



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

**SAYONARA ALBUQUERQUE LINS**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE FERTILIZANTES MINERAIS DO  
TIPO NPK DESTINADOS À APLICAÇÃO VIA SOLO**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2019**

SAYONARA ALBUQUERQUE LINS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE FERTILIZANTES MINERAIS DO  
TIPO NPK DESTINADOS À APLICAÇÃO VIA SOLO**

Trabalho de Conclusão de curso da  
Universidade Estadual da Paraíba, como  
requisito parcial à obtenção do Título de  
Bacharel em Química Industrial.

**Orientadora:** Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L759a Lins, Sayonara Albuquerque.  
Avaliação da qualidade de fertilizantes minerais do tipo NPK destinados à aplicação via solo [manuscrito] / Sayonara Albuquerque Lins. - 2019.  
43 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.  
"Orientação : Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz, Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."  
1. Fertilizantes minerais. 2. NPK. 3. Qualidade dos fertilizantes. I. Título  
21. ed. CDD 631.8

SAYONARA ALBUQUERQUE LINS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE FERTILIZANTES MINERAIS  
DESTINADOS À APLICAÇÃO VIA SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso em  
Química Industrial da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito  
parcial à obtenção do Título de Graduado  
em Química Industrial.

Aprovada em: 09/12/2019

**BANCA EXAMINADORA**

Márcia Ramos Luiz

Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz (Orientadora)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Weruska Brasileiro Ferreira

Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

George Antonio Belmino da Silva

Msc. George Antonio Belmino da Silva

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que escolheram exercer a função de pai e mãe, me orientado a ser quem eu sou e me incentivado aos estudos.

Aos meus irmãos, por serem pessoas maravilhosas na minha vida e estarem sempre ao meu lado.

À meu namorado Iuri que me estimulou durante toda a graduação, compreendeu minha ausência ao tempo dedicado aos estudos, e por estar ao meu lado me incentivando com muito amor e carinho.

À Vitor que foi minha dupla desde sempre e me apoiava em todas as atividades acadêmicas.

Aos meus colegas de turma, Vitor, Heloíza, Mayara, Igor, Bruno e Germana, agradeço por todo amor, força, incentivo e apoio incondicional.

À professora Márcia, por aceitar me orientar na elaboração deste trabalho e na atenção doada dentro e fora de sala de aula.

Ao grupo de estudo química forense, principalmente à professora Sara, agradeço pelo aprendizado, risadas e experiências únicas promovidas pelo grupo.

Aos professores do Curso da UEPB, em especial, Weruska Brasileiro, Ângela Maria, Rejane, Djane Oliveira, Roberta Oliveira, Dauci Pinheiro, Wilton, Carlos e Juarez Dantas.

À George e Whelton que me ajudaram bastante na reta final de conclusão deste trabalho com as últimas análises.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

*“Cada sonho que você deixa pra trás, é um pedaço do seu futuro que deixa de existir.”*

Steve Jobs

## RESUMO

Os fertilizantes são produtos compostos principalmente por macronutrientes e micronutrientes. Uma enorme variedade de fertilizantes é comercializada ao alcance de toda a população sem nenhum controle, entretanto há uma preocupação com a qualidade deste produto, já que pode trazer problemas à lavoura e ao meio ambiente. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de fertilizantes minerais do tipo NPK destinados à aplicação via solo, comercializados na cidade de Campina Grande – PB, que auxiliam na agricultura proporcionando os nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Foram avaliados 4 tipos de fertilizantes e identificadas por numeral de 1 a 4, sendo realizadas análises físicas e químicas em quatro amostras diferentes para determinar a qualidade dos fertilizantes, onde consistem em verificar características importantes como umidade, pH, granulometria, dispersão de partículas e teores químicos descritos no rótulo. Dentre as amostras analisadas observou-se que a amostra 2 e 3 possuíram os melhores resultados em comparação as demais, pois obtiveram um bom índice de qualidade conforme a normativa N° 39 de 8 de agosto de 2018, com pH próximo a neutralidade, taxa de umidade menor que 2%, granulometria relativamente uniforme, alta segregação e teores de nitrogênio e potássio conforme descritos no rótulo. A amostra 1 foi a que mais se distanciou da normativa quanto as características analisadas, porém levando em consideração todas as características citadas todas estariam reprovadas, pois os teores de fósforo estavam distintos dos citados nos rótulos em todas as amostras. Com esses resultados verificou-se que a pesquisa foi de extrema importância, pois revelou que as amostras de fertilizantes não estavam dentro de todos os parâmetros da legislação vigente, o que é preocupante, pois estes produtos são utilizados no meio ambiente podendo causar danos irreversíveis. Em vista dos argumentos apresentados neste trabalho, foi realizada uma avaliação da qualidade de fertilizantes comercializados na cidade de Campina Grande, onde serão efetuadas análises que determinam se os produtos estão aptos ou não para serem comercializados.

Palavras-Chave: Fertilizantes minerais. NPK. Qualidade dos fertilizantes. Aplicação via solo.

## ABSTRACT

Fertilizers are products composed mainly of macronutrients and micronutrients. A huge variety of fertilizers are marketed to reach the entire population without any control, but there is a concern about the quality of this product, which can cause crop and environmental problems. The present work aimed to evaluate the quality of NPK mineral fertilizers, which can be applied via soil, commercialized in the city of Campina Grande - PB, which help agriculture using the nutrients used for plant growth. Four types of fertilizers were evaluated and identified by numbers from 1 to 4. Physical and chemical analyzes were performed on four different samples to determine the quality of the fertilizers, where they consist of checking important characteristics such as moisture, pH, particle size, dispersion and chemical contents in the description label. Among the samples analyzed it was observed that sample 2 and sample 3 had the best results compared to other samples, they obtained a good quality according as normative N° 39 on August 8<sup>th</sup> 2018, with pH close to neutrality, moisture below 2%, normalized granulometry, high segregation and nitrogen and potassium content as specified on the description label. Sample 1 was the one most distanced from the current normative the resources analyzed, but considering all the cited characteristics all failed, because the phosphorus contents, for example, are distinct from those mentioned in the description labels in all quantities. With these results, it was found that this research was extremely important because it was detected samples of fertilizers that were not within all levels of current legislation, what is worrying, because these products are used in the environment and can cause irreversible damage. In view of the arguments presented in this paper, an evaluation of the quality of fertilizers marketed in the city of Campina Grande was performed, where analyzes will be performed to determine whether the products are fit or not for sale.

Keywords: Ground. Nutrients. Segregation. Normative.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Amostras no béquer para análise de pH.....	20
<b>Figura 2</b> – Peneiras no agitador eletromagnético SOLOTEST.... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
<b>Figura 3</b> – Quarteamento.....	22
<b>Figura 4</b> – Frações retidas de cada peneira .....	23
<b>Figura 5</b> – Peneiras no agitador eletromagnético SOLOTEST.....	24
<b>Figura 6</b> – Frações retidas de cada Peneira .....	24
<b>Figura 7</b> – Tubos com a mistura catalítica e amostra.....	26
<b>Figura 8</b> – Antes e depois do processo de destilação .....	27
<b>Figura 9</b> – Antes e depois da titulação .....	28
<b>Figura 10</b> – Amostras no processo de determinação de fósforo .....	30
<b>Figura 11</b> – Amostras no processo de determinação de potássio .....	31
<b>Figura 12</b> – Teor de Umidade nos Fertilizantes .....	32
<b>Figura 13</b> – Amostras um mês após serem moídas .....	33
<b>Figura 14</b> – pH dos fertilizantes .....	34
<b>Figura 15</b> – Índice de Dispersão de Partículas.....	36
<b>Figura 16</b> – Curva de calibração da análise de P .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações de Natureza Física e Garantia Granulométrica .....	15
Tabela 2 – Especificações de ABNT e mesh de cada peneira .....	21
Tabela 3 – Especificações de ABNT e mesh de cada peneira .....	23
Tabela 4 – pH de Fertilizantes Comercializados .....	34
Tabela 5 – Partículas passantes na análise granulométrica .....	35
Tabela 6 – Resultados do GSI .....	36
Tabela 7 – Teores de N, P e K analisados .....	37
Tabela 8 – Tolerâncias para os macronutrientes.....	38

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	10
1.1. Objetivos.....	11
1.1.1. <i>Objetivo Geral</i> .....	11
1.1.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1 Histórico de Fertilizantes no Brasil.....	12
2.2 Fertilizantes.....	12
2.2.1. <i>Classificação dos fertilizantes</i> .....	13
2.2.1.1. <i>Fertilizantes Minerais</i> .....	13
2.2.1.2. <i>Fertilizantes Orgânicos</i> .....	13
2.2.1.3. <i>Fertilizantes Organominerais</i> .....	14
2.3. Requisitos de qualidade de fertilizantes.....	14
2.3.1. <i>Características Físicas dos Fertilizantes</i> .....	14
2.3.2. <i>Características Químicas dos Fertilizantes</i> .....	15
2.3.2.1. <i>pH</i> .....	15
2.3.3. <i>Características Físico-Químicas dos Fertilizantes</i> .....	16
2.4. Macronutrientes .....	16
2.4.1. <i>Nitrogênio (N)</i> .....	16
2.4.2. <i>Fósforo (P)</i> .....	17
2.4.3. <i>Potássio (K)</i> .....	17
2.5. Fertilizantes minerais do tipo npk.....	18
3. METODOLOGIA .....	19
3.1. Local da pesquisa .....	19
3.2. Coleta da amostra .....	19
3.3. Análises .....	19
3.3.1. <i>Determinação de Umidade</i> .....	19
3.3.2. <i>Determinação do ph</i> .....	20
3.3.3. <i>Análise granulométrica</i> .....	21
3.3.4. <i>Determinação do índice de dispersão de partículas (gsi)</i> .....	23
3.3.5. <i>Análise de nitrogênio total</i> .....	25
3.3.5.1. <i>Digestão</i> .....	26
3.3.5.2. <i>Destilação</i> .....	26
3.3.5.3. <i>Titulação</i> .....	28
3.3.5.4. <i>Fórmula para determinação de nitrogênio</i> .....	28
3.3.6. <i>Análise de fósforo total</i> .....	29
3.3.6.1. <i>Extração</i> .....	29
3.3.6.2. <i>Digestão</i> .....	29
3.3.6.3. <i>Análise</i> .....	29
3.3.7. <i>Análise de potássio</i> .....	30
3.3.7.1. <i>Extração</i> .....	30
3.3.7.2. <i>Análise</i> .....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.1. Determinação de Umidade.....	32
4.2. Determinação do ph.....	33
4.3. Análise Granulométrica .....	34
4.4. Índice de dispersão de partículas (gsi).....	35
4.5. Análises químicas .....	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	40
REFERÊNCIAS .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

Os fertilizantes são compostos por macronutrientes primários, macronutrientes secundários e micronutrientes. Podem ser encontrados em três formas físicas (sólido, líquido e gasoso) e cada um com três diferentes classificações (mineral, orgânico e organomineral). Eles podem ser encontrados em lojas de agricultura, supermercados, feiras locais e atacados em geral e são comercializados em grandes e pequenas quantidades, sejam embalados em caixas de papelão, sacolas plásticas ou garrafas de polietileno (GIRACCA e NUNES, 2016).

Os fertilizantes químicos auxiliam a agricultura a produzir a grande demanda de alimentos necessários para abastecer a população mundial. O Químico Justus Von Liebig foi o primeiro a se dedicar no estudo de fertilizantes e publicou em 1840 o livro "*Organic Chemistry in Its Application to Agriculture and Physiology*", um dos livros mais importantes em ciências da agricultura. Nele Liebig apreciou a ligação entre a química, principalmente a química orgânica, e a agricultura aplicando este estudo no desenvolvimento da agricultura (ROSENFELD, 2003).

Nos dias atuais há uma enorme variedade de fertilizantes sendo comercializados ao alcance de toda a população sem nenhum controle, entretanto há uma preocupação com a qualidade deste produto, já que pode trazer problemas à lavoura e ao meio ambiente. O Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é o órgão que estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura, através da Instrução Normativa N° 39, de 8 de agosto de 2018 (BRASIL, 2018). Contudo não há uma fiscalização constante sobre esses produtos.

As análises de umidade, pH, granulometria, Índice de dispersão de partículas e análises químicas podem verificar a qualidade dos fertilizantes comercializados. Caso os nutrientes dos fertilizantes industrializados não estejam nas proporções adequadas além de não aumentar a produtividade, problemas de contaminação no solo e na água podem surgir através de elementos-traços que estão contidos nos insumos, como impurezas provenientes das rochas, dos equipamentos, e até mesmo de reagentes utilizados em sua produção (MENDES et al., 2010). Dessa

forma pode-se verificar a grande importância da análise de qualidade desses materiais que estão sendo comercializados.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Qualificar fertilizantes minerais do tipo NPK, comercializados na cidade de Campina Grande – PB, destinados à aplicação via solo.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Determinar a umidade presente nas amostras de fertilizante.
- Medir o pH das amostras.
- Analisar a granulometria das amostras de fertilizante comparando com a descrita no rótulo do produto.
- Definir o índice de dispersão de partículas das amostras coletadas.
- Analisar se as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio estão de acordo com o rótulo.
- Comparar os resultados obtidos com a legislação vigente e com trabalhos realizados anteriormente.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Histórico de Fertilizantes no Brasil**

O uso de fertilizantes na agricultura foi iniciado provavelmente pelo homem neolítico. Cinzas e esterco eram as fontes de nutrientes para a produção das plantas. Contudo, o conceito moderno de fertilidade do solo foi iniciado por Justus Von Liebig em 1840 que procurou pesquisar quais nutrientes as plantas precisavam, onde essas plantas poderiam obtê-los e quais práticas agrícolas poderiam fornecê-los. A partir de então, os processos de desenvolvimento e produção de fertilizantes iniciaram a fim de melhorar a oferta de nutrientes às plantas (NORDESTE RURAL, 2018).

O Brasil é uma superpotência agrícola devido a abundância de terras e água e é o quarto maior consumidor de N e o terceiro de P. Por possuir solos com deficiência de K é o segundo maior consumidor do nutriente (NUTRIÇÃO DE SAFRAS, 2019). O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo e o sexto produtor. Apesar dos esforços do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) em nacionalizar a fabricação de fertilizantes nitrogenados, a dependência brasileira da importação aumentou nos últimos 12 anos (GOTTEMS, 2017).

Os fertilizantes chegaram ao país por volta de 1895, na região de Campinas, grande produtora de café da época. Na época 14 empresas se juntaram para criar e sustentar financeiramente a Associação Nacional para Difusão de Adubos (Anda), fundada em 13 de abril de 1967, que tinha a função de convencer os agricultores do custo-benefício do uso do fertilizante. Esse convencimento ocorreu por meio de dias de campo e reuniões técnicas, onde os produtores conheciam todas as vantagens do uso dos fertilizantes, além de fazer todos os cálculos do custo-benefício da adubação (MULTITECNICA, 2018).

### **2.2. Fertilizantes**

Segundo o MAPA fertilizante é uma substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas (BRASIL, 2004). Os fertilizantes são essenciais para as plantas, pois são fontes de nutrientes que a planta precisa para completar seu ciclo, sem tais nutrientes a planta morre.

### **2.2.1. Classificação dos fertilizantes**

De acordo com BRASIL (2004), os fertilizantes podem ser classificados como: fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais.

#### *2.2.1.1. Fertilizantes Minerais*

Produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico; fornecedor de um ou mais nutrientes de plantas.

Os fertilizantes minerais se subdividem em:

- I) Fertilizante mineral simples: produto formado, fundamentalmente, por um composto químico, contendo um ou mais nutrientes de plantas.
- II) Fertilizante mineral misto: produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes minerais.
- III) Fertilizante mineral complexo: produto formado de dois ou mais compostos químicos, resultante da reação química de seus componentes, contendo dois ou mais nutrientes.

#### *2.2.1.2. Fertilizantes Orgânicos*

Produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais.

Os fertilizantes orgânicos se subdividem em:

- I) Fertilizante orgânico simples: produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas.
- II) Fertilizante orgânico misto: produto de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas.
- III) Fertilizante orgânico composto: produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas.

### *2.2.1.3. Fertilizantes Organominerais*

Produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos. Os fertilizantes organominerais são adubos orgânicos enriquecidos com nutrientes minerais. Nessa composição, a parte orgânica pode ser obtida a partir de fontes como dejetos processados de aves e suínos, como a cama de frango – ou pelo uso da turfa, um material rico em nutrientes extraído de solos com alta umidade (MELO JUNIOR et al., 2012; QUEIROZ et al., 2017).

## **2.3. Requisitos de qualidade de fertilizantes**

As características de qualidade dos fertilizantes são diversas e dependem da natureza física, química ou físico química do produto (ALCARDE, 1989).

### **2.3.1. Características Físicas dos Fertilizantes**

De acordo com o MAPA, os fertilizantes podem ser considerados de acordo com a natureza física como: granulado, mistura de grânulos, microgranulado, pó, farelado, líquido e gasoso. O que distingue tais características é o tamanho dos grânulos, que podem ser determinados por análise granulométrica, isto com relação aos fertilizantes sólidos (MAPA, 2017).

Na Tabela 1 estão apresentadas as especificações de natureza física e garantia granulométrica.

Para os fertilizantes minerais sólidos com especificação de natureza física definida conforme a normativa, O Índice de Dispersão de Partículas (GSI) é indispensável na qualidade de segregação do material. Este é determinado através da análise granulométrica do fertilizante utilizando-se as peneiras de 4,80 mm; 3,36 mm; 2,8 mm; 2,00 mm; 1,41 mm; 1,00 mm e 0,50 mm.



Tabela 1 – Especificações de Natureza Física e Garantia Granulométrica

NATUREZA FÍSICA	ESPECIFICAÇÃO DE NATUREZA FÍSICA	GARANTIA GRANULOMÉTRICA	
		PENEIRA	PARTÍCULAS PASSANTES
SÓLIDO	Granulado e Mistura de Grânulos	4,80 mm (ABNT 4)	95% mínimo
		2,00 mm (ABNT 10)	40% máximo
		1,00 mm (ABNT 18)	5% máximo
	Microgranulado	2,80 mm (ABNT 7)	90% mínimo
		1,00 mm (ABNT 18)	10% máximo
		2,00 mm (ABNT 10)	100%
	Pó	0,84 mm (ABNT 20)	70% mínimo
		0,30 mm (ABNT 50)	50% mínimo
		4,80 mm (ABNT 4)	90% mínimo
	Farelado	2,80 mm (ABNT 7)	80% mínimo
		0,50 mm (ABNT 35)	30% máximo

Fonte: Brasil (2018).

### 2.3.2. Características Químicas dos Fertilizantes

São considerados macronutrientes primários o Nitrogênio (N), Fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio ( $K_2O$ ); são macronutrientes secundários Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) e os micronutrientes Boro (B), Cloro (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Selênio (Se), Silício (Si) e Zinco (Zn) (BRASIL, 2018).

São nomeados de macronutrientes porque são os principais elementos essenciais para o crescimento das plantas, ou seja, são aqueles que precisam estar disponíveis em maiores quantidades. Em contra partida os micronutrientes não deixam de ser essenciais, porém são necessárias poucas quantidades.

#### 2.3.2.1. pH

A maioria dos solos brasileiros possuem pH ácido, comumente menor que 6, retardando a absorção de nutrientes do solo pelas plantas. Dessa forma, é natural que a agricultura promova a acidificação do solo ao longo do tempo, seja pelas plantas, ou seja, pelos fertilizantes minerais e orgânicos. Para correção deste

fenômeno são utilizados materiais chamados corretivos de acidez como o calcário, que aumentam o pH do solo e, também, fornecem nutrientes como o Ca e Mg, melhorando as propriedades químicas do solo e aumentando a produtividade agrícola (CAMARGO, 2012).

### **2.3.3. Características Físico-Químicas dos Fertilizantes**

As características de natureza físico químicas são: solubilidade, higroscopicidade, empedramento e índice Salino. Quanto à solubilidade, estudos desenvolvidos sobre nutrição mineral de plantas observaram que produtos solúveis em água apresentavam melhor efeito. Assim quanto mais solúvel o fertilizante for, de melhor qualidade ele será (ALCARDE, 1989).

Para o mesmo autor, a higroscopicidade é a tendência que os materiais apresentam de absorver umidade do ar atmosférico. Se o produto for muito higroscópico pode desencadear reações onde ocorrerá queda no teor de nutrientes, diminuição da resistência das partículas, dificuldade de manuseio e de distribuição, aderência nos condicionadores, além da umidade ser a principal responsável pelo empedramento dos fertilizantes. O empedramento faz com que as partículas dos Fertilizantes passem por um processo de cimentação, formando partículas muito maiores que as formadas originalmente, sendo assim um fertilizante têm dificuldades na sua distribuição mecânica e na uniformidade das adubações.

## **2.4. Macronutrientes**

### **2.4.1. Nitrogênio (N)**

O nitrogênio é o nutriente mais essencial a ser fornecido para as plantas favorecendo o desenvolvimento foliar, aumento da fotossíntese e maior produtividade, além de estar presente na estrutura de diversos compostos como aminoácidos e ácidos nucleicos (FINCKH e TAMM, 2015; AMBROSANO et al., 2016).

Fertilizantes nitrogenados são produzidos em uma variedade de formulações, cada uma com diferentes propriedades e usos para os sistemas de produção das culturas. Todas essas formulações começam com a amônia anidra que é produzida do ar e gás natural pelo processo de Haber-Bosch através da reação química  $[3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3]$ , mediante alta temperatura e pressão. Alguns dos fertilizantes

nitrogenados mais comuns são: amônia anidra ( $\text{NH}_3$ ), que é o fertilizante nitrogenado comercial mais concentrado (82% de N), aquamônia (20 a 24% de N), sulfato de amônio (21% de N) e ureia (46% de N) (REETZ, 2017).

#### **2.4.2. Fósforo (P)**

O fósforo é essencial no metabolismo das plantas, na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos. O suprimento adequado de P é essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta. A não disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo pode resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando os níveis de P a níveis adequados (GRANT et. al., 2001).

O fósforo em materiais fertilizantes é usualmente expresso na forma de óxido ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), apesar dessa forma em realidade não existir no material fertilizante, ela foi adotada como uma forma padrão para comparação entre fertilizantes fosfatados. A fórmula para converter P para  $\text{P}_2\text{O}_5$  é:  $\text{P} \times 2,29 = \text{P}_2\text{O}_5$ . Alguns dos fertilizantes fosfatados mais comuns são: fosfato de rocha (FR), superfosfato simples (SSP), superfosfato triplo (TSP) e fosfato de monoamônio (MAP) (REETZ, 2017).

#### **2.4.3. Potássio (K)**

Nas plantas, o potássio é um importante cofator enzimático, é o principal cátion envolvido no controle do potencial osmótico interno, e importante para manutenção da eletroneutralidade, atuando livre no tecido vegetal, ou ligado a compostos produzidos na fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2004; SANTOS et. al., 2015).

O fertilizante potássico é usualmente descrito na forma de óxido ( $\text{K}_2\text{O}$ ). Da mesma forma que para o fósforo, esta forma é a padrão na comparação de fertilizantes contendo K, mas, em realidade não é encontrada em fertilizantes potássicos. A fórmula para converter K em  $\text{K}_2\text{O}$  é:  $\text{K} \times 1,20 = \text{K}_2\text{O}$ . Os fertilizantes potássicos mais comuns são: cloreto de potássio (KCl), sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) e nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) (REETZ, 2017).

## 2.5. Fertilizantes minerais do tipo NPK

Os fertilizantes mistos e granulados complexos (NPK) são aqueles que contêm dois ou três macronutrientes primários, podendo ainda conter um ou mais macronutrientes secundários e/ou micronutrientes. Os fertilizantes NPK podem ser de vários tipos, sendo obtidos através de fábricas misturadoras, sempre segundo fórmulas pré-estabelecidas (KULAIF, 2009). Os fertilizantes minerais do tipo NPK são os que proporcionam melhor produtividade, pois em apenas um fertilizante pode-se encontrar os principais macronutrientes necessários para o crescimento das plantas.

Os NPK's vêm seguidos por uma sequência de três números, por exemplo, 18-46-0, os quais indicam os valores de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. Um fertilizante com uma fórmula 18-46-0 tem a garantia do fabricante de ter a seguinte concentração de nutrientes: 18% de N, 46% de  $P_2O_5$  e 0% de  $K_2O$  (SILVA, 2012).

### **3. METODOLOGIA**

As seguintes metodologias usadas neste estudo foi uma adaptação das propostas pelo manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos (MAPA, 2017).

#### **3.1. Local da pesquisa**

Todas as análises foram nos Laboratórios de físico-química do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA), Laboratório de Tecnologias e Extensão de Química (LETEC) e no Laboratório Referência em Tecnologias de Águas (LARTECA), todos pertencentes à Universidade Estadual da Paraíba, localizados na Rua Baraúnas N°351 no bairro universitário.

#### **3.2. Coleta da amostra**

As amostras para as análises foram coletadas em quatro pontos de venda conhecidos na cidade de Campina Grande – PB, com as composições de 04-14-08, 10-10-10, 12-07-16 e 15-11-11 e identificadas como amostras 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

As amostras escolhidas têm diferentes finalidades, a amostra 1 e 2 é indicada para hortas, plantas ornamentais, pastagens, gramados flores e morango; já a amostra 3 é indicada para frutas em geral e a amostra 4 é indicada para hortas, no entanto, todas possuem os macronutrientes mínimos necessários para o crescimento de qualquer planta.

#### **3.3. Análises**

##### ***3.3.1. Determinação de Umidade***

Para determinação de umidade foram separadas triplicatas das amostras dos fertilizantes, onde foram colocados em capsulas e, em seguida, determinou-se o peso da capsula e do conjunto capsula-amostra.

Esse material foi levado para estufa (TECNAL TE 393/2), a cerca de 150°C, onde permaneceu por 24 horas. Após este tempo as amostras foram retiradas da estufa e deixou-se que a temperatura do conjunto capsula-amostra chegasse à temperatura ambiente em dessecadores. Em seguida foram pesadas novamente e,

assim, com os dados coletados foi realizado o cálculo para determinação percentual da umidade, de acordo com a Equação 1.

$$U\% = 100(G_1 - G_2) / G_1 \quad (1)$$

$G_1$  = Massa da amostra “in natura”, em gramas.

$G_2$  = Massa da amostra seca, em gramas.

### 3.3.2. Determinação do pH

Na determinação do pH, as amostras foram selecionadas, em triplicatas, (Figura 1A), onde foram transferidas cerca de 10 gramas previamente pesadas na balança analítica para 12 béqueres diferentes. Foram adicionados 80 ml de água destilada (Figura 1B). As amostras foram homogeneizadas de 10 em 10 minutos até que completasse 30 minutos da mistura. As leituras do pH foram realizadas com um potenciômetro devidamente calibrado, sem que o potenciômetro entrasse em contato com o material decantado.

Na Figura 1 estão apresentadas as amostras separadas em triplicatas para análise de pH.

**Figura 1** – Amostras no béquer para análise de pH **(A)** Fertilizantes no béquer. **(B)** Fertilizantes com água destilada.



Fonte: Própria (2019)



Fonte: Própria (2019)

### 3.3.3. Análise granulométrica

Para a análise granulométrica foram utilizadas peneiras com aberturas de 4,75 mm (Mesh 4); 2,00 mm (Mesh 10) e 1,18 mm (Mesh 16), limpas e secas onde foram fixadas, no agitador automático (Figura 2), na ordem crescente de abertura de malha.

Tabela 2 – Especificações de ABNT e mesh de cada peneira

Abertura (mm)	ABNT (malha)	Mesh
4,75	4	4
2,00	10	9
1,18	16	14

Fonte: Própria (2019)

A Figura 2 ilustra o agitador de peneiras contendo três peneiras em ordem crescente de abertura de malha.

Figura 2 – Peneiras no agitador eletromagnético SOLOTEST



Fonte: Própria (2019)

A análise granulométrica também foi realizada em triplicata, onde as amostras para análise foram separadas por quartearamento (Figura 3), em que a fração escolhida da amostra foi pesada e transferida para as peneiras fixadas, nas quais foram agitadas durante 10 minutos com nível de agitação três de acordo com a fabricante SOLOTEST.

Na Figura 3 está apresentada a forma de quartearamento utilizada na análise.

**Figura 3 – Quarteamento**

Fonte: Própria (2019)

A fração da amostra retida em cada peneira foi pesada (Figura 4), calculando assim o percentual de amostras passante em cada peneira pelas Equações 2, 3 e 4.

$$\text{Porcentagem de amostra passante na 1}^\circ \text{ peneira} = 100 - (100R_1/G) \quad (2)$$

$$\text{Porcentagem de amostra passante na 2}^\circ \text{ peneira} = 100 - [(R_1 + R_2)/G] \quad (3)$$

$$\text{Porcentagem de amostra passante na 3}^\circ \text{ peneira} = 100 - [(R_1 + R_2 + R_3)/G] \quad (4)$$

Sendo:

G = Massa da amostra analisada em gramas.

R<sub>1</sub> = Massa da fração retida na 1º peneira especificada, em gramas.

R<sub>2</sub> = Massa da fração retida na 2º peneira especificada, em gramas.

R<sub>3</sub> = Massa da fração retida na 3º peneira especificada, em gramas.

Na Figura 4 estão apresentadas as frações de amostra retida em cada peneira.



**Figura 4 – Frações retidas de cada peneira**

Fonte: Própria (2019)

#### **3.3.4. Determinação do índice de dispersão de partículas (gsi)**

Para a análise GSI foram utilizadas peneiras com aberturas de 4,75 mm (Mesh 4), 4,00 mm (Mesh 5), 2,36 mm (Mesh 8), 2,00 mm (Mesh 9), 1,18 mm (Mesh 14) e 425  $\mu$ m (Mesh 35), limpas e secas onde foram fixadas no agitador (Figura 5), na ordem crescente de abertura de malha.

Tabela 3 – Especificações de ABNT e mesh

<b>Abertura (mm)</b>	<b>ABNT (malha)</b>	<b>Mesh</b>
<b>4,75</b>	4	4
<b>4,00</b>	5	5
<b>2,36</b>	8	8
<b>2,00</b>	10	9
<b>1,18</b>	16	14
<b>0,425</b>	40	35

Fonte: Própria (2019)

Na Figura 5 está representado o agitador eletromagnético da SOLOTEST com as peneiras utilizadas para a análise GSI.

**Figura 5** – Peneiras no agitador eletromagnético SOLOTEST



Fonte: Própria (2019)

A análise GSI foi realizada em triplicata, com o mesmo procedimento utilizado na análise de granulometria, calculando assim o percentual de amostras passante em cada peneira (Figura 6) pelas mesmas expressões da análise granulométrica.

Na Figura 6 estão representadas as frações granulométricas retidas em cada peneira na análise GSI.

**Figura 6** – Frações retidas de cada Peneira



Fonte: Própria (2019)

Com os dados obtidos o Índice de dispersão de partículas pode ser calculado a partir da Equação (5).

$$\text{GSI} = [(D_{84}-D_{16})/2D_{50}].100 \quad (5)$$

Sendo:

$$D_{16} = P_{16} + (\%RP_{16}-16/\%RP_{16}-\%RPM_{16}). (PM_{16}-P_{16})$$

(Diâmetro teórico de abertura de malha em que a porcentagem acumulada de massa retida é de 16%).

$$D_{50} = P_{50} + (\%RP_{50}-50/\%RP_{50}-\%RPM_{50}). (PM_{50}-P_{50})$$

(Diâmetro teórico de abertura de malha em que a porcentagem acumulada de massa retida é de 50%).

$$D_{84} = P_{84} + (\%RP_{84}-84/\%RP_{84}-\%RPM_{84}). (PM_{84}-P_{84})$$

(Diâmetro teórico de abertura de malha em que a porcentagem acumulada de massa retida é de 84%).

P84, P50 e P16 = Malhas das peneiras, em mm, nas quais as porcentagens acumuladas de partículas, em massa, são iguais ou superiores a 84%, 50% e 16%, respectivamente.

PM84, PM50 e PM16 = Malhas das peneiras, em mm, nas quais as porcentagens acumuladas de partículas, em massa, são iguais ou inferiores a 84%, 50% e 16%, respectivamente.

### **3.3.5. Análise de nitrogênio total**

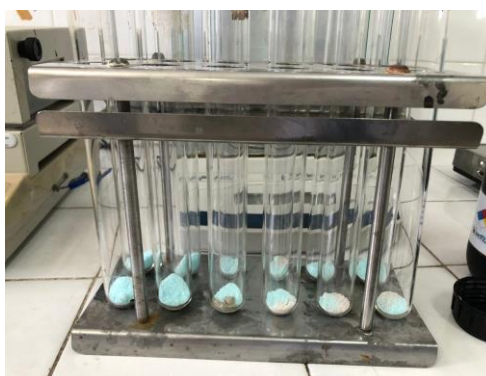
Esta análise foi realizada em triplicata usando o método kjeldahal. O método é baseado na decomposição da matéria orgânica através da digestão da amostra com ácido sulfúrico concentrado, em presença de sulfato de cobre como catalisador. O nitrogênio presente na solução ácida resultante é determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido diluído (GALVANI; GAERTNER, 2006). A amostra foi passada em peneira Mesh 35 para análise.

### 3.3.5.1. Digestão

Foi pesada aproximadamente 0,2 g do produto direto no tubo digestor, logo após foi adicionado de 0,5 a 1 g de catalisador (Figura 7) e 5 mL de ácido sulfúrico P.A.. Posteriormente o tubo foi acoplado ao digestor (TECNAL TE 007A), no qual a temperatura foi controlada aumentando 50°C a cada 30 minutos, até que chegasse a 400°C. Esperou-se que a amostra ficasse com temperatura ambiente e após a digestão resultando incolor e o precipitado no fundo branco, chegando a ter consistência gelatinosa.

A Figura 7 apresenta os tubos já preparados com o catalisador

**Figura 7** - Tubos com a mistura catalítica e amostra



Fonte: Própria (2019)

### 3.3.5.2. Destilação

Inicialmente o destilador kjeldhal (TECNAL TE 036/1) foi ligado e posicionou-se o aquecimento para o nível 7, no mesmo instante foi ligada a torneira que libera água para a caldeira esperando chegar a metade do seu nível. Colocou-se água destilada no copo dosador, no macaco elevatório e em baixo do condensador (cerca de 25 mL) para realizar uma limpeza no equipamento. O equipamento foi ligado realizando assim uma destilação apenas com a água destilada e esperou-se que o erlenmeyer abaixo do condensador ficasse com cerca de 50 mL. Chegando aos 50 mL o equipamento foi desligado e deu início a destilação da amostra.

Para a análise da amostra foi adicionado ao copo dosador hidróxido de sódio 40% e no erlenmeyer abaixo do digestor uma solução com 25 mL de ácido bórico 4% e 3 gotas do indicador misto. No tubo digestor com a amostra digerida foram adicionados 3 gotas de fenolftaleína 1% (como é apresentado no primeiro tubo da Figura 8) e acoplou-se o tubo ao destilador. Inicialmente foi liberando o hidróxido de

sódio até que a amostra sofresse neutralização (ficando com coloração marrom) e ligou o destilador para que a amônia fosse liberada, destilada e armazenada no erlenmeyer, a destilação foi desligada quando o volume do erlenmeyer dobrou. A coloração no erlenmeyer mudou de rosa para azul (Figura 9) assim que começou a destilação.

Após a análise da amostra foi feita uma nova lavagem do equipamento para eliminar interferências na próxima análise, ou seja, o equipamento foi lavado entre uma análise e outra.

Na Figura 8 está ilustrado o antes e depois da amostra passar pelo processo de destilação.

**Figura 8** - Antes e depois do processo de destilação



Fonte: Própria (2019)

#### 3.3.5.3. Titulação

Foi adicionado 50 mL de ácido clorídrico 0,1 N padronizado a bureta e titulou-se a amostra até o aparecimento da coloração avermelhada (Figura 9), a reação que ocorreu nesta etapa é descrita por  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ . Anotou-se o volume gasto da titulação, o qual foi subtraído da titulação da amostra em branco.

A Figura 9 apresenta as soluções para determinação do nitrogênio total antes com coloração azul e depois da titulação com coloração avermelhada.

**Figura 1 - Antes e depois da titulação**



Fonte: Própria (2019)

#### 3.3.5.4. Fórmula para determinação de nitrogênio

Utilizou-se a Equação (6) para realizar o cálculo do nitrogênio.

$$\text{NITROGÊNIO (\%)} = \frac{(V_a - V_b) \times M \times f \times 0,014 \times 100}{P} \quad (6)$$

Onde:

$V_a$  = Volume gasto na titulação da amostra, em mililitros

$V_b$  = Volume gasto na titulação do branco, em mililitros

$M$  = Concentração do ácido clorídrico utilizado na titulação

$F$  = Fator de correção do ácido clorídrico

$P$  = Massa da amostra, em gramas

#### 3.3.6. Análise de fósforo total

Para análise de fósforo total a amostra passou por um moinho e, em seguida, por uma peneira com abertura de malha de 500  $\mu\text{m}$  (ABNT 35). A análise foi realizada em duplicata.

##### 3.3.6.1. Extração

Pesou-se 10 g da amostra que em seguida foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 100 mL da solução extratora ( $\text{HCl}/\text{H}_2\text{SO}_4 - 0,05\text{N}/0,025\text{N}$ ) e deixou em agitação durante 15 minutos. Após o término da agitação a amostra foi filtrada e reservada (Figura 11A).

### 3.3.6.2. Digestão

A amostra foi diluída de 1/1000 para que a concentração não interferisse na detecção do espectrofotômetro. Foram colocadas 50 mL da amostra diluída em um erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se uma gota de fenolftaleína, a amostra não ficou rosa, porém se tivesse ficado seria necessário adicionar algumas gotas de ácido sulfúrico 30% até descorar. Mesmo ficando transparente, foi adicionado mais 0,5 mL de ácido sulfúrico 30% para que o mesmo permanecesse em excesso. Foi adicionado mais 7,5 mL de persulfato de potássio 5% e colocou-se a amostra para digerir por 30 minutos na autoclave.

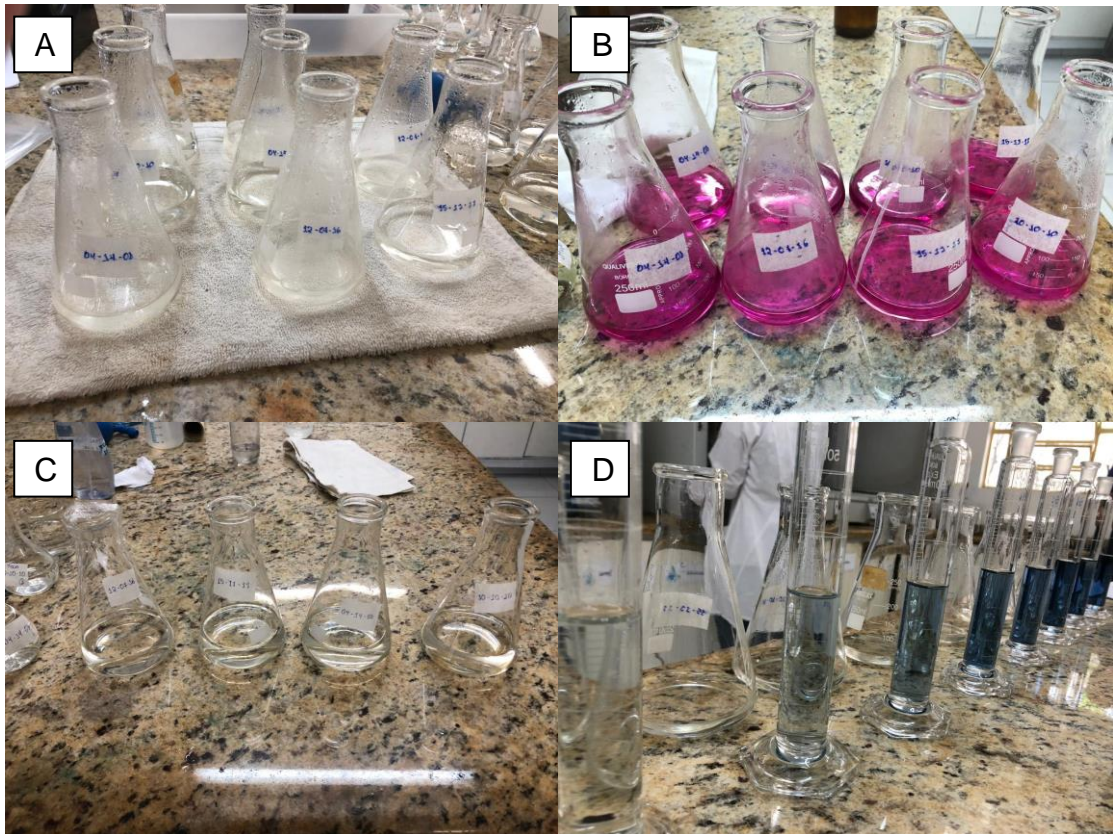
### 3.3.6.3. Análise

Após a amostra passar por digestão (Figura 10A) foram medidas para que as mesmas permanecessem com 50 mL, pois se tivesse menos deveria adicionar água destilada para que ficasse com 50 mL, no caso a amostra tinha mais que 50 mL, então foram separados 50 mL de cada amostra e o resto foi descartado. Posteriormente foi adicionado novamente gotas de fenolftaleína e adicionou-se hidróxido de sódio 6N até que a amostra ficou alcalina (Figura 10B), e em seguida adicionou-se novamente ácido sulfúrico a 5N até descorar (Figura 10C) para que a amostra ficasse em torno da neutralidade. E em seguida adicionou-se mais 1 mL do mesmo ácido.

Foram transferidos 25 mL da amostra para uma proveta onde foram adicionados 4 mL do reativo misto. Logo após 15 minutos a amostra foi lida no espectro  $\lambda=880\text{nm}$ . O aparecimento da cor azul demonstrou que a amostra continha fósforo (Figura 10D). Para a curva de calibração usou-se concentrações de 0,5 a 6 ppm de fosfato diácido de potássio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ).

Na Figura 10 estão representadas as amostras no processo de determinação de Fósforo.

**Figura 10** – Amostras nos processo de determinação de fósforo. **(A)** Amostras após a digestão. **(B)** Amostras com pH alcalino **(C)** amostras com pH ácido **(D)** Amostras com indicador de Fósforo.



Fonte: Própria (2019)

### 3.3.7. Análise de potássio

Para análise de potássio (K) a amostra passou por um moinho e em seguida por uma peneira com abertura de malha de 500  $\mu\text{m}$  (ABNT 35). A análise foi realizada em duplicata.

#### 3.3.7.1. Extração

Pesou-se 10 g da amostra que em seguida foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 100 mL da solução extratora e deixou-se a mesma em agitação durante 15 minutos. Após o término da agitação a amostra foi filtrada e reservada (Figura 11A).

#### 3.3.7.2. Análise

O fotômetro de chama foi calibrado ajustando o zero com água destilada e o 100 com solução padrão de 20 ppm (0,5 meq/L) de K. Em seguida foi feita a leitura das amostras no fotômetro de chama, que foram diluídas de 1/1000 (Figura 11B)



para que a concentração de K estivesse dentro do limite do fotômetro, onde foi encontrada a concentração em ppm das amostras.

A Figura 11 estão representadas as amostras no processo de determinação de potássio.

**Figura 11** – Amostras no processo de determinação de potássio. **(A)** Amostras após extração. **(B)** Amostras diluídas de 1/1000.



Fonte: Própria (2019)

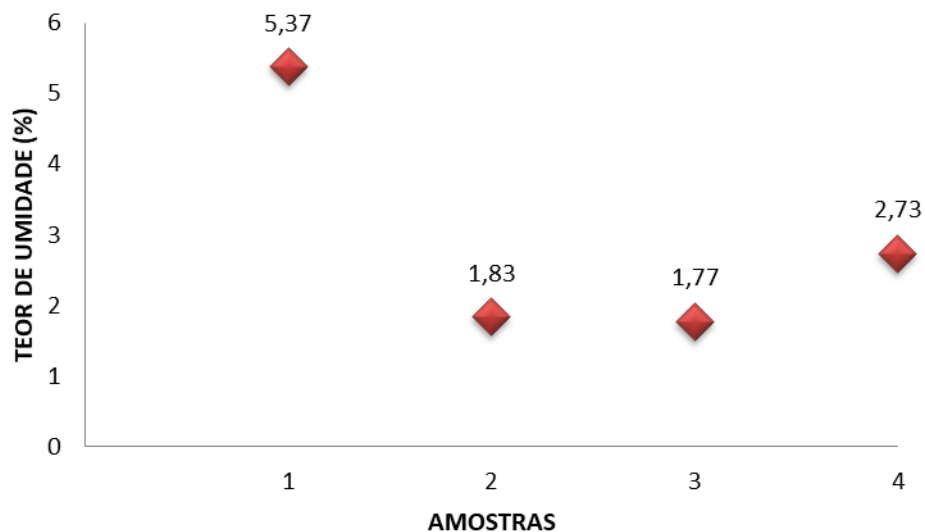
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Determinação de Umidade

Na legislação vigente não há uma exigência do teor de umidade máximo para fertilizantes, porém a alta umidade pode desencadear o processo de cimentação. No entanto, de acordo com a “*Food and Agriculture Organization of the United Nation*”, agência especializada das nações unidas, o teor de umidade máximo para fertilizantes do tipo NPK é de 1,5% (FAO, 2019).

Na Figura 12 estão apresentados os valores de umidade de cada amostra analisada.

**Figura 12** – Teor de Umidade nos Fertilizantes

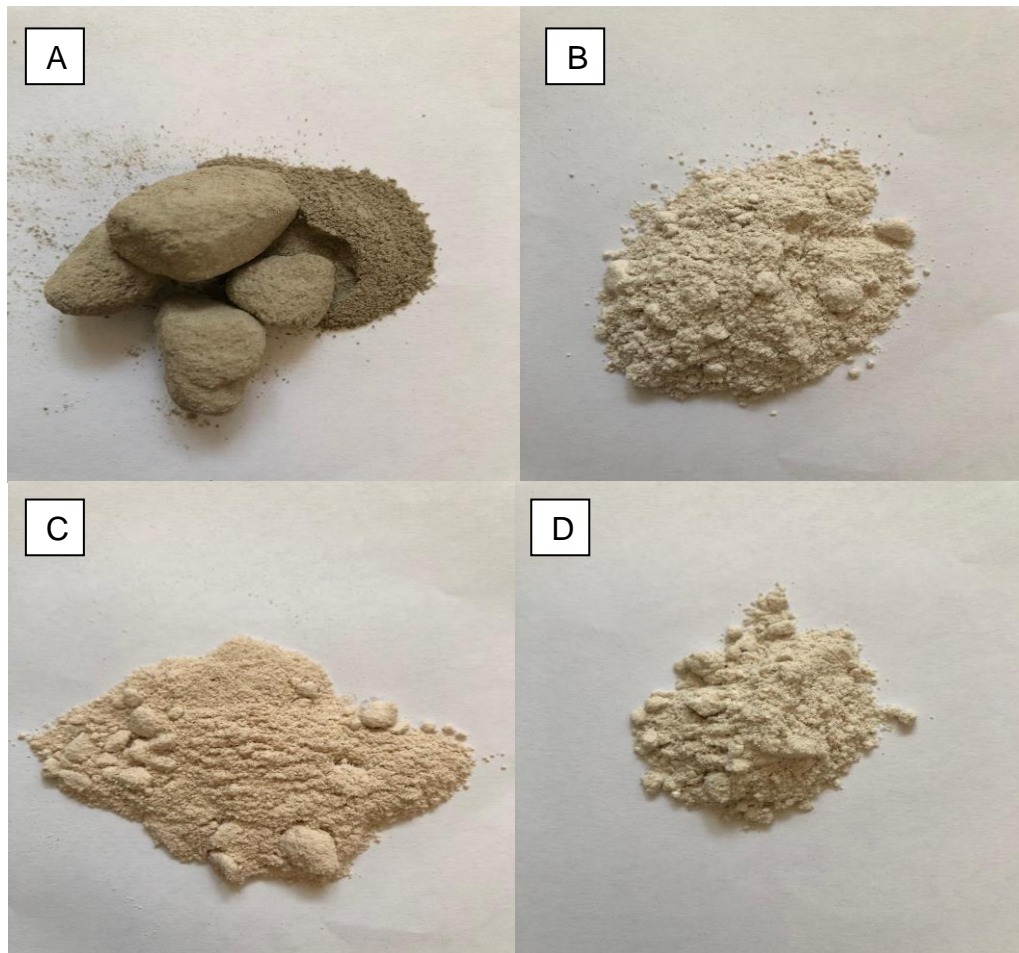


**Fonte:** Própria (2019).

Os valores obtidos para o teor de umidade (Figura 12) foram bem satisfatórios para as amostras 2 e 3, tendo como parâmetro o teor de umidade próximo a 1,5 %, já as amostras 1 e 4 estariam com a sua qualidade comprometida.

A Figura 13 ilustra as imagens dos fertilizantes depois de moídos, com cerca de 1 mês. Pode-se observar que a amostra 1 apresentou a reação de empedramento, já que ela possuía umidade maior, já as demais a granulometria não variou tanto quanto na amostra 1.

**Figura 13** – Amostras um mês após serem moídas. **(A)** Amostra 1. **(B)** Amostra 2. **(C)** Amostra 3. **(D)** Amostra 4.

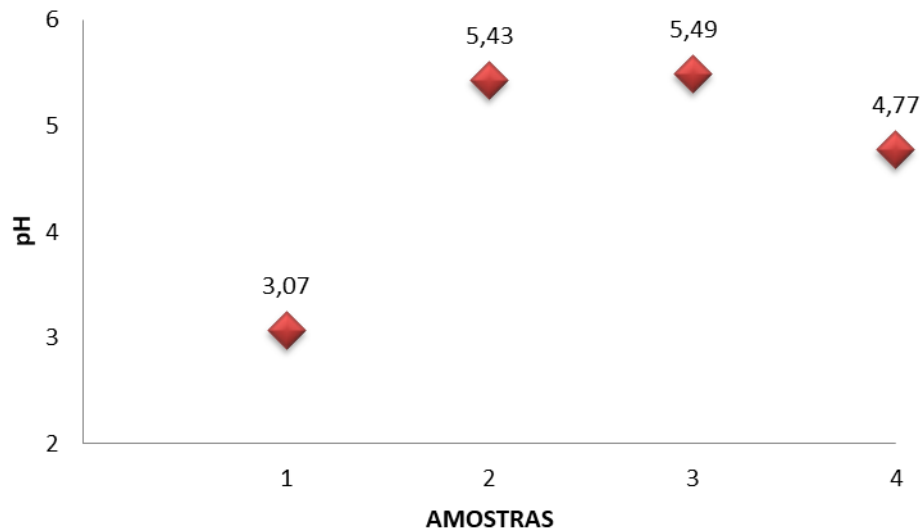


Fonte: Própria (2019).

#### 4.2. DETERMINAÇÃO DO pH

Assim como não há dados sobre teor de umidade na normativa, não se encontra uma especificação para o pH ideal dos fertilizantes (BRASIL, 2018), apenas cita que o valor do pH deve ser declarado pelo fabricante, o que não corresponde ao caso e que a tolerância para o valor encontrado em análises deve ser de 1,0 unidade para menos. Visto que os fertilizantes podem ser produzidos com vários tipos de compostos juntos ou separados e cada composto tem características próprias, os valores de pH variam para cada fertilizante produzido.

Na Figura 14 está apresentado os valores de pH encontrados para cada amostra.

**Figura 14 – pH dos fertilizantes**

Fonte: Própria (2019)

Os valores encontrados possuem pH < 5,5 (Figura 14) e comparando esses resultados com fertilizantes minerais encontrados no comércio, segundo a Tabela 4 identificada, os resultados são adequados.

Tabela 4 – pH de Fertilizantes Comercializados

Fertilizante	pH
Nitrato de Amônio	5,4
Nitrato de Cálcio	6,5
Nitrato de Potássio	6,5
Superfosfato Simples	3,0
Superfosfato Triplo	3,1
Fosfato Monopotássico	4,5

Fonte: ESPÍNDOLA; LUIS (2011).

#### 4.3. Análise Granulométrica

Os fertilizantes sólidos podem apresentar o fenômeno de segregação, ou seja, a separação das partículas componentes de uma mistura de fertilizantes por ordem de tamanho. De acordo com Alcarde (2000) o fator que mais favorece esse processo é a desuniformidade de tamanho das partículas Alcarde (2000), por isso a análise granulométrica é importante.

Segundo a Instrução Normativa N° 46 de novembro de 2016, para fertilizantes sólidos com especificação de natureza física granulado e mistura de grânulos, as Partículas Passantes na Peneira Mesh 4 deve ser de 100%, na Mesh 9 deve ser de no máximo 40% e na Mesh 16 no máximo 5%, como consta na Tabela 5.

Tabela 5 – Partículas passantes na análise granulométrica

FERTILIZANTE	% das partículas passantes		
	4,75 (Mesh 4)	2,00 (Mesh 9)	1,18 (Mesh 14)
1	97,66%	3,70%	0,71%
2	99,10%	7,44%	0,87%
3	98,99%	4,86%	1,08%
4	95,38%	1,08%	0,45%
<b>VALOR DE REFERÊNCIA (BRASIL, 2018)</b>	<b>MÍN 100,0%</b>	<b>MÁX 40,0%</b>	<b>MÁX 5,0% (Mesh 16)</b>

Fonte: Própria (2019)

Apesar da peneira utilizada (Mesh 14) ter abertura um pouco maior que a presente na literatura, cerca de 0,18 mm, os resultados foram satisfatórios, tendo em vista que mesmo com a peneira Mesh 14, a porcentagem de partículas passantes na mesma não alcançou os 5% que é a taxa máxima de partículas passantes aceitáveis.

Comparando os resultados da análise realizada com os resultados de Feltran et al (2006), nenhum dos fertilizantes atendeu à legislação quanto à primeira peneira, porém todos estão dentro do limite de tolerância de 5%.

#### 4.4. ÍNDICE DE DISPERSÃO DE PARTÍCULAS (GSI)

Segundo a Instrução Normativa N° 46 de 22 de novembro de 2016, o índice de Dispersão de partículas é a medida da dispersão do tamanho das partículas, utilizado para expressar a dispersão granulométrica (Tabela 6) das partículas de um produto.

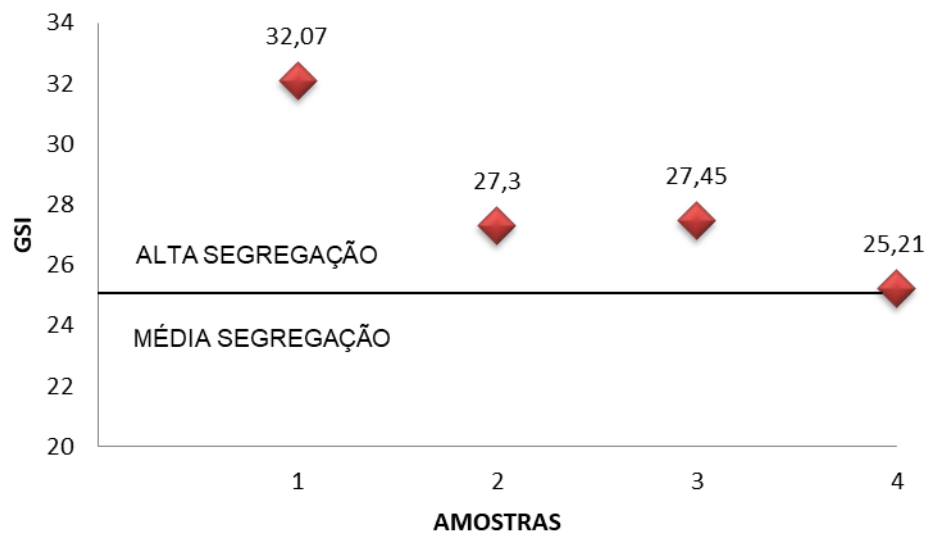
Tabela 6 – Resultados do GSI

VALOR DE GSI	INTERPRETAÇÃO
$GSI \leq 20$	Baixa Segregação
$20 < GSI \leq 25$	Média Segregação
$GSI > 25$	Alta Segregação

Fonte: Brasil (2018).

Na Figura 15 estão apresentados os valores de Índice de dispersão de partículas para cada amostra.

**Figura 2 – Índice de Dispersão de Partículas (GSI)**



Fonte: Própria (2019).

De acordo com os dados obtidos (Figura 15) pode-se definir que nenhuma das amostras apresenta baixa ou média segregação, pois todas as amostras apresentaram alta segregação de partículas, indicando que o produto tem baixa uniformidade de aplicação.

#### 4.5. ANÁLISES QUÍMICAS

Tabela 7 – Teores de N, P e K analisados

FERTILIZANTE	Teores		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>(04-14-16) 1</b>	7,3	4,0	6
<b>(10-10-10) 2</b>	10,6	3,5	9
<b>(12-07-16) 3</b>	12,6	2,2	14
<b>(15-11-11) 4</b>	14,9	3,2	7

Fonte: Brasil (2018).

De acordo com os resultados obtidos para a análise química ficou evidente que os valores prescritos no rótulo são diferentes dos valores que o produto contém em relação ao teor fósforo e o potássio já os valores relacionados ao nitrogênio estão todos dentro dos parâmetros.

Na análise de Nitrogênio apenas a amostra 4 ficou abaixo do esperado, porém a diferença é insignificativa, até porque o valor ficou dentro das tolerâncias cabíveis, já as outras amostras ficaram com os teores maiores que os garantidos pelo fabricante

Na análise de fósforo todas as amostras tiveram valores diferentes do rótulo (Tabela 08), a amostra 1 (ABS=0,829) teve 10% de diferença, a amostra 2 (ABS=0,745) teve 6,5%, a amostra 3 (ABS=0,522) teve 4,8 % e a amostra 4 (ABS=0,0,707) teve 7,8%.

A maioria dos fertilizantes fosfatados modernos é solúvel, tratado com ácido sulfúrico ou fosfórico para aumentar a solubilidade e sob condições de pH muito baixo ou muito alto, por exemplo, o P pode ser transformado respectivamente, em fosfatos de ferro ou cálcio, que são insolúveis (REETZ, 2017).

Possivelmente, o fertilizante pode ter alguma forma de fósforo que não foi solubilizada com o tratamento obtido, porém mesmo com grande parte sendo solúveis em ácido os resultados obtidos ainda estão bem abaixo do esperado.

Na análise de potássio todos os produtos continham menos potássio do que estava descrito, a amostra 2 teve diferença de 1% do valor descrito, a amostra 1 e 3 diferença de 2% e a amostra 4 diferença de 3%.

De acordo com (BRASIL, 2018) a tolerância (Tabela 8) para fertilizantes minerais simples e complexos com teores garantidos de 5 a 10% é calculada por  $T(p.p.) = (0,0500 \times Tg) + 0,5000$  e teores de acima de 10 a 40%  $T(p.p.)=(0,0333 \times Tg)+0,6667$ . Desta forma de acordo com as tolerâncias para cada fertilizante (Tabela 09), com relação ao Nitrogênio todas as amostras estão coerentes com o rótulo. Com relação ao teor de Potássio, apenas a amostra 2 está coerente. E as amostras de Fósforo estão todas fora do padrão, com uma diferença de 10% de não conformidade com o rótulo.

Tabela 8 - Tolerâncias para os macronutrientes

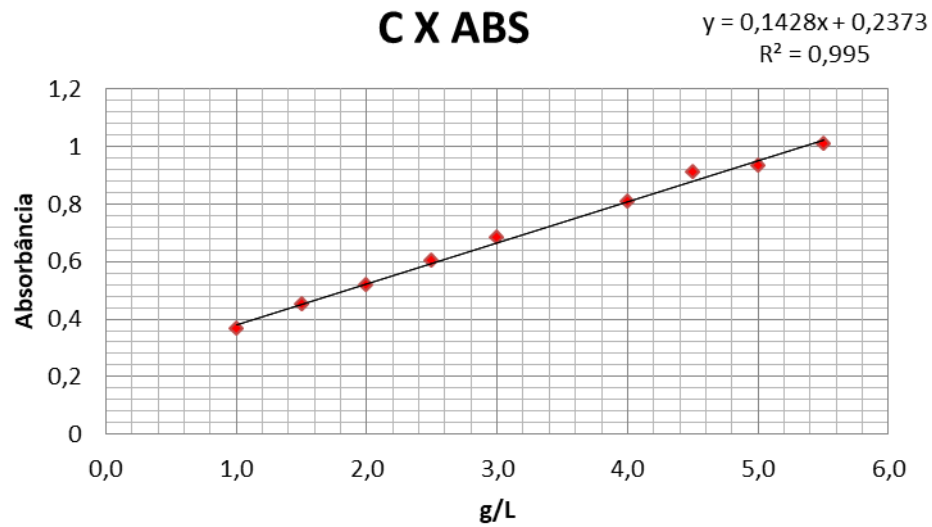
FERTILIZANTE	Tolerância		
	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
1	0,70	1,13	0,90
2	0,99	1,00	1,00
3	1,06	0,85	1,19
4	1,16	1,03	1,03

Fonte: Brasil (2018)

Mesmo com as tolerâncias definidas pela legislação todas as amostras estão fora do padrão, levando em consideração as características químicas, ou seja, não condizem em número com os teores de P e K descritos.

Na Figura 15 está apresentada a curva de calibração para a análise de P com concentração variando de 1 a 5,5 ppm.



**Figura 16 – Curva de calibração da análise de P**

**Fonte:** Própria (2019)

Comparando os resultados obtidos com os de Feltran et al (2006) pode-se observar a diferença nos resultados obtidos de P e K, pois os fertilizantes analisados por ele estavam com mais nutrientes do que o rótulo descrevera, com exceção da amostra 3 e 4 que tinham valores abaixo do descrito. Já com relação aos teores de Nitrogênio, os resultados estavam próximos e/ou iguais aos descritos no rótulo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho possibilitou entender como os fertilizantes são classificados e qualificados, como também a importância de se definir características padrões para este tipo de produto.

Pode-se concluir que dentre as amostras analisadas (1, 2, 3 e 4), as amostras 2 e 3 são as que possuem melhor qualidade e a amostra 1 é a que mais se distancia do padrão, possuindo resultados inferiores com relação as demais amostras, principalmente nos valores obtidos pela análise química e determinação de pH, onde para ser utilizado com segurança deve-se fazer uso de corretivos juntamente com o produto para melhores resultados.

Os resultados para análise granulométrica foram equivalentes aos obtidos por Feltran. Nas análises químicas, os resultados de nitrogênio estavam todos dentro do esperado, os teores de fósforo total ficaram bem diferentes do descrito no rótulo e os resultados da análise de potássio apenas a amostra 2 estava dentro das conformidades, contudo eles não estão totalmente dentro das conformidades.

Levando em consideração as classificações mencionadas de qualidade dos fertilizantes, todas as amostras analisadas estão fora dos padrões desejados e nenhuma deveria estar sendo comercializada, conforme a normativa. Não há consequências para o meio ambiente nesta questão e sim para o consumidor do produto, pois ele comprará menos nutrientes que os informados pelo fabricante.

Para continuidade do trabalho seria ideal o estudo do comportamento desses fertilizantes no solo, tentando mapear o fluxo dos nutrientes. Analisando a porcentagem que é absorvida pela planta, a que fica no solo e a que é perdida por algum fator como lixiviação por exemplo. Bem como seria importante uma pesquisa qualitativa de satisfação com consumidores do produto.

## REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E. J. et al. Teores de Nutrientes e Transferência de Nitrogênio no Tomate orgânico em Cultivo Intercalar com Adubo Verde e aplicação de Homeopatia. *Cadernos de Agroecologia*, [S.l.], v. 11, n. 2, dec. 2016. ISSN 2236-7934.

ALCARDE, J. C.; RODELLA, A. A.; Requisitos de qualidade física e química de fertilizantes minerais. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 59-7

ALCARDE, J.C.; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo. ANDA, 1989 35p. (ANDA, Boletim Técnico, 3)

BRASIL, Decreto N° 4.954, de 14 de Janeiro de 2004, Aprova o Regulamento da Lei n° 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. Brasília, 15/01/2004, Seção 01, p.2.

BRASIL. *Instrução Normativa N° 39 de 8 de Agosto de 2018*. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. Brasília, 10/08/2018, Ed.: 154, Seção 01, p.19.

BRASIL. *Instrução Normativa N° 46, de 22 de novembro de 2016*. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. Brasília, 22/11/2016, Ed.: 234, Seção 01, p.4.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : MAPA, 2017.

CAMARGO, M. S. de. **A Importância do uso de Fertilizantes para o Meio Ambiente**. *Pesquisa & Tecnologia*, Vol. 9, N.2, Jul-Dez 2012. , ISSN 2316-5146

ESPÍNDOLA, P; LUIS, A; **Fertilizantes: Cálculo de Fórmulas comerciais**. Campinas-SP, Instituto Agrônomo (IAC), N.208, março de 2011, (Série e Tecnologia APTA), Boletim Técnico IAC, 208.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. **Fertilizer Specifications**. Disponível em:

<[http://www.fao.org/agriculture/crops/thematicsitemap/theme/spi/plantnutrition/fertspecs/en/](http://www.fao.org/agriculture/crops/thematicitemap/theme/spi/plantnutrition/fertspecs/en/)>. Acesso em: 08/10/2019.

FELTRAN, J. C.; CORRÊA, J. C.; BRANCALIÃO, S. R.; VILLA BOAS, R. L. **Physical and chemical segregation of mixed fertilizers**. *Científica*, Jaboticabal, v.34, n.2, p.188-196, 2006

FINCKM, M. R.; TAMM, L.; **Organic management and airborne diseases**. In: FINCKM, M. R.; BRUGGEN, A. H. C.; TAMM, L.; Plant diseases and their management in organic agriculture. 1 Ed. APS Press, 2015.

GALVANI, F.; GAERTNER, E.; **Adequação da metodologia Kjeldhal para determinação de nitrogênio total e proteína bruta**. Circular técnica. Corumbá-MS. Maio, 2006.

GIRACCA, E. M. N.; NUNES, J. L. da S.; **Fertilizantes- conceitos aplicados via solo**. AGROLINK – Publicado em: 12/09/2016 às 14:57h.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C.; **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Informações Agronômicas N.95, setembro/2001.

GOTTEMS, L.; **Demanda mundial de fertilizantes chega a 182 milhões de toneladas**. AGROLINK. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/noticias/demanda-mundial-de-fertilizantes-chega-a-182-milhoes-de-toneladas\\_398726.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/demanda-mundial-de-fertilizantes-chega-a-182-milhoes-de-toneladas_398726.html)>. Publicado em 03/10/2017 às 22:22h.

HOLMES, F.L. **Justus Von Liebig**. In: GILLISPIE C.C., ed. Dictionary of Scientific Biography, Vol. 8, New York: Charles Scribner's Sons, 1973:329-50.

KULAIF, YARA; **Perfil dos Fertilizantes N-P-K**. SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME; Relatório Técnico 75, Agosto de 2009.

MELO JÚNIOR, H. B. de; BORGES, M. V.; DOMINGUES, M. A.; BORGES, E. N. **Efeito da ação decompositora da minhoca californiana (*Lumbricus rubellus*) na composição química de um fertilizante organomineral**. Bioscience Journal, v. 28, p. 170-178. 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/13279/8362>>. Acesso em: 10/12/2019.

MENDES, A. M. S. et al. **Impactos ambientais causados pelo uso de fertilizantes agrícolas** In: BRITO, L. T. de L.; MELO, R. F. de; GIONGO, V. Ed.: Impactos ambientais causados pela agricultura no semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Cap.3, p. 55-99.

MULTITECNICA. **Fertilizantes: Conheça um pouco da sua história**. Publicado em: 27 DE SETEMBRO DE 2018. Disponível em: <[blog.multitecnica.com.br/historia-dos-fertilizantes](http://blog.multitecnica.com.br/historia-dos-fertilizantes)>. Acesso em: 10/12/2019.

NORDESTE RURAL. **O Brasil é o quarto maior consumidor mundial de fertilizantes**. Disponível em: <<https://nordesterural.com.br/o-brasil-e-o-quarto-maior-consumidor-mundial-de-fertilizantes/>>. Publicado em: 30 de maio de 2018. Acesso em: 10/12/2019.

NUTRIÇÃO DE SAFRAS. **Pequeno histórico dos fertilizantes. 7 de agosto de 2019.** Disponível em: < <https://www.nutricaoodesafras.com.br/pequeno-historico-dos-fertilizantes/>>. Acesso em: 10/12/2019.

QUEIROZ, A. A.; CRUVINEL, V. B.; FIGUEIREDO K. M. E.; **Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.25; p. 2017

REETZ, HAROLD F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente/** Harold F. Reetz, Jr; Tradução: Alfredo Scheid Lopes, -São Paulo; ANDA, 2017. 178p. : il.;PDF

ROSENFELD, L. **Justus Von Liebig and Animal Chemistry. Clinical Chemistry** 49:10, No.10, 1696-1707, 2003.

SANTOS, B. B. dos; et. al. **Aplicação do potássio na produção de camomila (*chamomilla recutita*).** Revista Scientia Agraria (SA), 2015, N°3, Vol.16, p.22-32.

SILVA, DOUGLAS R. G.; **Princípios básicos para formulação e mistura de fertilizantes.** Lavras-MG, Boletim Técnico - n.º 89 - p. 1-46, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.