

## O ciclo do enxofre aplicado á agricultura e agroindústria

Valderice Herth Junkes, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

(valdericeh@hotmail.com)

Evelyn Germann, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

(evelyngermann@hotmail.com)

Ederaldo Luiz Beline, UNESPAR/ Campus de Campo Mourão

(Beline.engenharia@gmail.com)

Jordana Dorca dos Santos EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

(jordanadorca@gmail.com)

Ana Carla Fernandes Gasques UEM, Maringá (anacarlafgasques@gmail.com)

*Esta pesquisa teve por objetivo desenvolver uma revisão teórica sobre o enxofre, abrangendo seu ciclo na natureza e mostrando suas funções, aplicações e vantagens encontradas na literatura e consequências da sua utilização nas organizações e consequentemente envolvendo a engenharia de produção. Desta forma foi possível constatar que o ciclo do enxofre é composto por diversas etapas complexas e são de fundamental importância para a formação de proteínas de boa qualidade nos vegetais. No decorrer do trabalho verificou-se que o enxofre possui diversos usos nos plantios de diversas culturas, tendo grande aplicabilidade industrial, em qualquer que seja a área, o enxofre é um elemento essencial para todos. Em termos gerais, verificou-se as vantagens da utilização do enxofre implicam no ambiente interno e no ambiente externo da organização, agilizando processos de produção e contribuindo para o desenvolvimento econômico.*

*Palavras-chave: Ciclo do enxofre; Agronegócio; Enxofre na engenharia.*

### 1. Introdução

O enxofre é o 16º elemento mais abundante na crosta terrestre, constituindo 0,034% em peso, ocorrendo principalmente nas rochas, na forma de sulfatos solúveis presentes na água, nos sedimentos e nos solos (LISBOA, 2015).

De acordo com a legislação brasileira, o enxofre (S) é classificado como macronutriente secundário, juntamente com o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg), sendo expresso na forma de S elementar ou de SO<sub>3</sub> (VITTI; OTTO; SAVIETO, 2015). Ainda de acordo com Vitti; Otto e Savieto (2015) o enxofre é denominado como macronutriente secundário não por ser menos importante do que os macronutrientes primários, mais sim por estar contido em fórmula S de baixa concentração, como nos fertilizantes nitrogenados.

O enxofre (S) é considerado essencial para a vida, faz parte das moléculas de proteína, vitais para o corpo, cerca de 140g de enxofre estão presentes no ser humano (LISBOA, 2015). A natureza recicla enxofre sempre que um animal ou planta morre, quando apodrecem, as substâncias chamadas de “sulfatos”, combinados com a água são absorvidos pelas raízes das plantas (LISBOA, 2015).

Isto torna o enxofre um importante elemento, sendo atribuído à utilização de fertilizantes que contêm S, como os superfosfatos simples e sais de sulfatos com micronutrientes, sendo

que no solo, a maior fonte é a matéria orgânica do solo (MOS), que garantiria o fornecimento gradual dessas plantas por causa da mineralização (FILHO *et al.*, 2007).

De acordo com (SEIGTOWICK; BRUNELLI; VENTURINI FILHO, 2016), com o uso mais frequente de fertilizantes fosfatados e nitrogenados concentrados, há uma diminuição no seu fornecimento, tornando provável a necessidade de adições de S para corrigir possíveis deficiências.

De acordo com Rene *et al.*, (2012) o enxofre é muito utilizado na fabricação de fósforos, adubos químicos, borracha, medicamentos laxantes e como componente da pólvora, sendo sua maior aplicação, em âmbito mundial, para produção de ácido sulfúrico, estima-se que 87% de sua utilização é destinada a obtenção desse produto.

O presente estudo enquadra-se, de acordo com a Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO (2012), dentro da Grande área de Engenharia de Produção, enquadrando-se na subárea de Gestão Ambiental dos Processos Produtivos.

Assim este trabalho é elaborado com a justificativa de se apresentar o ciclo do enxofre (S) e suas aplicações perante a Engenharia de Produção. Tendo como objetivo estudar o ciclo do enxofre e avaliar a contribuição do elemento para as diversas áreas de produção e seus respectivos resultados quanto a produtividade.

Este estudo está estruturado nas seguintes seções: na primeira seção é apresentada a introdução, que visa abordar a contextualização enxofre (S), além da justificativa e objetivo da pesquisa; em seguida é apresentada a seção Fundamentação Teórica que será usada como base para a detecção e análise das contribuições do elemento para a engenharia e produção e a produtividade. Na seção três será apresentada a metodologia utilizada para a contextualização do trabalho, na seção quatro a Revisão de Literatura. Na quinta seção os resultados e discussões. Ao término, são expostas as considerações finais sobre do assunto, e seguido pelas Referências utilizadas.

## **2. Referencial teórico**

### **2.1. Enxofre**

O enxofre é um elemento químico essencial para todos os organismos vivos, sendo constituinte importante de muitos aminoácidos. É utilizado em fertilizantes, e é também parte da composição da pólvora, de medicamentos laxantes, de palitos de fósforos e de inseticidas. As plantas absorvem o enxofre do solo como íon sulfato, e algumas bactérias utilizam o sulfeto de hidrogênio da água como doadores de elétrons num processo similar a uma fotossíntese primitiva (GIRACCA; NUNES, 2016).

As proteínas dependem basicamente do enxofre, pois, o enxofre faz parte dos aminoácidos metionina e cisteína, que são essenciais para formação de proteínas. Os aminoácidos com enxofre formam as chamadas "pontes de enxofre", que contribuem para a estrutura terciária das proteínas. (TOSTA, 2009).

O enxofre exerce funções essenciais no desenvolvimento e na qualidade das plantas, desde a formação de aminoácidos e proteínas até no controle hormonal, fotossíntese e mecanismos de defesa da planta contra patógenos. (VITTI; OTTO; SAVIETO, 2015)

De acordo com Hobuss *et. al.* (2007) o enxofre apresenta-se de diversas formas, tais como íon sulfato ( $SO_4^{2-}$ ), íons sulfito ( $SO_3^{2-}$ ), íon sulfeto ( $S^{2-}$ ), gás sulfídrico ( $H_2S$ ), dióxido de

enxofre (SO<sub>2</sub>), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), enxofre molecular (S<sub>0</sub>), associado a metais (como FeS), etc.

Dentre essas várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato e o gás sulfídrico são as mais frequentes, sendo que íon sulfato assume maior importância na produtividade do ecossistema, visto que constitui a principal fonte de enxofre para os produtos primários. (HOBUSS et al. 2007)

Para Vitti et al. (2015) o enxofre possui como funções nas plantas:

- O metabolismo do nitrogênio: para que ocorra a formação de proteínas de qualidade e aconteça a fixação biológica do nitrogênio nas plantas;
- Melhoria da qualidade do produto: O enxofre faz parte das enzimas proteolíticas que dão sabor a frutas, como o mamão, abacaxi e o figo. A falta do enxofre afeta diretamente na qualidade de alguns produtos, como no trigo em que afeta principalmente no uso do trigo na panificação, em que o enxofre tem como função dar extensibilidade à massa;
- Aumenta a resistência das plantas ao frio e secas;
- Garante qualidade na forragem de solos: quando adubadas as pastagens, com enxofre, aumentam sua palatabilidade;
- Diminui as deficiências visuais das plantas: quando adubadas com enxofre, as folhas e toda extensão do limbo ficam mais viçosas.

## 2.2. Ciclo do enxofre

Segundo Lisboa (2015), o ciclo do enxofre pode ser dividido em 6 etapas básicas:

- 1) As plantas absorvem compostos contendo enxofre além dos sulfatos;
- 2) Na produção de aminoácidos das plantas o hidrogênio substitui o oxigênio na composição dos sulfatos;
- 3) Os seres vivos que se alimentam de plantas ingerem os compostos das plantas que apresentam enxofre em suas estruturas, fazendo com que estes façam parte de sua própria estrutura;
- 4) Depois da morte dos seres vivos, os microorganismos decompõem os aminoácidos, tanto de restos de animais e plantas, nos quais há a presença de enxofre, criando sulfeto de hidrogênio;
- 5) Do sulfeto formado é extraído enxofre por bactérias e microorganismos responsáveis para isso;
- 6) Continuando as reações, alguns microorganismos do solo podem provocar a produção de sulfatos, pela combinação de enxofre com o oxigênio.

Segundo Giracca, Nunes (2016), o ciclo do enxofre é complexo pelo grande número de estados de oxidação que este elemento pode assumir, incluindo o sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) e ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), entre outros. Na produção de aminoácidos das plantas, o hidrogênio substitui o oxigênio na composição dos sulfatos, e os seres vivos se alimentam das plantas.

Os microrganismos decompõem os aminoácidos que contêm enxofre nos restos de animais e plantas, criando sulfeto de hidrogênio. O enxofre é extraído do sulfeto, por bactérias e

microorganismos, e os sulfatos são produzidos pela ação de microorganismos na combinação do enxofre com o oxigênio. (GIRACCA; NUNES, 2016)

O ciclo do enxofre passa entre o ar e os sedimentos, sendo que existe um grande depósito na crosta terrestre e nos sedimentos e um depósito menor na atmosfera. No reservatório terrestre, os microorganismos têm função preponderante, pois realizam a oxidação ou redução química. A recuperação do enxofre dos sedimentos mais profundos resulta das reações de oxidação. Na crosta terrestre ocorrem processos geoquímicos e na atmosfera ocorrem processos meteorológicos. (ROSA et al. 2003).

Para Rosa et al. (2003) o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) constitui um passo transitório no ciclo do enxofre. Na maioria dos ambientes aparece uma concentração relativamente baixa desse composto. Porém, a ação do homem interfere no ciclo do enxofre por meio de grandes quantidades de dióxido de enxofre liberadas nos processos de queima de carvão e óleo combustível em indústrias e usinas termelétricas, e também pelos fatores ambientais, como erupção de vulcões que liberam dióxido de enxofre, um dos principais contribuintes da chuva ácida, que é causada pela alta concentração de óxidos de enxofre na atmosfera.

De acordo com Hobuss et al. (2007), na natureza uma parte da poluição rapidamente se precipita ao solo, antes de ser absorvida pela umidade do ar. Depositam-se nas árvores, edifícios e lagos, geralmente na área onde foi produzida. É a chamada precipitação seca. Estes depósitos se formam e mais tarde se combinam com a água da chuva, transformando-se em ácidos. Já o restante da poluição pode permanecer no ar por mais de uma semana e é transportada pelo vento a longas distâncias.

Durante o período em que a poluição permanece no ar, as substâncias químicas reagem com o vapor d'água na atmosfera, transformando-se nos ácidos sulfúrico e nítrico diluídos. Estão prontos, então, para se transformar em chuva ácida. Esses ácidos também reagem com outras substâncias químicas na atmosfera formando poluentes secundários. Destes, o ozônio é um dos mais perigosos, pois prejudica a vegetação. Quando as árvores são derrubadas para a obtenção de madeira, seus nutrientes não são devolvidos ao solo, como ocorre na morte e decomposição natural. Isso torna o solo mais ácido e menos capaz de manter futuras gerações de árvores (HOBUSS et al., 2007).

### **3. Metodologia**

A pesquisa foi realizada no período de abril e maio de 2017 na Universidade Estadual do Paraná - Campus de Campo Mourão, e se qualifica como qualitativa, de caráter exploratório, descritiva e explicativa, como parte da disciplina de Gestão Ambiental.

Para a realização do artigo, utilizaram-se fontes bibliográficas e virtuais, as quais tiveram fundamento em artigos científicos, sites, e revistas relacionados ao ciclo do enxofre, aplicação/ utilização nas atividades agrícolas e agroindustriais, além da influência do mesmo para obtenção de produtividade, e os impactos ambientais causados pela poluição e contaminação do meio ambiente. As bases de dados utilizadas foram Scielo, Google acadêmico, dissertações, teses e encontros de engenharia de produção, com um corte temporal de 2007 a 2016.

### **4. Revisão de literatura**



Na revisão de literatura será apresentada algumas obras com a aplicação do enxofre que foram de grande relevância para o trabalho em questão. Assim essa secção tem por objetivos apresentar aplicações do enxofre, como mostra o quadro 1.

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Descrição</b>
MAIA, Geraldo; LIMA, Andrea; FREITAS, Claísa (2006)	Aplicação do dióxido de enxofre na manutenção da qualidade de sucos de frutas tropicais	Este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão sobre o uso do dióxido de enxofre e seus respectivos sais na manutenção da qualidade de sucos de frutas tropicais industrializados, com ênfase em seu modo de ação e aspectos toxicológicos.
CRUSCIOL, Carlos; SORATTO, Rogério; SILVA, Laerte; LEMOS, Leandro (2006)	Aplicação de enxofre em cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto	O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de enxofre em cobertura na nutrição, nos componentes da produção e na produtividade de grãos do feijoeiro, em sistema de plantio direto. Ao final do estudo conclui-se que a Aplicação de enxofre em cobertura aumentou o teor do elemento nas folhas, a produção de matéria seca da parte aérea, o número vagens por planta e a produtividade de grãos do feijoeiro em sistema de plantio direto. Em lavouras com alto nível tecnológico, a produtividade de grãos de feijão pode estar sendo limitado pela utilização de doses insuficientes de enxofre.
Rheinheimer, Danilo; FILHO, Beijamin; SILVA, Leandro (2007)	Resposta à aplicação e recuperação de enxofre em cultivos de casa de vegetação em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica	Este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de algumas culturas à aplicação de sulfato ( $S-SO_4^{-2}$ ) em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica, bem como avaliar a recuperação de enxofre, através de um balanço deste elemento no solo e na planta. Dentre as culturas estudadas, somente a canola respondeu à aplicação de $S-SO_4^{-2}$ . Para as demais culturas, como soja, feijoeiro, gergelim, trevo veículos o e trigo não houve relação entre os teores de $S-SO_4^{-2}$ da camada de 0-10cm e a produção de matéria seca. Solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica tiveram comportamento similar em relação à resposta das culturas à fertilização com enxofre; entretanto, a disponibilidade deste nutriente foi maior nos solos mais argilosos.

Quadro 1: Revisão de literatura

Com base na revisão podemos verificar a grande aplicabilidade do enxofre a plantações de diversas culturas e também pode ser aplicado a indústrias processadoras, fazendo assim o enxofre um elemento muito importante para o agronegócio.

## 5. Resultados e discussões

O enxofre é um elemento essencial à vida na Terra, sendo alguns de seus compostos de grande importância biológica; seu ciclo contribui para a constituição de alguns aminoácidos,

como a cisteína, e portanto, não pode faltar para perfeita produção de proteínas, vitaminas e coágulos sanguíneos.

Cerca de 69 milhões de toneladas de enxofre são produzidas anualmente no mundo, em todas as suas formas, para serem consumidos pela indústria mundial, tendo uma importância econômica considerável (KULAIF, 2009).

Ao decorrer da pesquisa percebeu-se que o enxofre influencia não apenas a produção de proteínas e estimulantes para o corpo humano, o elemento contribui para a produtividade de diversas culturas agrícolas, e agropecuárias. Outras aplicações do elemento são a utilização para a produção de produtos como: fabricação de fósforos, adubos químicos, borracha e outros.

Ou seja o ciclo do enxofre contribui diretamente para o desenvolvimento de novos produtos, otimização de produções, e ciclos de produções.

## 5.1 Agricultura

De acordo com Albuquerque; Azambuja e Lins (2008) pelo menos 85% do enxofre produzido mundialmente (nativo ou recuperado como coproduto), cujo emprego em fertilizantes é da ordem de 65%, ou seja, pelo menos 55% destinam-se à indústria de fertilizantes, que elabora os diversos produtos que os agricultores utilizam para reposição dos nutrientes de solos esgotados ou para melhoria da qualidade de solos originalmente pobres, visando ao aumento da produtividade agrícola (ALBUQUERQUE; AZAMBUJA; LINS, 2008).

Lima (2011) relata que o uso do enxofre deve ter um balanço com o solo e as culturas que serão cultivadas, pois quando o enxofre está balanceado na cultura o tecido da parte aérea e a exportação deste nutriente pelas culturas aumentam com a fertilização sulfatada, em casos onde a cultura está com alta adição de enxofre no solo podem significar que não terá aumento na produção.

Segundo Lantmann (2012), a produtividade da soja no Brasil teve nos últimos 10 anos um aumento médio de mais de 1200 kg (há), ou seja estes altos rendimentos de soja, milho e outras culturas recentemente foram alcançados com suprimento com base no enxofre (S) via adubo. Devido a experimentos conduzidos pela Embrapa soja percebeu-se aumentos da ordem de 100 a 500 kg/ha em resposta à aplicação nos solos de quantidades entre 25 a 75 kg/ha de S (LANTMANN, 2012).

Porém de acordo com Crusciol *et al.* (2006) a aplicação de enxofre (S) em cobertura contribui o aumento do teor do elemento nas folhas, a produção de matéria seca da parte aérea, o número vagens por planta e a produtividade de grãos do feijoeiro, sendo que em lavouras com alto nível tecnológico, a produtividade de grãos de feijão pode estar sendo limitado pela utilização de doses insuficientes de enxofre.

Segundo Artur (2014) o fornecimento simultâneo de doses de nitrogênio e enxofre tem efetivo aumento de consumo de água no terceiro período de crescimento, contribuindo para o crescimento no segundo e terceiro períodos do capim-marandu.

Oliveira (2014) relata que a adição de diferentes fontes de enxofre e de bentonita no processo de compactação da ureia reduz perdas de amônia em até 29 %, quando comparadas

com a ureia granulada comercial, comprovando serem alternativas promissoras para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada.

Albuquerque; Azambuja e Lins (2008) relatam que a utilização do enxofre na agricultura deve ser realizado visando maximizar lucros, através de culturas mais produtivas e minimizar os danos ambientais.

Segundo Sartori, (2010) o enxofre tem contribuído para o melhoramento constante na alta produtividade, melhoramento genético. Desta forma no ramo do melhoramento genético, permitiu-se o desenvolvimento de variedades de fertilizantes, adubos aos diferentes tipos bióticos de produção, além da colaboração para produções com maiores variedades e mais produtivas.

## 5.2 Agroindústria

Maia; Lima e Freitas (2006) indicaram em seu estudo que a aplicação do dióxido de enxofre na manutenção de sucos e frutas tropicais, em indústrias de processamento, teve ação comprovada no controle de microrganismos e do escurecimento enzimático e não enzimático, contribuindo significativamente na manutenção da qualidade dos sucos industrializados, por um maior período de tempo.

De acordo com Fonseca e Basic (2009) afirmam em seu estudo que o enxofre passou a ser utilizado no processo de vulcanização da borracha, melhorando drasticamente a qualidade desse material e tendo muita importância na indústria automobilística, com relação à resistência dos pneus.

Segundo o Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2016) o hexafluoreto de enxofre é utilizado como isolante em equipamentos elétricos e as emissões desse gás ocorrem devido a perdas durante a manutenção e o descarte desses equipamentos.

Valsechi (2016) afirma em seu estudo que o enxofre é utilizado para a produção de desinfetantes, conservantes de alimentos, antisséptico, descolorante (ou branqueador) e antibacteriano, pois no caso dos antibacterianos os de ácido salicílico e enxofre afrouxam as escamas e permitem que sejam eliminadas facilmente. Os que contêm agentes antibacterianos eliminam as bactérias residentes no couro cabeludo e reduzem a probabilidade de infecção (BRANDÃO,2011).

De acordo com Seigtowick; Brunelli e Venturini Filho (2016) a produção de bebidas alcólicas, também faz uso do dióxido de enxofre, pois este tem o poder de inibir a ação de leveduras, direcionando os momentos exatos da esterilização.

Analisando-se os benefícios referentes a utilização de enxofre nas agroindústrias contribui consideravelmente no alcance dos objetivos que a organização traça no planejamento estratégico. Assim de acordo Lantmann (2012) um número relativamente alto de empresas tem buscado avanços na área de administração com a utilização de elementos como enxofre para obter vantagens elevadas e totais, oriundas da tecnologia como conjunto de pesquisas empregadas na produção e comercialização de bens.

Com relação às vantagens das funções produtivas, pode ser perceber que ao longo dos anos a utilização do enxofre tem sido utilizado para aperfeiçoar a produtividade para facilitar a vida dos consumidores, gerando assim a satisfação dos usuários, aumento da capacidade produção, otimização dos processos e maior eficiência e eficácia, melhoramento dos processos, e

aumento da capacidade das diversas áreas que o ciclo do enxofre esta envolvida (LISBOA, 2015). Assim constatou-se que qualquer pessoa utiliza o enxofre, de uma maneira direta ou indiretamente, sendo que deve-se buscar tecnologias constantemente a fim de ajusta-las de acordo com as necessidade produtivas, permitindo assim determinar as áreas deficientes, e buscar melhorias.

Portanto o elemento enxofre é fundamental para o engenheiro de produção para aplicação na agricultura, agroindústrias e diversos outros setores de produção, pois o mesmo através de pesquisas pode, buscar desenvolver novos produtos, otimizar os processos que utilizam o enxofre, identificar falhas nas industrias processadoras e buscar soluções para estas deficiências, além contribuir para o agronegócio.

### **5.3 Impactos ambientais da utilização do enxofre**

Ao entrar em contato com o oxigênio, o enxofre se transforma em dióxido e trióxido de enxofre - que reage com a umidade do ar formando o ácido sulfúrico, o qual ainda pode reagir com a amônia do ar e formar sulfato de amônia (ECYCLE, 2014).

Desta forma o dióxido de enxofre ocorre como uma impureza nos combustíveis fósseis, proveniente principalmente de atividades como queima de diesel nos veículos pesados, carvão e petróleo em usinas de energia ou de fundição de cobre (ECYCLE, 2014). De acordo com a equipe da eCycle (2014) acredita-se que cerca de 80% do SO<sub>2</sub> venha da queima incompleta de combustíveis fósseis, porém na natureza, pode ser liberado para o ar a partir de erupções vulcânicas.

Segundo Sambugaro (2005) a liberação de SO<sub>2</sub> pela queima de combustíveis fósseis afeta o ciclo natural do enxofre e este composto é tóxico, agindo sobre as plantas, sobre animais (prejudicando os pulmões e aumentando os casos de bronquite crônica), e sobre a atmosfera.

Giracca, Nunes (2016) afirma que a liberação de SO<sub>2</sub> são prejudiciais à saúde humana, esses gases são os principais responsáveis pela formação da chamada chuva ácida, que provoca a acidificação do solo e da água e, conseqüentemente, alterações na biodiversidade, entre outros impactos negativos, como a corrosão de estruturas metálicas.

De acordo com Proenca et al. (2014) a água de um lago em condições naturais tem o pH em torno de 6,5 – 7,0, podendo manter uma grande variedade de peixes, plantas e insetos, além de manter animais e aves que vivem no seu entorno e se alimentam no lago, porém devido ao excesso de acidez na chuva pode provocar a acidificação de lagos, principalmente aqueles de pequeno porte.

O solo também pode ser acidificado pela chuva, porém alguns tipos de solo são capazes de neutralizar pelo menos parcialmente a acidez da chuva por causa da presença de calcário e cal (CaCO<sub>3</sub> e CaO) natural, ou seja, os solos que não têm calcário são mais suscetíveis à acidificação, desta forma a neutralização natural da água de chuva pelo solo minimiza o impacto da água que atinge os lagos pelas suas encostas (lixiviação) (PROENCA, et al. 2014).

A fim de reduzir os impactos ambientais causados pelo enxofre Machado (2013) afirma que a incineração é considerada uma forma de disposição final, e constitui método de tratamento que se utiliza da decomposição térmica, com o objetivo de tornar um resíduo menos volumoso e menos tóxico, sendo que os remanescentes da incineração são constituídos de gases como dióxido de carbono, dióxido de enxofre, nitrogênio, oxigênio, água, cinza e escórias.



## 5.4 Medidas mitigadoras aos impactos do uso do enxofre

Segundo Conama (2011) para reduzir os gases liberados pelo enxofre deve ser consideradas as unidades de controle desses gases que são: os lavadores de "spray" de cal, seguidos de filtros-manga, sendo uma técnica eficiente no controle da emissão de metais, dioxinas e furanos (CONAMA, 2011).

Silva Souza, et al. (2014) visando diminuir as emissões do gases de enxofre e viabilizar o coprocessamento em uma indústria cimenteira, realizou testes de abatimento de SO<sub>x</sub> com CaO. Desta forma o mesmo variou as condições do processo de fabricação, tornando possível obter uma redução de 90% das emissões de SO<sub>x</sub> (SILVA SOUZA, et al. 2014). Com a implementação desta técnica, as emissões de SO<sub>x</sub> alcançaram valores que atendem os limites legais e possibilitam o início do coprocessamento na indústria.

## 6. Considerações finais

A Terra procura manter-se sempre em equilíbrio, porém qualquer disfunção, mínima que seja, causa grandes impactos à Terra. Os ciclos biogeoquímicos fazem parte do modo de promover o equilíbrio de nutrientes, todos os ciclos devem ser relacionados, pois são uma forma de manter a vida na Terra. O enxofre é de suma importância no solo, nas plantas, na atmosfera e nos seres humanos, e tem suas funções desde a natureza, o corpo humano, como nas indústrias.

O enxofre presente no solo é transmitido as plantas, que quando decompostas retornam ao solo, e assim segue-se este ciclo. Além de ser fundamental para o desenvolvimento das plantas e animais que consomem as plantas. No corpo humano o enxofre está ligado a uma série de reações metabólicas, sendo essencial para a saúde das células, na formação dos ossos, cabelos, unhas e pele, é um elemento fundamental em toda estrutura esquelética.

Na agricultura o enxofre é utilizado frequentemente, diversos fertilizantes são produzidos à base de enxofre, pois o enxofre é necessário para o desenvolvimento das plantas, além de estar presente em todo o processo e funções das plantas. Portanto, o enxofre torna a agricultura mais produtiva e efetiva.

O enxofre é utilizado também em processos de produção de sucos naturais, onde é utilizado para melhorar a qualidade destes. Assim, é possível analisar que o enxofre pode ser utilizado em larga escala em indústrias alimentícias e também do ramo cosmético, na qual já é utilizado, e assim, pode ser um elemento importante para otimizar e melhorar continuamente processos produtivos e, portanto, sendo de importante conhecimento do engenheiro de produção.

Porém, foi possível verificar que o ciclo do enxofre é interferido pelos óxidos de enxofre liberados na natureza por automóveis, indústrias e vulcões. Estes óxidos de enxofre liberados na atmosfera causam danos irreversíveis, entre eles as chuvas ácidas, que prejudicam a natureza e atrapalhando o processo de fotossíntese e atrapalhando o seu crescimento, além de prejudicar os seres humanos.

## 7. Referências

ABEPRO. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. *Engenharia de Produção: Grande Área e Diretrizes Curriculares*. 2012. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/DiretrCurr19981.pdf>>. Acesso em: 18 de abril de 2017.

# XI EIPA

XI ENCONTRO DE ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL

Anais ISSN - 2176-3097

- ABOUT, Gleysson Machado. *Tratamento de resíduos Sólidos*. 2013. Disponível em: < <http://www.portalesiduossolidos.com/tratamento-de-residuos-solidos/> > Acesso em: 13 de julho de 2017
- ALBUQUERQUE, Gildo de Araújo Sá C. de.; AZAMBUJA, Ronaldo Simões L.; LINS, Fernando A. Freitas.; *Agrominerais- enxofre*. 2008. Disponível em: < <http://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/06-agrominerais-enxofre.pdf> > Acesso em: 05 de maio de 2017.
- ARTUR, Adriana Guirado.; *Water use efficiency of marandu palisadegrass as affected by nitrogen and sulphur rates*. 2014. Disponível em: < <http://www.academicoo.com/artigo/water-use-efficiency-of-marandu-palisadegrass-as-affected-by-nitrogen-and-sulphur-rates> > Acesso em: 03 de maio de 2017.
- Conselho Nacional Do Meio Ambiente-CONAMA. *Resolução no 436, de 22 de dezembro de 2011*. Disponível em: <<http://www.proamb.com.br/downloads/cgdu2z.pdf>> Acesso em: 12 de julho de 2017.
- CRUSCIOL, Carlos et al. *Aplicação de enxofre em cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto*. Universidade Estadual Paulista (UNESP). 2008. Disponível em:< <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/27877/S0006-87052006000300012.pdf?sequence=1&isAllowed=y> > Acesso em: 10 de maio de 2017.
- FILHO, Benjamin Dias Osório et al. *Deposição do enxofre atmosférico no solo pelas precipitações pluviiais e respostas de culturas à adubação sulfatada em sistema plantio direto*. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n3/a17v37n3.pdf>>. Acesso em: 28 de abril de 2017.
- GIRACCA, Ecila Maria Nunes. ; NUNES, José Luis da Silva. *Enxofre – Agrolink*. 2016. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/enxofre\\_361449.html](https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/enxofre_361449.html)> Acesso em: 09 de maio de 2017.
- HOBUSS, Cristiane; et al. *Ciclo do enxofre*. Pelotas – RS, 2007.
- KULAIF, Yara; *Relatório Técnico: Perfil do Enxofre*. 2009. Disponível em: < [http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P29\\_RT54\\_Perfil\\_do\\_Enxofre.pdf/762d9992-f5f8-477e-af85-0ca6d7b1cbb9](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P29_RT54_Perfil_do_Enxofre.pdf/762d9992-f5f8-477e-af85-0ca6d7b1cbb9) > Acesso em: 03 de junho de 2017.
- LANTMANN, Áureo.; *Uso do enxofre nas lavouras de soja*. 2014. Disponível em: < <http://www.projetosojabrasil.com.br/artigo-uso-enxofre/> > Acesso em: 05 de maio de 2017.
- LIMA, Tatiane Melo; *Cultivo Do Amendoim Submetido A Diferentes Níveis De Adubação E Condições Edafoclimáticas No Sudoeste De Goiás*. 2011. Disponível em: < <https://posagronomia.jatai.ufg.br/up/217/o/TATIANE.pdf?1348170641> > Acesso em: 03 de junho de 2017.
- LISBOA, Willian.; *Ciclo do Enxofre- Bacterias Sulfitogenica*. 2015. Disponível em: < <https://prezi.com/whnr68fmklir/ciclo-do-enxofre-bacterias-sulfitogenica/> > Acesso em: 27 de abril de 2017.
- PROENCA, Amanda, et al. *Relatório*. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Curso De Licenciatura Em Química. Londrina, 2014. Disponível em: < <http://www.utfpr.edu.br/londrina/cursos/licenciaturas/Ofertados-neste-Campus/licenciatura-em-quimica/pibid/portfolio-newton-guimaraes-pibid> > Acesso em: 12 de julho de 2017.
- RHEINHEIMER, Danilo; FILHO, Beijamin; SILVA, Leandro. *Resposta à aplicação e recuperação de enxofre em cultivos de casa de vegetação em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica*. Ciência Rural, Santa Maria, v.37, n.2, p.363-371, mar-abr, 2007. Disponível em:<

# XI EIPA

XI ENCONTRO DE ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL

Anais ISSN - 2176-3097

<http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n2/a11v37n2.pdf>>. Acesso em: 27 de abril de 2017.

ROSA, Rogério et. al. *Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável*. Trabalho de Graduação (Monografia) Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 2003. Disponível em: <<http://www.iqsc.usp.br/iqsc/servidores/docentes/pessoal/mrezende/arquivos/EDUC-AMB-Ciclos-Biogeoquimicos.pdf>> Acesso em: 05 de julho de 2017.

SEEG. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa ; *Processos Industriais e Uso de Produtos*. 2016. Disponível em: < <http://seeg.eco.br/panorama-processos-industriais/>> Acesso em: 03 de junho de 2017.

SEGTOEWICK, Edilene Cléa Dos Santos; BRUNELLI, Luciana Trevisan; VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni; *Avaliação físico-química e sensorial de fermentado de acerola*. 2016. Disponível em: < [http://www.scielo.br/pdf/bjft/v16n2/aop\\_bjft\\_2612.pdf](http://www.scielo.br/pdf/bjft/v16n2/aop_bjft_2612.pdf)> Acesso em: 03 de junho de 2017.

SILVA SOUZA, Anderson, et al. *Mitigação Das Emissões De Sox Na Indústria Cimenteira*. Revista Sistemas & Gestão 9 (2014), pp 210-214. Disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/viewFile/V9N2A5/SGV9N2A5>> Acesso em: 12 de julho de 2017.

TOSTA, Mauro S. *Enxofre*. Mossoró – RN, 2009. Universidade Federal Rural do Semi- Árido. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAairAAJ/enxofre>> Acesso em: 06 de julho de 2017.

VALSECHI, Octávio Antônio. *Aditivos Químicos*. 2016. Disponível em: < <http://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/aditivos-quimicos>> Acesso em: 13 de julho de 2017.