



Etec Conselheiro Antonio Prado - ETECAP

BIOSULFUR: A PRODUÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO ATRAVÉS DE ENTEROBACTERIACEAS

Gustavo Rodrigues Pereira
Isadorah de Marconsini e Vizele Meira
Professor Daniel Scabello Lourenco
gustavo.pereira273@etec.sp.gov.br
isadorah.meira@etec.sp.gov.br
danielprofbio@hotmail.com

Escola Técnica Estadual Conselheiro Antônio Prado
Curso Técnico em Biotecnologia – Turma B.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	6
2. Justificativa.....	7
3. Revisão Bibliográfica	7
4. Fundamentos Teóricos.....	8
5. Objetivos	10
6. Materiais e Métodos	11
6.1. Cultivo das bactérias	11
6.1.1. Escolha das bactérias.....	11
6.1.2. Preparo do meio SIM e BHI.....	11
6.1.3. Materiais.....	11
6.1.4. Teste de Gram	12
6.1.5. Materiais.....	12
6.1.6. Cultivo das cepas.....	13
6.1.7. Materiais.....	13
6.1.8. Teste de produção de gás	13
6.1.9. Materiais.....	13
6.2. Extração do gás sulfídrico	14
6.2.1. Materiais.....	14
6.3. Produção do Ácido Sulfúrico	15
6.4. Titulação.....	16
6.4.1. Materiais.....	16
6.5. Reaproveitamento do FeS	17
7. Resultados e Discussões	18
7.1. Cultivo das Bactérias.....	18
7.1.1. Teste de produção de gás	18
7.1.2. Teste de GRAM	19
7.2. Extração do Ácido Sulfídrico	19
7.3. Produção do Ácido Sulfúrico	20
7.3.1. Coloração	20

7.3.2. Teste de Molisch	21
7.3.3. Papel de pH	21
7.4. Titulação	22
7.5. Reaproveitamento do FeS	22
8. Conclusão	23
9. Referências	24
9.1. Imagens	26
9.2. Tabelas	27

RESUMO

Este projeto atual expõe não apenas os aspectos negativos e positivos do ácido sulfúrico, mas também sua importância para todos os setores da indústria. Esse composto é formado pela reação de óxidos de enxofre, originados pelo processo industrial e pela queima de carvão. Essa matéria-prima é muito importante para a sociedade, pois sua aplicação é encontrada em diversos setores, como agroindústrias, indústrias militares, indústrias automotivas e na área farmacêutica. Entretanto, a produção de ácido sulfúrico causa um problema ambiental, as chuvas ácidas. Esse problema é resultado da queima do enxofre, que dá origem aos óxidos que o compõem. O objetivo do presente projeto é utilizar uma forma diferente de produzir esse composto, a partir de Enterobacteriaceae produtoras de sulfeto de hidrogênio, que facilite a produção sustentável nas indústrias e seja segura para a sociedade. Através dos estudos e métodos aplicados durante o projeto obteve-se, ao final, concentrações de ácido sulfúrico, os quais confirmaram a hipótese proposta.

Palavras-chave: Conhecimento Científico, Inovação Tecnológica e Sustentabilidade.

ABSTRACT

This current project expose not only negative and positive aspects of sulfuric acid, but also its important for all industry field. This compost is formed by the reaction of sulphur oxides, originated by industrial process and burning coal. This raw material is very important to the society, because its application is found in many sectors, such as agro-industries, militar industries, automotive industries and in the pharmacy's area. However, the production of sulfuric acid cause an ambiental issue, the acid rains. This problem is result of burning sulphur, that origins the oxides that compose it. The objective of this current project is use a different way to produce this compost, from *Enterobacteriaceae* producers of hydrogen sulfider, that it will be easier to the sustainable industry's production and secure for society. Through the studies and methods applied during the project, concentrations of sulphuric acid were obtained which confirmed the proposed hypothesis.

Keywords: Scientific Knowledge, Technological Innovation and Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O ácido sulfúrico é uma matéria-prima básica em uma vasta diversidade de setores industriais, sua aplicação envolve a fabricação de fertilizantes, no setor agroindustrial, a criação de explosivos, na indústria bélica, a composição de baterias automotivas, a participação dos processos de refino de petróleo, como catalisador, e ainda, na síntese química de inúmeros medicamentos, na indústria farmacêutica.

É um composto formado por moléculas de enxofre, hidrogênio e oxigênio, cuja forma molecular é H_2SO_4 . É considerado um ácido forte, com características oxidantes, corrosivas e desidratantes. O ácido sulfúrico é um poluente atmosférico, formado a partir da reação de óxidos de enxofre, originados principalmente pela queima de carvão e outros combustíveis nos processos industriais, com umidade. É agente de um inquietante fenômeno natural que vem sendo intensificado pela ação antropogênica, a chuva ácida.

A chuva ácida é um fenômeno que ocorre quando o dióxido de enxofre é liberado na atmosfera, seja por meio da ação do homem, em processos industriais, ou por meios naturais, tendo as erupções vulcânicas como exemplo. O dióxido de enxofre, quando liberado na atmosfera, reage com a água e o oxigênio, formando o ácido sulfúrico que se adere ao ciclo da água, precipitando com chuva.

Quando inalamos as partículas da chuva ácida presentes na atmosfera, elas entram nos pulmões e podem causar insuficiências pulmonar e cardíaca, causando o risco de ser fatal a longo prazo ou para pessoas com risco.

O projeto foi desenvolvido, a primeiro momento, durante as aulas de microbiologia, lecionadas pela professora Josélia Cristina de Oliveira Moreira, nos laboratórios da ETEC Conselheiro Antônio Prado. Durante as aulas, observou-se a formação de sulfeto de hidrogênio (H_2S) a partir da *Salmonella* spp. em ágar SIM, meio específico para diferenciação de organismos entéricos. A partir desta observação, foi elaborada a hipótese deste projeto: a utilização de bactérias sulfurosas, para produção de sulfeto de hidrogênio, e posterior transformação, através de reações químicas, em ácido sulfúrico.

O propósito da tese é solucionar um problema ambiental causado por um poluente inorgânico a partir de reações orgânicas e bioprocessos, com o objetivo de diminuir a grave contaminação que ocorre em seus procedimentos convencionais. Portanto, o projeto objetiva produzir o ácido sulfúrico, de forma mais sustentável, corroborando com a sustentabilidade entre indústria e meio ambiente.

A síntese de ácido sulfúrico através da tecnologia de bioprocessos pode suprir as necessidades do mercado de forma barata e sustentável, transformando a forma de se produzir o composto.

A presente pesquisa pretende trazer viabilidade para os setores da indústria, facilitando a obtenção e produção em larga escala deste ácido, ou seja, a proposta estipulada ao longo deste planejamento, proporcionando inovação nos campos da ciência relacionados à biotecnologia e o emprego de microrganismos.

2. JUSTIFICATIVA

Diante dos desafios da vida moderna e os diversos meios de produção que permeiam a cadeia econômica que os compete temos os fatores poluentes como preponderantes agravantes da viabilidade da vida humana com qualidade. Pensar em sustentabilidade passa pelo processo de buscar meios viáveis de implementação dos meios de produção para que os avanços tecnológicos e científicos caminhem juntos na perspectiva de promover facilidades e bem-estar socioeconômico.

Em face dessa necessidade o objeto desse estudo traz luz a um grande desafio frente aos processos produtivos que permeiam a vida moderna, uma vez que tal componente químico se faz presente em todos os processos industriais. A ciência como sua finalidade primeira traz em si a ilustre responsabilidade de promover ao homem a clareza necessária para que se evolua com responsabilidade, ética e estética. A biotecnologia em sua amplitude se mostra capaz de trazer soluções para tal desafio.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Não foi encontrada nenhuma pesquisa relacionada diretamente a produção e transformação do sulfeto de hidrogênio (H_2S), produzido por bactérias entéricas, em ácido sulfúrico (H_2SO_4). Mas para conceituação do projeto e do papel da ciência no desenvolvimento da humanidade, foram utilizados pensamentos de René Descartes, Charles Darwin, Louis Pasteur, Edward Jenner e John Elkington.

4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O SABER CIENTÍFICO

O desvendar científico é a principal ferramenta para a produção de novas tecnologias, as quais são responsáveis por dinamizar e desenvolver a forma de se enxergar o mundo e a relação entre homem e o meio ambiente. Esta ferramenta utiliza-se da dúvida para a formulação de hipóteses, métodos e especialmente o saber científico.

René Descartes afirma que a dúvida é o mecanismo para busca da verdade, e assim como Darwin busca desvendar as incógnitas da natureza, suas propriedades e essências, com o objetivo de conhecer e entender os fenômenos da natureza, auxiliando concomitantemente ao progresso da humanidade.

Este projeto fundamenta-se no saber científico, pois assim como Descartes e Darwin, o trabalho objetiva analisar um fenômeno natural: a decomposição de certos nutrientes por bactérias para a produção de um composto alvo, e assim, beneficiar todos os setores destacados anteriormente.

Por isso, a realizada pesquisa utiliza da metodologia científica para busca da verdade através da experimentação e comprovação, e parte de uma observação (dúvida) como fator preponderante para formulação final: é possível produzir um composto inorgânico a partir de bactérias?

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

O papel da ciência nas contribuições tecnológicas é irrefutável, atualmente o conhecimento científico vêm crescendo exponencialmente aliado ao progresso tecnológico, como em setores de alimentos, produtos químicos, biocombustíveis, fontes de energia, saúde e dentre muitos outros. O projeto fixa-se especialmente no ramo microbiológico, pertencente a biotecnologia, o qual também cresce gradativamente.

Desde as primeiras contribuições de Edward Jenner e Louis Pasteur a ciência, principalmente no âmbito microbiológico, as pessoas têm, cada vez mais, ganhado o espaço nas descobertas e no surgimento de novas tecnologias que envolvem os microrganismos que as cercam. Como nas teses desses renomados autores, o objetivo do projeto é, desenvolver um produto inovador que modifique, ainda mais, o paradigma da microbiologia.

A microbiologia surge no século XVII com uma nova perspectiva biológica, juntamente com a criação de novas ferramentas tecnológicas, como o microscópio. Atualmente esta área é responsável por suprir a necessidade de diversos setores, especialmente na síntese de compostos a partir de microrganismos, como é o caso da insulina produzida por bactérias através da técnica de DNA recombinante.

o presente trabalho busca utilizar deste fundamento, cultivar *Enterobacteriaceae*, tendo como alvo a *Salmonella* sp. Com o objetivo de produzir o sulfeto de hidrogênio (H₂S) originado pela decomposição do enxofre, e transformá-lo, através de reações químicas, em ácido sulfúrico (H₂SO₄). Desta forma, dinamizando um procedimento ao sintetizar um composto inorgânico a partir de uma bactéria e por fim, conciliando o avanço tecnológico ao pensar científico.

SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade é um dos objetivos da sociedade moderna, a qual está inserida em um contexto deturpado pelo constante desejo de consumo e produção advindos com o avanço tecnológico. A sociedade moderna tornou-se consumista com a acessibilidade que a modernização trouxe, todavia, esta dinâmica é a principal responsável pela degradação do meio ambiente.

John Elkington é um dos principais pensadores acerca da sustentabilidade corporativa e precursor da responsabilidade social e ambiental das grandes empresas, aliando os setores social, econômico e ambiental.

O projeto procura, assim como Elkington, fundamentar-se no ideal sustentável como forma de substituir a produção de ácido sulfúrico usual (a queima de enxofre e liberação de óxidos na atmosfera), o qual é responsável pela formação de chuvas ácidas, contaminação dos solos e por uma série de prejuízos ao meio ambiente e à sociedade.

Desta forma, a proposta do projeto está aliada aos objetivos de desenvolvimento sustentável, propostos pela ONU, por meio do cultivo das bactérias, extração do sulfeto de hidrogênio e produção do ácido sulfúrico de forma responsável, inibindo a liberação de óxidos contaminantes, e permitindo que o processo de produção deste composto empregado em escala industrial passe a ser sustentável.

5. OBJETIVOS

1. Produzir o ácido sulfúrico para os setores da indústria, facilitando a obtenção e produção em larga escala deste ácido de forma mais sustentável.
2. Encontrar uma bactéria produtiva.
3. Retirar o ácido sulfídrico do meio e oxidá-lo.
4. Produzir ácido sulfúrico através de reações inorgânicas.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. CULTIVO DAS BACTÉRIAS

6.1.1. Escolha das bactérias

Durante a primeira etapa do projeto foram utilizadas quatro diferentes espécies de bactérias: a *Salmonella* sp., a *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli* e um bacilo negativo ao teste (B.C.), com o objetivo de verificar a produção de H₂S no meio SIM em controles positivo e negativo.

6.1.2. Preparo do meio SIM e BHI

Para cultivo e realização dos testes de produção do sulfeto de hidrogênio foram preparados dois meios: o meio SIM e o meio BHI, respectivamente. Para isso, foram produzidos 1L de meio SIM e 250 ml de meio BHI da seguinte forma:

Meio SIM

- Suspensa 30 g do meio em um litro de água purificada.
- Aqueça com agitação frequente e ferva para dissolver completamente o meio.
- Autoclavar a 121°C por 15 minutos.
- Resfrie a 45-50°C.

Meio BHI

- Suspender 9,25 g de pó em 250 ml de água destilada ou deionizada.
- Aquecer até dissolver completamente.
- Dispensar em recipientes finais apropriados.
- Esterilizar em autoclave a 121°C por 15 minutos.

6.1.3. Materiais

- Ágar SIM
- Ágar BHI
- Bico de Bunsen
- Papel Craft
- Fita de autoclave
- Barbante

- Tampão (boneca)
- 4x Erlenmeyer (250 ml)
- 1x Erlenmeyer (100 ml)
- 1x Béquer 1L
- Balança
- Espátula
- Bagueta
- Água destilada
- Fluxo laminar
- Autoclave

6.1.4. Teste de Gram

Para confirmação dos testes foram realizados testes de Gram com as duas principais cepas produtoras de H₂S, a *Salmonella* sp. e a *Proteus mirabilis*. O método de coloração de Gram seguiu a seguinte procedimento:

- Colocar algumas colônias da bactéria na lâmina do microscópio.
- Deixar secar um pouco.
- Adicionar o corante cristal violeta por 1 minuto.
- Adicionar o lugol por 1 minuto
- Lavar com álcool acetona
- Adicionar o corante fucsina por 30 segundos.
- Deixar secar e visualizar no microscópio.

*A cada adição de corante é necessário lavar com água corrente sutilmente.

6.1.5. Materiais

- Bactérias a serem analisadas
- Lâmina de microscopia
- Microscópio
- Cristal violeta
- Lugol
- Álcool acetona
- Corante fucsina

6.1.6. Cultivo das cepas

Por fim, as cepas foram armazenadas no caldo BHI para possíveis utilizações futuras ao decorrer do projeto e inseridas no meio SIM para verificação dos testes positivos: *Salmonella* sp. e *Proteus mirabilis*, e testes negativos: *Escherichia coli* e B.C., durante este procedimento foi utilizado o bico de Bunsen para manter o halo estéril para evitar contaminações.

6.1.7. Materiais

- Cepas de bactérias
- Alça de platina
- Fluxo laminar
- Pipetador
- Boneca (tampões)
- Pipeta graduada esterilizada
- Tela de amianto
- Tripé
- Bico de Bunsen
- Ágar SIM
- Caldo BHI
- Materiais que já foram autoclavados

6.1.8. Teste de produção de gás

Para confirmar a presença de gás produzidos pelas bactérias nos meios, foi realizado um aquecimento destes meios conectados a bexigas, a fim de verificar a liberação dos gases. Também se analisou a produção de gases durante o crescimento bacteriano no meio de cultura, novamente através de bexigas.

6.1.9. Materiais

- Meios positivos para H₂S
- Bexigas
- Bico de Bunsen
- Pinça de madeira

6.2. EXTRAÇÃO DO GÁS SULFÍDRICO (H₂S)

O gás sulfídrico obtido pela decomposição do enxofre pelas bactérias ficou alojado no meio cultura, devido ao seu aspecto gelatinoso. Desta forma, o processo de extração do gás baseou-se na separação entre H₂S e ágar, realizada pelo aquecimento do meio e desprendimento do gás alvo.

Para isso, foi montado dois sistemas fechados (Figuras 1 e 2) com o objetivo de extrair o sulfeto de hidrogênio sem causar danos ou contaminações ao ambiente, visto que o gás é nocivo e inflamável. Segue ao lado as imagens dos sistemas de extração utilizados:

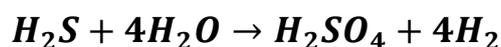


Figura 1. Sistema de extração do H₂S – 1



Figura 2. Sistema de extração do H₂S - 2

O sistema era ligado diretamente a um armazenamento de água destilada com dois principais intuitos: a verificação da emissão de gases, por meio da formação de bolhas, e a produção direta de ácido sulfúrico, a partir da reação:



6.2.1. Materiais

- Erlenmeyer 250 ml
- Kitassato 1000 ml
- Tela de Amianto
- Tripé
- Bico de Bunsen
- Chapa de aquecimento
- Balão Volumétrico
- Erlenmeyer de 250 ml
- Mangueiras
- Meio alvo (contendo H₂S)
- 400 ml de água destilada

6.3. PRODUÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO (H₂SO₄)

Para verificar e comprovar a existência do composto alvo no produto, foram utilizadas algumas técnicas para determinação qualitativa do pH da amostra obtida. A primeiro momento, foram utilizados corantes que alteram suas cores de acordo com a acidez ou alcalinidade de uma substância, além também do papel de pH.

INDICADORES DE PH

- Metil Orange
- Vermelho de Metila
- Azul de Bromotimol
- Fenolftaleína
- Papel de pH

Também se aplicou o teste de Molisch, empregado na bioquímica, o qual é responsável pela determinação de carboidratos a partir de uma reação envolvendo o ácido sulfúrico. Desta forma, o objetivo desta técnica seria de analisar qualitativamente o ácido produzido, utilizando uma amostra de carboidratos previamente conhecida.

TESTE DE MOLISCH

- Solução 5% de sacarose
- Reagente de Molisch
- H₂SO₄ concentrado
- H₂SO₄ obtido
- Tubos de ensaio secos
- Pipetas

6.4. TITULAÇÃO

Com objetivo de determinar a concentração de ácido sulfúrico de forma quantitativa, e assim obter uma estimativa de produção do gás, as amostras dos testes anteriores foram submetidas a titulações. Assim, foram preparadas soluções de NaOH 0,1M e de Fenolftaleína 1%.

No laboratório havia apenas NaOH 1M e Fenolftaleína para preparo, logo, foram realizadas as diluições corretas para obtenção das soluções adequadas.



Figura 3. Preparo do NaOH 0,1M



Figura 4. Preparo da Fenolftaleína 1%

As titulações foram realizadas com três amostras, com concentrações diferentes e volumes diferentes, portanto, foram efetuadas da seguinte forma, em duplicata:

Amostra 0

- Solução de NaOH 0,1M
- Fenolftaleína 1%
- 100 ml da amostra

Amostra 1 e 2

- Solução de NaOH 0,1M
- Fenolftaleína 1%
- 50 ml da amostra

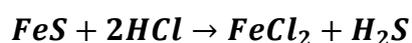
6.4.1. Materiais

- Balança
- Fenolftaleína
- NaOH 1M
- Bureta de 25 ml
- Proveta de 100 ml
- Erlenmeyer de 250 ml
- Bagueta
- 2x Béquer de 250 ml
- Funil
- Água destilada
- Tripé
- Garra

6.5. REAPROVEITAMENTO do FeS

A decomposição do meio SIM pelas Enterobacteriaceae também gera um sulfeto metálico, o sulfeto de ferro II (FeS). A partir disso, surge-se a hipótese de reaproveitar este composto gerado pelas bactérias, transformando-o, também, em sulfeto de hidrogênio para produção de ácido sulfúrico.

O método de reaproveitamento do FeS baseia-se em uma propriedade dos sulfetos, a reação de dupla troca com o ácido clorídrico:



Para realizar as reações de dupla troca o experimento utiliza o aparelho de Kipp, um instrumento usado para preparação de pequenos volumes de gases, criado por Petrus Jacobus Kipp. O aparelho é composto por três compartimentos isolados, o primeiro cilindro é conectado ao terceiro por um tubo, onde o ácido é adicionado, enquanto o sulfeto de ferro II é adicionado no cilindro central. Por conta da pressão gerada pelo gás, o ácido é empurrado para o cilindro superior entrando em contato com o material sólido, finalizando a reação.

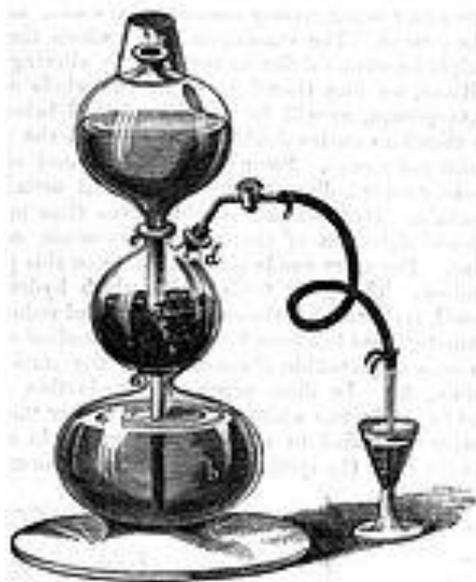


Figura 5. Aparelho de Kipp

O aparelho de Kipp e a metodologia da reação dupla troca permitem a obtenção de um volume exato de H₂S, através de cálculos estequiométricos, auxiliando também, na obtenção de um ácido sulfúrico concentrado como amostra final.

Por fim, o gás produzido será inserido em um recipiente de água destilada, também com volume conhecido, para obtenção do ácido sulfúrico concentrado, através da seguinte fórmula: $\text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2$.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1. CULTIVO DAS BACTÉRIAS

Os testes positivos e negativos relacionados a produção de sulfeto de hidrogênio pelas cepas de bactérias deram os seguintes resultados:

- *Salmonella* sp. = positivo
- *Proteus mirabilis* = positivo
- *Escherichia coli* = negativo
- B.C. = negativo



Figura 6. Análise das bactérias.

A aparência escura dos meios significa a positividade do sulfeto de hidrogênio e a produção de FeS, responsável por esta coloração.

7.1.1. Teste de GRAM

Ambas as bactérias testadas apresentaram resultados de acordo com a literatura. A coloração foi efetuada com as cepas de *Proteus mirabilis* (Figura 7) e *Salmonella* sp. (Figura 8), as quais são bacilos gram-negativos, que apresentam geralmente alta motilidade e são positivos ao teste de produção de ácido sulfídrico.

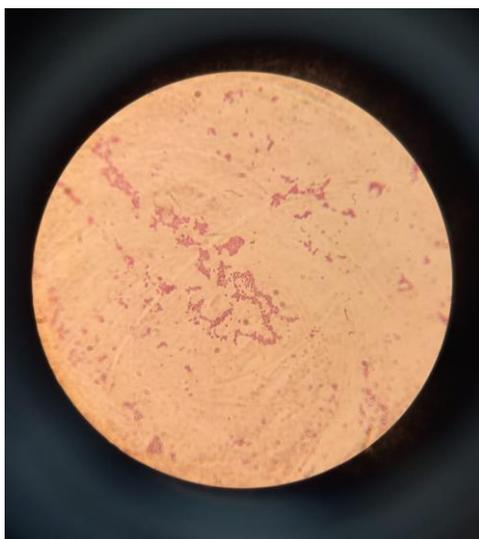


Figura 7. Teste de Gram da Proteus



Figura 8. Teste de Gram da Salmonella

7.1.2. Teste de produção de gás

O teste para confirmação da presença do gás nos meios cultivados foi positivo. Ao aquecer as amostras observou-se o enchimento das bexigas (Figuras 9 e 11), indicando que havia gases em sua composição. O meio de cultura também apresentou desprendimento de gás durante o período de crescimento bacteriano na estufa (Figura 10). O teste fortalece a hipótese sobre a presença de sulfeto de hidrogênio.



Figura 9. Desprendimento de gás da *Proteus mirabilis*.



Figura 10. Liberação de gás no meio de cultura.



Figura 11. Desprendimento de gás da *Salmonella* sp.

7.2. EXTRAÇÃO DO ÁCIDO SULFÍDRICO (H₂S)

Durante o procedimento de extração do gás sulfídrico observou-se a formação de bolhas (Figura 13), indicando a passagem de gás pelo sistema, porém, a falta de equipamentos no laboratório não permitiu a mediação do volume desse gás desprendido, por isso, a quantidade de água utilizada no balão volumétrico não seguiu um padrão, mas serviu para análise qualitativa do nível de acidez da amostra final (denominada A₀).



Figura 12. Amostra 0 e Meio de Cultura



Figura 13. Liberação dos gases na água

A fim de obter uma concentração maior de ácido, realizou-se mais duas extrações simultâneas, desta vez utilizando um volume maior de meio de cultura e um maior tempo de exposição, por meio do segundo sistema de extração elaborado anteriormente.

Dessa forma, foi obtido duas amostras de 100 ml com concentrações distintas, denominadas A_1 e A_2 . Posteriormente realizou-se uma titulação para determinação do teor de ácido sulfúrico nas amostras.



Figura 14. Amostras obtidas na extração.

7.3. PRODUÇÃO DO ÁCIDO SULFÚRICO (H_2SO_4)

7.3.1. Coloração

A amostra 0, obtida pela extração do sulfeto de hidrogênio apresentou carácter ácido, comprovando a reação proposta anteriormente. Utilizando os corantes Metil Orange, Vermelho de Metila, Azul de Bromotimol e Fenolftaleína, respectivamente.

Comparação entre a coloração da amostra (esquerda) e da água (direita).



Figura 15. Coloração da amostra obtida.

Os resultados obtidos foram:

- Metil Orange = alaranjado
- Vermelho de Metila = avermelhado
- Azul de Bromotimol = azul claro
- Fenolftaleína = rosa claro

De acordo com a literatura, os resultados indicam um composto levemente ácido, o que implica que a amostra obtida contém uma concentração de ácido sulfúrico muito baixa. A tabela a seguir apresenta a faixa de transição dos indicadores, comprovando a conclusão obtida sobre a amostra.

Indicador	pKa	Zona de Transição	Coloração
Metil Orange	3,4	3,1 a 4,4	Vermelho - Amarelo
Vermelho de Metila	5,0	4,4 a 6,2	Vermelho - Amarelo
Azul de Bromotimol	7,1	6,2 a 7,6	Amarelo – Azul
Fenolftaleína	9,3	8,0 a 10,0	Incolor - Rosa

Tabela 1. Adaptado de UFJF, Ácidos e bases: pH e indicadores.

7.3.2. Teste de Molisch

O teste de Molisch permitiu a comparação entre o ácido sulfúrico concentrado e o ácido obtido para verificação de qualidade. O resultado foi negativo para a produção do ácido na amostra, porém observou que, o possível H_2SO_4 obtido não estava nas condições necessárias ao teste, que exigia um ácido concentrado, portanto acredita-se que o resultado foi um falso negativo.



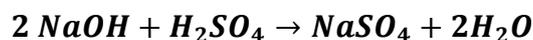
Figura 16. Teste de Molisch, comparativo da água, ácido concentrado e amostra, respectivamente.

7.3.3. Papel de pH

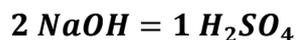
O teste foi realizado algumas semanas depois, devido à ausência de aulas, acredita-se que este fator influenciou na medida do papel de pH, conjuntamente a baixa concentração produzida, pois os resultados foram semelhantes ao da amostra de água.

7.4. TITULAÇÃO

A partir das titulações, foram efetuados cálculos estequiométricos para obter algumas concentrações de ácido sulfúrico das amostras, da seguinte forma:



AMOSTRA 0



$$M_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$n = 2n$$

$$V_{\text{NaOH}} = 1,95 \text{ ml} \rightarrow 0,00195 \text{ L}$$

$$M_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} = 2 \times M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

$$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = x$$

$$0,1 \times 0,00195 = 2 \times M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 0,1$$

$$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 100 \text{ ml} \rightarrow 0,1 \text{ L}$$

$$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \mathbf{0,000975 \text{ mol/L de H}_2\text{SO}_4}$$

Isso também foi realizado com as amostras 1 e 2, diferenciando apenas no volume de H_2SO_4 , o qual foi utilizado 50 ml. Vale lembrar que o valor do volume de NaOH foi obtido através da média entre as titulações, realizadas em duplicata. Dessa forma, os valores obtidos para todas as amostras foram:

$A_0 = 0,00098 \text{ mol/L de H}_2\text{SO}_4$
$A_1 = 0,00060 \text{ mol/L de H}_2\text{SO}_4$
$A_2 = 0,00063 \text{ mol/L de H}_2\text{SO}_4$

É observável que as concentrações obtidas ainda são muito baixas, o que pressupõe a necessidade de formular novos métodos que potencializem, cada vez mais, o consumo dos sulfetos contidos no meio e produção de um ácido mais concentrado.

7.5. REAPROVEITAMENTO DO FeS

O procedimento de reaproveitamento do FeS ainda não foi realizado, a proposta é realizá-lo futuramente. As considerações serão anexadas posteriormente.

8. CONCLUSÃO

A abordagem desenvolvida até o presente momento tratou dos testes iniciais e da busca pelos referenciais teóricos que embasaram os procedimentos práticos. As medidas que tratam das normativas e orientações técnicas que credenciam a viabilidade do projeto foram seguidas e apontam para a assertividade implementada até então.

Os objetivos foram parcialmente atendidos na etapa de transformação do Ácido Sulfídrico em Ácido Sulfúrico, pois observou-se a necessidade de adequar a concentração dos elementos de modo a ajustar suas concentrações. Não obstante vale ressaltar que se trata de um projeto de interesse público que visa sanar um problema real, de ordem mundial e possível implementação.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ ANTSLAB, Equipamentos para Laboratório. Disponível em: <http://www.antslab.com.br/media/attachments>. Acessado em 5 de maio de 2023.
- ❖ BRASIL ESCOLA, Sulfetos. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/sulfetos.htm>. Acessado em 16 de outubro de 2023, 21:00.
- ❖ DARWIN, C. A origem das espécies. Martin Claret, 1 de setembro de 2014.
- ❖ DESCARTES, R. Discurso sobre o Método. L&PM, 1 de agosto de 2005.
- ❖ DSYLAB, Caldo BHI. Disponível em: https://www.dsylab.com.br/meios-de-cultura/caldo/caldo-bhi-bhi-brothcaldo-infusao-de-cerebro-e-coracao-frasco-com-500gramaskasvi?parceiro=7063&srsId=AfmBOop2jYQ_AIBHJTbB6l8PIQYC2rbpXMwE5fsvossZ-Aqhw4jVoB2gz_0. Acessado em 15 de outubro de 2023.
- ❖ EPA, Acid Rain. Disponível em: https://search.epa.gov/epasearch/?querytext=acid+rain&areaname=&areacontacts=&areasearchurl=&typeofsearch=epa&result_template=#/. Acessado em 5 de maio de 2023.
- ❖ EPA, Effects of Acid Rain. Disponível em: <https://www.epa.gov/acidrain/effects-acid-rain#health>. Acessado em 5 de maio de 2023.
- ❖ FIOCRUZ, Juventude CT, Microbiologia. Disponível em: <http://www.juventudect.fiocruz.br/categoria-ciencia/cienciasbiologicas/microbiologia#:~:text=O%20surgimento%20da%20MICROBIOLOGIA%20est%C3%A1,importante%20avan%C3%A7o%20no%20s%C3%A9culo%20XVII>. Acessado em 15 de outubro de 2023.
- ❖ FIT, Ácido Sulfúrico. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/A%CC%81cido-sulfu%CC%81rico.pdf>. Acessado em 5 de maio de 2023.
- ❖ JENNER, E. The Origin of the Vaccine Inoculation, 1801.

- ❖ MANUAL DA QUÍMICA, Ácido Sulfúrico. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/curiosidades-quimica/acido-sulfurico.htm>. Acessado em 5 de maio de 2023.
- ❖ NATIONAL GEOGRAPHY, O que é a chuva ácida e o que ela faz? Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/12/o-que-e-chuvaacida-e-o-que-ela-faz>. Acessado em 5 de maio de 2023.
- ❖ NEOGEN, Meio SIM. Disponível em: <https://www.neogen.com/pt/categories/microbiology/sim-medium/>. Acessado em 15 de outubro de 2023.
- ❖ ONU, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acessado em: 15 de outubro de 2023.
- ❖ PASTEUR, L. Physiological Theory of Fermentation, 1879.
- ❖ SIQUEIRA, David. RAMALHO, Iasmine. Enxofre. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/7-4-enxofre/@@download/file/7-4-enxofre.pdf>. Acessado em 5 de maio de 2023.
- ❖ TUA SAÚDE, Coloração de Gram. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/coloracao-de-gram/>. Acessado em 15 de outubro de 2023.
- ❖ UFJF, Ácidos e bases: pH e indicadores. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/quimica/files/2015/06/2018-QUI126-AULA-8-%C3%81CIDOS-E-BASES-pH-EINDICADORES.pdf>. Acessado em 17 de outubro de 2023, 08:07.
- ❖ WIKIPEDIA, Aparelho de Kipp. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Aparelho_de_Kipp. Acessado em 16 de outubro de 2023, 21:00.

9.1. IMAGENS

Figura 1. Sistema de extração do H₂S - 1. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 19 de setembro de 2023.

Figura 2. Sistema de extração do H₂S – 2. MARCONSINI, Isadorah. Tirada em laboratório no dia 20 de outubro de 2023.

Figura 3. 3. Preparo do NaOH 0,1 M. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 20 de outubro de 2023.

Figura 4. Preparo de Fenolftaleína 1%. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 20 de outubro de 2023.

Figura 5. Aparelho de Kipp. WIKIPEDIA, Aparelho de Kipp. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Aparelho_de_Kipp. Acessado em 16 de outubro de 2023.

Figura 6. Análise das Bactérias. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 30 de agosto de 2023.

Figura 7. Teste de Gram da *Proteus*. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 5 de setembro de 2023.

Figura 8. Teste de Gram da *Salmonella*. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 5 de setembro de 2023.

Figura 9. Desprendimento de gás da *Proteus mirabilis*. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 5 de setembro de 2023.

Figura 10. Liberação de gás no meio de cultura. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 5 de setembro de 2023.

Figura 11. Desprendimento de gás da *Salmonella* sp. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 5 de setembro de 2023.

Figura 12. Amostra 0 e Meio de Cultura. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 19 de setembro de 2023.

Figura 13. Liberação de gases na água. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 19 de setembro de 2023.

Figura 14. Amostras obtidas na extração. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 20 de outubro de 2023.

Figura 15. Coloração da amostra obtida. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 19 de setembro de 2023.

Figura 16. Teste de Molisch e comparativo da água, ácido concentrado e amostra, respectivamente. RODRIGUES, Gustavo. Tirada em laboratório no dia 6 de outubro de 2023.

9.2. TABELAS

Tabela 1: Adaptado UFJF, Ácidos e bases: pH e indicadores. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/quimica/files/2015/06/2018-QUI126-AULA-8-%C3%81CIDOS-E-BASES-pH-E-INDICADORES.pdf>. Acessado em 17 de outubro de 2023, 08:07.