sendo eles: Matheus Garcia por todas as vezes que matamos aula para darmos risadas no barzinho juntos; a Tânia Suellen por todas as nossas brigas e por tudo que passamos juntos nesses anos a frente das comissões desorganizadoras dos churrascos de encerramento da semana de química; a Maraísa Passareli, pelo seu stress e ignorância diária, mas que sempre nos entendemos e sempre demos muitas risadas juntos, risadas essas muitas vezes de bobearias sem importância alguma; a Giovana Spricido, por ser um anjo que Deus colocou no meu caminho, que muitas das vezes que pensei em desistir, ela vinha com as palavras certas de incentivo; ao Diego Faustino por todas as nossas discussões e pelo jeito dele de ser; a Thais Idem por ela só ser a Thais,

com toda a santa ignorância dela. Fico grato a Deus por ter colocado essas pessoas em minha vida.

Agradeço ainda a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram e me incentivaram na empreitada universitária, mas principalmente agradeço a todas as pessoas que falaram que eu não conseguiria, pois muitas das vezes foi o impulso a mais para eu mostrar que, “por isso sinto prazer nas fraquezas, nas injúrias, nas necessidades, nas perseguições, nas angústias por amor de Cristo. Porque quando estou fraco então sou forte.” (2 Coríntios 12:10). E “tudo eu posso naquele que me fortalece” (Filipenses 4:13).

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin

## RESUMO

O descarte inadequado de resíduos agroindustriais tem trazido drásticos impactos ao meio ambiente. Na indústria de suco de laranja concentrado, são gerados resíduos sólidos, líquidos e gasosos, muitos dos resíduos sólidos são utilizados como matéria prima para subprodutos, os resíduos líquidos são tratados em suas respectivas estações de tratamentos, gerando lodo biológico no decorrer do tratamento e os resíduos gasosos são tratados gerando cinzas proveniente da queima de biomassa nas caldeiras. O lodo, as cinzas e os resíduos sólidos descartados (não aproveitados no processo de produção de subprodutos) se descartado e/ou dispostos incorretamente podem acarretar graves impactos ambientais. Seguindo as metodologias do Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, para análise de compostos orgânicos, foram determinados no lodo e nos biossólidos os macro e micronutrientes significativos para a produção de fertilizante orgânico, avaliando nitrogênio (N Total) pelo método Kjeldahl, com digestão sulfúrica, os elementos P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn, Zn foram preparados por digestão Nitro Perclórica e quantificados por Espectroscopia de emissão atômica induzida por plasma (MP-AES), já a matéria orgânica foi determinada por incineração em mufla a 550°C. Dentre os resíduos agroindustriais analisados, o lodo possui a maior composição de Nitrogênio (N), com 4,07 % e de Fósforo (P) com 2,54% e as folhas e cascas apresentaram maior quantidade de Potássio (K), com 1,10%. Portanto a produção de fertilizante orgânico, através do processo de compostagem é favorável, trazendo diversos benefícios tanto para a agricultura como para o meio ambiente.

**Palavras-chave:** Fertilizantes, Resíduos de laranja, Adubo orgânico

## ABSTRACT

The inadequate disposal of industrial residues has brought drastic impacts to the environment. In the concentrated orange juice industry, solid, liquid and gaseous residues are generated, many of the solid residues are used as raw material for by-products, the liquid residues are treated in their respective treatment stations, generating biological sludge during the treatment and the gaseous residues are treated generating ash from the burning of biomass in the boilers. Sludge, ash and solid waste disposed of (not used in the by-product production process) if disposed of and / or disposed of incorrectly can have serious environmental impacts. Following the methodologies of the Ministry of agriculture, livestock and supply, for the analysis of organic compounds, significant macro and micronutrients for the production of organic fertilizer were determined in sludge and biosolids, evaluating nitrogen (Total N) by the Kjeldahl method, with sulfuric digestion, the elements P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn, Zn were prepared by Nitro Perchloric digestion and quantified by plasma-induced atomic emission spectroscopy (MP-AES), whereas organic matter was determined by muffle incineration at 550 ° C. Among the analyzed industrial residues, the sludge has the highest composition of Nitrogen (N), with 4.07% and of Phosphorus (P) with 2.54% and the leaves and barks presented the highest amount of Potassium (K), with 1,10%. Therefore, the production of organic fertilizer, through the composting process is favorable, bringing several benefits for both agriculture and the environment.

**Keywords:** Fertilizer, Orange residues, Organic fertilizer

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxo do processamento do suco de laranja e subprodutos.....	18
Figura 2: Extratora de suco cítrico .....	19
Figura 3: Definição de granulometria .....	32
Figura 4: Especificação quanto a composto misto.....	33
Figura 5: Composição mínima de macro e micronutrientes .....	33
Figura 6: Correlação de RAS.....	34
Figura 7: Concentrações máximas permitidas.....	34
Figura 8: Materiais utilizados para a confecção do experimento .....	36
Figura 9: Procedimento inicial para preparo do cano .....	37
Figura 10: Esquema de montagem do equipamento .....	37
Figura 11: Esquema do equipamento montado .....	38
Figura 12: Esquema do equipamento ligado as garrafas, que receberá o material orgânico e a garrafa coletora de gás. ....	38

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. INDUSTRIALIZAÇÃO .....</b>	<b>15</b>
2.1. PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL .....	15
2.2. SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	16
2.3. TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL .....	16
<b>3. FÁBRICA DE SUCO DE LARANJA CONCENTRADO .....</b>	<b>17</b>
3.1. PRODUÇÃO DE SUCO DE LARANJA .....	17
3.1.1. Colheita, transporte e armazenagem.....	18
3.1.2. Lavagem, seleção e classificação .....	19
3.1.3. Extração .....	19
3.1.4. NFC – Not From Concentrate .....	20
3.1.5. FCOJ – Frozen Concentrated Orange Juice .....	20
3.1.6. Óleo essencial .....	20
3.1.7. Pellet de polpa cítrica .....	21
3.1.8. D’limoneno.....	22
<b>4. RESÍDUOS INDUSTRIAIS .....</b>	<b>23</b>
4.1. RESÍDUOS INDUSTRIAIS GASOSOS.....	23
4.2. RESÍDUOS INDUSTRIAIS SÓLIDOS.....	23
4.3. RESÍDUOS INDUSTRIAIS LÍQUIDOS.....	24
<b>5. RESÍDUOS INDUSTRIAIS GERADOS NA PRODUÇÃO DE FCOJ .....</b>	<b>25</b>
5.1. RESÍDUOS SÓLIDOS.....	25
5.1.1. Tratamento dos resíduos sólidos.....	25
5.2. RESÍDUOS LÍQUIDOS .....	25
5.2.1. Tratamento dos resíduos líquidos.....	26
5.3. RESÍDUOS GASOSOS.....	28
5.3.1. Tratamento dos resíduos gasosos.....	28
<b>6. ADUBO ORGÂNICO.....</b>	<b>31</b>
6.1. LEGISLAÇÃO.....	31
<b>7. UTILIZAÇÃO DO BIODIGESTOR COMO FERRAMENTA DE ENSINO.....</b>	<b>35</b>
7.1. METODOLOGIA PARA ESCOLA .....	36

7.1.1. Materiais.....	36
7.1.2. Método .....	37
.....	38
<b>8. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
8.1. MATERIAIS .....	40
8.1.1. Amostras.....	40
8.1.2. Materiais.....	40
8.1.3. Reagentes .....	40
8.1.4. Equipamentos .....	41
8.2. MÉTODOS .....	41
8.2.1. Preparo das amostras .....	41
8.2.2. Determinação de umidade a 65°C.....	41
8.2.3. Determinação de cinzas ou matéria mineral.....	42
8.2.4. Determinação de matéria orgânica (calculo).....	43
8.2.5. Análise de Nitrogênio .....	43
8.2.6. Determinação de macro e micronutrientes (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn) 44	
8.2.7. pH (cloreto de cálcio).....	44
8.2.8. Fósforo em água .....	44
8.2.9. Fósforo em CNA.....	45
<b>9. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
9.1. ANÁLISES DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS.....	46
<b>10. CONCLUSÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>11. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da civilização humana tem uma ligação íntima entre o homem e a natureza, o primeiro como usuário dos recursos naturais e a segunda como fornecedora de recursos e receptora dos rejeitos provenientes do uso desses recursos (CAPAZ & NOGUEIRA, 2014). A atividade humana modifica as condições do meio natural, podendo gerar impactos que tornam, por vezes, esse meio adverso, favorecendo agravos que afetam a saúde das populações. Os resíduos provenientes das atividades humanas provocam poluição, entendida como a deterioração da qualidade ambiental que, direta ou indiretamente, prejudica a saúde, o desenvolvimento das atividades sociais e econômicas, a segurança e o bem-estar da população, afetando a biota e as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente (AREAL & KATOKA, 2015).

Devido ao crescimento populacional e das necessidades de consumo, as indústrias cresceram consideravelmente em número, áreas de atuação e variedades de produtos, com este aumento veio também os impactos ambientais gerados. Com o intuito de amenizar esses impactos, órgãos governamentais instituíram leis que previnem o despejo irregular de resíduos oriundos dessas atividades. Leis essas que obrigam as empresas a efetuarem o tratamento e o devido descarte final adequado dos resíduos gerado em seu processo de produção (LEAL, FARIAS, ARAUJO, 2008).

O resíduo industrial é o “lixo” resultante dos processos existentes nas indústrias podendo ser compreendido em sólido, líquido e gasoso, variando de acordo com o ramo de atividade da indústria. (BRANCO & MURGEL, 2000)

Os resíduos líquidos (efluente) gerados nas indústrias alimentícias possuem em sua composição grande parte de matéria orgânica, causando assim degradação ao meio ambiente se descartada aos cursos d'água sem tratamento. Uma solução para a preservação das águas é o investimento em tratamento, que é realizado por meio de estações de tratamento de efluentes que reproduzem, em um menor espaço e tempo, a capacidade de autodepuração dos cursos d'água. (AREAL & KATOKA, 2015).

O material orgânico presente nesses resíduos aumenta a resistência dos solos à erosão, além de ser excelente fonte de nutrientes, principalmente de nitrogênio e fósforo, constituindo-se em boa alternativa para regiões agrícolas, especialmente aquelas

caracterizadas pelo uso intensivo do solo ou onde há a proposição de técnicas de reflorestamento (COSTA et al., 2001).

Portanto, com tantos impactos ambientais provocados por efluentes industriais lançados sem tratamento em corpos receptores e o volume de resíduos gerados, e tendo em vista a contaminação do solo ocorrida por elas. O objetivo deste trabalho é analisar e avaliar os resíduos gerados por uma indústria de suco de laranja concentrado e seus derivados, para a possível produção de adubo orgânico.

## 2. INDUSTRIALIZAÇÃO

A industrialização é o processo de transformação de matéria prima em produto acabado através de máquinas e equipamentos, este processo até o século XVIII era realizado manualmente por trabalhadores. O desenvolvimento das indústrias ficou marcada pela revolução industrial, que teve como marco o advento da máquina a vapor, que ocorreu na segunda metade do século XVIII na Inglaterra, onde a indústria passou a dominar a economia, impulsionando a urbanização e o crescimento demográfico (BEZERRA, 2020).

As indústrias trouxeram grandes transformações para a sociedade como no estilo de vida, uma vez que acelerou a produção de mercadorias e a exploração dos recursos da natureza, movimentando a economia mundial. Além disso, a Revolução Industrial foi responsável por grandes transformações no processo produtivo e nas relações de trabalho (NEVES & SOUZA, 2020)

O processo de industrialização teve início na Inglaterra com a revolução industrial ocorrida na segunda metade do século XVIII. Com o aumento dos trabalhadores e migração dos camponeses para a cidade, a burguesia enriquecida que já possuíam produções artesanais de tecidos e vestimentas, passou a investir em tecnologias e equipamentos para a produção em larga escala, com o intuito de baratear o processo e ganhar o mercado externo. (NEVES & SOUZA, 2020).

A revolução industrial ficou marcada pela primeira máquina de tecer tecidos a vapor inventada por Thomas Newcomen no ano de 1698 e em seguida no ano de 1765 James Watt aperfeiçoou o equipamento, passando a efetuar o beneficiamento do algodão de forma mecanizada (NEVES & SOUZA, 2020). Com o processo de industrialização os trabalhadores perderam o conhecimento de todo o processo de produção, pois começaram a executar uma única parte do processo (BEZERRA, 2020).

### 2.1. PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Ficou marcada pela Primeira Revolução Industrial o processo de evolução tecnológica ocorrida na Europa Ocidental entre os anos de 1760 e 1850, proporcionando novas técnicas de produção, transformando o setor industrial, iniciando uma nova fase de padrão de consumo (NEVES & SOUZA, 2020). As inovações criadas na época teve início

com a máquina a vapor, que utilizava o carvão como fonte de energia, tanto na área fabril quanto na de locomoção, como os trens a vapor. Nesta época foram desenvolvidos também um dos primeiros meios de comunicação a distância, o telégrafo (NEVES & (BEZERRA, 2020).

O processo de industrialização diminuiu o tempo de processamento aumentando a produtividade. As inovações tecnológicas de transporte, possibilitou uma melhor logística de matérias primas, produtos acabados e até mesmo da população (NEVES & SOUZA, 2020).

## 2.2. SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A Segunda Revolução Industrial ocorreu entre os anos de 1850 a 1870 e ficou marcada pelo seu fim na segunda guerra mundial, neste período a industrialização expandiu para a Europa Ocidental, países como Estados Unidos, Japão e demais países da Europa (BEZERRA, 2020). Neste período as tecnologias já existentes na época foram aperfeiçoadas e, novas tecnologias foram desenvolvidas, aumentando ainda mais a produtividade e o lucro das indústrias. Também se iniciou neste período o investimento a pesquisas, principalmente na área da medicina (NEVES & SOUZA, 2020).

As inovações tecnológicas que marcaram este período foram a utilização da locomotiva a vapor, da energia elétrica, do aço, dos combustíveis derivados do petróleo e o desenvolvimento de produtos químicos (BEZERRA, 2020).

## 2.3. TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

O desenvolvimento eletrônico marcou a terceira revolução industrial que teve início no termino da Segunda Guerra Mundial em meados do século XX, com esta inovação começou a automação industrial, dispensando grande parte da mão de obra e passando o funcionário apenas a supervisionar o equipamento (BEZERRA, 2020). Com as novas tecnologias desenvolvidas, aperfeiçoou as inovações tecnológicas tanto na área das indústrias como também na área da saúde, possibilitando a inovação biotecnológica, robótica, genética, eletrônica, transportes e telecomunicação, alterando assim as relações sociais e não só de produção (NEVES & SOUZA, 2020).

### 3. FÁBRICA DE SUCO DE LARANJA CONCENTRADO

A laranja chegou ao Brasil por volta do século XVI, através dos portugueses nas primeiras caravelas. Com o passar do tempo, para evitar o desperdício da fruta e o abastecimento do mercado interno, o governo de São Paulo instalou a primeira fábrica de suco de laranja no Brasil durante a Segunda Guerra Mundial (1939/1945). O empreendimento fracassou por não possuir mercado consumidor suficiente para absorver a produção (PEREZ & SANTOS, 2014).

No ano de 1963, na cidade de Araraquara-SP foi construída a primeira planta de concentrado de suco de laranja, usando tecnologia da Flórida, a CUTRALE S/A. E desde então a indústria de suco de laranja expandiu-se rapidamente pelo Brasil (BRANCO, 1995). Este marco foi possível devido a geadas ocorridas na Flórida na década de 60 e mais cinco geadas ocorridas nos países do norte americano na década de 80. O Brasil é considerado o maior produtor e exportador de suco de laranja concentrado no mundo (PEREZ & SANTOS, 2014).

#### 3.1. PRODUÇÃO DE SUCO DE LARANJA

O beneficiamento da laranja ocorre desde o seu plantio até o produto acabado, passando por diversas etapas: colheita, transporte, armazenagem, lavagem, seleção, extração, pasteurização, resfriamento e armazenamento (MUNHOZ & MORABITO, 2010). Nas etapas de produção do suco de laranja concentrado congelado, são gerados resíduos que são utilizados como matéria prima para produtos especiais (subprodutos) como: óleo essencial, D'Limoneno e bagaço (WERDAN, 2015). Todo o processo pode ser observado na figura 1.

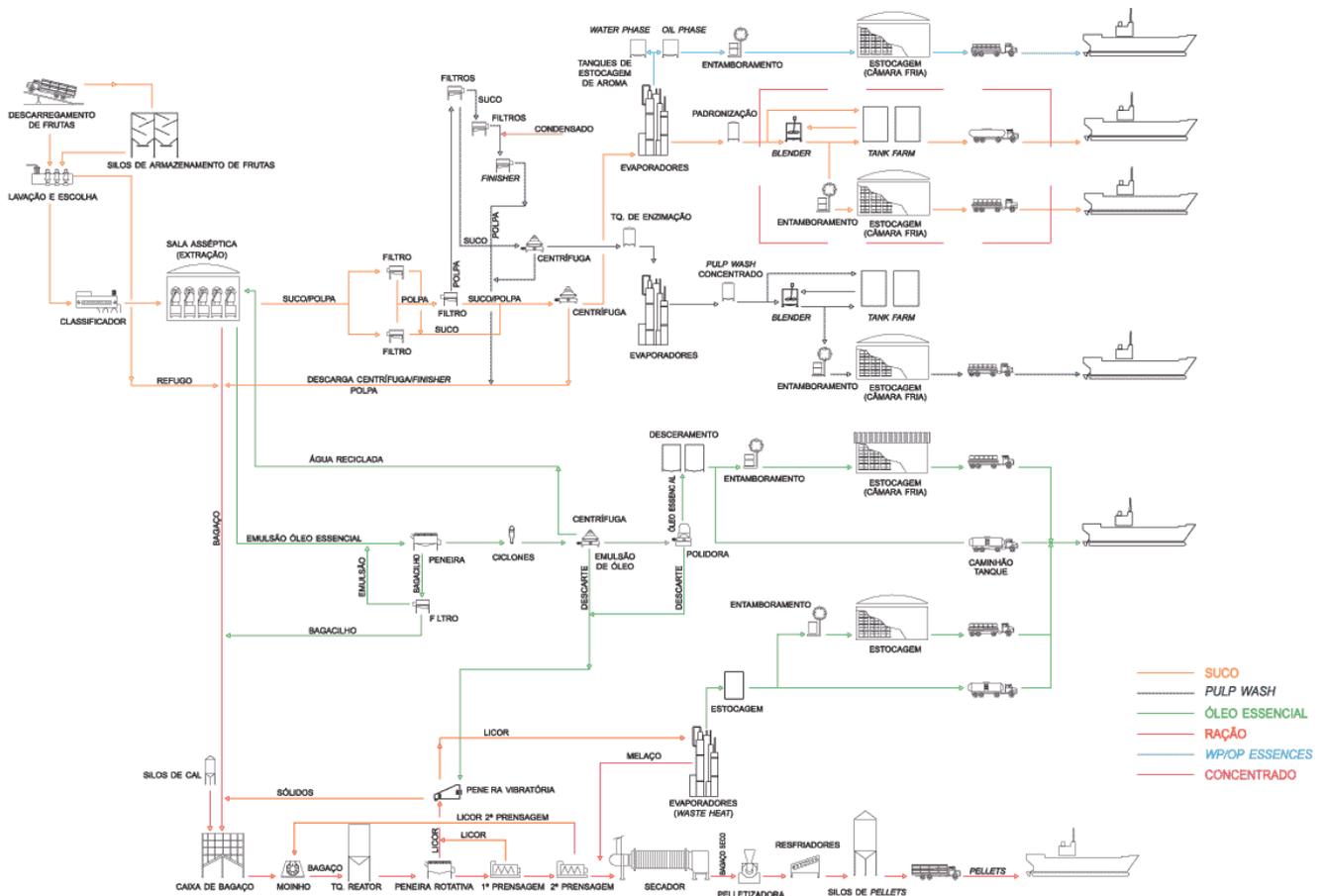


Figura 1: Fluxo do processamento do suco de laranja e subprodutos (In: MUNHOZ & MORABITO, 2010)

### 3.1.1. Colheita, transporte e armazenagem

A laranja produzida no campo quando madura é colhida de forma manual, dispostas em caminhões e transportada até a indústria. Na chegada dos caminhões, são realizadas coletas de amostras dos frutos e feito a avaliação e caracterização dos mesmos (WERDAN, 2015). Após aprovação, os caminhões são posicionados em rampas de acionamento hidráulico (tombador), que escoarão as frutas através de esteiras rolantes e elevadores de canecas até os silos de armazenamento de frutas, onde serão agrupadas e armazenadas de acordo com suas características físico-químicas (MUNHOZ & MORABITO, 2010).

### 3.1.2. Lavagem, seleção e classificação

A laranja é lavada com água e em seguida é feita a assepsia com solução sanitizante de água morna clorada. Após o processo de lavagem as frutas passam por uma seleção manual, onde são retiradas as frutas verdes e deterioradas (BIHRE, CIROLINI, RUTSATZ, 2003). Após separação, a fruta é devidamente transportada por esteiras rolantes até o equipamento chamado de classificador, nesta etapa as frutas são separadas de acordo com seu tamanho (pequena, média e grande) e encaminhadas para extratoras de acordo com os respectivos tamanhos, para que se obtenha um melhor aproveitamento da fruta (MUNHOZ & MORABITO, 2010).

### 3.1.3. Extração

O suco é extraído através de extratoras de vários tamanhos de acordo com a classificação das frutas. As extratoras (figura 2) são alimentadas automaticamente, a fruta inteira sofre a pressão de uma taça ranhurada, que desce, forçando-a sobre um tubo com borda afiada, que se introduz na polpa e corta desta um pequeno cilindro em sua parte central. A pressão aumenta desintegrando a polpa da fruta, liberando em uma única etapa o suco com polpa; emulsão de água com óleo e fragmentos de casca da laranja; bagaço da laranja (BIHRE, CIROLINI, RUTSATZ, 2003).



**Figura 2:** Extratora de suco cítrico

O suco extraído é conduzido a uma prensa contínua, denominada finisher, onde os componentes sólidos da laranja, como polpa, bagaço, casca e sementes, são removidos. A corrente residual que sai do finisher, composto principalmente por polpa, é lavada com água para recuperar o suco junto a polpa e retorna a linha de produção (WERDAN, 2015). Em seguida o suco é encaminhado para as centrífugas, nas quais ocorre a eliminação das menores partículas sólidas que ainda não foram retidas. Após a centrífuga, o suco passa por variados processos de produção de acordo com o suco desejado NFC e/ou FCOJ (MUNHOZ & MORABITO, 2010).

#### **3.1.4. NFC – Not From Concentrate**

Após a extração e a centrifugação o suco de laranja considerado NFC, passa pelo processo de pasteurização UHT (Ultra High Temperature). Neste processo o suco é aquecido através de placas trocadoras de calor a uma temperatura de 150°C por um tempo muito curto, inativando os microrganismos indesejados e a pectinesterase presente na laranja, em seguida é resfriado a 20°C e armazenados em tanques de inox, para posterior envase (MUNHOZ & MORABITO, 2010).

#### **3.1.5. FCOJ – Frozen Concentrated Orange Juice**

O suco de laranja é concentrado através do processo de pasteurização que ocorre em evaporadores a vácuo à uma temperatura de 95°C, inativando os microrganismos presente e obtendo um suco com o teor de 65°Brix. Posteriormente, o suco concentrado é refrigerado rapidamente e homogeneizado recebendo aroma e óleos essenciais extraídos no processo de evaporação, para que o produto atenda os padrões de exportação. Por fim o suco é armazenado a temperaturas abaixo de 10°C negativos, em tanques e ou tambores, para posterior transporte através de caminhões e caminhões-tanques (WERDAN, 2015).

#### **3.1.6. Óleo essencial**

O óleo está presente nas cascas da laranja onde contém pequenas bolsas que ficam armazenados o óleo. No processo de extração da laranja essas bolsas são rompidas e o óleo é liberado, compreendendo na fase de emulsão água com óleo e, fragmentos de

casca (WERDAN, 2015). A emulsão água e óleo contendo fragmentos de cascas é peneirada e filtrada, onde os fragmentos de casca são encaminhados para o setor de ração e a emulsão água e óleo para a centrífugas onde será extraído o óleo essencial, após a centrifugação o óleo é resfriado para que seja retirada a cera contida no óleo, em seguida o óleo está pronto para armazenamento e comercialização. O óleo essencial é muito utilizado pelas indústrias farmacêuticas, alimentícias e de cosméticos. (MUNHOZ & MORABITO, 2010).

### **3.1.7. Pellet de polpa cítrica**

Os resíduos provenientes das etapas de produção do suco, são transportados para o setor de *pellet* de polpa cítrica, neste setor todo o material recebe hidróxido de cálcio (cal), que tem a função de corrigir o pH e tornar o bagaço mais viscoso, facilitando a prensagem (MUNHOZ & MORABITO, 2010). Todo o material é triturado através de moinhos tipo martelo e fica em repouso por determinado período para reagir com o hidróxido de cálcio. Em seguida o bagaço passa pelo processo de peneiramento e prensagem para retirar o licor contido no bagaço. Neste momento obtém-se duas fases: o licor e o bagaço (MUNHOZ & MORABITO, 2010).

O licor é encaminhado para tanques de armazenamento para posterior processo, enquanto o bagaço passa pelo processo de secagem através de secadores do tipo rotativo, tornando o bagaço em uma palha seca, que será peletizada em extrusoras para a sua compactação e por fim, estocados em silos, para futura comercialização (WERDAN, 2015).

O *pellet* de polpa cítrica por possuir um alto valor energético, com alto teor de pectina, fibras e um carboidrato de alta degradação do rúmen, é utilizado como matéria prima para a ração animal, pois acelera o processo digestivo, estimulando o consumo alimentar, sendo um excelente alimento para a pecuária de corte e leite. O *pellet* de polpa cítrica é fabricado a partir das frutas descartadas no processo de classificação juntamente com o bagaço da laranja após o processo de fabricação do suco (CARVALHO, 1995).

### 3.1.8. D'limoneno

O D'limoneno é obtido pelo processo de evaporação do licor proveniente dos *pellets* de polpa cítrica, onde o licor é bombeado para evaporadores, onde ocorrerá a extração do subproduto e, em seguida é armazenado em tanques ou tambores para posterior comercialização (MUNHOZ & MORABITO, 2010). O d'limoneno é um solvente orgânico biodegradável muito utilizado por indústrias de solventes, borrachas, tintas, resinas e também utilizado pelas indústrias farmacêuticas e alimentícias (WERDAN, 2015).

## 4. RESÍDUOS INDUSTRIAIS

A geração de resíduo pela indústria varia de acordo com a diversidade de sua atividade. Os resíduos gerados dependendo da fase em que se encontra pode ser sólido, líquido ou gasoso, podendo contaminar o solo, a água e o ar, se disposto e/ou descartado incorretamente (PEREIRA, 2002)

### 4.1. RESÍDUOS INDUSTRIAIS GASOSOS

Esses resíduos industriais são gases ou partículas lançados na atmosfera, acarretando na alteração da composição do ar atmosférico, deteriorando matérias e trazendo prejuízo a saúde humana, animal e das plantas (PEREIRA, 2002). O lançamento desses resíduos à atmosfera causam efeitos classificados em estéticos, irritantes e tóxicos, sendo que um poluente atmosférico quase nunca produz apenas um desses inconvenientes. Os tipos de efeitos são determinados de acordo com a qualidade e quantidade dos poluentes presente na atmosfera (BRANCO, MURGEL, 2000).

Os resíduos gasosos podem ser primários, liberados da fonte para a atmosfera ou secundários, formados por reações químicas entre constituintes naturais da atmosfera e poluentes primários. Alguns processos industriais são responsáveis pela emissão de material particulado e de vários gases poluentes, tais como os óxidos de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), hidrocarbonetos, mercaptanas, ácido clorídrico etc (PEREIRA, 2002).

### 4.2. RESÍDUOS INDUSTRIAIS SÓLIDOS

Os resíduos industriais sólidos podem ser compreendidos por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, borrachas, metais, escórias, vidros e cerâmicas, dentre outros, dependendo do ramo da atividade da indústria (PEREIRA, 2002).

Os resíduos sólidos são classificados de acordo com a sua periculosidade e solubilidade, conforme a Norma Brasileira — NBR 10.004. Os resíduos são divididos em três classes, os Resíduos Classe I são perigosos, tendo periculosidade por inflamabilidade,

corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade; os Resíduos Classe II são não-inertes, podendo ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água; e os Resíduos Classe III são inertes, não representando maiores problemas para a saúde pública ou riscos para o meio ambiente (PEREIRA, 2002).

#### 4.3. RESÍDUOS INDUSTRIAIS LÍQUIDOS

Resíduo líquido industrial (efluente industrial) são os despejos líquidos provenientes das áreas de processamento industrial, incluindo os originados nos processos de produção, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas, as águas de lavagem, águas de operação de limpeza, de esgoto doméstico (sanitários e cozinha) e outras fontes, que comprovadamente apresentem poluição por produtos utilizados ou produzidos no estabelecimento industrial. (PARENTE & SILVA, 2002)

Os efluentes industriais são classificados de acordo com suas características físicas (temperatura, cor, turbidez, sólidos etc.), químicas (pH, alcalinidade, teor de matéria orgânica, metais etc.) e as biológicas (bactérias, protozoários, vírus etc.). Com isso, o efluente líquido pode ser solúvel ou com sólidos em suspensão, com ou sem coloração, orgânico ou inorgânico, com temperatura baixa ou elevada. Sendo assim, as legislações vigentes, focadas na conscientização ambiental, fazem com que algumas indústrias desenvolvam atividades para quantificar a vazão, determinar a composição e o tratamento dos resíduos líquidos industriais (PEREIRA, 2002).

## **5. RESÍDUOS INDUSTRIAIS GERADOS NA PRODUÇÃO DE FCOJ**

Nas diversas etapas de processamento na indústria de FCOJ (Frozen Concentrate Orange Juice) são gerados os três tipos de resíduos industriais: os sólidos; os líquidos e os gasosos.

### **5.1. RESÍDUOS SÓLIDOS**

Os resíduos sólidos gerados na produção do FCOJ, em sua maioria são: folhas e galhos, frutas descartadas (verdes ou deterioradas), casca (flavedo e albedo) e bagaço.

#### **5.1.1. Tratamento dos resíduos sólidos**

Alguns dos resíduos sólidos gerados no processo de produção de FCOJ, como as cascas da fruta obtidas no processo de extração, são comercializados como produtos especiais para outras indústrias, que fará o beneficiamento desse produto para a extração de pectina.

Os demais resíduos gerados no processo de produção como as folhas e galhos, frutas descartadas e o bagaço, são reutilizados dentro da própria indústria para a fabricação de pellet de polpa cítrica (ração animal) conforme Figura 1 e item 3.1.7. deste trabalho.

### **5.2. RESÍDUOS LÍQUIDOS**

Em todo o processo de produção de FCOJ a água é indispensável, pois é através dela que será realizada a higienização dos frutos e os processos de CIP nas linhas de produções. Nos processos de sanitização e de CIP (Clean In Place) nas linhas de produções, são utilizados produtos químicos, para que ocorra a total desinfecção eliminando qualquer tipo de contaminante que possa existir.

O descarte do efluente (resíduos líquidos) sem tratamento acarreta em graves impactos ao meio ambiente, prejudicando a fauna e flora. Todo efluente gerado dentro da indústria de FCOJ é encaminhado para posterior tratamento em sua ETE (Estação de Tratamento de Efluentes).

### 5.2.1. Tratamento dos resíduos líquidos

Nos efluentes, os poluentes encontram-se na forma de matéria particulada ou dissolvida. Assim, a ETE, é em geral, constituída de unidades de tratamento sequencialmente dispostas, nas quais ocorrem operações de separação de fases (sólida, líquida e gasosa) e processos de conversão dos poluentes em compostos inócuos, ou em substâncias mais facilmente separáveis da corrente líquida (CALIJURI, CUNHA, 2019).

Uma compreensão do volume, das características e da eficiência desejada do efluente a ser tratado, é essencial para o projeto e a operação de sistemas de coleta, e de tratamento. Os constituintes encontrados no efluente são removidos por processos unitários físicos, químicos e biológicos. Alguns processos unitários são agrupados para a remoção de constituintes, formando o que é conhecido como tratamento preliminar, primário, secundário, terciário ou avançado. (TCHOBANOGLIOUS et al. 2016).

#### 5.2.1.1. Tratamento preliminar

O tratamento preliminar está necessariamente presente em todos os sistemas de tratamento de efluentes, constituindo um conjunto de processos unitários físicos compreendidos em grade, caixa de areia, peneira rotativa e peneira estática que destinam-se a remover constituintes, como trapo, galhos, flotáveis, areia e graxa (CALIJURI, CUNHA, 2019; TCHOBANOGLIOUS et al. 2016).

#### 5.2.1.2. Tratamento primário

O tratamento primário promove a separação e a remoção de sólidos facilmente sedimentáveis e o material flotável encontrado no efluente, através de decantadores e flotadores (CALIJURI, CUNHA, 2019).

A sedimentação primária é, tipicamente, o primeiro processo de tratamento após a remoção de sólidos grosseiros e de areia. Quando eficientemente operados os tanques de sedimentação primária podem remover de 50 a 70% de sólidos suspensos e de 25 a 40% da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) A flotação é utilizada para separar partículas sólidas ou líquidas de uma fase líquida, onde é realizada a introdução de finas bolhas de ar ao efluente geralmente misturado a um agente químico (SPERLING, 2017). A flotação é utilizada principalmente para remover a matéria suspensa e para concentrar os biossólidos (TCHOBANOGLIOUS et al. 2016).

### 5.2.1.3. Tratamento secundário

O tratamento secundário tem por intuito a remoção de matéria orgânica biodegradável DBO e de sólidos solúveis totais SST, através de lagoas de estabilização e/ou lodos ativados (CALIJURI, CUNHA, 2019; SPERLING, 2017).

As lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples para o tratamento de efluentes. Estas, tem o intuito de remoção da matéria carbonácea através de lagoas facultativas, sistemas de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas, lagoas aeradas facultativas e sistemas de lagoas aeradas de mistura completa seguidas por lagoas de decantação. (SPERLING, 2017; TCHOBANOGLIOUS et al. 2016)

O processo de lodo ativado utiliza uma mecanização superior aos outros sistemas de tratamento, operação mais sofisticada e um alto consumo de energia (SPERLING, 2016). O sistema biológico de lodo ativado necessita de tanque de aeração (reator), tanque de decantação (decantador secundário), recirculação de lodo (bombas). No reator ocorre as reações bioquímicas de remoção da matéria orgânica e, em determinadas condições, da matéria nitrogenada. No decantador secundário ocorre a sedimentação dos sólidos (biomassa), permitindo um efluente final clarificado. No fundo do tanque de decantação há a sedimentação da biomassa que são recirculados através de bombas para o tanque de aeração, aumentando a concentração de biomassa do mesmo (SPERLING, 2016).

### 5.2.1.4. Tratamento terciário

O tratamento terciário tem o objetivo de tratar o efluente para produzir água potável, é necessário empregar sistemas avançados de tratamento além daqueles utilizadas para o tratamento secundário ou para a remoção de macronutrientes (nitrogênio e fósforo), remoção de sólidos suspensos ou dissolvidos residuais, que permanecem após o tratamento biológico, a desinfecção é um componente típico do tratamento terciário (CALIJURI, CUNHA, 2019; TCHOBANOGLIOUS et al. 2016).

### 5.2.1.5. Tratamento da biomassa

Em todas as etapas realizadas no tratamento de efluente, forma-se a biomassa (lodo biológico), ou seja, ocorre a transformação de compostos dissolvidos em matéria particulada (SPERLING, 2016). O excesso de lodo produzido deve ser acondicionado e receber o destino adequado (CALIJURI, 2019).

Os processos de secagem do lodo podem ser classificados em naturais ou mecânicos. A secagem natural pode ser dividida em leitos de secagem ou lagoas de lodo enquanto a secagem mecânica pode ser dividida em: filtros-prensa e a vácuo, “decanter” centrífugas e prensa desaguadora contínua (“belt press”). A secagem de qualquer lodo oriundo de estações de tratamento está intimamente ligada às características de hidratação do lodo e ao destino do mesmo (SPERLING, 2016).

### 5.3. RESÍDUOS GASOSOS

Nas caldeiras da indústria de FCOJ, é utilizado biomassa e/ou gases (biogás ou GLP) para a queima, fornecendo energia térmica utilizada nos evaporadores para o processo de pasteurização do FCOJ. A combustão desses materiais, emite um material particulado e gases que se lançados diretamente na atmosfera, causam graves impactos (LISBOA & SCHIRMER, 2007)

#### 5.3.1. Tratamento dos resíduos gasosos

O tratamento dos resíduos gasosos na indústria de FCOJ são realizados através de ações diretas que visam à adequação das emissões atmosféricas às exigências dos padrões legais, mediante a implantação de equipamentos de controle, diretamente nos pontos de saída das fontes geradoras (caldeiras) (LISBOA & SCHIRMER, 2007). Os equipamentos trabalham com filtros, retirando das emissões, parte ou totalmente os poluentes presentes, tornando-as relativamente limpas. Esses equipamentos retiram parte dos poluentes do meio gasoso, transferindo-os para um outro meio, sólido ou líquido (FERNANDES, 2003).

Os equipamentos utilizados no tratamento de resíduos gasosos de caldeiras são classificados como: coletores secos e coletores úmidos (FERNANDES, 2003). Coletores secos são classificados em: Coletores mecânicos inerciais e gravitacionais; Coletores mecânicos centrífugos; Filtro de tecido (filtro manga); Precipitador eletrostático seco. Os coletores úmidos são classificados em: Torre de spray (pulverizadores) e Lavador Venturi (LISBOA & SCHIRMER, 2007).

#### 5.3.1.1. Coletores mecânicos inerciais e gravitacionais

A câmara de sedimentação gravitacional é um equipamento de controle cujo mecanismo de coleta é a força gravitacional. Nesses equipamentos, os gases, após entrarem em uma câmara de secção, perdem velocidade, fazendo com que as partículas de maior massa sejam atraídas para baixo, sendo coletadas em um compartimento inferior (FERNANDES, 2003).

#### 5.3.1.2. Coletores mecânicos centrífugos

Centrífugos (ciclones) são coletores que utilizam primariamente a força centrífuga para a coleta de partículas. Esta leva as partículas de encontro às paredes cônicas do equipamento, onde perdem energia e tendem a descer (FERNANDES, 2003). Em seguida, são coletadas em um compartimento na parte inferior do equipamento, enquanto o restante do fluxo, mais leve, sai por uma abertura na parte superior do cone invertido, seguindo seu caminho, para ser lançado na atmosfera (LISBOA & SCHIRMER, 2007).

#### 5.3.1.3. Filtro de tecido

Os filtros de tecido (tipo manga) são os mais usados no controle da poluição atmosférica industrial. O tratamento basea-se na passagem da mistura gasosa que contém partículas através de um tecido, sendo que o gás atravessa os poros do tecido e as partículas, na sua maioria, ficam retidas na sua superfície, que de tempos em tempos tem que ser retiradas para evitar uma camada muito espessa (FERNANDES, 2003).

#### 5.3.1.4. Precipitador eletrostático

Os precipitadores eletrostáticos são utilizados há anos como meio de controle de emissões atmosféricas (FERNANDES, 2003). O funcionamento dos precipitadores eletrostáticos baseiam-se na ionização das partículas presentes no fluxo gasoso, de forma que ao atravessarem um campo elétrico, criado entre dois eletrodos metálicos, elas sejam atraídas para estes eletrodos, onde se descarregam e caem ou ficam aderidas ao eletrodo e são retiradas posteriormente, por meio de uma forte vibração ou impacto na placa de coleta (rapping) (LISBOA & SCHIRMER, 2007).

#### 5.3.1.5. Torre de spray

Os lavadores são equipamentos de controle de poluição de ar que podem ser utilizados tanto para o controle de material particulado como para o controle de gases e vapores. A

concentração de compostos orgânicos voláteis (COV's), normalmente tóxicos, presentes em um fluxo gasoso, pode ser reduzida por meio de sua condensação, mediante resfriamento controlado do fluxo (LISBOA & SCHIRMER, 2007). Nos condensadores de contato direto, há contato físico entre o fluxo gasoso e o fluido refrigerante, normalmente água aspergida de cima para baixo em uma câmara, por onde o fluxo gasoso passa em sentido contrário. O composto, agora na forma líquida, precipita-se na parte inferior do equipamento, permitindo sua coleta separadamente do fluxo gasoso "purificado", que é liberado para a atmosfera (FERNANDES, 2003).

#### 5.3.1.6. Lavador Venturi

O equipamento é constituído basicamente por uma seção convergente, um duto contendo uma constrição, denominada garganta, e por fim, uma seção divergente (LISBOA & SCHIRMER, 2007). O princípio de funcionamento dos lavadores Venturi envolve a introdução de líquido (geralmente água), feita através de orifícios localizados na garganta do lavador. Nessa forma de injeção, o líquido adentra o equipamento na forma de um jato que, em contato com o gás em alta velocidade, se atomiza formando inúmeras gotas, as quais são responsáveis pela coleta das partículas (FERNANDES, 2003). O material particulado proveniente do tratamento de vapores e gases, se descartado e/ou acondicionado incorretamente pode acarretar danos ao meio ambiente (LISBOA & SCHIRMER, 2007).

## 6. ADUBO ORGÂNICO

O adubo orgânico é constituído de resíduos de origem animal e vegetal, que após a decomposição, resultam em matéria orgânica. A compostagem, a vermicompostagem, a adubação verde e o biofertilizante são os adubos orgânicos mais conhecidos e viáveis economicamente. (FINATTO et al.,2013, p.86)

O adubo tem a função de fornecer nutrientes ao solo. Os nutrientes fornecidos pelo adubo dependem basicamente do material empregado em seu preparo. Os adubos orgânicos são bons fornecedores de nutrientes, disponibilizando rapidamente fósforo e potássio, sendo o nitrogênio utilizado na degradação dos compostos (FINATTO et al.,2013).

A compostagem é uma das formas de produção de adubo orgânico, pois realiza a decomposição aeróbica, onde ocorre o desprendimento de gás carbônico, água (na forma de vapor) e energia por causa da ação dos microrganismos. Parte da energia é usada pelos microrganismos para crescimento e movimento, e a restante é liberada como calor, que se procura conservar na pilha de compostagem. Como resultado, a pilha atinge uma temperatura elevada, resfria e atinge o estágio de maturação (LOREIRO et al, 2007).

O processo de compostagem é marcado pela mudança contínua das espécies de microrganismos envolvidos, devido às modificações nas condições do meio, sendo praticamente impossível identificar todos os microrganismos presentes. O entendimento dos processos microbianos é importante para o conhecimento dos ciclos de nutrientes e da dinâmica da matéria orgânica. A microbiota do composto determina a taxa de velocidade do processo de compostagem e produz a maior parte das modificações químicas e físicas do material. O processo de compostagem resulta em um produto final estável, sanitizado, rico em compostos húmicos cuja utilização no solo, não oferece riscos ao meio ambiente. (VALENTE et al, 2009).

### 6.1. LEGISLAÇÃO

O MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) através de sua INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº61, estabelece as definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados a agricultura (BRASIL, 2020).

De acordo com a instrução do MAPA no que diz respeito a classificação, os fertilizantes e biofertilizantes orgânicos que utilizam como matérias-primas orgânicas geradas nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais, incluindo a fração orgânica dos lodos industriais e agroindustriais gerados em sistemas de tratamento de água residuárias contendo qualquer quantidade de despejos sanitários são classificados como CLASSE B (BRASIL, 2020).

Os fertilizantes de natureza física são classificados de acordo com a sua granulometria conforme Figura 3.

Natureza Física	Especificação de Natureza Física	Garantia Granulométrica	Partículas Passantes
		Peneira	
		4,8 mm (ABNT 4)	90%
	Granulado e Mistura de Grânulos	2 mm (ABNT 10)	40% máximo
		1 mm (ABNT 18)	5% máximo
Sólido		2,0 mm (ABNT 10)	100%
	Pó	0,84 mm (ABNT 20)	70% mínimo
		0,3 mm (ABNT nº 50)	50% mínimo
		4,80 mm (ABNT 4)	95% mínimo
	Farelado	2,83 mm (ABNT 7)	80% mínimo
		0,50 mm (ABNT 35)	30% máximo
	Pellet	-	

**Figura 3:** Definição de granulometria (In: BRASIL, 2020)

Na subseção IV da Instrução do Normativa do MAPA da garantia aos teores mínimos de nutrientes exigidos em compostos mistos. Para os macronutrientes primários, macronutrientes secundários e micronutrientes, conforme Figuras 4 e 5.

Garantia	Misto/composto
Umidade (máx.)	50%
N total (min.)	0,5%
Carbono Orgânico - CO (min.)	15%
CTC (min.)	Conforme declarado
pH (min.)	Conforme declarado
Relação C/N (máx.)	20
Relação CTC/C mínima	Conforme declarado
Outros nutrientes	Conforme declarado

**Figura 4:** Especificação quanto a composto misto (In: BRASIL, 2020)

COMPONENTE	TEOR MÍNIMO (%)
	Produto Sólido ou Fluido Produto Fluido
Nitrogênio (N)	1
Fósforo (P2O5)	1
Potássio (K2O)	1
Cálcio (Ca)	1
Magnésio (Mg)	1
Enxofre (S)	1
Boro (B)	0.01
Cloro (Cl)	0.1
Cobalto (Co)	0.005
Cobre (Cu)	0.02
Ferro (Fe)	0.02
Manganês (Mn)	0.02
Molibdênio (Mo)	0.005
Níquel (Ni)	0.005
Selênio (Se)	0.003
Silício (Si)	0.05
Zinco (Zn)	0.1

**Figura 5:** Composição mínima de macro e micronutrientes (In: BRASIL, 2020)

A CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) através de sua Norma Técnica P4.002 dispõe critérios e procedimentos para a aplicação de efluentes e lodos fluidos de indústrias cítricas no solo agrícola. A Norma Técnica P4.002 instrui a caracterização, plano de amostragem, condicionantes do efluente e lodo fluido, condicionantes e caracterização da área de aplicação, projeto de aplicação, plano de monitoramento da área aplicada, acompanhamento da aplicação, amostragem, análises e apresentação dos resultados (CETESB, 2019).

Conforme a Norma Técnica P4.002 a caracterização do efluente e lodo fluído deve contemplar: carbono orgânico total, fósforo total, série nitrogenada (N-Kjeldahl, N-Amoniacal, N-Nitrato, N-Nitrito), pH, potássio, sódio, enxofre total, cálcio, magnésio, teor de sólidos, bário, cádmio, chumbo, cobre, crômio, mercúrio, níquel, zinco e, ainda, caso haja mistura com esgoto sanitário, coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos e Salmonella (CETESB, 2019).

As condicionantes dos efluentes e lodos fluídos para aplicação no solo no estado de São Paulo, estão apresentados conforme as Figuras 6 e 7.

**Tabela 1 – Correlação entre RAS e condutividade elétrica a ser mantida no efluente**

RAS	Condutividade Elétrica dS/m	
	mínima	máxima
0 – 3	0,2	2,9
3 – 6	1,2	2,9
6 – 12	1,9	2,9

Fonte: Ayers e Westcot (1994)

**Figura 6:** Correlação de RAS (In: CETESB, 2019)

**Tabela 2 - Concentrações máximas permitidas no efluente a ser aplicado em solo agrícola**

SUBSTÂNCIAS	CONCENTRAÇÃO (mg/L)
Boro	0,7**
Bário	5,0*
Cádmio	0,01
Chumbo	0,5*
Cloreto	106**
Cobre	0,2
Crômio	0,1
Fluoreto	1,0
Mercúrio	0,002
Níquel	0,2
Zinco	2,0
Nitrato (como Nitrogênio)	10,0
Sódio	69,0

Fonte: Resolução CONAMA 396/2008 para água de irrigação (BRASIL, 2008)

Nota:

\* Artigo 18 do regulamento da Lei 997/1976, aprovado pelo Decreto 8468/1976 (BRASIL, 1976a-b);

\*\* Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH N° 01/2017 (SÃO PAULO, 2017);

**Figura 7:** Concentrações máximas permitidas (In: CETESB, 2019)

Para a utilização de resíduos da agroindústria de citrus como fertilizante orgânico no estado de São Paulo faz-se necessário fazer uso das atribuições mencionadas na Norma Técnica P4.002.

## 7. UTILIZAÇÃO DO BIODIGESTOR COMO FERRAMENTA DE ENSINO

No Ensino Médio, o ensino de química está se tornando um desafio para os professores. Visto que os alunos não se interessam pela disciplina e na maioria das escolas a química é apresentada como uma matéria na grade curricular a ser repassada aos alunos. Um passo para mudar a forma de transmitir o conteúdo e relacionar o cotidiano vivido pelo aluno com o ensino de química é a utilização de experiências demonstrativas, tornando a aula investigativa, atraindo a atenção do aluno para os fatos que acontecem em seu dia a dia (GUERRA et al., 1998).

O pensamento interdisciplinar é proposto pelas novas diretrizes curriculares da educação básica, para a compreensão de conhecimentos complexos. Embora o estudo interdisciplinar ajude, muitas das vezes o ambiente e as condições de trabalho desfavorecem a aplicação de uma metodologia dinâmica e interdisciplinar (BRASIL, 2018)

Em quase todas as atividades humana geram resíduos na forma, de sólidos, líquidos e gases. Compreendem uma grande diversidade de matérias, nos quais incluem restos de comida, garrafas, papelão, computadores, esgotos, poda de árvores, bagaço de cana, lâmpadas queimadas entre muitos outros (CLIJURI & CUNHA, 2019).

Neste contexto de adubo orgânico obtido através de resíduos oriundos de fábrica de laranja, pode ser abordado como ponto de partida no conteúdo de microbiologia, relacionando o Reino Monera e Reino Protista, suas características gerais e específicas, a proliferação das bactérias e algas no dia a dia, bem como o crescimento em rios e mares.

O crescimento poderia ser exemplificado com fatos ocorridos no dia a dia do estudante, como contaminações de rios, lagos e mares, tornando-os impróprios para consumo e muitas das vezes até para a prática de esportes. Desta forma, observa-se que existe a possibilidade de integrar diferentes áreas, promovendo a interdisciplinaridade.

Propõem-se então, um experimento visando a decomposição de matéria orgânica, através do uso de um biodigestor. A prática poderia fazer com que o professor além de discutir técnicas de separação de misturas, técnicas de tratamento de água e efluentes, abordar os compostos orgânicos, inorgânicos e contaminantes de águas e solos e a sua importância no meio ambiente.

## 7.1. METODOLOGIA PARA ESCOLA

### 7.1.1. Materiais

Para a confecção de modelo didático de biodigestor, serão necessários os seguintes materiais listados abaixo e apresentados na figura 3:

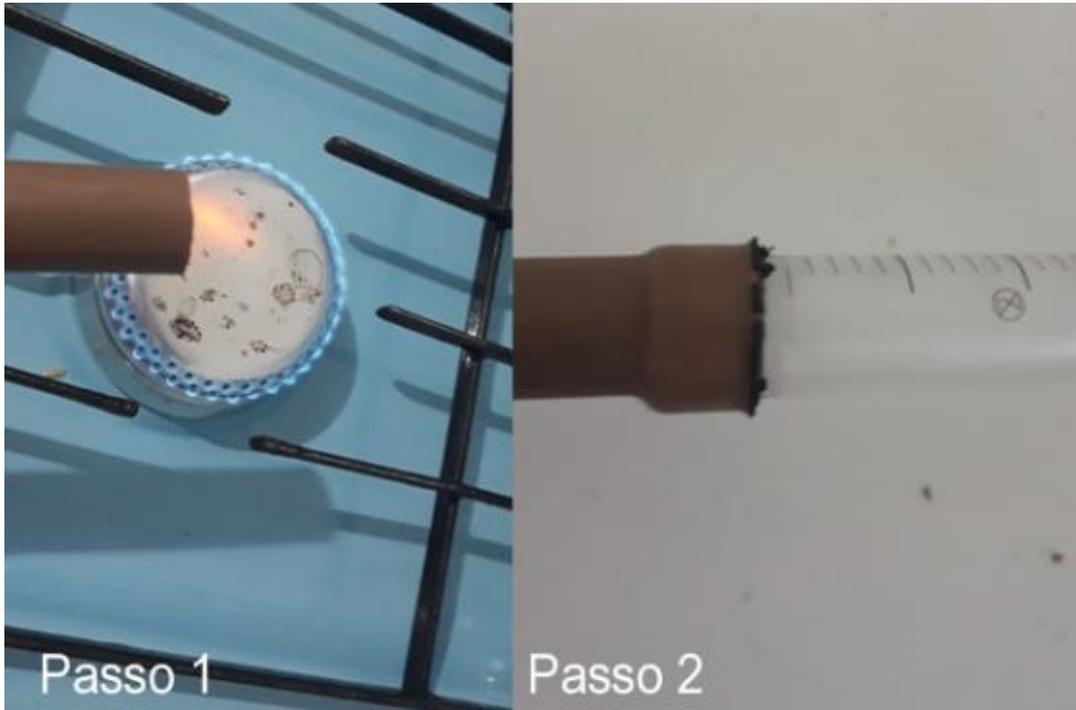
- Duas garrafas PET de 2 litros (vazias e limpas).
- Um metro de cano PVC de ½ polegada.
- Dois registro de ½ polegada.
- Uma seringa de preferência de 20 ml, ou bexigas.
- Uma conexão cotovelo de 90° de ½ polegada.
- Duas conexões T de ½ polegada.
- Uma luva LR de ½ polegada.
- Adaptador ½ polegada macho.
- Resinas, para fazer a vedação (silicones próprios para plástico, durepox ou outros).
- Lixas.
- Alicates.
- Arco de Serra.
- ½ m Mangueira de silicone.
- Trena ou metro.
- Uma ponta de metal (sugestão um pedaço de cano de antena vedando as pontas e com pequenos furos ou queimadores de fogões).



**Figura 8:** Materiais utilizados para a confecção do experimento

### 7.1.2. Método

- Esquente o cano em fogo e faça um encaixe com a seringa (figura 4), espere esfriar e corte o cano com encaixe com aproximadamente 5 cm..



**Figura 9: Procedimento inicial para preparo do cano**

- Corte sete pedaços de cano de aproximadamente 5 cm.
- Lixe as faces externas de todas as extremidades dos canos e as faces internas das conexões.
- Coloque as peças nas posições de acordo com a figura 5.



**Figura 10: Esquema de montagem do equipamento**

- Utilizando a cola de PVC, cole as peças uma de cada vez até ficar como a figura 6.



**Figura 11:** Esquema do equipamento montado

- No interior de uma das garrafas coloque a matéria orgânica escolhida. Em seguida adicione 2/3 de água em relação ao peso do material.
- Colar a estrutura feita com os canos conforme a figura 7



**Figura 12:** Esquema do equipamento ligado às garrafas, que receberá o material orgânico e a garrafa coletora de gás.

- Acoplar a mangueira na saída de gás e colocar em um queimador de fogão.
- Vede todos os pontos que possa haver vazamento com silicone ou similar.
- Deixar o experimento em um local adequado, e aguardar por alguns dias e ir visualizando a liberação dos gases.
- Quando a seringa começar a subir significa que já está começando a ter pressão, em seguida abrir a válvula de saída junto ao queimador de fogão e efetuar a combustão do biogás.

## 8. MATERIAIS E MÉTODOS

### 8.1. MATERIAIS

#### 8.1.1. Amostras

As amostras de lodo biológico e biossólidos (cinzas e resíduos sólidos não utilizados na fabricação de pellet de polpa cítrica) foram cedidas por uma indústria de FCOJ, situada na cidade de Matão-SP, sendo estas acondicionadas em embalagens plásticas seladas, até o momento das análises.

#### 8.1.2. Materiais

- Cadinhos
- Espátula
- Erlenmeyer
- Pipetas
- Bureta
- Tubos digestores
- Proveta
- Funil Buchner
- Kitasato
- Papel filtrante

#### 8.1.3. Reagentes

- $\text{H}_2\text{SO}_4$  P.A.
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N
- Peróxido de hidrogênio
- NaOH 50%
- Ácido Bórico
- $\text{CaCl}_2$

- Solução nitro-perclórico 2:1
- HNO<sub>3</sub> concentrado
- Água destilada
- Ácido nítrico 20g/L

#### **8.1.4. Equipamentos**

- Bomba de vácuo
- Estufa
- Balança analítica
- Mufla
- Dessecador
- Bloco digestor
- Kjeldahl
- Capela
- Vortex (agitador)
- Espectrofotômetro de emissão atômica por plasma MP-AES
- Bomba de vácuo
- pHmetro

## **8.2. MÉTODOS**

### **8.2.1. Preparo das amostras**

Todas as amostras foram preparadas e analisadas seguindo as metodologias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para análise de compostos orgânicos. (BRASIL, 2017)

### **8.2.2. Determinação de umidade a 65°C**

As amostras foram pesadas, aproximadamente 20,00 g de cada composto em cadinhos tarados. Foram feitas pesagens periódicas a 65°C até não haver mais variação de massa. O cálculo da umidade de equilíbrio foi feito utilizando a fórmula a seguir.

$$U_{65(\%)} = \frac{100 (G1-G2)}{G1} \quad (1)$$

Onde:

G1 = Massa da amostra “in natura”, em gramas.

G2 = Massa da amostra secada a 65°C, em gramas.

**Observação importante:** Para fertilizantes sólidos com umidade ( $U_{65}$ ), os resultados finais das análises executadas utilizando amostra seca, serão referidos ao material “in natura”, pela multiplicação pelo fator:

$$F = \frac{(100 - U_{65})}{100} \quad (2)$$

*Exceto para carbono orgânico e CTC.*

### 8.2.3. Determinação de cinzas ou matéria mineral

Nos cadinhos queimados em mufla, resfriados e pesados, foram adicionados 0,25 g de amostra e seus respectivos pesos anotados.

As amostras foram então aquecidas a 550°C por 4h, até apresentarem a cor cinza clara e posteriormente resfriadas em dessecador e suas massas anotadas.

*Para o cálculo do teor de cinzas, utilizou-se a fórmula*

$$\%cinza = \frac{\text{Peso (cinza)}}{\text{Peso (amostra)}} \times 100$$

#### 8.2.4. Determinação de matéria orgânica (calculo)

Para calcular a matéria orgânica na amostra foi utilizado a seguinte equação:

$$MO = 100 - \%cinza$$

#### 8.2.5. Análise de Nitrogênio

##### 8.2.5.1. Extração de Nitrogênio

Pesou-se 0,1g de amostra em tubo de ensaio e anotou-se a massa, foram adicionados 2 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado P.A. e levado ao aquecimento em bloco digestor a 280° C por 15min e após esse processo foi adicionado 1,5 mL de peróxido de hidrogênio e mantido o aquecimento por mais 10 min.

##### 8.2.5.2. Leitura de Nitrogênio e titulação da amostra

Com o auxílio do equipamento Kjeldahl, completou-se o copo do aparelho com NaOH e em um erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se 15 mL de solução indicadora de ácido bórico, liberando 20 mL de NaOH (50%) lentamente.

Após esse processo a amostra foi titulada com o auxílio de uma bureta com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 N até a viragem do verde para o vermelho e foi anotado o volume gasto.

*Para os cálculos da % de nitrogênio foi utilizada a equação a seguir.*

$$\%Nitrogênio = \frac{VT \times NAc \times 0,014 \times 100}{PAm}$$

Onde:

VT = Volume gasto na Titulação

NAc = Normalidade do ácido

PAm = Peso da amostra

### 8.2.6. Determinação de macro e micronutrientes (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn)

Para a extração dos nutrientes das amostras foram pesados 0,5 g de amostra em tubo digestor.

Na capela adicionou-se 8 mL de solução nitro-perclórica 2:1, deixando em repouso overnight. Colocaram-se no bloco digestor os tubos aquecendo o bloco a 100° C por 1 hora, até eliminar todo particulado do fundo do tubo.

Adicionou-se 25 mL de água destilada morna no vortex com o auxílio de uma proveta, deixando as amostras em repouso.

A leitura dos elementos P, K, Mg, Ca, Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Al, Na, foram realizadas no Espectrofotômetro de emissão atômica por plasma MP- AES.

### 8.2.7. pH (cloreto de cálcio)

Pesou-se 10 g ( $\pm 1$  mg) da parte de amostra seca (a 65° C, transferiu para frasco coletor de 150 mL, adicionou 50 mL de solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 molL<sup>-1</sup> (extratora pH) homogeneizou e aguardou 30 minutos agitando de 10 em 10 minutos, em seguida realizou a leitura em pHmetro.

### 8.2.8. Fósforo em água

Pesou-se 1g da amostra, com precisão de 0,1 mg, transferiu para papel de filtro de porosidade média, adaptado em um funil de colocado sobre um balão volumétrico de 250 mL, lavou-se com pequenas porções sucessivas de água destilada tendo o cuidado de promover a suspensão da amostra e de adicionar nova porção somente após a anterior ter passado completamente, procedeu à extração até obter um volume de quase 250 mL. Se o filtrado apresentasse turbidez seria necessário adicionar ao mesmo 1 a 2 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado, avolumou para 250mL e homogeneizou. Pipetou-se 0,5 mL da solução e adicionou-se 19,5 mL de água destilada.

A leitura foi realizada no Espectrofotômetro de emissão atômica por plasma MP- AES.

*Resultado em (%) de P (converter para  $\text{P}_2\text{O}_5$ )*

$$P_2O_5 = P \times 2,29$$

### 8.2.9. Fósforo em CNA

Pesou-se 1,0 g de amostra, com precisão de 0,1 mg, e transferir para frasco coletor seco, adicionou-se 100 mL de solução de ácido cítrico (20 g/L), em agitador agitou-se durante 30 minutos a 30-40 rpm, logo em seguida foi filtrado rapidamente em papel filtro, desprezou-se os primeiros 30 mL, do filtrado restante pipetou-se 0,1 mL da solução e adicionou 9,6 mL de água destilada.

A leitura foi realizada no Espectrofotômetro de emissão atômica por plasma MP- AES.

*Resultado em (%) de P (converter para  $P_2O_5$ )*

$$P_2O_5 = P \times 2,29$$

## 9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 9.1. ANÁLISES DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Os resultados da avaliação quantitativa dos resíduos industriais (lodo, bagaço, cinzas, folhas e cascas) estão apresentados na tabela 1, com resultados expressos em base seca.

ANÁLISES	UN.	LODO	BAGAÇO	CINZAS	FOLHAS E CASCAS
Umidade 65°	%	58,87	63,61	62,89	57,29
Matéria Orgânica Total	%	63,84	87,42	12,21	78,28
Carbono Total	%	37,03	56,51	7,08	45,51
Resíduo Mineral	%	36,16	12,58	87,79	21,72
Nitrogênio (N Total)	%	4,07	0,38	0,19	1,30
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total)	%	2,54	0,03	1,17	0,43
Potássio (K <sub>2</sub> O Total)	%	0,06	0,01	0,12	1,10
Cálcio (Ca Total)	%	0,24	0,01	0,55	1,97
Magnésio (Mg Total)	%	0,02	0,01	0,12	0,22
Enxofre (S Total)	%	0,53	0,18	0,36	0,15
Ferro (Fe Total)	mg/Kg	3904,95	289,07	4931,09	3752,05
Cobre (Cu Total)	mg/Kg	61,25	1,4	12,26	94,16
Zinco (Zn Total)	mg/Kg	37,46	0,00	28,7	45,46
Manganês (Mn Total)	mg/Kg	116,35	10,47	417,23	68,46

**Tabela 1:** Resultados das análises dos resíduos agroindustriais

De acordo com os resultados obtidos, podemos constatar que os resíduos gerados no processo agroindustrial possuem composição distintas entre eles, apresentando valores bem interessantes de matéria orgânica, macro e micronutrientes. Dentre eles, o Lodo possui a maior composição de Nitrogênio (N), com 4,07 % e de Fósforo (P) com 2,54% e as folhas e cascas apresentaram maior quantidade de Potássio (K), com 1,10%.

Se comparados a resíduos de outros processos agroindustriais como cama de frango e carcaça de aves, de acordo com Junior, Oricco e Junior (2010), estes resíduos apresentam em porcentagem 2,41 e 2,60 de N, valores inferiores ao encontrado no lodo,

1,77 e 9,50 de P, constatando que a carcaça das aves é o composto mais rico desse elemento e 2,60 e 0,06 de K respectivamente para cada resíduo analisado por eles.

Costa et. al, (2009) utilizando resíduos de frigoríficos (constituído basicamente, de órgãos internos de animais abatidos, vísceras em geral, pulmão, baço, rúmen, conteúdo ruminal, intestinos, gorduras, pedaços de carne condenados pela inspeção, sangue e demais descartes) para compostagem com palha de trigo e serragem, encontraram na análise da mistura dos resíduos totais 8,4% de N, valor esse, bem acima do encontrado nos resíduos deste trabalho, mas se levado em consideração a mistura final da compostagem se torna equivalente com uma média de 2,5% N.

Pedrosa et. Al (2013) utilizando resíduos agroindustriais de uma indústria de doces (casca de banana) para compostagem com poda urbana e esterco ovino, encontrou na mistura dos resíduos totais 3,71% de N, 1,02% de P, 4,32% de K e 177,85% de matéria orgânica, tendo apenas o valor de K benéfico se comparado aos valores encontrados nos resíduos deste trabalho.

Segundo a INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 61, DE 08 DE JULHO DE 2020, que dita sobre as especificações, as garantias e as tolerâncias para produção de fertilizantes orgânicos (adubos), diz que os fertilizantes orgânicos mistos, como o proposto neste trabalho, devem possuir no máximo 50% de umidade, no mínimo 0,5% de N total, uma relação C/N de no máximo 20%, e as quantidades de outros elementos devem ser declaradas como analisadas.

Sendo assim, os resíduos analisados, se misturados em quantidade equivalente (25% de cada) para o preparo do fertilizante, estaria bem próximo do que a legislação exige, apresentando uma umidade próxima a 60%, a quantidade de Nitrogênio de 1,4% e a relação C/N perto de 24%, ou seja, valores maiores do que o permitido, mas que podem ser ajustados com balanço de frações dos resíduos.

## 10. CONCLUSÃO

A adubação do solo através do fertilizando orgânico traz diversos benefícios tanto para a agricultura como para o meio ambiente, pois a matéria orgânica presente contribui para melhora da estrutura do solo, potencial de cultivo, capacidade de infiltração e retenção de água, e capacidade de troca de cátions do solo, o que permite a retenção de potássio, cálcio e magnésio, aumentando a diversidade e atividade biológica no solo e melhorando a disponibilidade de nutrientes para as plantas, reduzindo parcialmente a necessidade de utilização de fertilizantes químicos.

Os resíduos agroindustriais gerados pela indústria produtora de FCOJ, possui grande potencial para sua reutilização como fertilizante orgânico ao invés do descarte dos mesmos.

Com base nas análises para caracterizar os resíduos agroindustriais verificou-se um teor de macro e micronutrientes significativos e, estando em conformidade com Normativa do MAPA.

Portanto de acordo com os valores de macro e micronutrientes nos resíduos agroindustriais deste trabalho, podemos concluir que a produção de fertilizante orgânico, através do processo de compostagem dos resíduos agroindustriais analisados é favorável.

## 11. REFERÊNCIAS

AREAL, Patrícia Valéria Vaz; KATOKA, Filomena, **Manual de saneamento**, 4. ed. Brasília: FUNASA, 2015. p.22-27.

BEZERRA, Juliana. **Revolução Industrial**. Toda Matéria. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/industrializacao.htm>>. Acesso em 23 de março de 2020.

BIHRE, Eduardo; CIROLINI, Julio; RUTSATZ, Marcus. **Extração**. UFRGS. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/afeira/produtos/frutas/suco-de-laranja-pasteurizado-1/processamento/extracao>>. Acesso em 10 de maio de 2020.

BRANCO, Samuel Murgel; MURGEL, Eduardo, **Poluição do ar**, 2. ed. São Paulo: Moderna, 2000. p.87.

BRASIL. **Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos**. Brasília: MAPA, 2017.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº61, de 8 de julho de 2020**. Brasília: MAPA, 2020.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para Ensino Médio**. Brasília: MEC, CNE, 2018.

CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes, **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e gestão**, 2. ed. São Paulo: Editora GEN LTC, 2019.

CAPAZ, Rafael Silva; NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta, **Ciências Ambientais para Engenharia**, 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

CETESB, **Norma Técnica P4.002**. São Paulo, 2019.

COSTA, Adelaide de Fátima Santana; CARNEIRO, Charles; ERBA, Diego Alfonso et al. **Aproveitamento do Lodo Gerado em Estações de Tratamento de Água e Esgotos Sanitários, Inclusive com a Utilização de Técnicas Consorciadas com Resíduos Sólidos Urbanos**, 1. Ed. Curitiba: Rima Editora, 2001.

FERNANDES, Paulo Sergio. **Gestão de Fontes Estacionárias de Poluição Atmosférica**. UFPR (Universidade Federal do Paraná). Disponível em:<

[http://www.ambiental.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2014/08/Livro\\_TGA-EA-\\_cap\\_3\\_Fontes\\_Fixas.pdf](http://www.ambiental.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2014/08/Livro_TGA-EA-_cap_3_Fontes_Fixas.pdf)>. Acesso 23 de ago. 2020.

FINATTO, Jordana; ALTMAYER, Taciélen; MARTINI, Maira Cristina; RODRIGUES, Mariano; BASSO, Virgínia; HOEHNE, Lucélia. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Destaques acadêmicos – Ciências, Engenharia e Inovação**, v.5, n.4, 2013. p. 85-93.

GUERRA, Andréia, FREITAS, Jairo, REIS, José Cláudio, BRAGA, Marco Antonio. **A Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências a Partir de Uma Perspectiva Histórico-Filosófica**. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 15, n. 1, 1998, p. 32-46 abr.

HERNÁNDEZ, Salvador Carlos; SANCHEZB, Edgar N.; BÉTEAUC, Jean-François; JIMÉNEZA, Lordes Díaz. **Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial**, v.11, n.2, abril/julho, 2014. p.236-246.

LEAL, Georla Cristina Souza de Gois; FARIAS, Maria Sallydelancia Sobral; ARAUJO, Aline de Farias, O processo de Industrialização e seus Impactos no Meio Urbano, **QUALITT@S Revista Eletrônica. ISSN 1677-4280**, v.7, n.1, 2008. p.1-11.

LISBOA, Julio Cezar Foschini; BRUNI, Aline Thaís; NERY, Ana Luiza Petillo et al. **Ser Protagonista Química 1**. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.

LISBOA, Henrique de Melo; SCHIRMER, Waldir Nagel. Metodologia de Controle da Poluição Atmosférica. **Controle da Poluição Atmosférica – ENS/UFSC**, v.01, n. 01, out/nov 2007. p.1-93 ed. Montreal

MUNHOZ, José Renato; MORABITO, Reinaldo. Otimização no planejamento agregado de produção em indústrias de processamento de suco concentrado congelado de laranja. **Gestão e Produção**, v.17, n.3, 2010. p.465-481.

NEVES, Daniel; SOUZA, Rafaela. **Revolução Industrial**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/historiag/revolucao-industrial.htm>>. Acesso em 30 de março de 2020.

PARENTE, Antonio Hélder; SILVA, Elcio Alves de Barro. Redução de efluentes líquidos na indústria alimentícia. **Revista Química & Tecnologia**, v. 01, n.01, jul/dez 2002. p. 58-67.

PEDROSA, Talita Dantas; FARIAS, Camilo Allyson Simões; PEREIRA, Rafaela Alves; FARIAS, Emanuel Tarcísio do Rêgo. Monitoramento dos Parâmetros Físico-químicos na Compostagem de Resíduos Agroindustriais. **Nativa**, v.01, n.01, out/dez 2013. p.44-48.

PEREIRA, José Almir Rodrigues. **Geração de resíduos industriais e controle ambiental**. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Pará. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Almir\\_Pereira/publication/228719448\\_Geracao\\_de\\_residuos\\_industriais\\_e\\_controle\\_ambiental/links/53d7e6430cf2e38c632dec0b.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Jose_Almir_Pereira/publication/228719448_Geracao_de_residuos_industriais_e_controle_ambiental/links/53d7e6430cf2e38c632dec0b.pdf)>. Acesso em 23 de junho de 2020.

PEREZ, Olívia Cristina; SANTOS, Victor Hugo Almeida. Exportação de Suco de Laranja Brasileiro. **Revista de Administração da Fatea**, v.9, n.9, ago./dez., 2014 p. 101-109

RODRIGUES, G. H.; SUSIN, I.; PIRES, A. V. et al. Substituição do milho por polpa cítrica em rações com alta proporção de concentrado para cordeiros confinados. **Ciência Rural**, v.38, n.3, Santa Maria, Mai/Jun 2008.

SPERLING, Marcos Von. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos**, 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2018.

SPERLING, Marcos Von. **Lagoas de Estabilização**, 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.

SPERLING, Marcos Von. **Lodos Ativados**, 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

TCHOBANOGLIOUS, George; STENSEL, David H.; TSUCHIHASHI, Ryujiro et al. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**, 5. ed. Tradução Ivanildo Hespanhol. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2016.

WERDAN, João. **Indústria do Suco de Laranja Concentrado – História, Mercado e Produção**. BetaEQ. Disponível em: <<https://betaeq.com.br/index.php/2015/09/12/industria-do-suco-de-laranja-concentrado-historia-mercado-e-producao/>>. Acesso em 15 de junho de 2020.